

MOŽNOSTI VYUŽITIA 3D SNÍMACEJ TECHNOLOGIE V KRIMINALISTIKE

APPLICATION POSSIBILITIES OF 3D SCANNING TECHNOLOGY IN CRIMINALISTICS

Ing. Veronika Adamová

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra bezpečnostného manažmentu, Ul. 1.mája 32 010 26 Žilina

Kontakt: veronika.adamova@fbi.uniza.sk

Ing. Tibor Kubjatko, PhD.

*Žilinská univerzita v Žiline, Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania
Ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina*

Kontakt: tibor.kubjatko@usi.sk

Ing. Kamil Boc, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra bezpečnostného manažmentu, Ul. 1.mája 32 010 26 Žilina

Kontakt: kamil.boc@fbi.uniza.sk

ABSTRAKT

Cieľom výskumu bolo preskúmanie využiteľnosti metódy 3D snímania, nakoľko na základe rozboru súčasného stavu v podmienkach kriminalistiky v SR bola zistená jej absencia. Aj napriek tomu, že je táto technológia pomerne dostatočne rozvinutá a dokonca samotní výrobcovia sa prispôbujú požiadavkám policajných potrieb, ako sú napr. skenery od značiek Leica, Faro, Zoller & Frölic, uplatňuje sa len v laboratórnych podmienkach KEÚ PZ v rámci identifikačného skúmania objemových stôp. Metóda sa vyznačuje vysokou presnosťou, rýchlosťou a objektivitou získavania mračná bodov, ako aj nedeštruktívnym zaznamenávaním priestorových bodov skenovaných objektov. Na základe implementačných prípadových štúdií bola preskúmaná a rozanalyzovaná využiteľnosť metódy 3D snímania aplikovaná na 3 rôzne referenčné objekty – objemová trasologická a daktyloskopická stopa a miesto potenciálneho vzniku KRU. Výsledky skenovania boli porovnávané so štandardne využívanými metódami.

Kľúčové slová: 3D laserový skener, trasológia, daktyloskopia, dopravná nehoda, kriminalistika

ABSTRACT

The focus of presented article is to investigate usability of 3D scanning technology within the crime scene investigation units in the Slovak Republic. Even though this technology is quite extensively developed and also the manufacturers are complying with requirements of police

departments (e.g. 3D laser scanners from manufacturers Leica, Faro, Zoller&Frölic), the technology of 3D laser scanning is used only in laboratory environment of the Institute of Forensic Science of the Police Force of the Slovak Republic within identification investigation of volumetric imprints. The method is characterized by high accuracy, speed and objectivity in obtaining the point cloud as well as by non-destructive recording of spatial points of scanned objects. Based on implementation studies we investigated and analyzed usability of 3D scanning method on 3 different reference objects - volumetric trasology imprint, dactyloscopy evidence and place of forensically relevant event. Results of scanning were compared to the standard methods.

Key words: 3D laser scanner, trasology, dactyloscopy, traffic accident, forensic science

1 ÚVOD

Technológia 3D skenovania je moderná metóda získavania kvantitatívnych informácií o rozmeroch, tvare, prípadne farbe a štruktúre skenovaného objektu. 3D skenovanie môže byť založené na rôznych technológiách (kontaktné metódy, bezkontaktné metódy), s následným rozdelením bezkontaktných metód podľa spôsobu emitovania a následnej detekcie elektromagnetického žiarenia na aktívne a pasívne, resp. podľa druhu elektromagnetického žiarenia (viditeľné spektrum elektromagnetického žiarenia - fotogrametrické metódy, laserový 3D skener, röntgenové žiarenie - počítačová tomografia, magnetická rezonancia). Výsledkom 3D skenovania je potom, buď mračno bodov (diskrétne body s informáciami o priestorových súradniciach a farbe - fotogrametrické metódy, 3D laser skener), alebo sústava 2D rezotomogramov, ktoré po následnom spojení vytvoria 3D reprezentáciu skenovaného objektu (počítačová tomografia a magnetická rezonancia).

Metóda 3D laserového skenovania zaznamenala v poslednom období značnú expanziu do rôznych odvetví vedy, výskumu a priemyslu. V odbore kriminalistických a forenzných vied má táto metóda potenciál značne spresniť dokumentáciu a následné vyťažovanie zanechaných stôp.

Možnosti a limity aplikácie 3D laserového skenovania pre oblasť kriminalistického vyťažovania miesta činu boli prešetrené v [1]. Autori vo svojej štúdii vypracovali algoritmus pre analýzu nákladov a prínosov implementácie 3D laserového skenovania založený na metóde Monte Carlo, ktorého účelom je objektívne posúdenie vhodnosti aplikácie 3D laserového skenovania pre danú kriminalisticky relevantnú udalosť (ďalej len „KRU“).

Možnosti aplikácie 3D skenovania na princípe štruktúrovaného svetla pri dokumentácii a vyťažovaní trasologických stôp boli prešetrené v [2]. Autori konštatujú výraznú úsporu časovej náročnosti zadokumentovania trasologickej stopy (90 minút, pričom štandardné metódy odlievania trasologickej stopy až po úplné zatvrdnutie odliatku predstavujú časovú náročnosť až 48 hodín), zároveň však konštatujú potrebu návrhu presnejšieho spôsobu porovnania skenovanej trasologickej stopy s obuvou, ktorá stopu vytvorila.

Aplikácia použitia 3D laserového skenovania pre rekonštrukciu priebehu 2 KRU (rekonštrukcia a analýza vzniku strelného poranenia a dopravnej nehody) bola analyzovaná v [3]. Autori použili pri riešení daných KRU syntézu údajov z 3D laserového skeneru (ktorý bol založený na princípe času letu) a fotogrametrických metód pre rekonštrukciu miesta činu a syntézu laserového skeneru (ktorý bol založený na princípe triangulácie), počítačovej tomografie a magnetickej rezonancie pre presnú identifikáciu zranení obetí. Rekonštrukcia a analýza oboch prípadových štúdií bola následne realizovaná pomocou počítačovej animácie na podkladoch presných 3D modelov miest činu a tiel obetí.

Aplikácia 3D laserového skenovania pri rekonštrukcii a analýze mechanizmu vzniku zranení obetí dopravných nehôd bola vykonaná v rámci [4]. Autori použili 3D laserový skener na získanie presných údajov o rozmeroch a tvare zraňujúceho objektu a kombináciu 3D laserového skeneru (pre účel identifikácie povrchových patologických nálezov na tele zraneného človeka) a počítačovej tomografie a magnetickej rezonancie (pre účel identifikácie vnútrotelových patologických nálezov na tele zraneného človeka). Z takto nameraných údajov boli zhotovené 3D virtuálne modely vozidla a zranených osôb a následne bola vykonaná komparácia párových dvojíc “zranenie-zraňujúci objekt”. Na základe takto vykonanej analýzy bolo následne možné vykonať posúdenie smeru jazdy vozidla, vzájomnej polohy vozidla a tela chodca, či koreláciu zranení chodca s poškodením vozidla.

Inovatívny spôsob dokumentácie a zamerania miesta činu KRU boli publikovaný v [5]. Autori použili kombináciu 3D laserového skenera, 2 skenerov založených na princípe štruktúrovaného svetla a okuliarov pre virtuálnu realitu pre všesmerový zber trojrozmerných priestorových údajov miest činu.

2 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

Existuje niekoľko rôznych 3D skenovacích metód určených na získavanie rozmerov, farebnej kompozície a geometrických parametrov priestorových objektov za účelom vytvorenia 3D modelu alebo na uloženie informácií o skenovanom objekte v digitálnej podobe. V podstate neexistuje metóda 3D skenovania, ktorá by bola „najlepšia“, vždy je nutné výber 3D skenera a metodiku skenovania prispôbiť danému skenovanému objektu tak, aby poskytla jedinečné riešenie problému v rôznych prípadoch. [6]

Samotný výber 3D skenera a technológie skenovania v značnej miere závisia od toho, čo je predmetom skenovania. Zo širokej ponuky týchto zariadení sú niektoré ideálne na skenovanie bližších objektov, teda skenery s krátkym dosahom a naopak iné, na skenovanie vzdialenejších bodov, kedy je vhodnejšie použiť skenery so stredným alebo dlhým dosahom.[7]

Najpopulárnejším druhom skenera pre praktické použitie je 3D laserový skener, ktorý bol použitý v aplikačnej časti výskumného problému článku. Rozlišujú sa dva hlavné typy 3D laserových skenerov. Laserové snímače času letu laserového svetla a laserové snímače s fázovým posunom. Prvá skupina skenerov pracuje na princípe merania času letu a odrazu emitujúcich impulzov laserového svetla k a od skenovaného objektu. Určením času spiatého letu sa vypočíta vzdialenosť medzi povrchom objektu a skenerom. Tento typ sa využíva na skenovanie vzdialenejších objektov. Druhá skupina, skenery s fázovým posunom, využívajú IR laser, ktorý sa odráža späť do systému. Vzdialenosť medzi skenovaným objektom a skenerom sa následne vypočíta analýzou fázových posunov vo vlnovej dĺžke spätného lúča v porovnaní s vyžarovaným svetlom. [8]

Technológiu 3D snímania pracujúcu na princípe laserového svetla je možné teda definovať aj ako bezkontaktnú a nedeštruktívnu technológiu, ktorej výsledkom je tzv. mračno bodov („point cloud“). Rovnako ako bežný fotoaparát, tak aj 3D skener dokáže zaznamenať len to, čo sa nachádza v jeho zornom poli, teda to, čo je v priamej viditeľnosti východiskového bodu. Z dôvodu vzájomného prekrytia skenovaných objektov sa skenovanie často vykonáva opakovane a z viacerých polôh tak, aby bol objekt/scéna zaznamenaná kompletne. Takto získane parciálne skeny sú následne spájané za pomoci využitia referenčných objektov, reflexných bodov, terčov, gúľ a pod. Odchýlky vzniknuté pri meraní, ako aj overenie presnosti merania sa dajú zistiť až následným spracovaním, kedy sú

nasnímané objekty rekonštruované a modelované. Z uvedeného teda vyplýva, že 3D skener dokáže detailne a v digitálnej podobe zachytiť každý objekt od jeho tvaru a farby až po podrobnosti jeho povrchu a textúry. Výsledok 3D skenovania je reprezentovaný digitálnou virtuálnou 3D verziou reálneho 3-dimenzinálneho objektu. [9]

3 METODIKA A POUŽITÉ NÁSTROJE

Na posúdenie implementačného potenciálu metódy 3D snímania pri zaisťovaní a skúmaní objektov kriminalistického skúmania boli zrealizované tri prípadové štúdie za použitia 3 rôznych 3D skenerov. Skenovanou vzorkou – referenčnými stopami – boli: objemová daktyloskopická stopa, objemová trasologická stopa a treťou vzorkou bolo potenciálne miesto vzniku KRU. Výber, ako aj vhodnosť použitých nástrojov boli prispôsobené ich dostupnosťou, ako aj špecifickými kritériami vyplývajúcimi z charakteru skenovanej kriminalistickej stopy.

3.1 PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA 1 – TRASOLÓGIA

Na 3D zosnímanie objemovej trasologickej stopy sa pracovalo so skenerom ZScanner®800 (*Obrázok 1*). ZScanner®800 je vývojová rada skenerov od spoločnosti Z Corporation. Ide o ručný laserový skener, ktorý je praktický z hľadiska použitia a manipulácie a nevyžaduje si žiadne dodatočné externé mechanizmy slúžiace na prípadnú fixáciu alebo nastavenie pozície. Princíp snímania je založený na triangulácii. Skener disponuje vysokým rozlíšením, čo umožňuje vzájomný pohyb daného skenovaného povrchu objektu a skenera počas celej doby snímania. [10]

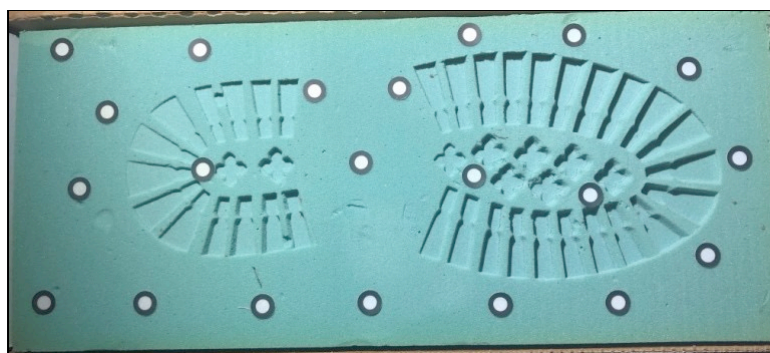


Obrázok 1 3D skener ZScanner®800 [10]

Toto zariadenie pozostáva z troch kamier a rýchlosť jeho snímania je 25 000 meraní/s. Zaraduje sa do triedy lasera číslo II, takže je bezpečný pre oči. Rozlíšenie má do 50

mikrónov, presnosť do 40 mikrónov a dátový prenos je prostredníctvom FireWare, hĺbka poľa 30 cm. Čo sa týka váhy a rozmerov, jeho hmotnosť je 1,25 kg a rozmery 171 x 260 x 216 mm. [10]

Metodika skenovania prebiehala v nasledujúcich krokoch. Ako prvé bolo potrebné vytvoriť referenčnú stopu. Na jej zhotovenie bola použitá špeciálna bio-pena, do ktorej bol vytvorený odtlačok podrážky obuvi. Na takto vytvorenú stopu boli rozmiestnené tzv. reflexné body („targets“). Umiestnenie reflexných bodov nie je ľubovoľné, ale podlieha pravidlu ich rovnomerného rozmiestnenia v stanovených vzdialenostiach minimálne 2 cm a maximálne 10 cm od seba, optimálne do tvaru mriežky (Obrázok 2).



Obrázok 2 Vzorka objemovej trasologickej stopy s reflexnými bodmi

Skenovanie sa uskutočňuje za pomoci 3 kamier. Kamery slúžia na snímanie laserového červeného križa, ktorý sa počas skenovania objavuje na skenovanom objekte. Prvé sa skenujú pozície reflexných bodov, pričom systém si uchová ich rozloženie. Účelom týchto bodov je ich využitie ako polohovací súradnicový systém, čo slúži na automatické určovanie vzájomnej polohy skenera a snímaného povrchu telesa. Následne sa pokračuje v skenovaní celého povrchu stopy. V prípade lesklého povrchu na minimalizáciu odrazu laserového lúča existuje možnosť nastriekať tenkú vrstvu špeciálneho kriedového prášku určeného na 3D skenovanie. Skenovaný povrch stopy sa postupne zobrazuje na zobrazovacej jednotke, čo zároveň zabezpečuje možnosť kontrolovať dôkladnosť a dôslednosť skenovania. Presnosť skenovania je možné neustále kontrolovať aj prostredníctvom zmeny rozlíšenia skenera. V prípade absencie bodov je možné tieto miesta opakovane doskenovať, aby 3D model vyhovoval požiadavkám pre kriminalistické skúmanie. Okrem hardvérového riešenia je skener štandardne dodávaný aj so softvérovým vybavením tzv. „VXelements – 3D Digitalizing Software. Presnosť skenovania je možné neustále kontrolovať, prostredníctvom zmeny rozlíšenia alebo softvérovými nástrojmi.

3.2 PRÍADOVÁ ŠTÚDIA 2 – DAKTYLOSKOPIA

Na skenovanie objemovej daktyloskopickkej stopy sa pracovalo s 3D skenerom – Static Road Scanner (*Obrázok 3*). 3D skener je navrhnutý tak, aby dokázal merať textúry 3D povrchu s veľmi vysokým rozlíšením pre meranie na mieste. So zariadením je možné manipulovať, prenášať ho a využiť aj v podmienkach exteriéru. Vyznačuje sa maximálnym rozlíšením 2,49 μm . Toto rozlíšenie by malo umožňovať zaznamenať nepravidelnosti daného skenovaného povrchu až na úrovni mikrotextúry. Jeho prednosťou je vysoká hĺbka ostrosti, to znamená, že dokáže zachytiť súčasne obe zložky textúry – aj mikro aj makro. Skener pozostáva z dvoch základných častí – hardvérové zariadenie a softvérová aplikácia. Hardvérovú časť zariadenia tvorí skenovacia hlavica, ktorá sa pohybuje v troch na seba kolmých osiach. Na zoskenovanie makrotextúry aj mikrotextúry je hlavica vybavená makrosenzorom aj mikrosenzorom. Softvérová aplikácia slúži na skenovanie objektu pomocou 2 skenerov. Naskenované dáta je možné exportovať do vhodných formátov a následne spracovať v programovom prostredí Matlab. Softvér plní aj funkciu navigácie skenovacej hlavice pomocou motorov s voľbou zobrazit' sken z mikro alebo makro skenera. [10]



Obrázok 3 Static Road Scanner [10]

Metodika skenovania je nasledovná. Ako prvé bolo dôležité pripraviť plastickú daktyloskopickú stopu, ktorá bola vytvorená do modelárskej plastelíny (*Obrázok 4*). Ďalej bolo nutné zariadenie nakalibrovať, následne nastaviť požadované rozmery skenovacích plôch mikroskenneru a makroskenneru, nastaviť expozície makroskennera, nastaviť pracovný rozsah pre mikroskenner a vizuálne skontrolovať nastavenia pracovného rozsahu. Následne bolo možné prejsť do režimu „normal scan“ – spustenie skenovania. Exportovanie skenov alebo častí skenov je vo formáte XYZ alebo TXT. [10]



Obrázok 4 Plastická daktyloskopická stopa v modelárskej plastelíne

3.3 PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA 3 – POTENCIÁLNE MIESTA VZNIKU KRU

Na skenovanie potenciálneho miesta vzniku KRU bol použitý skener od značky Faro – Faro Focus^s 350 (*Obrázok 5*). Skener je založený na princípe laserového snímania a je vyvinutý tak, aby bol schopný zachytiť 3D realitu bez ohľadu na čas alebo priestor. Je určený na rýchle, vnútorné a aj vonkajšie meranie v troch rozmeroch. Zaznamenáva až 1 milión meraných bodov za sekundu do vzdialenosti 350 m. Ďalej umožňuje rýchle, pomerne jednoduché a predovšetkým presné meranie najrôznejších objektov. Vstavaná kamera v skenery umožňuje zachytávať detailné snímky vo vysokom rozlíšení (fotografie vo formáte HD až do 165 megapixelov) a zároveň poskytuje prirodzené prekrytie farieb skenovaných údajov aj v sťažených, extrémnych svetelných podmienkach. Presnosť merania sa pohybuje +/- 1mm. Tieto skenery sú certifikované prostredníctvom štandardu Ingress Protection Rating (IP Class 54) a navrhnuté tak, aby boli chránené pred vniknutím nečistôt, prachu, hmly, dažďa a iných prvkov. Je využiteľný aj v extrémnych teplotných podmienkach a pri jasnom slnečnom svetle. Skenery podporujú funkciu opätovného skenovania vzdialených cieľov pre potreby opakovaného skontrolovania nasnímanej oblasti vo vyššom rozlíšení, čím je dosahovaná a zabezpečená presnejšia detekcia snímaného cieľa. Opätovným prehľadávaním aj veľmi malých oblastí záujmu je možné získať najvyšší možný detail. [11]



Obrázok 5 Laserový skener Faro Focus^S 350

Za potenciálne miesto vzniku KRU sme si zvolili cestnú komunikáciu, konkrétne úsek diaľničnej cesty (Obrázok 6). Ako prvé bolo potrebné v rovnomernej vzdialenosti porozmiestňovať reflexné body – biele gule o priemere približne 20 cm, podobne ako „targets“ pri skenery ZScanner (Obrázok 7). Po ich rozmiestnení sa pristúpilo k skenovaniu. Vykonávalo sa viacero skenovaní, nakoľko dĺžka skenovaného priestoru presahovala dosah lúčov skenera. Pred spustením skenovania sa nastavili základné parametre (rozlíšenie) a pomenoval objekt skenovania. Následne sa skener postavil do stredu cesty skenovaného úseku tak, aby bol vo vodorovnej polohe. Jedno skenovanie trvalo približne 13 minút. Po naskenovaní zorného poľa sa postupne pohybuje a otáča, aby bol naskenovaný celý priestor (360°). Skener sám po nastavení základných parametrov a po spustení tlačidla „play“ skenoval bez nutnosti zásahu ľudského činiteľa. Po doskenovaní jedného úseku sa skener presunul na ďalšie miesto skenovania a celý proces skenovania sa opakoval.



Obrázok 6 3D skenovanie diaľničného úseku pri tunely Bôrik

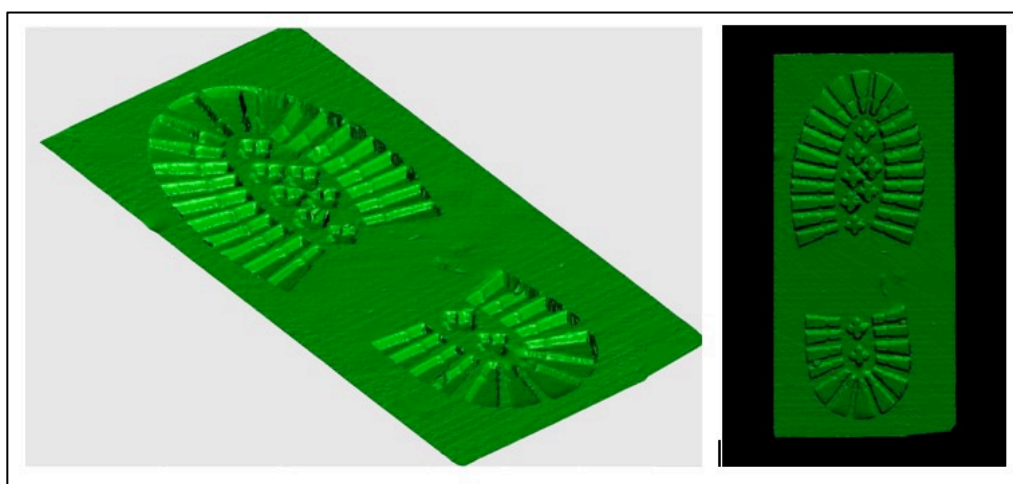


Obrázok 7 Reflexné body pre 3D skener Faro Focus^s 350

4 DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

4.1 VÝSLEDKY – TRASOLÓGIA

Výsledok 3D snímania objemovej trasologickej stopy je jej 3D model, ktorý je graficky znázornený na obrázku (*Obrázok 8*). S takto vytvoreným 3D modelom trasologickej stopy je možné v programe skúmať všetky dôležité parametre významné pre kriminalistické skúmanie, objasňovanie a následnú identifikáciu (dĺžka stopy, šírka stopy, hĺbka stopy v danom prostredí a pod.)

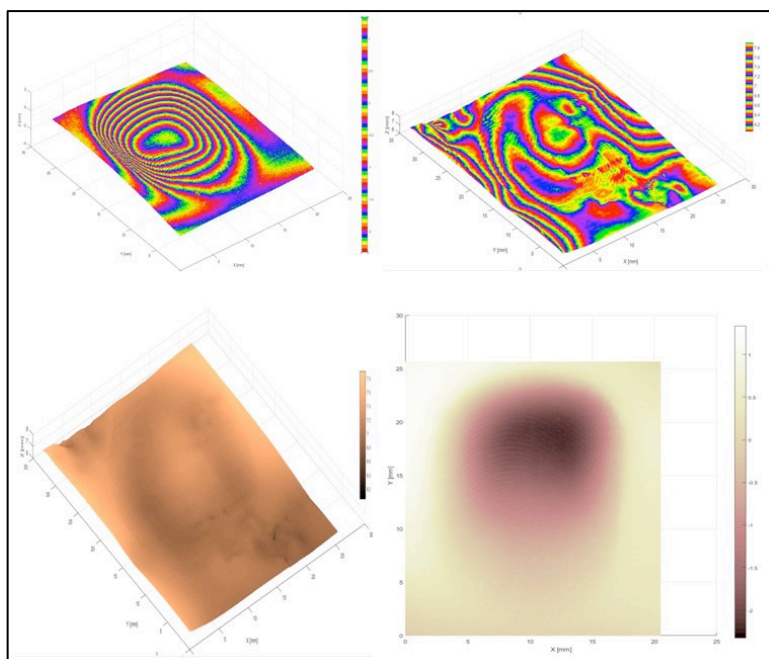


Obrázok 8 3D model referenčnej plastickej trasologickej stopy

Výsledkom tejto prípadovej štúdie je, že technológia 3D snímania aplikovaná na zaisťovanie plastickej trasologických stopy obuvi má implementačný potenciál pre kriminalistickú a bezpečnostnú prax. Overením využitia 3D snímania trasologickej stopy obuvi sa predpokladá uplatnenie tejto metódy v trasológii vo všeobecnosti ako v jednom z kriminalistických odvetví skúmania.

4.2 VÝSLEDKY – DAKTYLOSKOPIA

Výsledok 3D snímania plastickej daktyloskopickkej stopy nebol taký priaznivý ako pri skenovaní plastickej trasologickej stopy (Obrázok 9). Napriek použitiu 3D skenera s maximálnym rozlíšením 2,49 μm , nebolo možné stopu zachytiť a zaistiť tak, aby ju bolo možné využiť pre ďalšie kriminalistické skúmanie a následnú identifikáciu. Aplikáciou 3D snímania plastických daktyloskopických stôp neboli zistené žiadne významné prínosy. Pri zavádzaní akéhokoľvek zariadenia do procesu a činností je dôležité si uvedomiť, či vložené prostriedky do jeho prevádzky majú význam, perspektívu a prinášajú pre subjekt skúmania výhody. Z hľadiska výsledku, času, finančných prostriedkov a personálneho zaistenia sa táto metóda javí ako neuplatniteľná.



Obrázok 9 3D model referenčnej objemovej daktyloskopickkej stopy

4.3 VÝSLEDKY – POTENCIÁLNE MIESTO VZNIKU KRU

Výsledok skenovania úseku diaľničnej cesty je graficky znázornený na obrázku (Obrázok 10). Jednotlivé skenovania sa ukladajú na pamäťové zariadenie vložené v 3D

skenery, umožňujúce jednoduchý export nasnímaných dát (mračná bodov) do počítača. Vzhľadom k tomu, že snímaný objekt ako celok musel byť rozdelený na viacero skenovaných segmentov pre jeho rozľahlosť, jednotlivé úseky boli následne opätovne spojené do jednotného celku. Tieto úpravy sa vykonávajú v softvérovom prostredí PC-Crash – nástroj na vytváranie simulácií a rekonštrukciu nehodových dejov.



Obrázok 10 3D model diaľničného úseku cesty [12]

5 Diskusia

Základným cieľom výskumu bolo využitím implementačnej prípadovej štúdie overiť možnosti digitalizácie kriminalistických objektov skúmania. Použitím 3 rôznych typov 3D laserových skenerov boli získane výsledky, na základe ktorých bola posudzovaná miera aplikovateľnosti technológie 3D snímania v kriminalistike pri ich posudzovaní a identifikácii. Zo získaných výsledkov sa potvrdila interdisciplinárna povaha kriminalistiky a zároveň bolo preukázané, v ktorej oblasti kriminalistického skúmania má zmysel túto metódu aplikovať a naopak, v ktorej oblasti by bola táto metóda neefektívna.

V rámci prvej prípadovej štúdie sme dospeli k záveru, že uprednostnením metódy 3D snímania pred metódami ako je odlievanie stôp, in natura či ofotografovanie dochádza k eliminácii chýb, ktoré sa môžu v praxi objavovať, ako sú napr. nepoužitie meradla alebo jeho nesprávne použitie, nevhodný spôsob fotenia, nezabalené alebo nevhodne zaistené stopy in natura (dochádza k poškodeniu), neoznačené stopy a pod. Pri odlievaní trasologických stôp sa v praxi stretávame s viacerými problémami, ktoré pramenia najmä z najrôznejších podmienok terénu a ich výskytu. Stopy sa môžu objavovať v sypkom materiáli, prípadne v snehu, kedy je potrebné použiť spevňovací prostriedok. Akýkoľvek prostriedok použitý na spevnenie

materiálu a odliatie stopy zasahuje do jej materiálnej podstaty, čo môže mať za následok zmeny charakteru a vlastností zaist'ovaného dôkazu. Stopa sa tak stane neupotrebitel'ná pre ďalšie kriminalistické skúmanie, prípadne nie je možné presne určiť špecifické znaky odrážané v mikroreliefe povrchovej štruktúry podošvy, podrážky alebo podpätku. Odliatok v sebe nenesie všetky podstatné znaky stopy, prípadne nevhodnou tvrdosťou sadry dochádza k poškodeniu, poškriabaniu odliatku pri čistení. Tu sa dostávame k podstate problému, prečo je dôležité venovať pozornosť možnej aplikácii technológie 3D snímania trasologických stôp. Jednou z najvýznamnejších výhod je, že pri 3D skenovaní stopy nedochádza k žiadnemu fyzickému kontaktu, skenovanie nezasahuje do materiálnej podstaty skenovaného objektu, žiadnym spôsobom objekt nepretvára a nemení jeho vlastnosti a štruktúru. Pre kvalitu zaistenia stôp má bezpodmienečne význam čas. Čím rýchlejšie sú stopy zaistené od ich vzniku, tým sa zvyšuje ich potenciál využitia na účely dokazovania spáchaného trestného činu. Rýchlosť a presnosť skenovania závisí od výberu skenera a jeho technických parametrov. Inovatívny prínos v oblasti digitalizácie stôp spočíva v ich spôsobe ukladania a šetrenia priestoru. Na ukladania a archiváciu dát je možné vytvoriť databázu 3D modelov trasologických stôp, ku ktorým je možné sa kedykoľvek vrátiť. Digitálne stopy budú mať stále rovnaké vlastnosti a parametre, je možné ich opäť skúmať, hodnotiť, merať, vytlačiť na 3D tlačiarňu pre prípad získania fyzickej stopy a použiť na kriminalistickú identifikáciu.

Z hľadiska výsledku, času, finančných prostriedkov a personálneho zaistenia sa technológia 3D snímania plastických daktyloskopických stôp javí ako nepoužiteľná. V súčasnosti sa na zaist'ovanie 3D daktyloskopických stôp využíva metóda odfotoografovaním a odlieváním. Pri odlievaní sa využíva sadra, silikónové kaučuky, rôzne špeciálne pasty a pod. Najčastejšie sa získaná stopa balí do obálky a posielajú do laboratória. Opäť narážame na problém deštruktívnych metód, ktoré svojím charakterom zasahujú do materiálnej podstaty stôp. Celý proces je zdĺhavý, vyžaduje si dôkladnú a opatrnú manipuláciu kriminalistického technika tak, aby nedošlo k znehodnoteniu zaistenej stopy. Tieto problémy však 3D skener nedokáže v tomto prípade odstrániť, nakoľko aplikácia metódy 3D laserového skenovania je vhodná v prípadoch s výrazným priestorovým charakterom rozmerov daného objektu. Na jednej strane je možné predpokladať, že pri využití 3D skenera s väčším rozlíšením a jeho prispôbením na kriminalistické skúmanie daktyloskopických stôp, by bolo reálne stopu zaistiť, no na strane druhej, je nutné uvažovať či vložené prostriedky do jeho prevádzky sú využité efektívne a majú význam, perspektívu a prinášajú pre subjekt skúmania priame výhody.

Tretia prípadová štúdia, kde sme sa zamerali na zaistovanie potenciálneho miesta vzniku KRU – dopravnej nehody, poukazuje na celú radu benefitov – bezkontaktnosť, relatívna rýchlosť, presnosť, objektivnosť, automatizácia merania, minimalizácia doby zotrvania v nebezpečných prostrediach, nenáročnosť obsluhy. V porovnaní s aktuálne využívanými pomôckami a meracími metódami je táto metóda značne popredu. Súčasné technické vybavenie využívané na dokumentáciu napr. dopravných nehôd obsahuje kombináciu najmä rôznych ručných zameriavacích metód a prístrojov. Používajú sa predovšetkým diaľkomerné koliečka, pásma a nivelačná lata. Na zaznamenanie nehodového deja sa vytvárajú a kreslia plány miesta dopravných nehôd. Vo všeobecnosti sa dajú tieto metódy zaradiť medzi metódy finančne nenáročné, jednoduché na obsluhu a pomerne presné v prípade riadne dodržaného meracieho postupu. V praxi sa však často stretávame s vysokou mierou chybovosti a odchýlok od reálneho stavu. Presnosť merania klesá v závislosti od rozľahlejšieho a ťažko prístupného a komplikovaného terénu, ako aj vplyvom poveternostných podmienok. Ich presnosť sa radovo pohybuje v niekoľkých decimetroch. Medzi ďalšie metódy patria rektifikačný kríž, digitálne totálne stanice (výhody – vyššia presnosť, výškové údaje o polohe bodov, sklon vozovky, nevýhody – obsluha vo dvojici, potreba dostatočnej praxe, časté chyby pri meraní), fotografovanie, videozáznam. 3D laserový skener je teda moderným progresívnym nástrojom na digitálne zaznamenanie priestorových informácií. Okrem vyššie spomínaných benefitov, táto metóda ponúka zobrazovanie priestorov ako celkov, z ktorých je možné dodatočne merať objekty kriminalistického skúmania a stopy. Treba dodať, že výhodnejšie je použiť 3D skener na skenovanie miest s komplikovaným polohopisom udalosti, nehomogénnym povrchom terénu, pozdĺžnymi a priečnymi sklonmi vozovky, zákrutami či stromami alebo na skenovanie miest, kde došlo k spáchaniu obzvlášť závažných TČ.

3D sken slúži ako veľmi vhodný podklad, ktorý súčasne s využitím videozáznamov zo CCTV kamier, predstavuje pre forenzných expertov možnosti komplexnej a objektívnej dokumentácie miesta činu, konkrétne miesta dopravnej nehody pre potreby presnej rekonštrukcie nehodového deja. V článku [13] je predstavená metóda tzv. volumetrického kinetického mapovania v rámci rekonštrukcie dopravnej nehody. Metóda poukazuje na významnosť kamerových záznamov, ktoré zachytávajú dopravné situácie. Videozáznam vytvorený z miesta vzniku dopravnej nehody v syntéze s 3D skenom z tohto miesta a vhodným simulačným programom umožňujú presnú rekonštrukciu nehodového deja, čím je možné prispieť k dôkladnému a dôslednému posudzovaniu udalosti.

Čo sa týka nevýhod, za problematické sa považuje skenovanie počas dažďa, ktorý spôsobuje lámanie laserového lúča a výskyt šumu, spôsobený zlým odrazom od niektorých typov povrchov, či meranie pod nevhodným uhlom dopadu lúča. Medzi negatíva je možné ďalej zaradiť finančnú nákladovosť, potrebná na zaobstaranie skenovacieho zariadenia. Ako neefektívne sa javí 3D skenovanie rozľahlých a málo komplikovaných priestorov (dlhé rovné cesty, jednoduché križovatky), pri ktorých sa zvyšuje časová náročnosť, čo by nepriaznivo vplývalo napr. na povolenú časovú odstavku úseku cesty z dôvodu vzniku dopravných nehôd.

6 ZÁVER

Analýzou súčasného stavu riešenej problematiky bola preukázaná absencia využívania technológie 3D snímania v podmienkach kriminalistiky na Slovensku. Táto skutočnosť spolu s nazhromaždenými teoretickými východiskami potvrdili potrebu preskúmať potenciál tejto metódy priamo v praxi a zistiť tak jej využiteľnosť pre vybrané oblasti kriminalistického skúmania. Dosiahnuté výsledky v jednotlivých prípadových štúdiách a poznatky o 3D skenery preukazujú pomerne bohaté uplatnenie v kriminalistickej a bezpečnostnej praxi. Dokázali sme zistiť, že 3D snímanie daktyloskopických stôp je nevhodné a je potrebné sa orientovať na skenovanie výraznejších 3-dimenzionálnych objektov. V oblasti trasológie a snímania celých priestorov vzniku KRU má táto vysoký aplikačný potenciál, nakoľko boli preukázané početné výhody plynúce z jej aplikácie.

V nadväzujúcich výskumných úlohách by bolo vhodné sa zamerať na hĺbkové posúdenie vhodnosti jednotlivých metód získavania mračná bodov ako aj návrh komplexnej metodiky pre správne vyťažovanie relevantných informácií pre potreby kriminalistického a forenzného skúmania.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

[1] TREDINNICK, R., S. SMITH and K. PONTO, 2019. A cost benefit analysis of 3D scanning technology for crime scene investigation. In: *Forensic Science International: Reports*. s. 1-12. ISSN 2665-9107.

[2] THOPSON, T.H.U., NORRIS, P, 2018. A new method for the recovery and evidential comparison of footwear impressions using 3D structured light scanning. In: *Science & Justice*. s. 237-243. ISSN 1355-0306.

- [3] BUCK, U., S. NAETHER, B. RÄSS, CH. JACKOWSKI and M.J. THALI, 2012. Accidentor homicide - Virtual crime scene reconstruction using 3D methods. In: *Forensic Science International*. s. 75-84. ISSN 0379-0738.
- [4] BUCK, U., S. NEATHER, M. BRAUN, S. BOLLIGER, H. FRIEDERIC, CH. JACKOWSKI, E. AGHAYEV, A. CHRISTE, P. VOCK, R. DIRNHOFER, M.J. THALI, 2006. Application of 3D documentation and geometric reconstruction methods in traffic accident. analysis: With high resolution surface scanning, radiological MSCT/MRI scanning and real data based animation. In: *ScienceDirect*. s. 20-28. ISSN: 0379-0738.
- [5] WANG, J., Z. LI, W. HU, Y. SHAO, L. WANG, R. WU, K. MA, D. ZOU and Y. CHEN, 2019. Virtual reality and integrated crime scene scanning andheterogenous crime scene reconstruction. In: *Forensic Science International*. ISSN 0379-0738.
- [6] STELLA. 2017. How do 3D scanners work? [on-line]. [cit. 2019-10-24]. Available from: <https://matterandform.net/blog/how-do-3d-scanners-work>
- [7] *Types of 3D Scanners and 3D Scanning Technologies*. [on-line]. Breckenridge: EMS-USA. [cit. 2019-10-24]. Available from: <https://www.ems-usa.com/tech-papers/3D%20Scanning%20Technologies%20.pdf>
- [8] *Laser Scanning for Forensic Investigations*. [on-line]. FARO Technologies. [cit. 2019-10-24]. Available from: <https://www.faro.com/en-gb/news/laser-scanning-for-forensic-investigations>
- [9] SVATÝ, Z., 2018. Optimalizace metody získávání a zpracování obrazových podkladů pro potřeby analýzy dopravních nehod. Dizertačná práce. Praha: ČVÚT.
- [10] KOVÁČ. M., 2019. <matus.kovac@fstav.uniza.sk> [2019-07-01]. Základné dáta k problematike laserového skenovania. [E-mail to: Matúš Kováč <matus.kovac@fstav.uniza.sk>].
- [11] JANÍČEK, F., 2019. <janicek@iqservices.eu>. [2019-03-21]. Základné dáta k problematike laserového skenovania. [E-mail to: František Janíček <janicek@iqservices.eu>].
- [12] KOLLA, E., 2019. <eduard.kolla@gmail.com>. [2019-05-07]. Dáta z 3D skenovania.. [E-mail to: Eduard Kolla <eduard.kolla@gmail.com >].

[13] KOLLA, E., J. ONDRUŠ, P. VERTAL, 2019. Reconstruction of traffic situations from digital video-recording using method of volumetric kinetic mapping. [on-line]. *The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji*, 84(2), s. 147–170. [cit. 2019-10-30]. Available from: <http://www.aaejournal.com/Reconstruction-of-traffic-situations-from-digital-video-recording-using-method-of,110229,0,2.html>