

VYUŽITIE 3D SNÍMACEJ TECHNOLOGIE ZAISŤOVANIA TRASOLOGICKÝCH STÔP V PROCESE KRIMINALISTICKEJ IDENTIFIKÁCIE

Bc. Veronika HÚSKOVÁ, Ing. Veronika ADAMOVÁ, Ing. Kamil BOC, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra bezpečnostného
manažmentu,

Ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovensko

Kontakt: huskova3@stud.uniza.sk, veronika.adamova@fbi.uniza.sk, kamil.boc@fbi.uniza.sk

Abstrakt: Článok pojednáva o využití 3D snímacej technológie pri zaisťovaní a skúmaní kriminalisticky relevantných trasologických stôp, ktoré bolo riešené v rámci študentského projektu grantového systému Žilinskej univerzity v Žiline. Hypotéza využitia 3D skenera pre účely kriminalistickej identifikácie bude experimentálne testovaná na objemových (plastických) stopách vytvorených človekom na rôznych podkladoch. Formou využitia 3D skenera, ako aj fotogrametrickými postupmi a metódami pri zaisťovaní trasologických stôp a ich vyhodnocovania v príslušných softvérových nástrojoch očakávame dosiahnuté výsledky smerujúce k potvrdeniu účinnosti a efektívnosti 3D technológie v kriminalistike. Výsledky 3D skenovania a fotogrametrické výstupy budú spracované ako mračno bodov a prostredníctvom metódy 3D tlače z nich bude zhotovený 3D model danej trasologickej stopy. Ten bude následne komparovaný s bežne používanou metódou v kriminalistike. Článok ponúka odprezentovanie splnenia čiastkovej úlohy v rámci riešenia projektu.

KPúčové slová: 3D skenovanie, ľudské stopy, mračno bodov, trasológia, 3D technológia

1 Úvod

Stopy obuvi sú jednou z najbežnejších foriem dôkazov, ktoré môžeme nájsť na mieste činu. Vyšetrovateľom poskytujú poteniconálne množstvo informácií týkajúcich sa páchateľa, obeť či iných relevantných informácií v rámci kriminalisticky relevantnej udalosti [1]. V súvislosti s ich nenahraditeľným postavením a potrebou v kriminalistike, je našim cieľom s využitím modernej technológie, poukázať na inovatívny prístup 3D modelovania objektov za súčasného využitia 3D tlačiarne v kriminalistike [2].

Tradičné metódy používané v kriminalistike na vytvorenie trojrozmerných odtlačkov (plastických stôp) zahŕňajú pomerne zdĺhavý proces. V niektorých prípadoch, ako je napríklad zhotovenie (2D) farebnej fotografie pri fotografovaní stôp, môže dôjsť k zníženiu kvality poskytnutých informácií [3, 4]. Pri fyzickom odlievaní odtlačkov, je potrebné brať do úvahy niekoľko faktorov. Dôležitosť je kladená na techniku odlievania, na samotný proces liatia pripravenej odlievacej hmoty, ako aj na jej konzistenciu. Významnú úlohu má následne v procese odlievania podklad, do ktorého je odtlačok vytváraný. Substráty ako piesok, zmiešaná zemina či sneh, podľa viacerých výskumov poukázali na zložitosť zaistenia takýchto stôp [9]. Ich konzistencia je veľmi jemná a tento proces vyžaduje fyzický zásah a potrebu ďalších prostriedkov, ako je napríklad fixátor či penové bloky, čo v konečnom dôsledku robí proces náročnejší ako časovo, tak aj potrebnými skúsenosťami technika [5, 6].

Pre získanie kvalitnejších dôkazov a informácií z kriminalistických stôp, odborníci vykonali desiatky výskumov a hľadali rôzne alternatívy, ktorými by dosiahli požadovaný cieľ. V priebehu posledných rokov bolo vykonaných niekoľko štúdií, ktoré sa týkali používania 3D laserových skenerov [7] a iných techník 3D zobrazovania [8]. Svet digitálneho 3D skenovania a 3D tlače ponúka množstvo potenciálnych výhod v rôznych oblastiach. V oblasti trasológie, ako samostatnej vednej disciplíny kriminalistickej techniky sa potvrdila vyššia efektívnosť procesu zaisťovania takýchto stôp, pričom výsledkom bolo kvalitnejšie zobrazenie jednotlivých odrazov markantov podošvy obuvi. Po získaní mračna bodov a následného 3D modelu snímaného objektu, ako výsledok skenovania sa zistilo, že je možné segmentovať nasnímanú plastickú 3D stopu tak, aby sa zvýraznili jednotlivé odrazy v stope zanechané na mieste činu vplyvom kontaktu obuvi s daným prostredím. Aj práve preto sa techniky digitálneho laserového skenovania ukazujú v budúcnosti ako veľmi sľubné [2, 10].

Laserové skenovací systémy (LSS) sú v dnešnej dobe považované za jednu z najmodernejších technológií pre zber priestorových dát bezkontaktnou formou a následnú tvorbu 3D vizualizácií. 3D technológie a ich meranie prebieha expresnou rýchlosťou, presnosťou a komplexnosťou merania [10]. Použitie LSS vo všetkých možných variantoch použitia umožňuje rýchle sprostredkovanie 3D informácií pre zachytenie tvarovo veľmi zložitého objektu, ktorý by bolo náročné v niektorých prípadoch, až nemožné zamerať či zaistiť. Získavanie dostatočného množstva informácií o takýchto zložitých objektoch, vyžaduje veľký objem časovo náročných prác, pričom potrebný by bol väčší počet pracovníkov v prostredí či vyššia úroveň vzdelania v oblasti. Naskenovaný cieľ môže byť zobrazený pomocou špeciálneho softwaru vo forme mračna bodov. Na základe tohto mračna je možné vytvoriť model objektu, ktorý je možné následne exportovať do systémov CAD či iných vybraných systémov. Veľmi jednoducho možno definovať laserovú skenovaciu techniku, ako technológiu automatického a neselektívneho zameriavania priestorových súradníc obrovského množstva bodov (mračna bodov) relatívne v krátkom čase, s vysokou presnosťou a hustotou [11]. Avšak treba upozorniť, že existujú aj určité nedostatky 3D techniky. Diskutabilná bola presnosť merania, chýbajúce údaje či neúplné 3D modely. Napriek tomu autori v štúdiu na tému 3D technológie v kriminalistike uvádzajú, že bezkontaktné skenovanie ponúka veľký potenciál práve kvôli svojej nedeštruktívnej povahe [7]. Na druhej strane, však treba podotknúť, že presnosť digitalizácie kriminalistických stôp za použitia 3D technológie sa bude odvíjať od výberu, presnosti a spôsobu použitých nástrojov, ako aj od spôsobilosti a schopnosti užívateľa.

Vzhľadom na prínosy plynúce z aplikácie 3D technológie v kriminalistike, preukázané základnou sondážou vykonaných výskumných a vedeckých štúdií, sa týmto článkom nadviaže na využitie 3D snímacej technológie zaist'ovania trasologických stôp v procese kriminalistickej identifikácie. Článok je vyprodukovaný za podpory študentského projektu grantového systému Žilinskej univerzity v Žiline a popisuje dosiahnuté výstupy riešenia čiastkových úloh tohto projektu. Tie budú následne podporné pri kreovaní záverov plynúcich z riešenia projektu. Samotný príspevok je koncipovaný tak, aby sa čitateľ oboznámil s metodikou vykonania experimentu, s jednotlivými krokmi, ktoré boli nevyhnutné na dosiahnutie cieľa stanoveného projektom. Projekt má dva základné ciele. Prvým cieľom projektu je prostredníctvom experimentu preskúmať potenciál využívania 3D snímokovania trasologických stôp metódou 3D skenovania a fotogrametrickou metódou [12]. Pri určovaní vhodnosti tejto metódy budú pozorované dôležité parametre, ktoré by mala stopa vykazovať a na základe nich určiť individuálnu príslušnosť – identifikácia osoby. Tento cieľ projektu sa prekrýva s cieľom kriminalistickej identifikácie a to v dostatočnej miere individualizovať objekt, ktorým bola stopa vytvorená. Druhým cieľom projektu je komparácia fyzického modelu trasologickej stopy, ktorý bude získaný metódou 3D tlače s aktuálne využívanou metódou formou sadrového odliatku a poukázanie na prínosy prichádzajúce spolu s digitalizáciou stôp. Porovnávať sa budú najmä rýchlosť, presnosť a kvalita zaist'ovaných stôp, ako aj ich vhodnosť pre ďalšie kriminalistické skúmanie.

2 Návrh experimentálneho merania a popis metodiky

Podstata projektu spočíva v možnosti aplikácie 3D snímacej technológie v procese kriminalistickej identifikácie. Po posúdení uvedenej metódy, bolo zistené, že realizáciu projektu bude vhodné vykonať formou experimentu. Prvotným krokom pre vykonanie experimentu bola jeho dôkladná príprava a vytvorenie plánu. Tento výskumný experiment má dva hlavné smery a to verifikáciu/falzifikáciu hypotézy o vhodnosti využitia 3D snímacej technológie v procese kriminalistickej identifikácie a praktické overenie aplikačných možností a vhodnosti využitia 3D snímacej technológie pri zaist'ovaní kriminalisticky relevantných stôp. Splnenie cieľov bude podmienené získaním mračna bodov plastickej trasologickej stopy nami zvolenou technikou. V rámci experimentu bude pozornosť nasmerovaná na aplikáciu dvoch druhov 3D technológie snímania - snímanie 3D laserovým skenerom a fotogrametria. Táto problematika je bližšie rozpracovaná v nasledujúcich článkoch [13-15]. Vhodnosť využitia 3D snímacej technológie bude posudzovaná komparačnou metódou v rozsahu zachytených a zobrazených znakov vlastností objektov, odrazených v objemových trasologických stopách. Na posúdenie vhodnosti bude použitá trasologická stopa, ktorá bola zaistená 3D technológiou (3D skener a fotogrametria) so stopou zaistenou metódou odlievania a stopou zaistenou metódou kriminalistickej fotografie. Porovnávané budú všeobecné a špecifické vlastnosti objektu, ktoré stopu vytvorili, a na základe ktorých je možné ho identifikovať [12].

V rámci prípravy na experiment boli zabezpečené pomôcky, ktoré sú graficky znázornené na Obr. 1. Prípravná fáza na vykonanie experimentu bola vykonaná v interiéri a bola dôležitá najmä z pohľadu kontroly a overenia vhodnosti a použitia vybraných materiálov a pomôcok.

V prípade zaznamenania nevhodne zvoleného materiálu či pracovného postupu, budú tieto nedostatky odstránené. Cieľom je zabezpečiť čo najlepšie podmienky počas ostrého merania.



Obr. 1 Použitý materiál a pomôcky pre vykonanie experimentu

Medzi použité pomôcky patrí aj fotoaparát Nikon D5300, ktorým bol celý priebeh merania dokumentovaný. Ten istý bol použitý aj v prípade získania fotografií pre potreby fotogrametrického spracovania trasologických stôp.

Pri vytváraní objemových (plastických) trasologických stôp boli použité tri rôzne podklady- penová hmota (a) - Florex pena, aranžérska (ďalej len hmota), piesok (b) a zemina (c). Vytvárala sa stopa po obuvi, stopa, ktorú zanechá osoba pri prirodzenom zaťažení svojou hmotnosťou na daný podklad, v ktorom stopa vzniká.

Výber podkladov, spôsob vytvárania stôp a spôsob ich zaisťovania boli v značnej miere naplánované a zrealizované tak, aby sa v čo najväčšej miere približovali realistickým, reprodukovateľným a opakovateľným podmienkam. Stopy boli vytvorené ženou s hmotnosťou 60 kg a výškou 172 cm. Figurantka mala obutú topánku (e) na ľavej nohe, veľkosti 39. Ide o topánku používanú, dámsku s výrazným dezénom. Následne svojou váhou preniesla záťaž tela do podložia, čím sa preniesli znaky podrážky obuvi do pripraveného podložia a vytvorila sa trasologická stopa. Išlo o turistickú obuv, ktorá má výraznú podrážku a tak odrážala znaky obuvi výrazne. Z dôvodu prispôbenia sa realistickým podmienkam a častému výskytu trasologických stôp obuvi nie v celku, sme vytvorili stopu pozostávajúcu z dvoch častí a to vytvorením najprv odtlačku špičky topánky a potom päty topánky.

Stopy boli vytvárané postupne, jednotlivito do podlôží, ktoré boli uložené v uzatvárateľnej, pevnej plastovej nádobe. Prvou stopou, bola stopa č. 1 vytvorená v piesku – špička (Obr. 2), a následne v tom istom podlôží sa vytvorila stopa č. 2 - päta. Vzhľadom na to, že išlo zatiaľ len o prípravne meranie, ďalšie stopy boli vytvorené už len pomocou špičky topánky do zvyšných pripravených podlôží. Vznikla tak stopa č. 3 (Obr. 2) v zemine a stopa č. 4 v hmote (Obr. 2). Po vytvorení stôp a zafixovaní, pomocou špeciálneho fixátora (f) na kriminalistické stopy, bolo k stope priložené meradlo (g) a následne bola stopa odfotografovaná. Pri fotografovaní boli dodržané základné zásady a princípy zaisťovania stôp – použité meradlo, kolmá fotografia, šikmé fotografovanie pre lepšiu viditeľnosť a kontrast stopy. Pre potreby fotogrametrického spracovania plastickej stopy bola vytvorená séria 50-70 fotiek pre špičku a pätu obuvi odtlačenú v piesku. Metodika fotografovania bola nasledovná. Vytvorená plastická trasologická stopa v danom podlôží bola snímaná z viacerých polôh, približne pod tým istým uhlom, smer pohybu bol zvolený v smere hodinových ručičiek, to znamená dookola, okolo predmetnej zaisťovanej stopy. Cieľom bolo v čo najlepšej kvalite zachytiť detaily a reliéf stopy zo všetkých strán. Výber fotiek následne slúžil ako zdrojový súbor pre spracovanie mračna bodov v softvéri Agisoft Metashape Standard [16].



Obr. 2 Trasologické stopy vytvorené v rôznych druhoch podlažia

Ďalšou nedeštruktívnou metódou, aplikovanou v rámci tohto experimentu bude snímánie stopy pomocou terestriálneho 3D skenera [10]. Výstupom je objektívne zaznamenanie trasologickej stopy, v digitálnej forme, pre možné ďalšie spracovanie. Táto forma zaist'ovania stôp bude však zrealizovaná v nadväzných činnostiach projektu, preto pre túto publikáciu nebudú výstupy z tohto skenovania poskytnuté.

Po odfotografovaní a vytvorení sérií fotiek pre fotogrametické spracovanie bolo následne možné zaistiť stopu metódou odlievania. Odliatky boli zaistené z odtlačkov obuvi štandardnými a odporúčanými metódami, konkrétne metódou odlievania. Pre tento účel bola použitá sadra (d). Po dosiahnutí požadovanej hustoty sadrovej hmoty, bola tá následne liata do trasologických stôp vytvorených vo všetkých troch podlažiach. Pri odlievaní stôp nebola použitá páska na ohraničenie okrajov stôp a ani výstuha drôteným pletivom. Tieto kroky boli vynechané z dôvodu spevnenia a zafixovania stôp použitím fixátora (f). Vystuženie stôp sa taktiež nevyžadovalo. Pre dôkladné vytvorenie odliatkov, sme nechali stopu tuhnúť na čas potrebný pre stuhnutie hmoty. Pri vytváraní odliatkov stôp je veľmi dôležité brať do úvahy niekoľko faktorov, ktoré vplývajú na proces zaistenia, ako je napr. vlhkosť prostredia či kvalita použitej sadry. Bodziak uvádza, že odliatok stopy, by sa mal pred čistením od drobných častíc ponechať aspoň 48 hodín na vzduchu a sušiť [17]. Na nasledujúcom obrázku (Obr. 3) sú znázornené zaistené stopy odliatím.



Obr. 3: Zaistené odliatky trasologických stôp vo vybraných podlažiach – piesok, zemina, hmota.

Na základe vyššie uvedeného je zrejmé, že experiment je v súčasnej dobe vykonaný len čiastočne. V budúcom období prebehne meranie vykonané v interiéri a exteriéri, v priestoroch fakulty bezpečnostného inžinierstva v Žiline. V tejto fáze už prebehne aj samotné 3D skenovanie, opakovane sa však budú vykonávať metódy overené v rámci prípravných činností, pre nutnosť vytvorenia a zachovania rovnakých podmienok pri aplikácii rôznych metód zaist'ovania v rámci konkrétnej stopy. 3D skenovanie bude vykonané špecialistom rovnako bude k experimentu prizvaný aj odborník na fotogrametické spracovanie a 3D modelovanie objektov. Sú to metódy, na ktoré je potrebné získať skúsenosti a prax. Proces skenovania stôp prostredníctvom 3D skenera zahŕňa množstvo fáz, ktoré skenerista vykonáva počas skenovania. Ide napríklad o nastavenie funkcií skenera, jeho kalibráciu, nastavenie osvetlenia a pod. Taktiež je potrebné získať dobrú optickú ohniskovú vzdialenosť, pohľad a uhol kamery. Pri fotografovaní stôp je to veľmi podobné, vzhľadom na nastavenie obdobných parametrov, ako sú ohnisková vzdialenosť či osvetlenie [18].

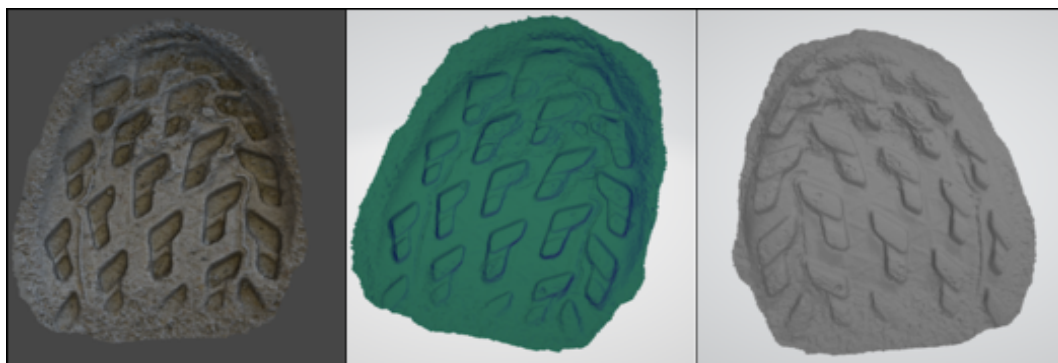
Výsledkom merania laserovej techniky sú vždy mračná bodov, prípadne obrazové informácie v podobe digitálnych fotografií. Dáta je potrebné ešte upraviť do vhodnej podoby, tak aby boli pripravené pre export. Naskenované súradnice bodov sa po meraní ešte pred spracovaním upravujú tak, aby sa zamedzilo spracovaniu chybných či zbytočných bodov [11]. Následne zo získaného mračna bodov, budeme môcť preniesť tieto mračná do vybraného softvéru. Program nám následne spracuje nasnímané body do podoby stopy. Jednoduché spracovanie 3D modelu vo fotogrametickom softvéri bude prezentované v časti priebežné výsledky experimentu.

Konečným procesom bude vytvorenie 3D výtlačkov týchto stôp za pomoci 3D tlačiarne. Po ich vytlačení budeme môcť porovnať referenčné stopy s vytvorenými stopami za pomoci 3D technológie digitalizácie stôp. Ukončenie tohto procesu nám tak umožní vykonať komparáciu zaistených stôp a vyhodnotiť celkové výsledky experimentu.

3 Priebežné výsledky experimentu

Výsledky experimentu sú v súčasnosti len čiastočné. Pre dokončenie experimentu a naplnenie cieľov projektu je potrebné dokončiť fázu skenovania, fotogrametrie a vytvorenia 3D výtlačkov stôp. Meranie bolo z dôvodu situácie s COVID -19 na istú dobu pozastavené. Doposiaľ sa vykonala len časť experimentu uvedená v kapitole 2. Po vykonaní procesu využitia 3D technológie, následne bude možné vyhodnotiť potenciál využitia modernej technológie digitalizácie, ako je uvedené v cieľoch experimentu. V rámci generálneho merania sa vykonalo odliatie štyroch zaistených stôp (Stopa č. 1/ špička - piesok, stopa č. 2/ päta – piesok, stopa č. 3 /špička - zemina, stopa č. 4/ špička – hmota), čo bolo postačujúce pre získanie potrebných informácií na vykonanie budúceho merania. Rovnaký proces odlievania prebehne aj pri reálnom meraní experimentu s tým, že v každom podloží (piesok, zemina, hmota) sa vytvorí odtlačok špičky aj päty obuvi. Odliatky budú následne komparované s digitálnymi modelmi stôp a 3D výtlačkom stôp. Pre tento proces bude potrebné vykonať dôslednú fotogrametriu, 3D skenovanie a vytvorenie 3D modelu výtlačku stôp.

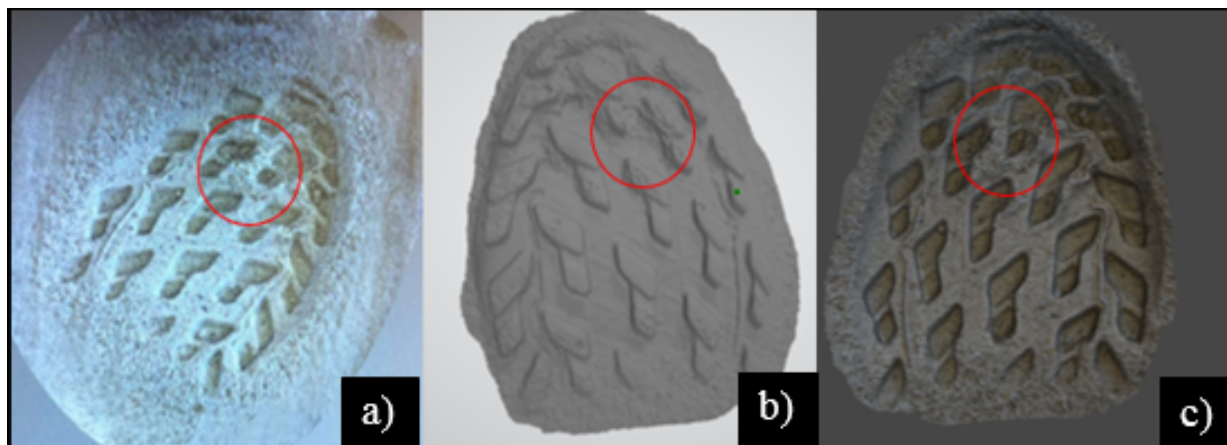
Výsledky dokazujú, že nedeštruktívna metóda fotografovania a následného spracovania sady fotografií na vytvorenie mračna bodov pomocou fotogrametrického softvéru (Agisoft Metashape Standard), je vhodným spôsobom dokumentácie nájdených stôp na mieste vzniku kriminalisticky relevantnej udalosti. Zaistené stopy fotografovaním vykazujú pomerne vysokú presnosť detailov stopy. Na nasledujúcom obrázku (Obr. 4) je znázornený 3D model špičky topánky odtlačenej v piesku.



Obr. 4: Digitálna trasologická stopa spracovaná fotogrametrickým softvérom (prvá fotka z ľava je 3D model zobrazený v okne programu Agisoft Metashape Standard, druhá a tretia fotka z ľava je 3D model zobrazený v okne programu 3D zobrazovač)

Komparáciu odliatkov zaistených stôp bude možné vykonať až po procese skenovania, fotogrametrie a vytvorenia 3D výtlačkov, ktoré sú predmetom ďalšieho skúmania. V súčasnosti sme mali k dispozícii sériu približne 50-70 fotiek, zaistených trasologických stôp, počas skúšobného merania. Doposiaľ vykonané merania boli zaznamenané fotografovaním osoby, ktorá nemá profesionálne skúsenosti s fotogrametriou, a z ktorých bolo možné následne vytvoriť digitálnu stopu vo fotogrametrickom softvéri (Obr. 4). Pri ostrom meraní a zaistovaní trasologických stôp bude prítomný špecialista na fotogrametriu. V rámci spracovania použije profesionálnu verziu programu Agisoft Metashape, čím očakávame kvalitnejšie detaily spracovania a zaistenia trasologických stôp, spolu s možným určením významných parametrov stôp (dĺžka stopy, šírka stopy, hĺbka stopy, rozmery detailov na podrážke, kvantitatívne popísanie markantov...).

Fotografie získané v rámci skúšobného, prípravného merania boli postačujúce pre vytvorenie digitálneho modelu stopy v Agisoft Metashape Standard v pomerne vysokej kvalite zobrazených detailov stopy (Obr. 5). Vytvoril sa tak digitálny model zaistenej stopy, ktorý výrazne zobrazil detaily stopy (a) aj vzhľadom na to, že doposiaľ nebolo vykonané ostré meranie a výstupy pre túto publikáciu odrážajú prvotné skúšky a učenie sa narábať s daným softvérom. Obdobne je to aj pri 3D zobrazení trasologickej stopy pomocou 3D zobrazovača (b), kde stopa taktiež vykazuje viditeľné detaily. Pri zvýraznení markantov stôp, sme sa zamerali na zvýraznenie bodov stopy (červený kruh), ktoré odrážajú individuálne znaky zaistenej stopy, vzniknuté pri vytváraní trasologických stôp, ktoré sú znázornené na nasledujúcom obrázku (Obr. 5). Čo sa týka použitých podkladov a vybranej obuvi, sa pri vytváraní stôp do podloží potvrdil vhodný výber topánky s výraznejšou podrážkou, kde boli zreteľne odrazené znaky obuvi. V každom podloží sa odrazila stopa inak, čo sa dalo aj predpokladať v závislosti od ich konzistencie.



Obr. 5 Zobrazenie detailov stopy obuvi (červený kruh) na základe výsledkov použitých metód a zobrazení vo vybraných softvérových programoch.

Samozrejme očakávame vysoko kvalitnejšie a dôkladnejšie zobrazenie markantov a výsledkov, po záverečnom meraní, kedy bude fotografovanie a 3D skenovanie vykonané osobami špecializovanými na tieto metódy. Pri 3D skenovaní trasologických stôp bude využitý 3D laserový skener FARO Focus [19]. Z takto získaných 3D modelov bude možné následne vytlačiť 3D výtlačky trasologických stôp pomocou 3D tlačiarne.

4 Diskusia

Odlievanie stôp je pomerne náročný proces. Vyžaduje si výber kvalitnej sadry na odlievanie, ako aj skúsenosti s odlievaním v praxi. Konzistencia sadry je v tomto prípade veľmi dôležitá. Odhad jej hustoty ovplyvňuje zaistenie odliatku, ako aj samotný proces liatia do vytvorenej objemovej stopy. Všetky tieto faktory môžu výrazne ovplyvniť zaistenie sadrových odliatkov, čo sa neskôr ukáže pozitívne/negatívne na zobrazení detailov stopy [20]. V tomto prípade je potrebné spomenúť v neposlednom rade konzistenciu podložia, do ktorého bola stopa vytvorená. Na základe hustoty/konzistencie podložia zhodnotíme, či pred odlievaním je potrebné stopu zafixovať. Jednotlivé kroky vytvárajú pomerne zdĺhavý proces, nehovoriac o potrebnom čase na tuhnutie stopy a vytvorení vhodného prostredia pre tuhnutie. Odlievanie je považované za deštruktívnu metódu v kriminalistike. Samozrejme má množstvo výhod a vo viacerých prípadoch sa podarilo páchateľa usvedčiť práve touto metódou. Naším cieľom nie je vyvrátiť túto skutočnosť, ale priniesť do kriminalistickej praxe poznatky o nedeštruktívnych metódach a poukázať na ich výhody/nevýhody a možnosť ich aplikácie.

Veľký dôraz a náročnosť si vyžaduje aj fotografovanie stôp. Ide o metódu, pri ktorej je potrebné mať skúsenosti a znalosti v praxi. Nastaviť presný uhol, šikmé osvetlenie, zaostrenie či ohniskovú vzdialenosť objektívu, je pre laika v tomto procese veľmi náročné [21]. Ide však o získanie skúseností, ktoré sa dajú praxou ľahko nadobudnúť. Po zaistení kvalitných fotografií nasleduje proces aplikácie získaného mračna bodov do fotogrametrického softvéru. Tento proces si samozrejme vyžaduje potrebný čas pri spracovaní mračna bodov, avšak výsledný výstup digitálneho modelu prináša detailné zobrazenie zaistenej stopy.

Treba podotknúť, že v tomto prípade už ide o nedeštruktívnu metódu a pri získaní zručností práce v softvéri, sa dajú vytvoriť a získať plnohodnotné výstupy z merania.

Pri budúcom meraní experimentu, kedy prebehne skenovanie, dôsledná fotogrametria a na záver vytlačenie 3D modelov stopy, budeme môcť zhodnotiť aj ďalšie prínosy 3D technológie pre kriminalistickú vedu a prax. Zamerať sa chceme na niekoľko faktorov, ktoré môžu ovplyvniť proces skenovania a to napríklad preskúvanie farebných svetelných zdrojov a vlnových dĺžok pri 3D laserovom skenovaní. Inšpiráciou je napríklad Friess [22], ktorý uvádza, že použitie modrého svetla pomôže prekonať niektoré problémy spojené so skúmaním reflexných povrchov. Môže tak zvýšiť celkové rozlíšenie skenovania. Ďalej by sa mal pri skenovaní skúmať vplyv počasia a zmien okolitého svetla. Aj to je jeden z dôvodov, pre ktorý sme uvažovali skenovanie vykonať ako v interiéri, tak aj exteriéri.

Posledným krokom a výsledkom experimentu bude komparácia zaistených stôp vybranými metódami. Metódami, ktoré sú uplatniteľné všade tam, kde sa skúmajú stopy a prebieha proces kriminalistickej identifikácie či trestné dokazovanie [23]. Po tejto fáze experimentu budeme môcť porovnať referenčné stopy so stopami vytvorenými 3D technológiou a metódou odlievania. Získané informácie nám umožnia splniť stanovené ciele projektu.

5 Záver

Verifikácia či falzifikácia potenciálu aplikácie 3D modernej technológie skenovania, fotogrametrie a pozitívneho prínosu 3D tlače v kriminalistickej praxi, pre nás doposiaľ ostáva otázkou. Súčasným záverom experimentu je vytvorenie odliatkov objemových stôp v troch rôznych podložiach (piesok, zemina a hmota), ktoré boli vytvorené ľudskou stopou – stopa obuvi. Do určitej miery sa nám podarilo taktiež vytvorenie digitálneho modelu stopy pomocou fotogrametrického softvéru - Agisoft Metashape Standard edition. Avšak pri vykonaní dôkladnejšej fotogrametrie očakávame omnoho kvalitnejšie výstupy. Pre dokončenie experimentu bude potrebné vykonať ďalšie fázy projektu, za pomoci modernej technológie digitalizácie stôp, ktorými získame potrebné dôkazy o hypotézach, ktoré sme na začiatku experimentu určili. Očakávame, že vykonanie merania prinesie nové poznatky, ktoré budú užitočné pre vzdelávací proces študentov fakulty bezpečnostného inžinierstva na Žilinskej univerzite, pre ďalšie využitie v kriminalistike, ako aj celkovo pre vedu a prax. Potenciál 3D modernej technológie digitalizácie stôp v súčasnosti stále rastie. Predpokladáme, že výsledky a záver experimentu prinesie kladné a predovšetkým prínosné poznatky.

PodĎakovanie

Publikácia vznikla v rámci riešenia študentského projektu grantového systému Žilinskej univerzity v Žiline KOR/7476/2019, ktorý získal grantové financovanie zo Žilinskej univerzity v Žiline.

Literatúra

- [1] SRIHARI, Sargur N. *Analysis of Footwear Impression Evidence: FINAL TECHNICAL REPORT, Research Foundation of the State University of New York* [online]. University at Buffalo, State University of New York, March 2011 New York (233981, 2007-DN-BX-K135) [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/233981.pdf>.
- [2] DECKER, Summer J. a Debra A. KOMAR. *The Use of a 3-D Laser Scanner to Document Ephemeral Evidence at Crime Scenes and Postmortem Examinations: ANTHROPOLOGY; GENERAL. J Forensic Sci* [online]. 2012, (January 2012, Vol. 57, 1), 191 s. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: doi:10.1111/j.1556-4029.2011.01915.x.
- [3] BLITZER, H. a HAMMER, R., 2015. „Effect of photographic technology on quality of examination of footwear impressions“. *Journal of Forensic Identification* 65 (4) s. 699 – 715.
- [4] KUZMINSKY, Susan C. a Megan S. GARDINER. *Three-dimensional laser scanning: potential uses for museum conservation and scientific research*. Academic press. *Journal of Archaeological Science* 39 (8), 2744-2751. *Journal of Archaeological Science* [online]. 2012, 2744-2751 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440312001409>.
- [5] ABBOTT, J.R., *Footwear Evidence*, Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, 1964.
- [6] SVENSSON, Arne. *Techniques of Crime Scene Investigation* [online]. American Elsevier Publishing Company, 1973. 540 s. [cit. 2020-10-30]. ISBN 0444000356, 9780444000354. Dostupné z: https://books.google.sk/books?id=x0xSAQAIAAJ&hl=sk&source=gbp_book_other_versions.

- [7] BUCK, U., NAETHER, S. a BRAUN, M. *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*. Forensic Sci Int [online]. 2007, 170 (1) [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2006.08.024.
- [8] ANDALO, Fernanda. *Accurate 3D Footwear Impression Recovery From Photographs* [online]. 2011 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: doi:10.1049/ic.2011.0121.
- [9] PAVELKA, Karel a Jindřich HODAČ. *Fotogrametrie 3: digitální metody a laserové skenování*, Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 2008, 190 s. ISBN 978-80-01-03978-6.
- [10] ŠTRONER, Martin a Jiří POSPÍŠIL., 2008. „Terestické skenovací systémy“. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008, 185 s. ISBN 978-80-01-04141-3.
- [11] KOHÚT, Tomáš. *3D laserové skenování důlně měřické chodby na Institutu geodézie a důlního měřictví VŠB-TU Ostrava*. Diplomová práce. Institut geodézie a důlního měřičství. 2015. 71 s.
- [12] BUCK, U., ALBERTINI, N., NAETHER, S., THALI, M. J. *3D documentation of footwear impressions and tyre tracks in snow with high resolution optical surface scanning*. Forensic Science International 171 (2007) 157–164.
- [13] 3D-ARCH, 2015. *3D virtuální rekonstrukce a vizualizace komplexních architektur*. Knižní série: Mezinárodní archiv fotogrammetrie dálkového průzkumu Země a prostorových informačních věd. Hlasitost: 40-5, Stránky: 431-435. Publikováno: 2015.
- [14] *TROJROZMĚRNÉ ZOBRAZOVÁNÍ, OPTICKÁ METROLOGIE A KONTROLA*. V Knižní série: řízení společnosti foto-optických přístrojů (SPIE). Hlasitost: 383. Stránky: 184-191 Publikováno: 1999.
- [15] REMONDINO, F. *Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning*. 3D Optical Metrology (3DOM) Research Unit, Bruno Kessler Foundation (FBK), 38122 Trento, Italy. ISSN 2072-4292. 2011, 3, 1104-1138; doi:10.3390/rs3061104.
- [16] BENNETT, S., MICHAEL, J. *Evaluating the Creation and Preservation Challenges of Photogrammetry-based 3D Models*. 2015. Published Works. 52.
- [17] BODZIAK, WJ., 2000. *Důkazy o dojme z obuvi*. CRC Press, Inc. Boca Raton, USA.
- [18] NIVEN, L., STEELE, T. a kol., 2009. *Virtuálne kostry: použitie štruktúrovaného svetelného skenera na vytvorenie porovnávacej zbierky 3D faunálu*. J. Archaeol. Sci. 36 (9), s. 2018 – 2023.
- [19] OGDEN, J., 2014. „*Practical Planning and Execution Procedures for Effective Forensic HDS Scanning*“, SPAR International 2014, Forensic and 3D Legal / Court Division, Colorado Springs, Colorado, 2014.
- [20] PETRACO, N., SHERMAN, H., DUMITRA, A., 2016. *Odlievanie trojrozmerných odtlačkov obuvi do snehu penovými blokmi*. Forensic Sci. Int. 263. 2016, s. 147 – 151.
- [21] ROBINSON, E., 2010. *Crime Scene Photography*. Druhé vydání: Elsevier Academic Press, Burlington, MA (2010).
- [22] FRIESS, M., 2012. *Škrabanie povrchu? Využitie povrchového skenovania vo fyzickej a paleoantropológii*. J. Anthropol. Sci., 90, 2012, s. 7 – 31.
- [23] Porada, V. a kol. 2019. „*Kriminalistika – technické, forenzní a kybernetické aspekty*“, 2. doplnené vydanie, 2019, Vydavateľstvo Aleš Čeněk, s. 1205. ISBN 9788073807412.