



DOKUMENTÁCIA TROJROZMERNÝCH TRASOLOGICKÝCH STÔP POMOCOU APLIKÁCIE FOTOGRAMETRIE BLÍZKEHO DOSAHU

DOCUMENTATION OF THREE-DIMENSIONAL FORENSIC FOOTWEAR TRACES USING THE APPLICATION OF CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY

VERONIKA ADAMOVÁ, VIKTOR ŠOLTÉS, KAMIL BOC

ABSTRACT: *The article focuses on applying the photogrammetric method in securing criminologically relevant traceological tracks. We presented documenting three-dimensional shoe traces in sand and soil. Experience confirms the unsuitability of using some common securing methods, such as casting by gypsum, e.g. with traceological traces in the snow. Such traces cannot be secure by casting, and thus another procedure is used, which is very lengthy and requires up to several hours. Therefore, it is significant to address non-destructive methods and examine their application potential, advantages and disadvantages. This article provides a basic theoretical overview of currently used forensic techniques in documenting the plastic traceological traces, and then presents the issue of photogrammetry in the context of describing the basic principle of operation and its application to forensics. In the methodological part, an overview of individual work steps is provided and the results themselves represent digital 3D models of traceological tracks. The conclusion of the article contains an evaluation of the results of the work, as well as pointing out the benefits of close-range photogrammetry for forensic practice.*

KEYWORDS: *Close-Range Photogrammetry, Traceology, Evidence, Documentation, 3D Footwear Impressions.*

ÚVOD

V predloženom článku sme sa zamerali na predstavenie aplikácie fotogrametrickej metódy do procesu dokumentovania dôkazov o trestnom čine. Motivácií preskúmať túto techniku na zaisťovanie stôp zanechaných na mieste kriminalisticky relevantnej udalosti pohybom osôb existuje niekoľko. V rámci zistenia aktuálneho stavu využívania 3D technológií s dôrazom na aplikáciu fotogrametrie ako takej, sme sa obrátili na Krajské riaditeľstvá Policajného zboru na Slovensku (ďalej len „KR PZ“). Z uvedených stanovísk jednotlivých KR PZ bola nadobudnutá vedomosť, že fotogrametria sa v procesoch dokumentácie miesta činu alebo kriminalistických stôp nevyužíva, prípadne len ojedinele. Všetky relevantné stopy, ako i priestor spáchaného trestného činu sa zameriavajú ručne, pričom plán miesta udalosti sa spolu so zameranými stopami zakresľuje do zápisnice o obhliadke miesta činu. Stopy sú následne zaisťované aplikáciou príslušných konvenčných kriminalisticko-technických metód.

V podmienkach Slovenskej republiky (ďalej len „SR“) sa fotogrametrickými metódami zaoberá odbor pátrania a kriminalisticko-technických činností spadajúci pod Úrad kriminálnej polície Prezídia PZ, ktorý za určitých špecifických podmienok a po zhodnotení a uznaní za vhodné na použitie v danom prípade, je spôsobilý takúto službu zabezpečiť (Komačka, 2021). V súčasnosti je možné využívanie 3D techník pri dokumentovaní miest trestných činov a stôp v domácich podmienkach označiť za nedostatočné, napr. z dôvodov personálnych, časových alebo finančných, ktoré vyplývajú predovšetkým z potreby disponibility dostatočne výkonnou výpočtovou technikou a softvérovým vybavením. Časová náročnosť vyplýva predovšetkým z procesu spracovania dát (zber dát, import dát do príslušného softvéru, samotné spracovanie dát, analýza a vyťažovanie dát).

Z pohľadu širšej kriminalistickej vedeckej obce je implementácia práve 3D techník do procesu objasňovania trestných činov prínosná a prináša so sebou celý rad výhod oproti klasickým metódam, napr. virtuálne zobrazenie miesta činu spolu so stopami, čiastočná eliminácia chýb a minimalizácia odchýlok pri meraní, zlepšenie prehľadnosti náčrtkov, odstránenie možností absencie objektov nezakreslených do plánov a iné (Thompson, 2018; Buck, 2013; Tredinnick, 2019; Edelman, 2018). Predmetný článok poskytuje základný teoretický prehľad súčasne používaných kriminalistických techník pri dokumentovaní plastickej stopy obuvi, následne prezentuje problematiku fotogrametrie v kontexte

popísania základného princípu fungovania a jej aplikácie do kriminalistiky. V časti 2. Metodika a použitý materiál je poskytnutý stručný prehľad jednotlivých krokov pri zaisťovaní stopy obuvi pomocou fotogrametrie blízkeho dosahu a v časti 3. Výsledky sú prezentované hotové plastické trasologické stopy. V diskusii a závere článku sme pozornosť nasmerovali hlavne na zhodnotenie výsledkov práce, ako aj poukázanie na prínos fotogrametrie blízkeho dosahu pre kriminalistickú technickú prax.

1. TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

Výskyt trojrozmerných stôp obuvi, v kriminalistike všeobecne označované ako plastické trasologické stopy, je na miestach kriminalisticky relevantných udalostí pomerne frekventovaný a ide v poradí o druhý najbežnejší typ dôkazu. Potvrďuje to Britská Národná agentúra pre zlepšenie polície (NPIA – National Policing Improvement Agency), ktorá súčasne dodáva, že zavádzanie nových techník a technológií môže orgánom činným v trestnom konaní (ďalej len „OČTK“) poskytnúť okamžité informácie o stope a následne prepojiť a rozšíriť hľadanie podozrivého na miestnej a národnej úrovni (NPIA, 2007). Napriek častému výskytu týchto stôp na miestach činu, napredovanie a inovatívny prístup v zavádzaní nových presnejších kriminalisticko-technických metód stagnuje a v porovnaní s inými odvetvami kriminalistickej techniky zaostáva. Autori Larsen a kol. (2021) vo svojej publikácii spracovali rýchly prieskum 3 známych forenzných časopisov a zistili, že v rokoch 2018 a 2019 sa len približne 1,3% zo všetkých publikovaných článkov orientovalo na problematiku kriminalistických stôp obuvi.

Porada a kol. (2019) tvrdia, že stopy na mieste činu vytvorené obuvou poskytujú zásadné možnosti identifikácie, ktoré sú súčasne podmienené kvalitou procesu dokumentovania a zaisťovania. Ak je takáto stopa vyhladaná a zaistená, odosiela sa na kriminalistickú trasologickú expertízu pre potreby vytipovania alebo určenia osoby, ktorá mohla na mieste činu takúto stopu zanechať, a získať tak porovnávaciu identifikačnú vzorku. Na upotrebitelnosť stopy po obuvi, okrem iného, vplyva aj druh podošvy. Zatiaľ čo pri hladkých povrchoch spodnej časti topánky je spravidla potrebný celý odtlačok, naopak u podošiev výraznejšie tvarovaných, postačí jej okrajová časť. V rámci posudzovania zaistenej stopy sa znalec, expert vyjadruje spravidla k nasledujúcim oblastiam:

- Určenie či ide o pánsku, dámsku alebo detskú obuv.
- Určovanie skupinových znakov obuvi (druh, tvar, veľkosť apod.).
- Určovanie individuálnych znakov obuvi (konkrétna obuv).

Skupinová identifikácia sa zvyčajne vykonáva prostredníctvom porovnávania stopy zaistenej na mieste činu s výrobným katalógom obuvi. Individuálna identifikácia je špecifickejší proces, kedy sa zaistená stopa skúma z pohľadu možnosti vyťaženia niektorých zvláštností a špecifických znakov, ktoré mohli vzniknúť, napr. samotnou výrobou, nosením topánok, opotrebovaním, alebo aj opravou a úpravou podošvy topánok. Individuálna identifikácia vychádza z predpokladu, že zvláštnosti identifikované pri skúmaní zaistenej stopy sa nemôžu vyskytovať u ďalšej obuvi v rovnakom, identickom usporiadaní. V rámci identifikácie zohráva nemalú rolu i čas, ktorý negatívne vplyva na úspešnosť komparácie substitútu stopy s topánkou podozrivej osoby, pretože obdobie nosenia topánok od vzniku relevantnej udalosti ovplyvňuje veľkosť a množstvo markantov na spodnej časti obuvi. Inými slovami, stopa s obuvou podozrivého nebude vykazovať zhodu, hoci stopu podozrivý vytvoril, pretože ďalším nosením sa markanty na podrážke zmenili a nie sú totožné s tými, ktoré boli pôvodne zistené zo zaistenej stopy (Porada, 2019).

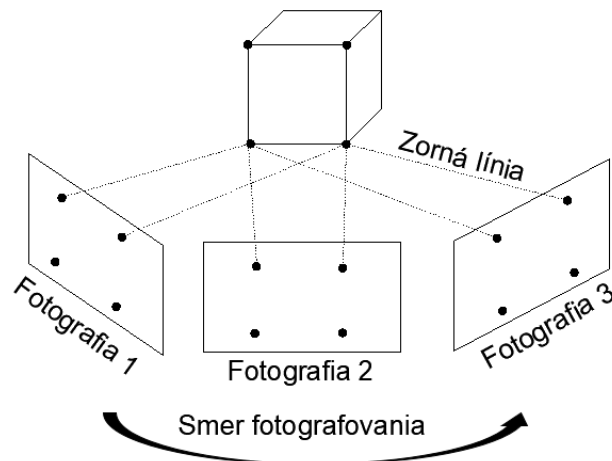
1.1 Dokumentovanie trasologických stôp obuvi

Medzi aktuálne a v súčasnosti využívané metódy kriminalistickej praxe skúmania trasologických objemových stôp obuvi zaraďujeme metódy vizuálneho porovnávania, fotografovanie, zaisťovanie stôp v originály („in natura“), či sadrové odlievania (Šabo, 2021). Vizuálnym porovnávaním sa vykonáva prvotné skúmanie v procese identifikácie a je ho možné vykonať voľným okom, pomocou približovacích skiel alebo iných optických prostriedkov. Služi k vyradeniu stôp obuvi, ktoré sú zjavne odlišné. Metóda „in natura“ sa používa v prípadoch, ak sa zaisťuje stopa spolu s nosičom alebo jeho časť, na ktorej je trasologická stopa vytvorená. Tento spôsob zaisťovania je typický predovšetkým pre stopy zanechané na papieri, tkaninách, skle alebo dreve. Fotografovanie je štandardne využívaná metóda na fotografické dokumentovanie stôp spolu s priloženým meradlom. Keďže ide o nedeštruktívnu metódu, jej aplikácia

má prednosť, napríklad pred odlietavím či zaist'ovaním „in natura“. Cieľom je zachytenie povrchu stopy spolu s detailami stopy pod vhodným uhlom a osvetlením, pre potreby dosiahnutia čo najlepšej kontrastnosti reliéfu stopy na 2D snímke. Sadrové odlievanie je označované za jednu z najčastejšie využívaných technických metód a podľa konkrétnych podmienok sa volia najvhodnejšie kriminalisticko-technické postupy a operácie. Odlievanie je však metóda deštruktívneho charakteru, preto je v snahe zavádzať nedeštruktívne a bezkontaktné metódy, ktoré vylúčia fyzický zásah (Jonáš, 2011).

1.2 Fotogrametria a jej využitie v kriminalistike

Fotogrametria je technika zaoberajúca sa využiteľnými meraniami, mapami, modelmi rôznych 3D objektov či terénu, ktoré sú získané z obrazového fotografického zoznamu snímok. Jej základným princípom je triangulácia, ktorá spočíva v prekrývaní jednotlivých rovnakých bodov na rôznych fotografiách z najmenej dvoch rôznych priestorových polôh objektu. Následne je možné z každej 2D snímky nasmerovať zorné línie do bodov na 3D objekte. Z priesečníka najmenej dvoch zodpovedajúcich priamok zornej línie je tak možné vytvoriť a umiestniť bod v trojrozmernom prostredí (Obrázok 1). Fotogrametria teda využíva polohu kamery pri pohybe v priestore na výpočet súradníc (x, y, z) 3D objektov. V praxi je možné fotograficky zaistiť a pomocou vhodného softvéru (PhotoModeler, Agisoft Metashape a ďalšie) vytvoriť relatívne presný 3D model objektu v príslušnej mierke zo série navzájom sa prekrývajúcich snímok zhotovených v rôznych pozíciách fotoaparátu (Villa, 2020).



Obrázok 1 Základný princíp fotogrametrie (Villa, 2020)

Fotogrametria môže mať nezávisle od svojej aplikácie rôzne delenie, avšak medzi základnú klasifikáciu zaradíme – satelitná, letecká alebo pozemná, resp. fotogrametria blízkeho dosahu (ďalej len „FBD“). Prvé dve sú techniky využívajúce satelitné snímky a snímky získané z lietadla, prípadne i z dronov. FBD, ktorá je prezentovaná aj v tomto článku je technika, ktorá využíva pri vytváraní fotografií z pevného miesta na zemi, pričom fotoaparát je umiestnený na zemi, alebo je umiestnený na statíve, alebo ho obsluha drží v ruke. FBD je rozšírenejšia pri vytváraní konkrétnych 3D model objektov, zatiaľ čo satelitná a letecká fotogrametria majú svoje využitie najmä pre topografické aplikácie (Sajinkumar, 2018). Fotogrametria má širokospektrálne využitie a používa sa v mnohých oblastiach, ako sú – automobilový, strojársky a lodiarsky priemysel, architektúra, ochrana dedičstva a archeológia, stavebné inžinierstvo, medicína a odontológia, bioarcheológia a forenzná antropológia, prírodné vedy a geológia, animovaný a filmový priemysel a do zoznamu potenciálneho využitia sa zaradilo aj kriminalistické vyšetrovania (Villa, 2020). Blízku fotogrametriu na zaistenie kriminalistických trasologických stôp použili vo svojom výskume Kenarsari a kol. (2017). Cieľom článku bolo potvrdiť alebo vyvrátiť, či fotogrametria je dostatočne presná pri dokumentovaní stôp obuvi a stôp dopravných prostriedkov. Podobnej problematike sa už v roku 2007 venovali aj Buck a kol. (2007). Použili však 3D laserový skener a na základe vizuálneho porovnania ich výsledkov je možné konštatovať slušné výstupy v oboch výskumoch. Tredinnick (2019) deklaruje, že 3D technológie spolu s fotogrametrickými technikami umožňujú rýchle získanie veľmi podrobných 3D modelov fyzického prostredia, čo prispieva k zefektívneniu procesu vyšetrovania. Tieto technológie umožňujú subjektom OČTK analyzovať a vytvárať si prehľad o mieste

činu pomocou jeho 3D vizualizácie i po neskoršom časovom odstupe. Shevchuk (2020) hovorí, že spolu s tradičnými prostriedkami zisťovania, odhaľovania, zaisťovania a skúmania materiálových stôp a vyšetrovacích situácií je využívanie moderných trojrozmerných digitálnych technológií a umelej inteligencie inovatívnou a veľmi perspektívnou oblasťou v kriminalistike. Buck a kol. (2011) sa vo svojej štúdii zamerali na využitie 3D technológií v rámci analýzy krvných stôp, konkrétne analýzy balistickej trajektórie krvných stôp a centrom, kde daná krvná škvŕna vznikla. Autori vyzdvihujú časovú nenáročnosť prípravy na samotnom mieste činu a vysokú presnosť a rozlíšenie aj pri dokumentovaní krvných stôp veľmi malých rozmerov na mikroúrovni, ako pri fotogrametrii, tak aj pri aplikácii 3D laserového snímania. Autori prezentujú, že pomocou 3D techník je možné analyzovať stopy krvi v horizontálnom, vertikálnom a šikmom smere a skúmať ich na rôznych materiálových a tvarových typoch nosičov. Problematike fotogrametrie sa ďalej venovali aj Chapman a Colwill (2019), ktorí sa zamerali na rekonštrukciu miesta činu pomocou fotogrametrie. Simulované miesto kriminalisticky relevantnej udalosti spolu s dôkazmi dokumentovali pomocou klasického fyzického merania a fotogrametricky. Spracovaný 3D model miesta činu vykazoval len zanedbateľné odchýlky v rozmeroch. Na celkovej kvalite digitálne zadokumentovanej stopy sa podieľa pomerne veľké množstvo faktorov. Robinson (2016) píše vo svojom článku najmä o použití stabilného statívu a kvalitnom fotoaparáte a jeho vhodnom nastavení, o použití meradiel a referenčných bodov, v neposlednom rade aj o výbere vhodného softvéru pre digitálne spracovanie. Faktory ovplyvňujúce celkovú presnosť a výsledný 3D objekt je možné doplniť aj o vhodnú polohu fotoaparátu voči snímanému objektu, ich vzájomná vzdialenosť a postup spracovania zdrojových snímok (Villa, 2019).

Na základe vykonanej stručnej rešerše publikovaných výskumov na danú tému vo forenzných časopisoch je možné konštatovať a zhodnotiť, že fotogrametria má pre kriminalistickú prax potenciál a je vhodným nástrojom predovšetkým pri technickom dokumentovaní objektov menších rozmerov (trasologické stopy, krvné stopy, malé miestnosti a pod.). Nasledujúca časť príspevku bude preto venovaná demonštratívne dokumentovaniu plastických trasologických stôp vytvorených v rôznych podlahách pomocou metódy FBS. Výsledky budú v závere zhodnotené a konfrontované s konvenčnou metódou zaisťovania a to s metódou sadrového odlievania.

2. METODIKA A POUŽITÉ NÁSTROJE

V rámci zaisťovania a fotogrametrickej dokumentácie trasologickej stopy sme postupovali nasledovne. Ako prvé sme si vytvorili trasologické stopy v rôznych podlahách. Pre potreby tohto článku bude prezentovaná stopa vytvorená a zaistená v hline a v piesku (Obrázok 2). Stopa bola vytvorená ženou s telesnou výškou 162 cm a telesnou hmotnosťou 60 kg, ľavou dámskou športovou trekingovou obuvou, typ podrážky guma/vibram, veľkosti 39, dĺžka spodnej časti obuvi je 27 cm, šírka topánky v najširšom mieste 7,5 cm (Obrázok 2).



Obrázok 2 Ľavá strana – topánka použitá na vytvorenie trasologických stôp, stred – trasologická stopa vytvorená v pieskovom podloží, pravá strana – trasologická stopa vytvorená v zemi

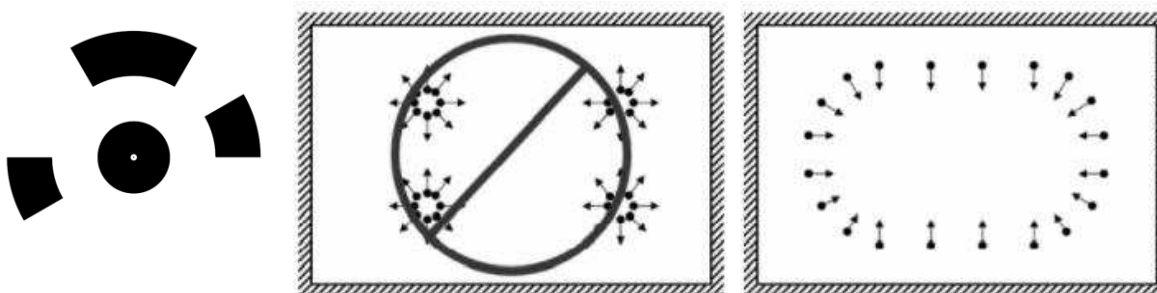
Vytváranie stôp do pripravených podoží bolo sprevádzané prirodzeným vtlačením obutej topánky do samostatnej nádoby s pieskom a so zeminou. Relief stopy, jej kontrastnosť a viditeľnosť, resp. kvalita odrazených znakov a markantov obuvi do podložia sú v značnej miere ovplyvnené vlastnosťou materiálu, ktorý stopu prijíma. V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 1) sú uvedené základné špecifikácie použitých podloží.

Tabuľka 1 Špecifikácia podloží použitých na vytváranie trasologických stôp (Húsková, 2021)

Parameter	Piesok	Pôda
Názov	BABY Sand KEMA (piesok pre detské ihriská)	COMPO Univerzálny substrát (bez rašeliny)
Farba	Biela	Hnedá (zemitá)
Vlhkosť	Prirodzená (70-80%)	Prirodzená (70-80%)
Fyzikálne vlastnosti	Sypký, nasiakavý, stlačiteľný	Nasiakavá, stlačiteľná
Zrornosť	Jemný (0,063- 1,0 mm)	Hustejšie zloženie
Druh	Kremičitý, prírodný	Organická, eko

Po vytvorení trasologických stôp sme následne pristúpili k ich zafixovaniu a zaisťovaniu. Fixovanie stôp bolo vykonané za pomoci použitia kriminalistického fixátora. Ide o priehľadný sprej, ktorý bol opatrným spôsobom a predovšetkým z predpísanej vzdialenosti nastriekaný na vytvorené stopy tak, aby sa tlakom vypúšťaného vzduchu čiastočky podložja neposunuli, teda nedošlo k poškodeniu markantov v stope. Následné dokumentovanie stôp prebehlo v súlade s odporúčanými zásadami a princípmi fotogrametrie. Základné odporúčania pri aplikácii fotogrametrie pri dokumentovaní a zaisťovaní objektov sú uvedené v nasledujúcich bodoch:

- Zvoliť vhodné nastavenia kamery/ fotoaparátu.
- Zvoliť vhodnú polohu kamery/fotoaparátu od objektu (primeraná vzdialenosť). Príliš blízka vzdialenosť od objektu môže spôsobiť, že objekt nezachytíme celý, v opačnom prípade, pokiaľ by bola daná vzdialenosť príďaleká, mohlo by dôjsť ku skresleniu snímaného objektu.
- Na stanovenie mierky, v akej je daný objekt zobrazený je nevyhnutné použiť „meracie vlčcovacie body“. Ide o tzv. terčíky rozmiestnené okolo snímaného objektu so známymi vzájomnými vzdialenosťami (Obrázok 3 Ľavá strana).
- Dodržiavať zásady fotografovania v zmysle pohybu okolo snímaného objektu, uhlov, pod ktorými je objekt snímaný a smere pohybu. Odporúča sa zvoliť si štýl fotografovania na začiatku a ten dodoržiavať počas celej doby fotenia a nemeniť smer fotenia (Obrázok 3 Pravá strana) (Komačka, 2021). Pozícia fotografie je jednou z najdôležitejších častí pracovného postupu v rámci dokumentácie a preto je účinné robiť postupné paralelné snímanie, s konštantnou výškou a orientáciou záberov (Svatý, 2018).

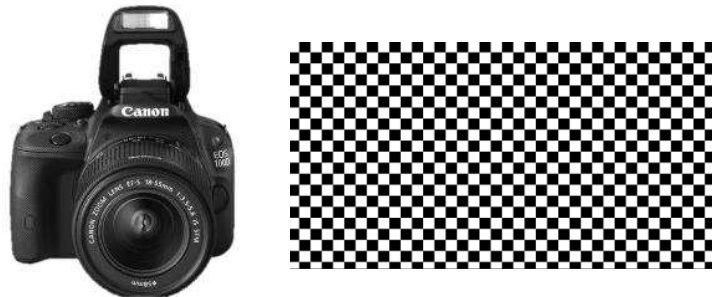


Obrázok 3 Ľavá strana – príklad terčika, pravá strana – spôsob dokumentovania miestnosti alebo objektu pre fotogrametriu (Agisoft, 2021)

Na vytváranie série fotografií, ktoré budú neskoršie slúžiť ako zdrojový materiál pre spracovanie 3D modelu stopy bol použitý fotoaparát Nikon D5300 (Obrázok 4 Ľavá strana). Pred samotným zberom fotografií je nevyhnutné pristúpiť k nastaveniam fotoaparátu, čo má významný vplyv nie len na kvalitu

snímok, ale aj na kvalitu konečného 3D modelu objektu skúmania. Pri vytváraní fotografií by sa mali dodržiavať nasledovné postupy:

- Na elimináciu nepresností pri meraní, pred samotným fotografovaním, je vhodné kameru/fotoaparát nakalibrovať, napr. za pomoci LCD obrazovky a kalibračného terča. Kalibrovanie umožňuje napríklad aj program Agisoft Metashape (Obrázok 4 Pravá strana).
- Všetky snímky musia byť vyhotovené s rovnakou ohniskovou vzdialenosťou a fotografuje sa v maximálnom možnom rozlíšení (pri FBD by mal mať rozlíšenie aspoň 5 Mpx.)
- ISO by malo byť nastavené na najnižšiu hodnotu, pretože vysoké hodnoty ISO môžu spôsobiť šum v obrazoch.
- Hodnota clony by mala byť dostatočne vysoká na to, aby poskytla dostatočnú ohniskovú hĺbku na ostré zachytenie snímok.
- Rýchlosť uzávierky by nemala byť príliš nízka, inak by mohlo dôjsť k rozmazaniu v dôsledku miernych pohybov.
- Uprednostňuje sa použitie dát „RAW“ bezstratovo prevedených do súborov formátu „TIFF“, pretože môže dôjsť k vyvolaniu kompresie pri formáte „JPG“ – nežiaduci šum v obrazoch,
- Blesk sa neodporúča a neodporúča sa fotografovať lesklé, vysoko reflexné alebo priehľadné predmety.
- Prekrytie medzi jednotlivými snímkami musí byť čo najväčšie, aby program dokázal nájsť spoločné body na jednotlivých fotkách a ďalšie (Komačka, 2021; Agisoft, 2021).



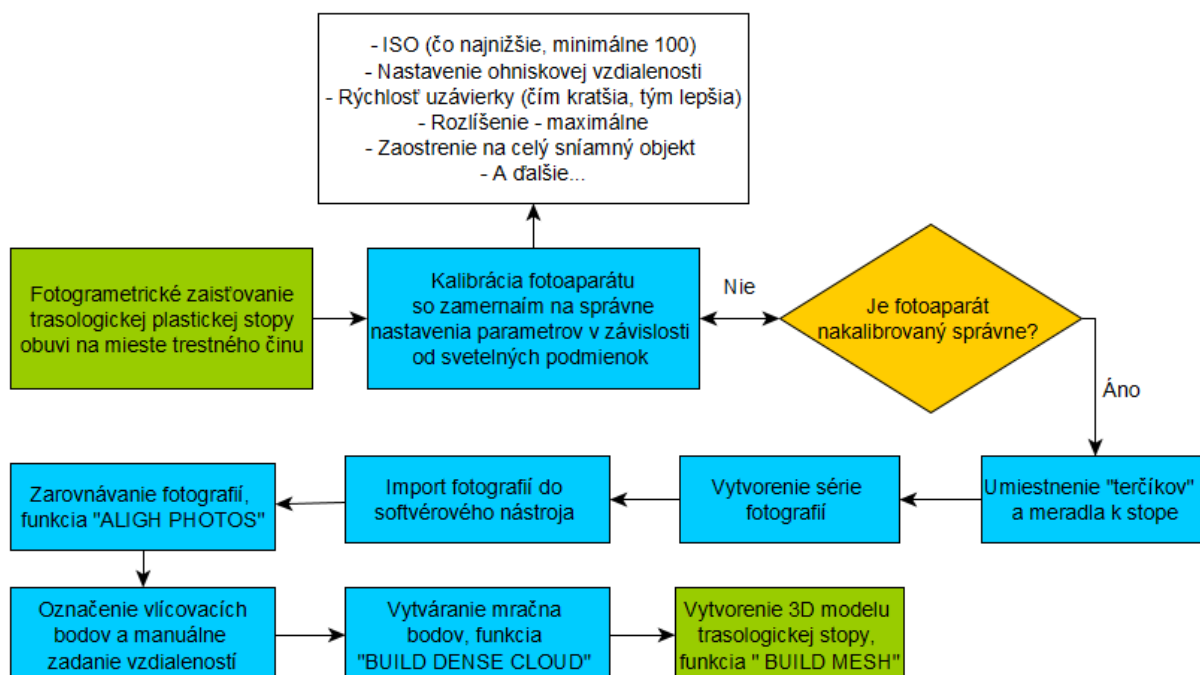
Obrázok 4 Ľavá strana – Fotoaparát použitý na dokumentáciu stôp Nikon D5300, pravá strana – príklad vzoru kalibračnej šachovnice (Agisoft, 2021)

Po nastavení fotoaparátu bolo následne možné pristúpiť k zberu zdrojových dát, ktoré v tomto prípade predstavujú 2D snímky, resp. séria fotografií. Ide o prvý dôležitý zdrojový materiál a ich počet sa mení v závislosti od veľkosti dokumentovaného objektu a aj od toho, či výsledkom spracovania má byť riedke alebo husté mračno bodov, čo súčasne vplýva aj na samotnú výslednú kvalitu 3D objektu. Optimálny počet použitých fotografií v kontexte dokumentovania trasologických stôp je v súčasnosti neznámy, avšak v nadväzných činnostiach a pokračovaní riešenia tejto problematiky je toto problém, ktorým sa chceme bližšie zaoberať.

Druhým zdrojovým materiálom je mračno bodov získané pomocou fotogrametrického softvéru Agisoft Metashape (Agisoft, 2021). Je založený na princípoch digitálnej korelácie obrazu pre retrospektívnu priestorovú rekonštrukciu. Program umožňuje používanie veľkého počtu snímok s vysokým stupňom prekrytia (identifikácia spoločných kľúčových vlastností/bodov medzi minimálne dvoma snímkami), ktoré sú automaticky spracované a následne z nich vygenerované trojrozmerné mračná bodov. Pracovný postup v programe Agisoft Metashape je rozdelený do štyroch krokov.

- Prvým krokom je zarovnanie importovaných snímok. Výsledkom tejto fázy je tzv. riedke mračno bodov, ktoré predstavuje priestorové usporiadanie snímanej scény, polohu všetkých snímok v priestore v čase fotografovania (vlastnosti vonkajšej orientácie fotografií) a použitý model fotoaparátu (vlastnosti vnútornej orientácie).
- Druhým krokom je priestorová rekonštrukcia. Používateľ môže špecifikovať rozsah a rozlíšenie výsledného modelu. Výsledkom je tzv. husté mračno bodov.
- Tretím krokom je vytvorenie priestorového modelu - konverzia získaného hustého mračna bodov do tvaru trojuholníkovej polygonálnej siete.
- Posledná je transformácia a validácia meraní (Svatý, 2018).

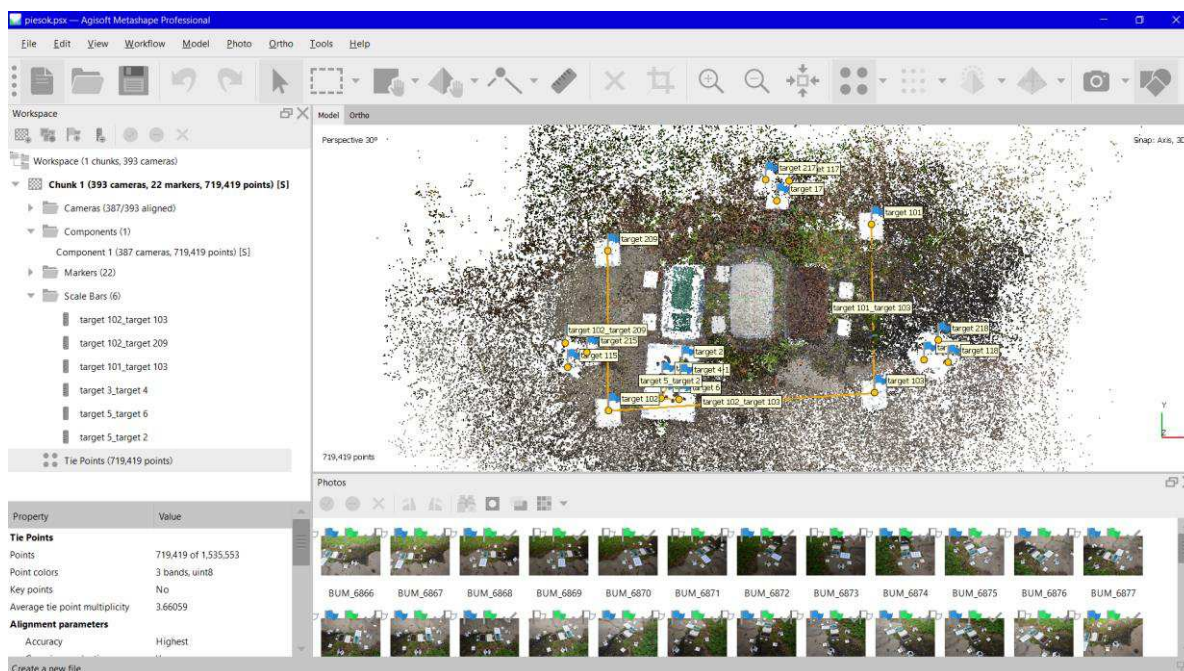
Na nasledujúcom obrázku (Obrázok 5) je zobrazená základná schéma pracovného postupu pri fotogrametrickej dokumentácii.



Obrázok 5. Schéma pracovného postupu pri fotogrametrickej dokumentácii objektov

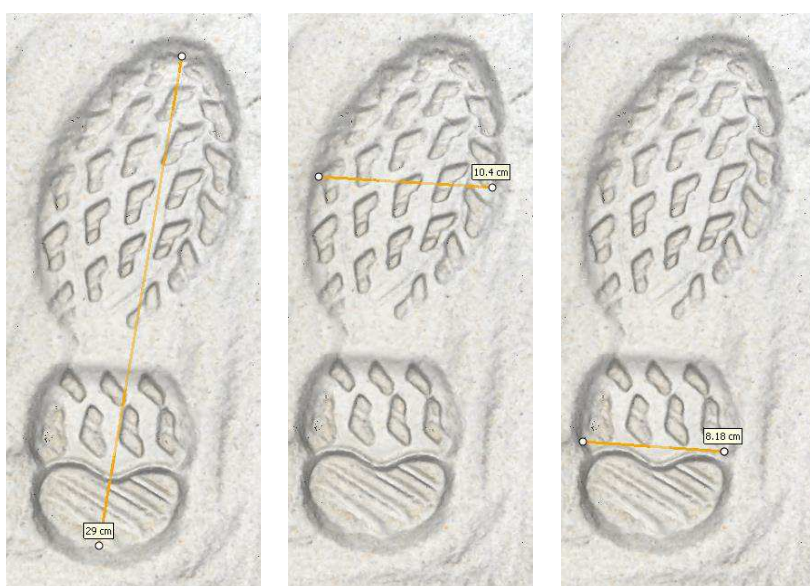
3. VÝSLEDKY

V rámci výsledkovej časti budú graficky odprezentované 3D modely plastických trasologických stôp. Na Obr. 6. je zobrazený pracovný projekt, ktorý prezentuje prácu v programe Agisoft Metashape a spracovanie zdrojových fotografií z dokumentácie predmetného objektu záujmu.

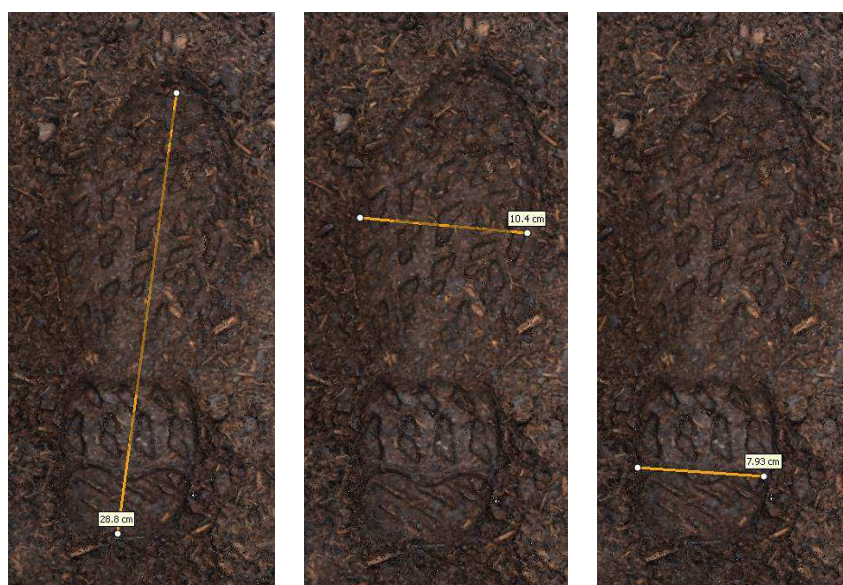


Obrázok 5 Prostredie programu Agisoft Metashape s rozpracovaným projektom fotogrametrického spracovania fotografií a vytvárania 3D modelov

Na čo je dôležité poukázať, že okrem zaistenia stopy je možné v rámci komplexného 3D modelu miesta činu určiť aj polohopis danej konkrétnej stopy, čo znamená jej určenie polohy vo vzťahu k iným objektom na mieste činu, prípadne ďalších objektov významných pre kriminalistické a expertízne skúmanie. Trojrozmerná dokumentácia umožňuje zaistiť miesto, na ktorom došlo k spáchaniu trestného činu na pomerne vysokej vizuálnej úrovni. Toto prispieva nie len k zvyšovaniu presnosti rozmerov dokumentovaných objektov skúmania, ale umožňuje subjektom OČTK zabezpečiť lepšiu predstavivosť a orientáciu na danom mieste kriminalistickej udalosti. V porovnaní napr. s jednoduchými plánikmi miesta činu zameriavané pomocou konvenčných meracích pomôcok (pásma, koliečkové meradlá a pod.). Na Obrázku 7 a Obrázku 8 sú zobrazené výsledné 3D modely trasologických stôp vytvorených v piesku a v zemi a zaistené aplikáciou FBD. Optickým pozorovaním je možné konštatovať pomerne vysokú kontrastnosť a výraznosť reliéfu stopy v oboch prípadoch. Stopy boli dokumentované v určitej mierke a preto je následne možné v príslušnom programe vykonávať merania a ďalšie skúmania stopy. Predmetom tohto výskumu nebolo skúmanie presnosti fotogrametrie, ale len poukázať na možnosť aplikácie FBD pre zaistovacie účely. Preto nebudeme porovnávať reálne rozmery plastickej trasologickej stopy s rozmermi 3D objektu. Znáznorené rozmery v stope na Obrázku 7 a Obrázku 8 majú len demonštratívny charakter.

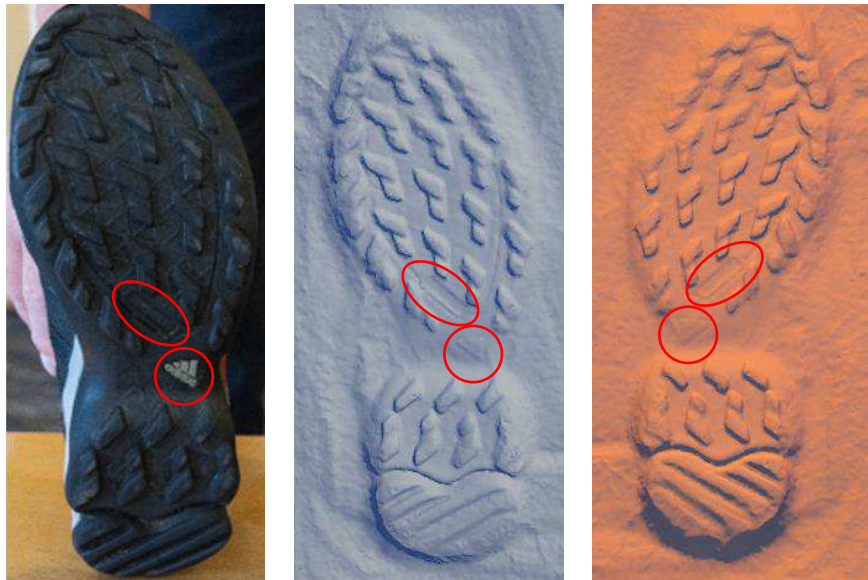


Obrázok 7 3D model stopy trasologickej stopy v piesku vytvorený v programe Agisoft metashape



Obrázok 8 3D model trasologickej stopy v zemi vytvorený v programe Agisoft Metashape

Na Obrázku 9 sledujeme markanty stopy. Červeným kruhom sme označili časti (markanty) podrážky obuvi, ktorá je viditeľná a identifikovateľná na podrážke obuvi a rovnako aj pri zadokumentovanej plastickej stope obuvi. Pre tento účel, bola vybratá stopa vytvorená v piesku a je možné zhodnotiť, že 3D digitálny model zobrazil štruktúru nasnímanej plastickej stopy v piesku veľmi detailne a nedošlo k poškodeniu, resp. k znehodnoteniu tejto časti stopy. Na zvýšenie kontrastnosti vybraných častí stopy boli použité farebné filtre. Pre porovnanie, pri sadrovom odlievaní boli tieto markanty stopy zničené a sadrový odliatok ich nezobrazil. Digitálnizácia stôp tak poukazuje na prínos v rámci zobrazovania dôležitých kriminalistických identifikačných znakov významných pre kriminalistické objasňovanie.



Obrázok 9 Identifikácia a zhoda dvoch vybraných markantov na podrážke topánky s 3D modelom stopy

DISKUSIA

Na základe výsledkov, aplikácia fotogrametrických metód, v kontexte trasologickej identifikácie sa stáva prínosom pre kriminalistických technikov a kriminalistických expertov, ktorí sa problematikou zaoberajú. Z pomedzi niekoľkých benefitov je nevyhnuté vydvihnúť predovšetkým absolútne odstránenie fyzického kontaktu subjektov zaisťovania a zaisťovacích materiálov (napr. sadra) so stopou, čím sa vylučujú riziká spojené s poškodením pôvodnej stopy. Aplikáciou 3D technológie sa významne zvyšuje úroveň presnosti a časovej nenáročnosti zaisťovania a skúmania trasologických stôp. Ako výhodu vnímame aj spôsob archivácie takto zaistených stôp, ktorý je digitálny. Z pohľadu archivácie sadrových odliatkov stôp je možné toto považovať za nepraktické a vzhľadom na ich pomerne veľké množstvo sa archívy stávajú neprehľadné, pričom dochádza aj k poškodzovaniu odliatkov. Ďalším prínosom pre kriminalistickú prax sú možnosti jej aplikácie pri zaisťovaní stôp zanechaných na najrôznejších materiáloch a výnimkou nie je i problematický snehový podklad (Kadnár, 2021). Fotogrametrická dokumentácia umožňuje nie len zaistenie stopy, jej tvaru rozmerov, reliéfu apod., ale v prípade 3D dokumentácie celého miesta činu aj stanovenie polohopisu miesta tejto stopy vo vzťahu k iným objektom skúmania. Samotné spracovanie 3D modelov stôp má však aj určité limity a hoci nedochádza k fyzickému kontaktu kriminalistického technika a stopy, subjekt OČTK vnáša do procesu dokumentácie určitú mieru subjektivity a nepresností. Tie sú však dané skúsenosťami technika a schopnosťami ďalších subjektov OČTK, ktorí sa podieľajú na celom procese spracovania zaistených fotografií z miesta činu. Ďalším obmedzujúcim faktorom aplikácie tejto techniky sú svetelné podmienky, ktoré v značnej miere vplyvajú na výsledok dokumentácie. Zatiaľ čo prudké slnečné žiarenie spôsobuje, že fotky sú príliš svetlé, šero a tma spôsobuje opak a to, že fotky sú príliš tmavé. Celý proces fotenia stopy to môže následne predĺžiť. V závere, v porovnaní s metódou odlievania, je možné fotogrametriu považovať za finančne náročnejšiu metódu, a to z dôvodu ceny fotoaparátu, licencovaného fotogrametrického softvéru a výkonnej výpočtovej stanice. Na druhej strane, predpokladá sa vysoká presnosť zaisťovania s možnosťou 3D vizualizácie kriminalisticky relevantných objektov skúmania.

ZÁVER

Článok bol zameraný na publikovanie metódy FBD pri zaisťovaní trojrozmerných trasologických stôp, ktoré boli experimentálne vytvorené do piesku a zeminy. Na základe naštudovania problematiky fotogrametrie a pochopenia základných princípov fungovania tejto techniky sme pristúpili k dokumentovaniu stôp. Pri zaisťovaní sa dbalo na dodržiavanie všetkých dôležitých zásad fotogrametrie, avšak zistilo sa, že aktuálne podmienky na mieste činu (svetelné podmienky, druh podložia, parametre fotoaparátu a ďalšie) ovplyvňujú samotné dokumentovanie a kvalitu konečného výsledku. Vplyv svetelných podmienok, ako aj vplyv rôznych podkladov, na ktorých sa stopy nachádzajú a optimalizácia dokumentácie z pohľadu množstva fotiek, ako zdrojového materiálu sú preto ďalšími výskumnými otázkami, ktorými by sme sa chceli v rámci diplomových a bakalárskych prác na Katedre bezpečnostného manažmentu, Fakulty bezpečnostného inžinierstva na Žilinskej univerzite v Žiline zaoberať. Predmetom ďalšieho skúmania je aj validácia presností tejto metódy založená na vyhodnotení série experimentálnych meraní plastických trasologických stôp.

POĎAKOVANIE

Tento článok bol vyprodukovaný za podpory inštitucionálneho grantového projektu Žilinskej univerzity v Žiline KOR/7476/2019: „3D snímacia technológia zaisťovania trasologických stôp v procese kriminalistickej identifikácie“. Ďalej by sme sa chceli poďakovať Ing. Veronike Húskovej, hlavnej riešiteľke projektu a Ing. Jurajovi Komačkovi, ktorí poskytli podklady pre spracovanie tohto článku.

LITERATÚRA

- Agisoft Metashape. (2021). Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.7. Retrieved November 16, 2021, from: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_7_en.pdf.
- Buck, U., Kneubuehl, B., Näther, S., Albertini, N., Schmidt, L., & Michael Thali. (2011). 3D bloodstain pattern analysis: Ballistic reconstruction of the trajectories of blood drops and determination of the centres of origin of the bloodstains. In: Forensic Science International, Volume 206. (pp. 22-28). Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20598820/>.
- Buck, U., Naether, S., Räss, B., Jackowski, CH., & Thaliad, M. J. (2013). Accident or homicide – Virtual crime scene reconstruction using 3D methods. In: Forensic Science International, Volume 225. (pp. 75-84). Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22727689/>.
- Buck, B., Albertini, N., Naether, S., & Thali, M. J. (2007). 3D Documentation of footwear impressions and tyre tracks in snow with high resolution optical surface scanning. [online]. Forensic Science International 171. Volume 171. (pp. 157–164) Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17161568/>.
- Chapman, B., & Colwill, S. (2019). Three-Dimensional Crime Scene and Impression Reconstruction with Photogrammetry. In: Journal of Forensic Research. Volume 10. Retrieved from: <https://www.hilarispublisher.com/open-access/threedimensional-crime-scene-and-impression-reconstruction-with-photogrammetry.pdf>.
- Edelman, G. J., & Alders, M. C. (2018). Photogrammetry using visible, infrared, hyperspectral and thermal imaging of crime scenes. In: Forensic Science International, Volume 292. (pp. 181-189). Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073818308168?via%3Dihub>
- Húsková, V. (2021). 3D Snímacia technológia zaisťovania trasologických stôp v procese kriminalistickej identifikácie. Žilinská univerzita v Žiline. Diplomová práca.
- Jonáš, M. (2011). Kriminalistická trasologie v podmienkach SBS. Diplomová práca. Univerzita Tomáše Bati v Zlíne. Diplomová práca.
- Kadnár, M. (2021). Analýza možnosti využitia fotogrametrickej metódy pri zaisťovaní trasologických stôp v procese kriminalistického objasňovania. Žilinská univerzita v Žiline. Bakalárska práca.
- Kenarsari, A. E, Vitton, S. J., & Beard, J. E. (2017). Creating 3D models of tractor tire footprints using close-range digital photogrammetry. Retrieved November 15, 2021, from: <https://www.istvs.org/publication-news/creating-3d-models-of-tractor-tire-footprints-using-close-range-digital-photogrammetry>.
- Komačka, J. (2021). Proces digitalizácie kriminalistických stôp a ich využitie v procese kriminalistickej identifikácie. Žilinská univerzita v Žiline. Diplomová práca.
- Larsen, H. J., & Bennett, M. R. (2021). Recovery of 3D footwear impressions using a range of different techniques. In: Journal of Forensic Sciences. Retrieved from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1556-4029.14662#>.
- National Policing Improvement Agency (NPIA). (2007). Footwear marks recovery manual. Retrieved from: [http://library.college.police.uk/docs/appref/NPIA-\(2007\)-Footwear-Marks-Recovery-Manual.pdf](http://library.college.police.uk/docs/appref/NPIA-(2007)-Footwear-Marks-Recovery-Manual.pdf).
- Porada, V. (2019). Kriminalistika – technické, forenzní a kybernetické aspekty, 2. Doplnené vydanie. Aleš Čeněk.
- Robinson, E. M. (2016). Crime Scene Photography. Academic Press.

- Sajinkumar, K. S. & Oomme, T. (2018). Photogrammetry. In: Encyclopedia of Engineering Geology, Springer. Retrieved from: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-319-73568-9_221.
- Shevchuk, V. M. (2020). Prospects and innovations research of criminalistic technique. In: Scientific collection interconf. Retrieved from: https://dspace.nlu.edu.ua/bitstream/123456789/18176/1/Shevchuk_126-135%20.pdf.
- Šabo, A. (2021). Kriminalistická identifikácia trasologických stôp na území Slovenskej republiky. Policajný zbor, Zlaté Moravce. Osobná komunikácia.
- Svatý, Z. (2018). Optimalizace metody získávání a zpracování obrazových podkladů pro potřeby analýzy dopravních nehod. České vysoké učení technické v Praze. Dizertačná práca.
- Thompson, T., & Norris, P. (2018). A new method for the recovery and evidential comparison of footwear impressions using 3D structured light scanning. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1355030618300261?via%3Dihub>.
- Tredinnick, R., Smith, S., & Ponto, K. (2019). A cost-benefit analysis of 3D scanning technology for crime scene investigation. In: Forensic Science International: Reports. Volume 1. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665910719300258?via%3Dihub>.
- Villa, C., & Jacobsen, CH. (2020). The Application of Photogrammetry for Forensic 3D Recording of Crime Scenes, Evidence and People. In: Essentials of Autopsy Practice. (pp. 1-18). Retrieved from: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-24330-2_1.

Veronika Adamová, Ing.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra bezpečnostného manažmentu,
Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina
e-mail: adamova4@uniza.sk

Viktor Šoltés, Ing., PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra bezpečnostného manažmentu,
Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina
e-mail: viktor.soltes@uniza.sk

Kamil Boc, Ing., PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra bezpečnostného manažmentu,
Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina
e-mail: kamil.boc@uniza.sk
