

Dokumentácia cestných dopravných nehôd s chodcami pomocou aplikácie 3D snímacej technológie

Documentation of pedestrian traffic accidents using the application of 3D scanning technology

Ing. Eduard Kolla, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania

Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina

Kontakt: kolla@uniza.sk

Ing. Veronika Adamová

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra bezpečnostného manažmentu, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina

Kontakt: adamova4@uniza.sk

ABSTRAKT

Predložený článok je zameraný na demonštratívne poukázanie aplikácie technológie 3D laserového skenovania objektov skúmania v súvislosti s objasňovaním a analyzovaním technických príčin vzniku dopravných nehôd. Ako vzorový príklad bol použitý nárazový test, ktorý súčasne simuloval zrážku vozidla s chodcom. Problematika cestných dopravných nehôd s chodcami je stále aktuálny problém, ktorý si vyžaduje zvýšenú pozornosť. Obhliadka dopravných udalostí podliehajúcich kriminalistickému a forenznému skúmaniu sprevádzaná dokumentovaním stôp si vždy vyžaduje dôkladný prístup, nakoľko je to jedna z prvotných, neodkladných a spravidla neopakovateľných kriminalisticko-taktických úkonov. Dokumentácia súčasne predstavuje jednu z kritických súčastí rekonštrukcie dopravných nehôd, a preto jestvuje motivácia zavádzania presných metód dokumentovania stôp, v snahe určiť mechanizmus vzniku stôp a korešpondenciu medzi stopami vzniknutých na vozidlách a zraneniami na obetiach dopravných nehôd.

Kľúčové slová: *dokumentovanie, 3D laserový skener, 3D technológia, dopravné nehody, chodec*

ABSTRACT

The presented paper is focused on demonstration of the application of 3D laser scanning technology of the objects in connection with the clarification and analysis of technical causes of traffic accidents. As an example, an crash test was used, which simultaneously simulated a collision of a vehicle with a pedestrian. The issue of road accidents with pedestrians is still a current problem that requires increased attention, especially in connection with the development

of new methods and methodologies increasing the relevance and accuracy of expert opinions. The inspection of events subject to crime and forensic investigation, accompanied by the documentation of evidence, always requires a thorough approach, as it is one of the primary, urgent and usually unrepeatable forensic-tactical act. At the same time, documentation is one of the critical components of accident reconstruction, and there is therefore an incentive to introduce accurate methods of documenting evidence, in an effort to determine the mechanism of tracks and correspondence between vehicle tracks and pedestrian injury.

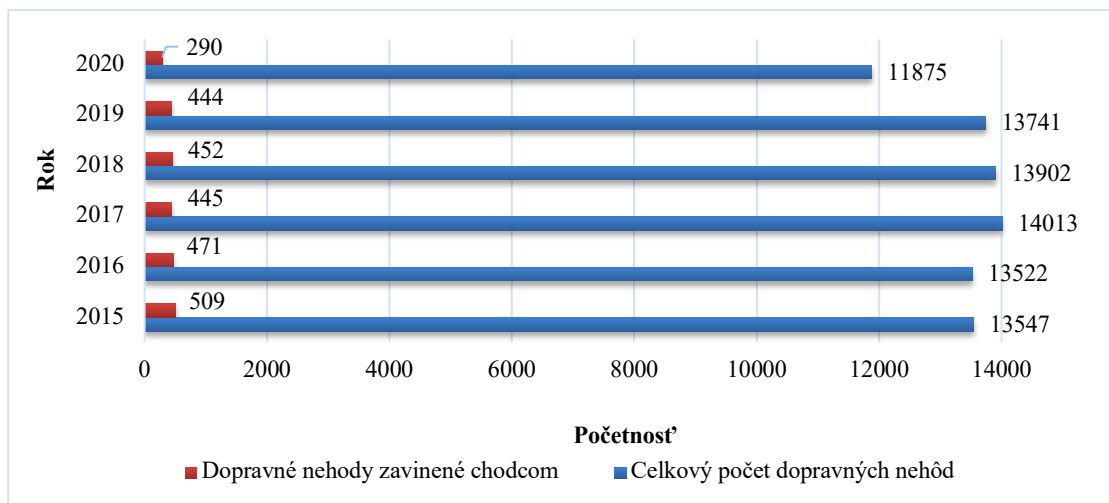
Keywords: *documentation, 3D laser scanner, 3D technology, traffic accidents, pedestrian*

1 ÚVOD

Dopravná nehodovosť s chodcami a bezpečnosť chodcov na cestách ako taká, je stále aktuálnym a pomerne veľkým problémom v rámci zvyšovania úrovne bezpečnosti verejného zdravia a súčasne znižovania výskytu nehodovosti tohto typu. Podľa [1], približne 20% z celkového počtu obetí smrteľných dopravných nehôd v rámci Európskej únie tvoria chodci, pričom väčšina z nich sú obeť staršie ako 65 rokov. Napriek snahe zavádzať rôzne opatrenia na znižovanie počtu smrteľných nehôd s chodcami ako napr.:

- obmedzenie jazdných rýchlostí,
- budovanie samostatných ciest a chodníkov pre chodcov,
- zavádzanie a rozširovanie verejného osvetlenia na rizikových dopravných úsekoch,
- apelovanie k používaniu reflexných prvkov pre chodcov,
- zavádzanie deformačných zón, predovšetkým do predných častí vozidiel pre znižovanie závažnosti zranení chodcov [1] a pod., je výskyt cestných dopravných nehôd s chodcami stále pomerne vysoký a pre spoločnosť obzvlášť nebezpečný a nežiadúci jav.

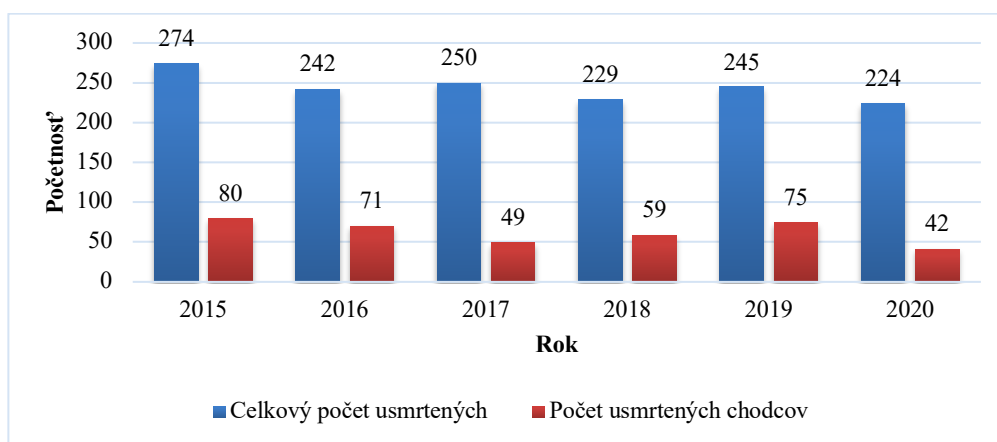
Podľa Štatistického úradu Slovenskej republiky [2] sa priemerný počet dopravných nehôd medzi rokmi 2015 až 2020 na území SR pohybuje na úrovni približne 13 433 dopravných nehôd ročne. Priemerný počet dopravných nehôd zavinených chodcami na území SR sa v rovnakom časovom horizonte pohybuje na úrovni približne 435 nehôd ročne, čo tvorí približne 3,2% z celkového počtu nehôd ročne [2]. Prehľad celkového počtu dopravných nehôd a dopravných nehôd, ku ktorým došlo v dôsledku zavinenia chodcom v rozmedzí jednotlivých rokov 2015 až 2020 je graficky zobrazený na Obr. 1.



Obrázok 1 Celkový počet dopravných nehôd a počet dopravných nehôd v dôsledku zavinenia chodcom za roky 2015 – 2020 [2]

Jednou z významných príčin výskytu smrteľných nehôd s chodcami bez ohľadu na kategóriu vinníka nehody (osobný automobil, nákladný automobil, chodec, bicykel, motocykel a pod.) je fakt, že chodci sa stávajú v prípade dopravných nehôd veľmi náchylnými na vážne zranenia, v dôsledku ktorých častokrát dochádza k úmrtiu, prípadne iným vážnym zdravotným následkom a ťažkostiam [3]. To znamená, že v rámci bezpečnosti cestnej premávky tvoria chodci najzraniteľnejšiu skupinu.

Počet usmrtených chodcov pri dopravných nehodách na území SR za obdobie rokov 2015 až 2020 sa pohybuje v priemere na čísle 63 mŕtvych chodcov ročne. Čo tvorí až približne 26% z celkového počtu obetí smrteľných dopravných nehôd na území SR medziročne. Celkový prehľad počtu usmrtených v dôsledku dopravnej nehody a usmrtených chodcov zo sledovaného obdobia je graficky zobrazený na Obr. 2.



Obrázok 2 Počet usmrtených chodcov pri dopravných nehodách na území SR za roky 2015 – 2020 [2]

Nie len v súvislosti s dopravnými nehodami s chodcami, ale aj ostatnými typmi nehôd na cestách (vozidlo vs. vozidlo, vozidlo vs. prekážka, vozidlo vs. cyklista a pod.) a súčasne vychádzajúc z definície dopravných nehôd (dopravná nehoda je nepredvídaná, ale zvyčajne predvídateľná udalosť, ktorá vznikla v priebehu prevádzky na dopravnej ceste a mala za následok škodu na zdraví, živote, majetku alebo iný obzvlášť závažný následok [4]) sa vyžaduje a je nutné objektívnymi spôsobmi a postupmi zisťovať mechanizmy a príčiny vzniku dopravnej nehody. Na to, aby bolo možné zistiť príčiny vzniku dopravnej nehody a navrhnúť nápravné opatrenia je nutné spracovať hĺbkovú analýzu predmetnej objasňovanej kolíznej situácie, ktorá vychádza a je v značnej miere podmienená dôkladnou a presnou dokumentáciou.

1.1 Dokumentácia dopravných nehôd z dôrazom na kolízie s chodcami

V rámci dokumentácie a analýzy cestných dopravných nehôd s chodcami celkom štandardne vzniká otázka smerujúca do oblasti miesta nárazu motorového vozidla do chodca. V takomto prípade spravila dochádza k vzniku deštrukčných a deformačných stôp na vozidle a na tele obeť v závislosti od nárazu. Podľa miesta stretu je dokonca možné v niektorých prípadoch posudzovať celý priebeh nehodového deja. Poškodenia vozidla majú najčastejšie podobu preliačin plechu karosérie, škrabancov na laku, trhlín, rozbitých sklenených častí, deformácie interiéru vozidla a pod. Stopy na tele obeť, resp. zranených osôb v nemalej miere prispievajú k objasneniu priebehu dopravnej nehody. Vo väčšine prípadov hovoríme hlavne o vnútorných a vonkajších zraneniach, ktoré posudzuje privolaný obhliadajúci lekár. Na základe rozsahu poškodenia postihnutých častí tela obeť a lokalizácie zlomenín a ďalších typov zranení (tržné rany, odreniny a pod.) je možné usúdiť mechanizmus ich vzniku, t. j. analyzovať, ako došlo k vzniku konkrétneho poranenia [4].

Účelom obhliadky miesta vzniku dopravnej nehody je dokumentácia všetkých stôp, dôkazov a ďalších skutočností, ktoré v sebe nesú relevantné informácie majúce rozhodujúci charakter pri stanovení príčin vzniku nehody a zavinenia páchatel'a. Typické stopy cestných dopravných nehôd je možné kategoricky prerozdeliť do nasledujúcich skupín stôp: stopy na zúčastnených vozidlách, stopy vozidiel na vozovke, stopy chôdze, behu osôb a zvierat, stopy spôsobené vozidlami na pevných objektoch, stopy krvi a iných kvapalín, stopy na obetiach nehody [4].

Obhliadka a dokumentovanie miest dopravných nehôd sú prvotným, neodkladným a zvyčajne neopakovateľným úkonom, preto sa vyžaduje veľmi vysoká kvalita a presnosť dokumentovania. Cieľom dokumentácie je poskytnúť jasnú a presnú predstavu o situácii na mieste vzniku nehody, ako aj všetkých okolnostiach, za akých k danému incidentu došlo [5].

V prípade, že analýza dopravnej nehody je spracovávaná znalcom, ten vychádza a súčasne je závislý na dokumentácii spracovanej iným policajným subjektom, u ktorého sa nedajú s istotou vylúčiť chyby vzniknuté pri dokumentácii [4]. Pre minimalizáciu nedostatkov a maximálnu možnú elimináciu chýb vnesených do procesu dokumentácie dopravných nehôd ľudským faktorom a následnej analýzy a identifikácie príčin vzniku dopravnej nehody sa v súčasnosti poskytujú možnosti, ako efektívne a predovšetkým veľmi presne zadokumentovať cestné dopravné nehody.

V nasledujúcej časti článku sme sa preto rozhodli odprezentovať praktickú aplikáciu technológie 3D laserového skenera pri dokumentovaní stôp na mieste dopravnej nehody s dôrazom na zrážku s chodcom, ako alternatívnu a veľmi presnú metódu. Dôvodom je predovšetkým neustála snaha o zvyšovanie úrovne objektivity a presnosti pri určovaní technických príčin dopravných nehôd, ktorá prispieva k dodržiavaniu zásad právneho štátu. Okrem iného, 3D model miesta dopravnej nehody môže byť užitočným zdrojom informácií a predpokladom pre lepšiu predstavivosť subjektov vykonávajúcich analýzu nehodového deja. Problematika implementácie 3D technológie a 3D skenovania do procesu zaisťovania a dokumentovania miesta a stôp po nehode je rozšírená a vedú sa viaceré výskumy [6, 7, 8 a 9]. Napr. v publikácii [8] sa autori zamerali na analyzovanie a porovnanie použitých nástrojov na získanie 3D modelov a rozšírenie portfólia informácií o nehode. Vo svojom výskume použili komplexné 3D merania a modelovania miesta dopravnej nehody pomocou pozemných laserových skenerov. Autori vyzdvihujú presnosť, časovú nenáročnosť a trvalú archiváciu miesta dopravnej nehody v 3D. V publikácii [9] sa autori zamerali na 3D rekonštrukciu miest nehôd pomocou video záznamu pre docielenie dynamickej obnovy ľudí a vozidiel v priestore. Autori v článok [10] poukazujú na hlavné nedostatky bežne používaných metód a prostriedkov, ako sú napr. trojuholníková metóda, pravouhlé meranie, meračské koliečko a pod. a vyzdvihujú potenciál pokročilých metód ako sú totálne stanice, GNSS či snímkovanie miesta nehody pomocou dronov.

V rámci výsledkovej časti tohto článku sme aplikovali technológiu 3D na dokumentovanie miesta zrážky, po tom, ako motorové vozidlo narazilo do tela figuríny. Išlo o reálny nárazový test, ktorý súčasne splnil funkciu simulácie nehodovej udalosti. Stopy vzniknuté v dôsledku nárazu vozidla do figuríny boli následne zadokumentované pomocou 3D laserového skenera Faro Focus S350. Použité pomôcky a postup bude bližšie popísaný v časti 2. Pracovný postup a použité pomôcky. V časti 3 bude odprezentovaný výsledok zberu trojrozmerných údajov z miesta nehody. Na základe demonštratívneho príkladu bude následne

možné formulovať výstupy tohto riešenia, výhody a nevýhody plynúce z aplikácie tejto metódy do policajnej a znaleckej praxe.

2 PRACOVNÝ POSTUP A POUŽITÉ POMÔCKY

Realizácia nárazového testu prebehla na základe vopred stanovenej metodiky testovania a bola podmienená prípravou pomôcok a materiálov. Ako prvé bol vykonaný nárazový test. Na Obr. 3 je zobrazené testovacie vozidlo a figurína. Figurína simuluje telo chodca a je umiestnená na vozovke a zavesená na konštrukcii pomocou závesného systému. Závesný systém je nastavený tak, aby v momente, kedy dochádza k nárazu vozidla do figuríny, bola táto figurína odpojená a tým pádom simulovala voľne stojaceho chodca na vozovke. Testovacie vozidlo, ktorým je vykonávaný náraz do figuríny je vozidlo značky Peugeot model 307 SW.



Obrázok 3 Testovacie vozidlo Peugeot 307 SW a testovacia figurína

Po náraze sme pristúpili k dokumentovaniu. Na dokumentáciu miesta zrážky sme použili 3D laserový skener Faro Focus S350 (Obr. 4). Faro Focus S350 [7, 11] je laserový skener určený na rýchle, exteriérové, ale aj interiérové meranie v troch rozmeroch. Pracuje na princípe vyžarovania laserového lúča z rotujúceho zrkadla smerom von k snímanej scéne. Horizontálny rozsah skenovania je 360° a vertikálny približne 305°, nakoľko nezahŕňa priestor pod skenerom. Dokáže zaznamenať až milión meraných bodov za sekundu. Skener umožňuje rýchle, pomerne jednoduché a predovšetkým presné meranie a zachytenie najrôznejších objektov, ako aj celých budov a priestorov do pamäťovej karty. Vstavaná kamera v skeneri umožňuje zachytávať detailné, kontrastné snímky pomocou zabudovaného 8 Mpx HDR fotoaparátu a zároveň poskytuje prirodzené prekrytie farieb skenovaných údajov aj v

sťažených, extrémnych svetelných podmienkach. Presnosť merania sa pohybuje v rozmedzí od -1 mm do +1 mm. Rozšírená technická špecifikácia je uvedená v tabuľke (Tab. 1).

Tabuľka 1 Základné technické špecifikácie 3D laserového skenera Faro Focus S350 [11]

Dosah merania	0.6 – 350 m
Rýchlosť merania	976 000 bodov/sekundu
Zabudované senzory	GPS a Glonass, kompas, altimeter, snímač náklonu
Presnosť merania	± 1mm
IP krytie	IP 54
Redukcia šumu	Áno
Ovládanie displeja	Áno (intuitívne ovládanie)
Integrovaná farebná kamera	8 Mpx
Bezpečnostná trieda laseru	1
WLAN	Áno
Rozmery	230 x 183 x 103 mm
Hmotnosť	4,2 Kg

Na Obr. 4 je zobrazený 3D skenovací prístroj, ktorým bola dokumentovaná kolízna udalosť.

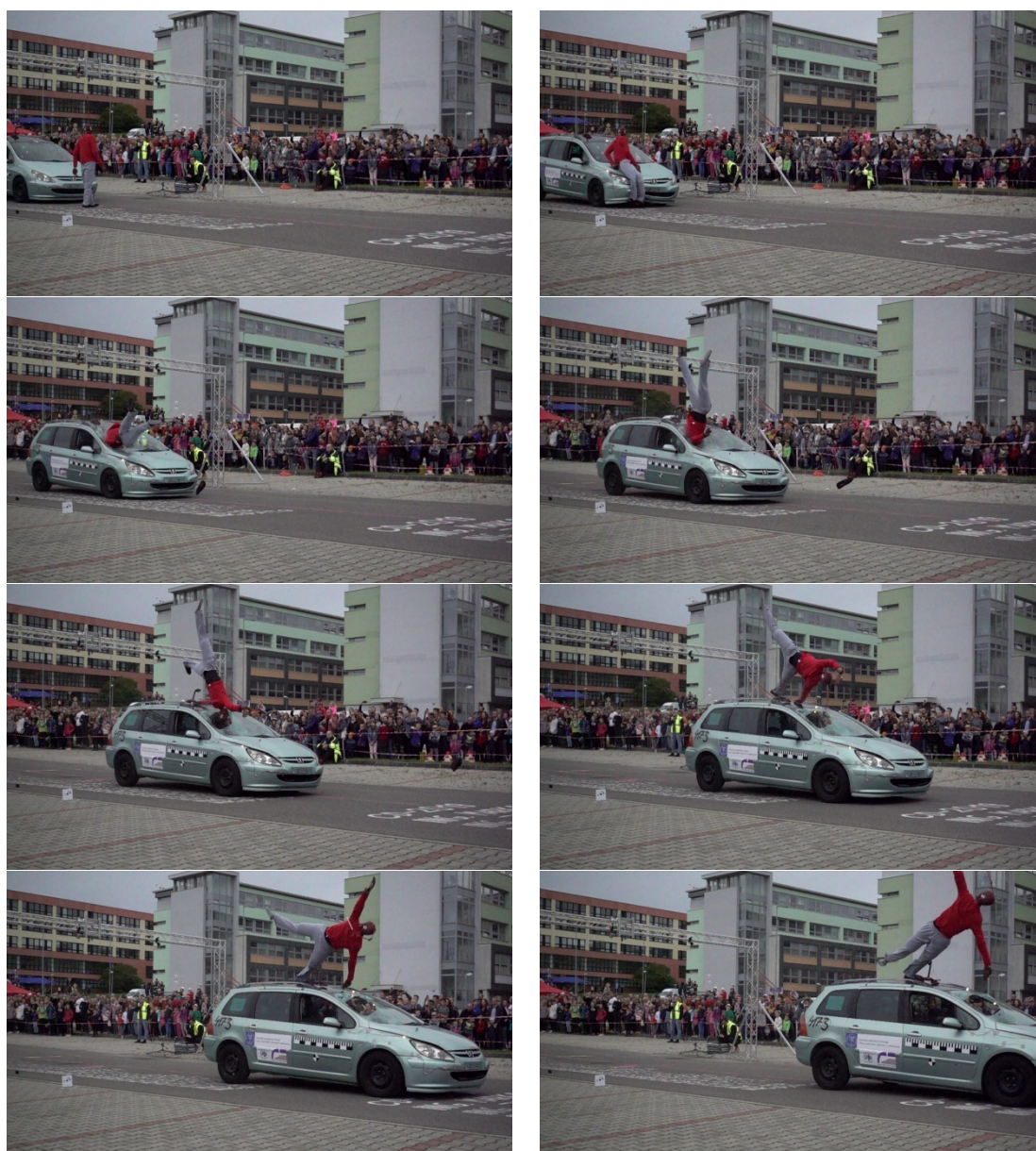


Obrázok 4 3D laserový skener Faro Focus S350 použitý na dokumentačné účely

Na prácu s mračnom bodov (milióny jednotlivých bodov so súradnicami $[x, y, z]$) získaného ako výstup 3D laserového skenovania vo formáte E57, sme následne použili program Agisoft Metashape [12] a program CloudCompare [13], pomocou ktorých bolo možné dané mračno bodov importovať a ďalej spracovávať. V rámci výsledkovej časti sme sa zamerali len na grafickú prezentáciu výsledkov a poukázali na to, že za podpory vhodných softvérových nástrojov je možné pre nás významné markanty (deformácie a prípadne i ďalšie stopy), ako aj celé miesto dopravnej nehody transformovať do podoby 3D modelu.

3 VÝSLEDKY

Priebeh nárazového testu je zobrazený na prezentácii obrázkov na Obr. 5. Prezentácia obrázkov z videa, zaznamenaného pomocou rýchlobežnej kamery je zoradená v smere zľava doprava a zhora nadol v časovom kroku 0,05s. Nárazová rýchlosť testovacieho vozidla do tela figuríny bola 68 km/h.

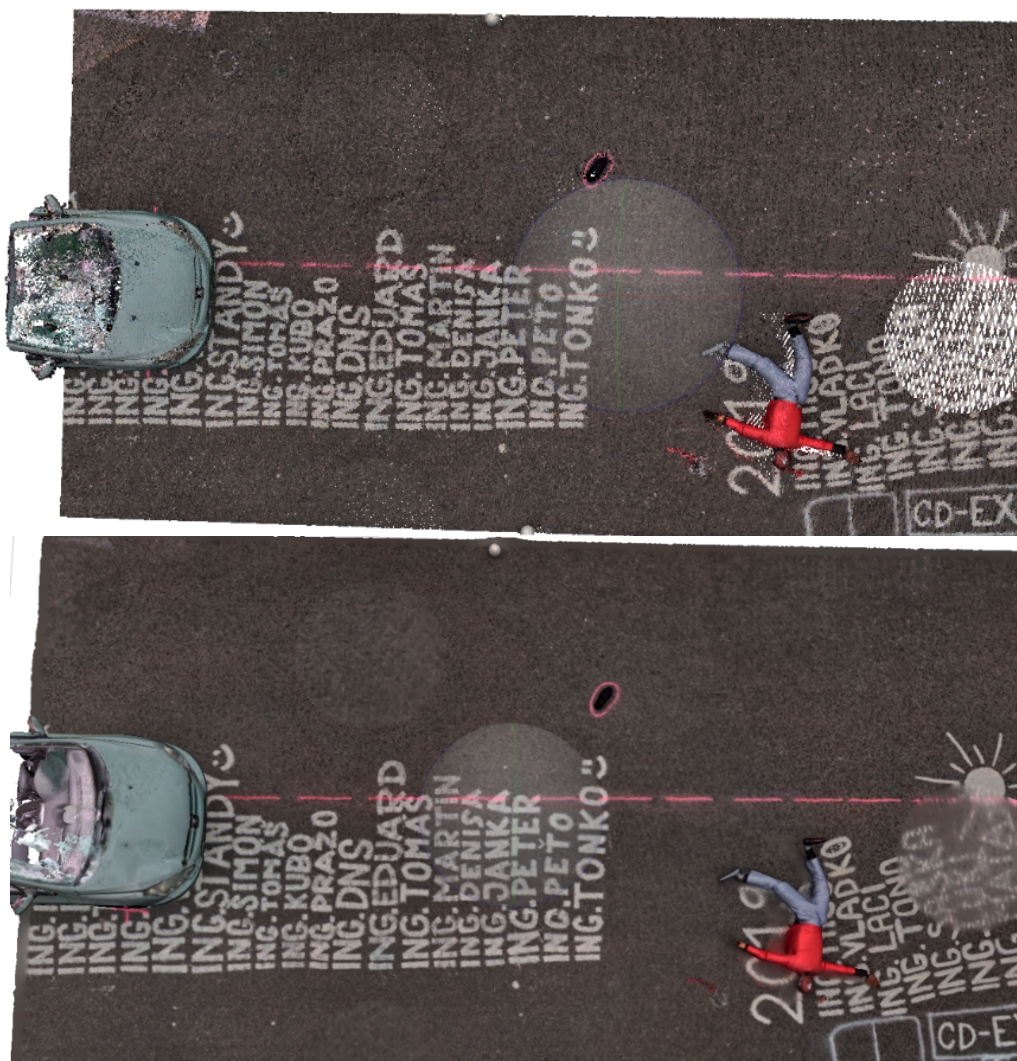


Obrázok 5 Prezentácia nárazu testovacieho vozidla do tela figuríny v časovom kroku 0,05s

Výsledok skenovania úseku na ktorom došlo k zrážke je graficky znázornený na Obr. 6 (horná časť). Vzhľadom na rozľahlosť skenovacieho priestoru bolo skenovanie vykonaných niekoľko, tak aby sme dosiahli „husté“ mračno bodov. 3D skenovania jednotlivých segmentov sa ukladali na pamäťové zariadenie priamo v 3D skeneri, umožňujúce následne veľmi

jednoduchý export do PC a import nasnímaných dát (mračná bodov) do príslušného softvéru. Obr. 6 horná časť prezentuje mračno bodov po importe do programu Agisoft Metashape, dolná časť Obr. 6 zobrazuje vytvorený 3D model z mračna bodov pomocou programu Agisoft Metashape.

V rámci vyťažovania zaisteného mračna bodov sme sa zamerali na deformáciu vozidla na jeho prednej strane, ktorá bola spôsobená nárazom do spodnej časti tela figuríny. Značná deformácia bola identifikovaná na pravej strane kapoty testovacieho vozidla, t. j. na strane spolujazdca. Túto deformáciu sme sa snažili vhodnými nástrojmi príslušných softvérov zvýrazniť, resp. zvýrazniť kontrastnosť deformačnej stopy, tak aby bola viditeľnejšia a bol zjavný jej reliéf. Na základe pozorovania sme zistili, že vytvorením 3D modelu z mračna bodov je stopa viditeľnejšia, resp. kontrastnejšia. Detail deformačnej stopy na 3D modeli vozidla je zobrazený na Obr. 7.

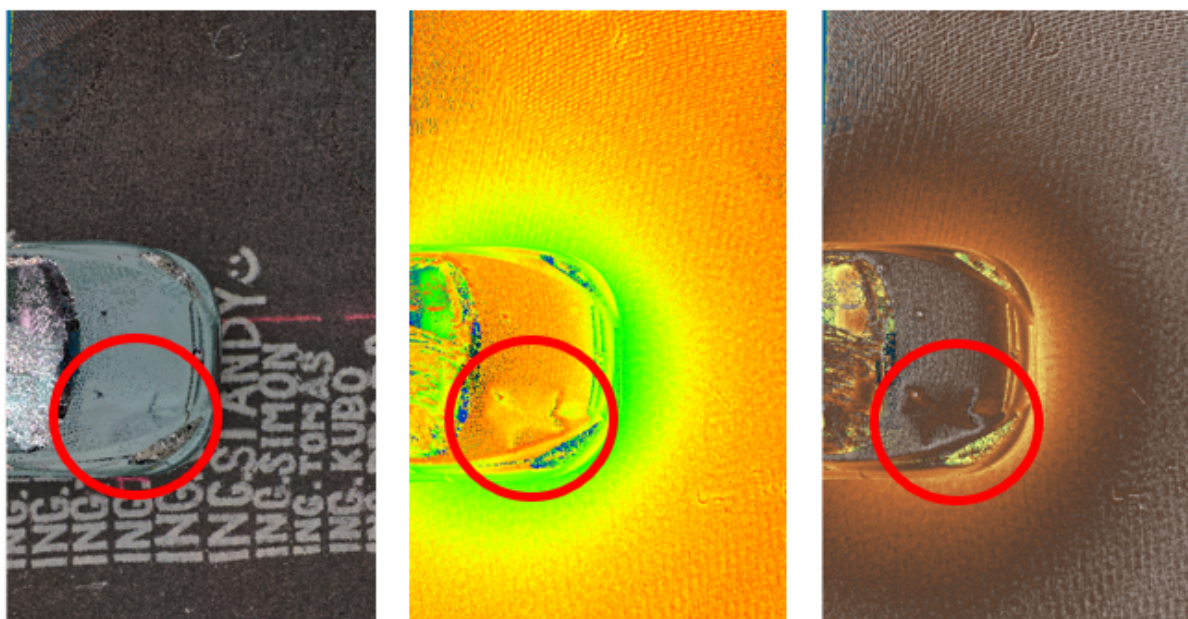


Obrázok 6 Horný: mračno bodov získane 3D laserovým skenovaním miesta nárazu, dolný: 3D model vytvorený z mračna bodov v programe Agisoft Metashape



Obrázok 7 Detail deformačnej stopy na vytvorenom 3D modeli testovacieho vozidla

Deformačnú stopu na testovacom vozidle sme sa ďalej snažili zvýrazniť pomocou použitia rôznych farebných filtrov. Požadovaný výsledok sa nám podarilo čiastočne naplniť za podpory programu CloudCompare, v ktorom pracujeme s mračnom bodov. Výsledky sú zobrazené na Obr. 8, ktorý nám ponúka pohľad na deformačnú stopu zhora a Obr. 9, ktorý nám ponúka pohľad na deformačnú stopu spredu. Použili sme štyri rôzne farebné filtre („blue-green-yellow-red, topo lanserf, grey a high cotrast“), ktoré vykazovali najlepší kontrastný efekt a stopu dokázali zvýrazniť.



Obrázok 8 Pohľad zhora, vľavo: deformačná stopa bez farebného filtra, stred: deformačná stopa s farebným filtrom „blue-green-yellow-red“, vpravo: deformačná stopa s farebným filtrom „topo lanserf“



Obrázok 9 Pohľad spredu, vľavo: deformačná stopa bez farebného filtra, stred: deformačná stopa s farebným filtrom „grey“, vpravo: deformačná stopa s farebným filtrom „high contrast“

4 DISKUSIA

Presné trojrozmerné zadokumentovanie dopravnej nehody medzi cestným vozidlom a chodcom, najmä zadokumentovanie deformácií na vozidle umožňuje určiť kontaktné miesta medzi telom chodca a vozidlom. Tieto kontaktné miesta je možné následne po korelácii so zraneniami chodca použiť na ustálenie vzájomnej polohy tela chodca a vozidla v okamihu nárazu (Obr. 10).



1



2



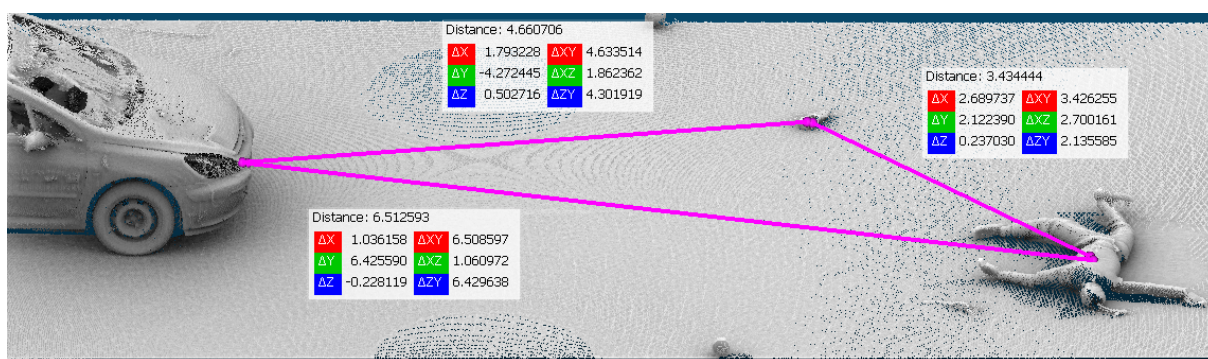
Obrázok 10 Korešpondencia medzi kontaktnými miestami na vozidle a telom figuríny (1:nárazník vs. dolné končatiny, 2: nábehová hrana kapoty vs. ľavý bedrový kĺb, 3: dolná časť trupu figuríny vs. kapota, 4: hlava vs. čelné sklo

Následne je možné takto ustálenú vzájomnú polohu vozidla a tela chodca použiť pri ďalšej hĺbkovej rekonštrukcii a analýze dopravnej nehody, napr. v simulačnom prostredí programu PC-Crash (Obr. 11).



Obrázok 11 Vzájomná poloha vozidla a tela chodca v simulačnom prostredí po jej ustálení na základe korelácie medzi kontaktnými miestami na vozidle a zraneniami chodca

Okrem vyťažovania konkrétnych deformačných stôp zo získaného mračna bodov a prípadne i z 3D modelu je súčasne potrebné spomenúť širšiu využiteľnosť skenovaného miesta ako celku. Takto získané údaje sú podľa [7] presnejšie a efektívnejšie ako napr. údaje získane pomocou geodetických metód. Možnosť určiť konfiguráciu všetkých zúčastnených objektov dopravnej nehody súčasne poskytuje analytikom dopravných nehôd lepšie údaje, nakoľko trojrozmerné zadokumentované profily nárazu vozidla do chodca alebo nárazu viacerých vozidiel, alebo nárazu vozidla do prekážky môžu byť významné napr. pri určovaní rýchlosti vozidla pred samotným nárazom. Na Obr. 12 je zobrazené možné meranie objektov a predovšetkým významných vzdialeností v programe CloudCompare.



Obrázok 12 Možností merania a určovania vzdialeností objektov dopravnej nehody v programe CloudCompare

Spomínaná rýchlosť 3D dokumentácie pracovníkom OČTK umožňuje minimalizovať čas strávený na mieste dopravnej nehody, čo súčasne skracuje uzáveru premávky a čas strávený často aj v nebezpečnom prostredí, a tým prispieva k zvýšeniu bezpečnosti subjektov OČTK. Ďalším benefitom, je obsluha 3D skenera, ktorá si vyžaduje minimálnu pozornosť spočívajúca v zapnutí skenera a jeho premiestňovaní, v ostatnom čase sa osoba poverená dokumentáciou môže venovať iným kriminalisticko-technickým úkonom.

Na druhej strane je však nutné spomenúť, že vzhľadom na veľké množstvo dát získaných 3D laserovým skenovaním môže byť ďalšia práca s ním náročná, predovšetkým z dôvodu vysokých nárokov na výpočtovú techniku. Táto skutočnosť sa následne odrazí na finančných nákladoch spojených nie len so zaobstaraním samotného 3D skenera (podľa [7] je cena 3x vyššia ako cena totálnej stanice), ale aj nákladoch spojených s kúpou náročných počítačových a výpočtových komponentov. Treba si však uvedomiť, že s nárastom obstarávacích nákladov rapídne stúpa kvalita, presnosť, dôkladnosť a rýchlosť zberu dát.

5 ZÁVER

V kontexte venovania sa 3D dokumentácií skupiny dopravných nehôd s chodcom bolo hlavným cieľom poukázať predovšetkým na možnosť využitia zadokumentovaných trojrozmerných deformačných stôp na vozidle a tie na základe aplikácie analytických metód použiť pri stanovovaní technických príčin vzniku kolízie a aj poranení, ku ktorým v dôsledku zrážky u poškodeného došlo. Priradenie mechanických, deštrukčných stôp zanechaných na vozidle vplyvom interakcie medzi vozidlom a chodcom k zraneniam na tele chodca vie v značnej miere prispieť k objektivizácii a zisteniu technických príčin vzniku dopravnej nehody. V článku sme sa zamerali len na grafické zobrazenie vzorovej deformačnej stopy. V nadväzných činnostiach bude náš výskum orientovaný na matematické popísanie a možnosti kvantitatívneho vyjadrenia objemu deformačnej stopy v porovnaní s pôvodným tvarom daného vozidla pred nárazom.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol podporený Agentúrou pre podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-20-0626. Tento príspevok bol vypracovaný v rámci projektu APVV-20-0626: Biomechanicky verná náhrada ľudského tela pre zvýšenie objektivity forenzej analýzy cestných dopravných nehôd.

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under contract no. APVV-20-0626. This work was created within the project APVV-20-0626: Biofidelic human body surrogate to increase the objectivity within the forensic analysis of road traffic accidents.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] Mobilita a doprava, bezpečnosť na cestách. [online]. [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/users/pedestrians_sk
- [2] Štatistický úrad Slovenskej republiky. [online]. [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: http://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/VBD_SK_WIN/do3006rr/v_do3006rr_00_00_00_sk
- [3] AGARWAL, S., D. VIKRAM, 2021. Impact of vehicular traffic stream on pedestrian crossing behavior at an uncontrolled mid-block section. In: Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. 2021. 100298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100298>

- [4] Porada, V. a kol., 2019. Kriminalistika: technické, forenzní a kybernetické aspekty. Plzeň: Vydavatel'stvo a nakladatel'stvo Aleš Čeněk, s.r.o. 1205 s. ISBN 978-80-7380-741-2.
- [5] STEHEL, S., P. VERTAL, L. DEMČÁKOVÁ, 2021. Application of Close-Range Photogrammetry in Documenting the Location of an Accident. In: Transportation Research Procedia. 2021, s. 1657-1664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.156>
- [6] VASSILIOS, P., M. TSAKIRI, S. PALASKAS, B. BIZA, E. ZALOUMI. 2006. 3D Laser Scanning for Road Safety and Accident_Reconstruction. In: TS 38 – Engineering Surveys for Construction Works I. 2006.
- [7] Faro. [online]. [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://www.faro.com/en/Resource-Library/Whitepaper/benefits-of-3d-laser-scanning-in-vehicle-accident-reconstruction>
- [8] KAMNIK, R., M. N. PERC, D. TOPOLŠEK, 2020. Using the scanners and drone for comparison of point cloud accuracy at traffic accident analysis. In: Accident Analysis & Prevention, 2020. 105391. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105391>
- [9] PEIFENG, J., Q. MIAO, M. ZHANG, W. ZHAO, 2018. A virtual reality method for digitally reconstructing traffic accidents from videos or still images. In: Forensic Science International, 2018. s. 176-180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.09.019>
- [10] STÁŇA, I., S. TOKAŘ, K. BUCSUHÁZY, M. BILÍK, 2017. Comparison of Utilization of Conventional and Advanced Methods for Traffic Accidents Scene Documentation in the Czech Republic. In: Procedia Engineering, 2017. s. 471-476. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.402>
- [11] IQ services. Faro Focus S 350. [online]. [cit. 2021-11-01]. Dostupné z:
- [12] Agisoft. [online]. [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://www.agisoft.com/>
- [13] CloudCompare.[online]. [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://www.cloudcompare.org/main.html>