SOUDNÍ INŽENÝRSTVÍ

Ročník 31 • 1/2020
Doprava • Transportation

www.soudniinzenyrstvi.cz

Využití prostorových dat pro účely simulace nehodového děje

Use of Spatial Data for Simulation of Traffic Accidents

Zdeněk Svatý*, Tomáš Mičunek, Jakub Nováček

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znalectví v dopravě

Abstrakt

Soudně znalecká analýza je charakteristická omezenými či zcela chybějícími informacemi, které však mohou být zásadní pro správné vyhodnocení nehodového děje. Implementace nových měřičských postupů a technologií představuje jednu z možností jak problém s omezenými možnostmi řešit. Laserové skenování, více snímková fotogrammetrie, UAV snímkování či využití digitálních totálních stanic umožňují mnohem přesnější a detailnější dokumentaci místa nehody a tím také i rozšiřují možnosti znalců provádějících vlastní analýzu. Cílem tohoto příspěvku je ukázat možnosti jak s těmito daty pracovat, na co je možné je využít a na co je třeba si při jejich využití dát pozor. Na praktických příkladech řešených v rámci znalecké činnosti jsou představeny možnosti tvorby detailních scén v rámci simulace a jejich možné následné využití se zohledněním aspektů znalecké činnosti a souvisejících omezení.
Příspěvek byl prezentován v rámci konference ExFos 2020.

Klíčová slova: simulace, laserové skenování, fotogrammetrie, digitální obrazová korelace, PC-Crash.

Abstract

Forensic expert analysis can be characterized by a limited or missing information. Information that may be essential for the proper evaluation of the traffic accident. New measurement techniques and technologies is one of the approaches that seems to be able to, at least partly, counter this issue. Laser scanning, multi-image photogrammetry, UAV imaging or digital total stations allow acquisition of more accurate and detailed documentation of the scene of the accident, thus extend the capabilities of experts subsequently conducting the forensic analysis. The aim of this paper is to show the possibilities how to work with obtained spatial data, the possibilities for analyses and what to be careful while using them. Practical examples of cases solved by the authors are presented. The aim is to present the how can the real data be used, while taking into account the aspects and limitations of the expert activities.
The paper was presented at the ExFos 2020 conference.

Keywords: simulation, laser scanning, photogrammetry, digital image correlation, PC-Crash.

1. ÚVOD

Forenzní analýza silničních nehod je typickým příkladem multidisciplinárního oboru, který vyžaduje aplikaci znalostí z celé řady technických oborů. Jelikož jsou výsledky následně užívány pro právní posuzování a rozhodování správních orgánů, jsou nároky kladené na podklady, z kterých znalci při analýze vycházejí, značné. V dnešní praxi je běžné při analýze dopravních nehod využívat simulační programy dopravních nehod. Jedná se o velmi sofistikované nástroje, které umožňují znalcům přesné výpočty i se složitými časoprostorovými vztahy. Avšak při jejich využití je velmi důležité vycházet z dostatečně přesných podkladů, aby bylo dosaženo věrohodných výstupů odpovídajících skutečnému stavu. Jako podklady pro simulace pohybu vozidel je třeba znát přesné specifikace kolidujících vozidel a přesné zaměření místa společně s okolím dopravní nehody. Zatímco rozměry, hmotnosti a jízdní charakteristiky vozidel jsou poskytnuty výrobcem a katalogy těchto dat jsou již implementovány v simulačních programech, přesnost a forma informací získaných o prostorovém uspořádání komunikace v místě dopravní nehody a jeho okolí je závislá na zvolené dokumentační metodě. Pro analýzu dopravní nehody znalci čerpají informace zejména z dokumentace místa dopravní nehody od Policie České republiky (PČR), a to informace o tvarech, rozměrech, vzájemném rozmístění jednotlivých objektů a stop na místě dopravní nehody (topografická dokumentace) společně s fotodokumentací (digitální fotografie stop, místa).

V současnosti začala PČR používat pro zaměření míst dopravních nehod kromě již klasické kombinace délkoměrného kolečka, nivelační latě a pásma i moderní měřicí přístroje. Jedná se například o geodetické totální stanice, metody laserového skenování či fotografickou dokumentaci umožňující následné fotogrammetrické vyhodnocení prostřednictví digitální obrazové

Dodáno do redakce: 12. 2. 2020
Recenzní řízení: od 17. 2. 2020 do 3. 3. 2020

DOI: http://dx.doi.org./10.13164/SI.2020.1.9

**Korespondenční adresa: svaty@fd.cvut.cz*

korelace (ať již pozemní či z bezpilotních prostředků). Výsledkem je výrazné zvýšení přesnosti získaných podkladů, jejich rozsahu či následných možností využití dat při znalecké rekonstrukci. Cenou za tyto informace jsou však vyšší nároky na správné používání jednotlivých přístrojů policisty, finanční náklady na přístrojové vybavení PČR a následně i nároky kladené na znalce, kteří s těmito daty následně pracují.

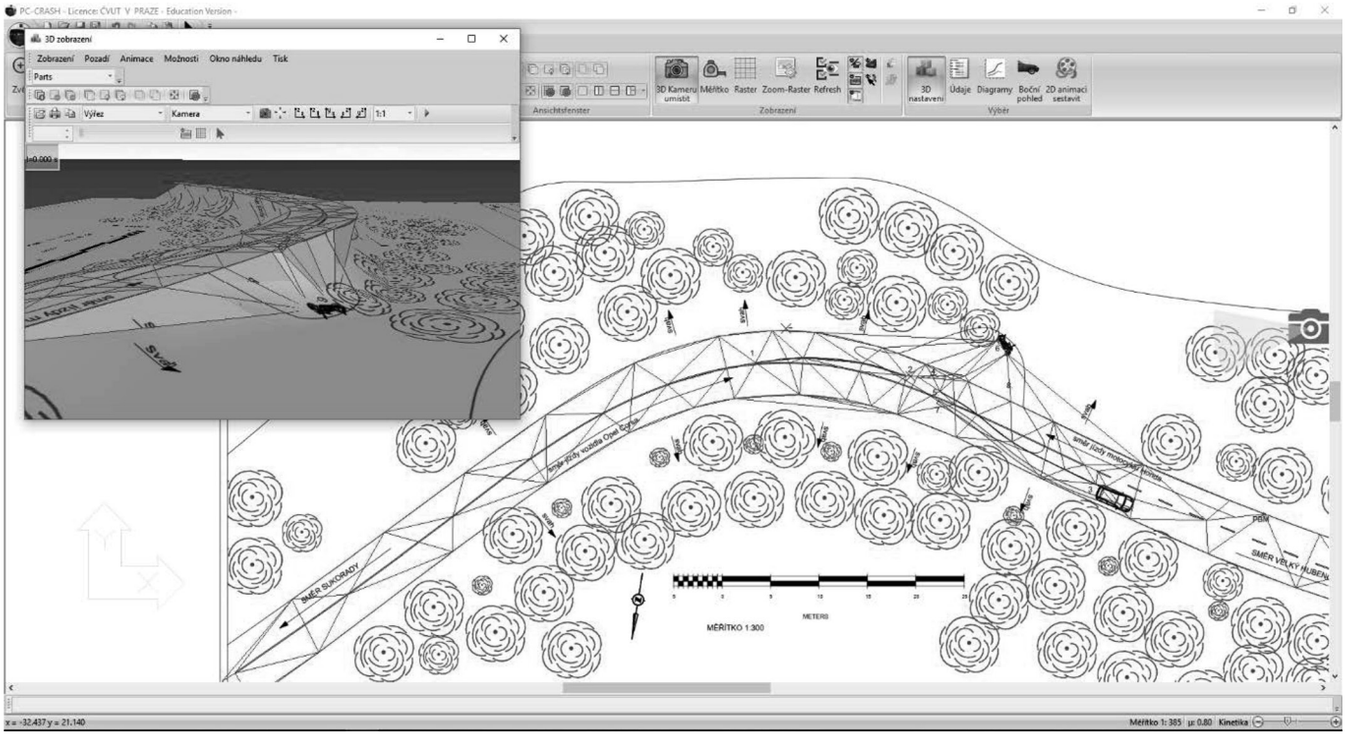
Cílem tohoto příspěvku je ukázat na praktických příkladech, jak je možno se získanými daty pracovat, k čemu je možné využít a v čem autoři spatřují největší výhody takto získaných dat. Prezentované příklady byly získány v rámci činností Ústavu soudního znalectví v dopravě, fakulty dopravní ČVUT v Praze, spolupracujících znalců či činností PČR. Jedná se tedy o skutečné situace v reálném světě a nikoliv pouze o teoretické či uměle vytvořené situace. Příspěvek se nesnaží žádným způsobem hodnotit či srovnávat jednotlivé přístupy, ale ukázat možnosti, které takto získaná data nabízejí a k čemu je možno je využít.

2. DIGITÁLNÍ TOTÁLNÍ STANICE PČR

Pro topografickou dokumentaci byla všechna výjezdová vozidla služby dopravní policie ČR již v průběhu roku 2016 vybavena sadami geodetických totálních stanic. Od té doby jsou tyto stanice s větší či menší mírou úspěšnosti postupně aplikovány pro dokumentaci dopravních nehod PČR. Největší podíl na postupném rozšiřování využití této technologie má zejména Krajské ředitelství policie Ústeckého kraje a Krajské ředitelství policie Jihomoravského kraje, které totální stanice pro dokumentaci místa dopravní nehody aktivně využívají. Současně s tímto proběhla řada testů ve spolupráci s Ústavem soudního inženýrství VUT v Brně (např. [1][2][3]) i Ústavu soudního znalectví v dopravě. Dopravní policisté jsou postupně školeni a i přes prvotní negativní reakce je možno očekávat, že se znalci s výstupy z těchto měření budou do budoucna setkávat stále častěji.

Výstupy z provedeného měření se od „klasického" přístupu dokumentace odlišují zejména podobou a rozsahem dostupných podkladů. Nejvýraznější změna v případě využití totálních stanic je zřejmě u výsledného plánku místa dopravní nehody, který vykazuje vyšší míru přesnosti a podrobnosti i v případech, kdy rozmístění stop je v rámci místa komplikované či jsou stopy v rámci delšího úseku. Zároveň s tímto se změnil i popis poloh jednotlivých stop, který je v souvisejícím Protokolu o nehodě v silničním provozu. Jednotlivé stopy jsou popsány s využitím kartézského souřadného systému. Podstatným rozdílem je i změna výchozího bodu měření (VBM), který již není pevný a neměnný bod v terénu, ale představuje polohu totální geodetické stanice při měření. Pro orientování místa nehody v prostoru je tak nově využíváno alespoň třech pomocných bodů měření (PBM), které by měly být relativně stálé a neměnné objekty v okolí dopravní nehody (roh budovy, sloup veřejného osvětlení apod.). Výhodou tohoto přístupu je možnost využít pro orientaci i objekty, které jsou sice viditelné, ale policista k nim nemá přímý přístup či neleží v bezprostřední blízkosti místa dopravní nehody. Současně s tímto dávají geodetické přístroje možnost vytvořit si podrobnou dokumentaci určitých nehodových míst dopředu, a následná měření při dopravní nehodě s nimi následně kombinovat. Výsledkem je tak velmi podrobný popis místa při časové úspoře při vlastním ohledání.

Výhodou geodetického zaměření je měření i výškové informace jednotlivých bodů, která sice pro tvorbu plánku dopravní nehody není přímo využita, ale může být s výhodou následně zohledněna při znalecké analýze. Součástí dostupných podkladů je soubor



Obr. 1 Ukázka extrakce prostorového uspořádání komunikace z dat pořízených na místě (zdroj: Bc. Milan Novák, Policejní prezidium České republiky).
Fig. 1 Spatial information obtained from captured data (source: Bc. Milan Novák, Police Presidium of the Czech Republic).

obsahující výstup z totální stanice, který obsahuje všechny zaměřené body a jejich polohu v prostoru. V případě potřeby je možné využít i popisu jednotlivých stop z Protokolu a jejich následné vynesení do simulačního programu. Je tak možno přímo získat informace o příčném či podélném sklonu pozemní komunikace, či případně o přilehlých příkopech či svazích. Pro následnou simulaci je toto možno zohlednit v podobě zjednodušeného povrchu terénu – ať již přímým importem jednotlivých bodů z dostupných podkladů a jejich následnou triangulací ve znaleckém softwaru či přípravou povrchu v jiném CAD programu a následným importem. Vzhledem k tomu, že data korespondují s daty od PČR, je možno dostupné podklady vzájemně kombinovat, viz obr. 1, a získat tak přehlednou situaci popisující polohy jednotlivých stop se současným zohledněním prostorového uspořádání místa.

Vzhledem k faktu, že řada znalců navštěvuje místo zpětně a provádí podrobnější zaměření místa, je vzhledem k jasně identifikovaným PBM možno získané informace navzájem kombinovat, ověřovat či vhodně doplňovat. Výhodou je i to, že v případě, že výšková informace není zásadní pro následnou analýzu, je možno pracovat pouze s topografickou dokumentací například s využitím metod grafické analýzy. Nevýhodou při aplikaci této metody je však riziko metodického pochybení při provádění měření. Pokud je provedena chybně horizontace přístroje či dojde k jeho posunu při měření a osoba provádějící dokumentaci tento fakt nezohlední, výsledné měření může být zatíženo výraznou chybou, která nemusí být na první pohled zřejmá. Jako problematické lze vnímat i potřebu dvou osob pro provedení komplexního měření, kdy paradoxně významnějším je v tomto případě osoba obsluhující odrazný hranol. Důvodem je, že tato osoba volí, které body budou zaměřeny, tedy přímo určuje podobu výsledných dat.

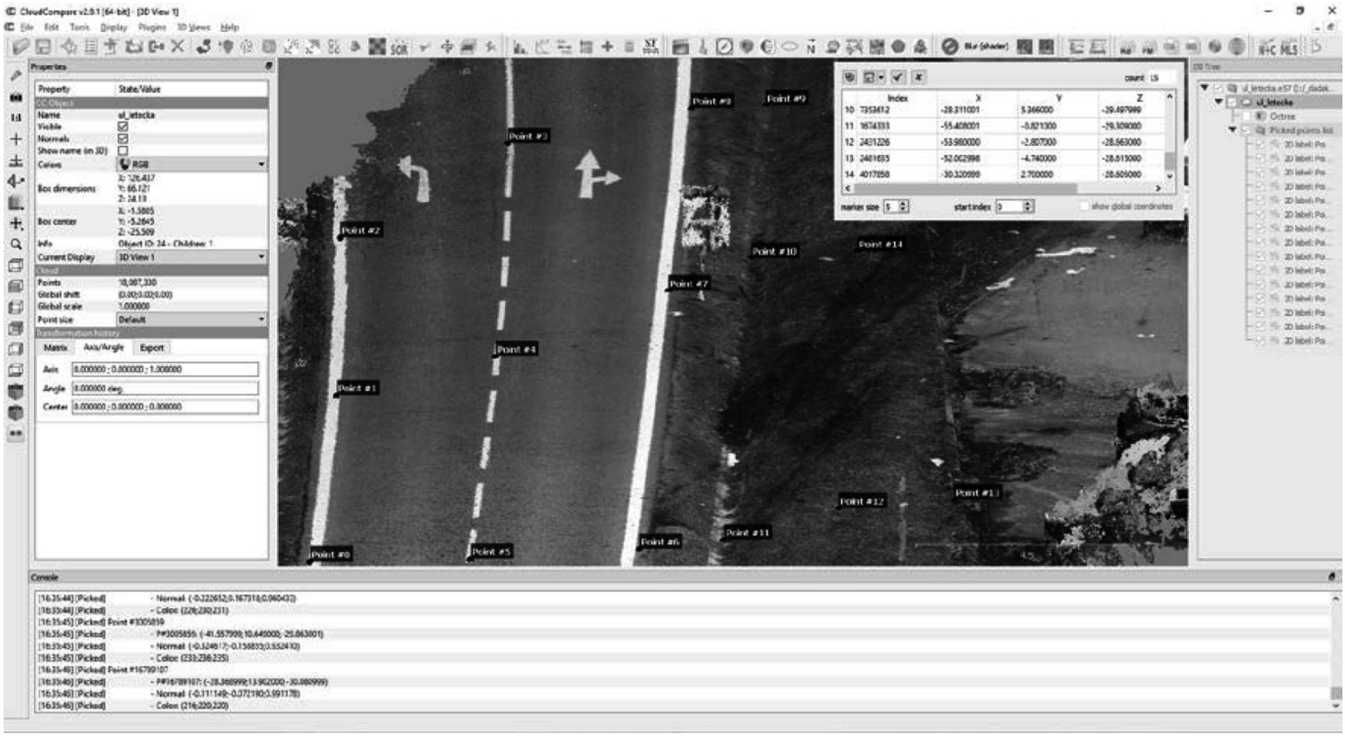
3. FOTOGRAMMETRIE

Fotogrammetrická měření doprovází znaleckou analýzu již od jejich počátků. Důvod je zřejmý – snímky jsou schopny zachytit situaci přesně tak jak vypadá na místě. Ačkoliv je v současné době fotogrammetrie zpravidla využívána pouze omezeně, či ve formě jednosnímkové fotogrammetrie, rozvoj digitální obrazové korelace umožňující automatické zpracování v principu neomezeného množství snímků přináší celou řadu nových možností při následné znalecké analýze. V rámci činností Ústavu soudního znalectví v dopravě proběhla celá řada experimentálních měření, které se snažili zhodnotit možnosti aplikace digitální obrazové korelace pro tyto účely (např. [4][5][6]). Výsledky provedených měření ukazují výrazný potenciál tohoto přístupu, zejména v kombinaci se snímky pořízených z bezpilotních prostředků. Vzhledem k současnému legislativnímu omezení je však praktické využití velmi omezené, přesto je i v současnosti některými znalci či znaleckými ústavy využíván.

Výstupem digitální obrazové korelace jsou podobně jako u laserového skenování hustá bodová mračna. Mračna jsou tvořena z automaticky identifikovaných společných bodů mezi alespoň dvemi snímky. Rozsah, podrobnost a přesnost získaných bodových mračen je výrazně závislá na podobě vstupních snímků. Zpravidla výstupy měření obsahují desítky až stovky měřených bodů. Charakteristickým a nejlépe akceptovaným výstupem digitální obrazové korelace však představují podrobná digitální ortofota. Ortofota představují průmět jednotlivých snímků zbavených zkreslení na výsledný zrekonstruovaný povrch. Výhodou je jejich vysoká podrobnost, která se může pohybovat od milimetrů po několik centimetrů na pixel. Dle zkušeností zpracovatelů se jako nejvhodnější rozlišení pro potřeby znalecké analýzy ukazuje rozlišení 1cm/px, kdy výsledné snímky dosahují stále vysoké podrobnosti, při omezení jejich velikosti. Výhodou výsledných ortofot je zobrazení celkové situace, jednotlivých stop, které jsou jinak jen velmi težko dokumentovatelné, a možnost přímého využití v rámci simulačních programů.

Vzhledem k zaměření příspěvku bude větší důraz kladen na výsledné hustá bodová mračna. Současné znalecké softwary ve svých posledních verzích umožňují přímý import výsledných mračen a jejich zobrazení při následné simulaci. Zároveň s tímto je možno bodová mračna využít pro tvorbu povrchu terénu daného místa a zohlednit tak prostorové uspořádání místa při výpočtu. Cenou za toto jsou výsoké nároky na výpočetní výkon při zpracování následné simulace pokud je nevhodně zvolen postup triangulace. Tento fakt lze vnímat jako výrazné omezení, zejména pro dopřednou analýzu, která je ve svém principu iteračním postupem. Případné výhody či celkové zpřesnění simulace je tak v případě zdlouhavého výpočtu jen těžko obhajitelné. Současně s tímto jsou bodová mračna často zatížena šumem – ať již z hlediska

Obr. 2 Ukázka ortofota dopravní nehody – původní rozlišení 1cm/px.
Fig. 2 Ortophoto of traffic accident scene – Ground Sampling Distance 1cm/px.



Obr. 3 Výběr bodů pro tvorbu zjednodušeného polygonu povrchu (program CloudCompare).
Fig. 3. Selection of points for simplified surface polygon (CloudCompare software).

Obr. 4 Ukázka výsledného hustého bodového mračna v kombinaci se zjednodušeným povrchem.
Fig. 4 Resulting merge of dense point cloud and simplified surface polygon.

chyb měření či v důsledku činností prováděných na místě dopravní nehody. Šum může v případě využití automatických metod tvorby povrchu přímo ve znaleckém softwaru vést k výstupům, které není možno při následné simulaci využít. Z tohoto důvodu je nutno jej z výstupů odstranit ať již přímo ve fotogrammetrickém softwaru či při následném zpracování. Fotogrammetrický software zpravidla umožňuje i přímou tvorbu povrchu terénu, který je následně možno přímo využít pro analýzu. Výsledná podrobnost takto vytvořeného povrchu je velmi vysoká a tedy i související výpočetní nároky zpravidla neumožňují jeho efektivní aplikaci pro analýzu.

Jako vhodné řešení tohoto problému při generování povrchu terénu lze však využít i zjednodušení dostpuných podkladů či přechod od nevýběrového měření k výběrovému. Ukázka tohoto přístupu je zobrazena na obr. 3 a obr. 4. S využitím externího programu je možno provést výber vhodných bodů reprezentujících daný model a ty následně využít pro tvorbu výsledného zjednodušeného povrchu terénu. Vzájemná vzdálenost jednotlivých bodů závisí na potřebné podrobnosti výsledného modelu či na charakteru terénu na místě. Zkušenosti zpracovatelů ukazují, že vyšší vzdálenosti jednotlivých bodů od sebe nepředstavuje

výrazné zhoršení. Naopak vede k požadovanému výsledku spíše než velmi podrobný model obsahující šum při triangulaci či model vygenerovaný fotogrammetrickým softwarem. Výsledný povrch se tak přibližuje svou podrobností výstupům z totální stanice, avšak na rozdíl od měření s totální stanicí je možno data velmi jednoduše v případě potřeby doplňovat. V tomto konkrétním případě byl použit volně dostupný program CloudCompare, který umožňuje import hustého bodového mračna a následný export vybraných bodů (obr. 3). Do simulačního programu se následně importuje nejdříve řídké bodové mračno vybraných bodů, které slouží k tvorbě zjednodušeného povrchu. Následně je pro účely vizualizace importováno i husté bodové mračno, které může být pro snížení výpočetních nároků redukováno (např. prostou decimací). V rámci simulace tak vozidla interagují pouze s vytvořeným povrchem při přidané hodnoty hustého bodového mračna.

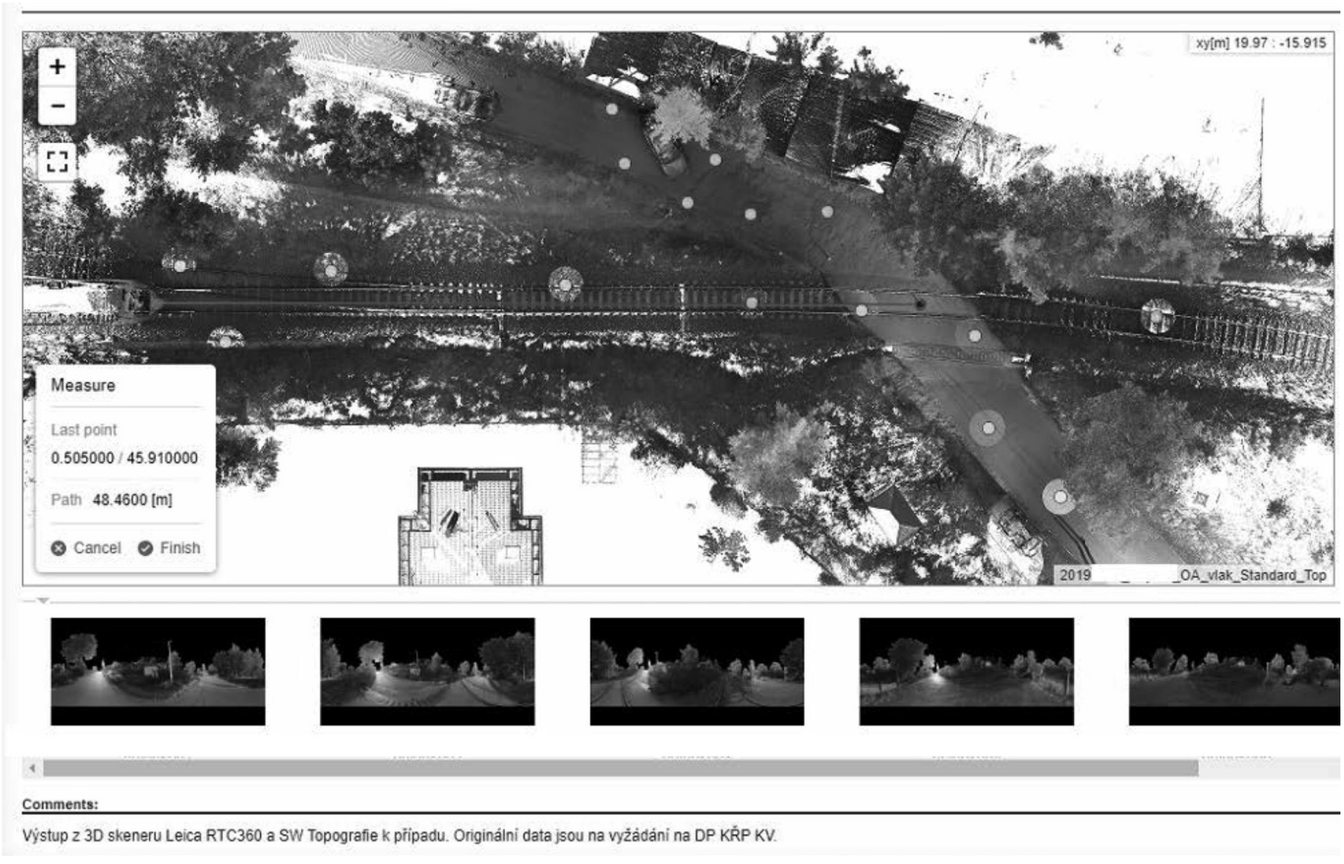
4. LASEROVÉ SKENOVÁNÍ

Laserové skenování představuje zřejmě nejpodrobnější měřicí použitelnou dokumentační metodu současnosti. Hlavní charakteristikou měření jsou relativně vysoké pořizovací náklady na měřicí zařízení a související softwarové a hardwarové vybavení potřebné pro zpracování získaných dat. Oproti předcházejícím přístupům jsou však nižší nároky na zkušenosti a znalosti osoby provádějící měření. Náročnost zpracování se v tomto případě přesouvá na zpracovatele, který data následně upravuje a používá. Výstupem měření z laserového skeneru jsou hustá bodová mračna, která obsahují řádově desítky milionů velmi přesně určených měřených bodů v prostoru. Současně s tímto pořizuje skener při měření i sférický snímek, díky kterému je výsledné mračno možno doplnit barevnou informací. Vzhledem k faktu, že skener je schopen zachytit pouze body v přímé viditelnosti, je skenování zpravidla prováděno z několika pozic a výsledná bodová mračna se následně vzájemně slučují. Výsledkem měření je tak husté bodové mračno obsahující i stovky milionů bodů. V principu se v případě laserového skenování jedná o nevýběrové měření, kdy skener zachytí vše, co je v jeho přímé viditelnosti. Tato vlastnost je v případě dokumentace dopravních nehod velmi přínosná, jelikož se minimalizuje riziko vynechání určité informace, která se v danou chvíli jeví jako nevýznamná, avšak pro následnou znaleckou analýzu se následně ukáže jako zásadní. Cenou je však vysoká datová náročnost výstupů měření, ať již z hlediska archivace dat, tak jejich následného zpracování. Současně s tímto jsou výstupy skenování často zatížena vysokou mírou šumu, který je způsoben například činnostmi na místě dopravní nehody. Výhodou je, že skener pořizuje informaci o textuře měřených bodů ve dvou vlnových délkách – viditelném spektru a spektru použitého laserového paprsku, který je pro měření využíván. Je tak možno získat podklady i za zhoršených světelných podmínek či sledovat rozdílnou odrazivost různých materiálů (např. identifikovat různé opravy karoserie).

V rámci PČR je v současnosti testováno využití laserového skenování pro dokumentaci dopravních nehod a míst trestných činů. Příkladem je použití laserového skeneru Krajským ředitelstvím policie Karlovarského kraje ve spolupráci s Policejní akademií České republiky. Cílem je zhodnocení efektivity zvoleného přístupu s ohledy na možnosti policie na místě dopravní nehody. Vzhledem k rozdílnému způsobu dokumentace se však odlišují i výsledné podklady, které jsou následně ke každé nehodě pro znalce následně dostupné. Hlavním prvkem je výstupní protokol z provedeného měření, který obsahuje jednotlivé polohy, odkud bylo skenování

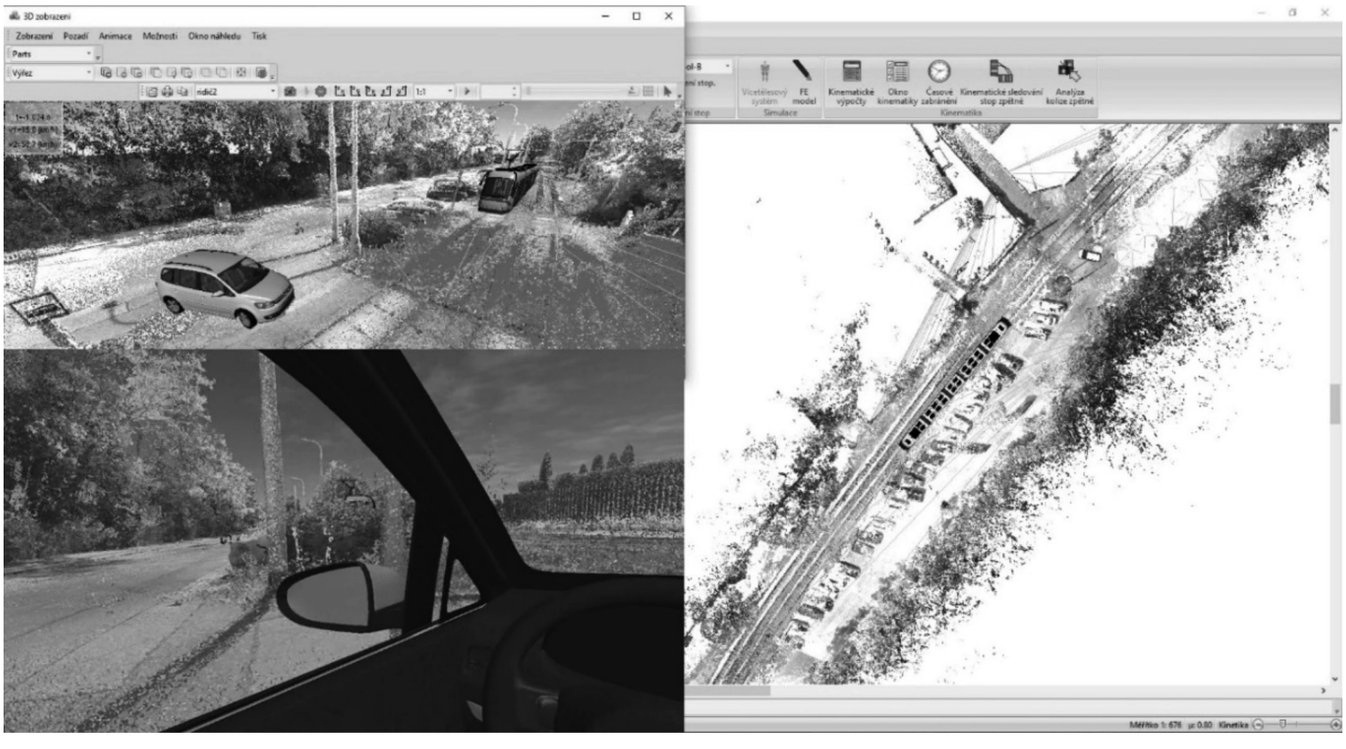
Obr. 5 Ukázka virtuální prohlídky místa dopravní nehody (vlevo – interaktivní plánek, vpravo – sférický náhled z vybrané polohy skeneru, dole – seznam jednotlivých poloh skeneru) (zdroj: KŘP PČR Karlovy Vary).

Fig. 5 Virtual presentation of the traffic accident scene (left – interactive topographic overview, right – spherical view from selected scanner position, down – scanner positions) (source: Regional Police Headquarters of the Karlovy Vary Region – RPH KV).



Obr. 6 Detail interaktivního plánku místa dopravní nehody s možností odměřování (zdroj: KŘP PČR Karlovy Vary).
Fig. 6 Detail of interactive overview of the traffic accident scene with tools for further measurements (Source: RPH KV).

prováděno, společně s pořízenou fotografickou dokumentací, kterou je možno přímo lokalizovat v rámci scény. Protokol je následně doplněn informací o přesnosti vzájemného zarovnání jednotlivých mračen vůči sobě a jednotlivými snímky. Tato informace je zásadní



Obr. 7 Simulace výhledových poměrů řidiče ve vztahu k prostorovému uspořádání.
Fig. 7 Simulation of driver viewing conditions in relation to the spatial layout of the scene.

při následném využití, jelikož nesprávně zalícovaná mračna vedou k chybné lokalizaci jednotlivých stop. Současně s tímto je vytvářena virtuální prohlídka, která umožňuje s využitím webového prohlížeče nahlížet na pořízená data. Ukázka webové prohlídky je ukázána na obr. 5 a obr. 6. V rámci virtuální prohlídky je k dispozici interaktivní plánek místa dopravní nehody, který ukazuje kolmý pohled na místo a v rámci kterého je možno provádět dodatečná měření, které jsou pří prováděna na získaných datech. Zároveň s tím je možno prohlížet sférické snímky pořízené z jednotlivých míst, kde bylo skenování prováděno. Dále je přímo exportován plánek dopravní nehody, který je vygenerován jako kolmý pohled na místo dopravní nehody s měřítkem. Poslední částí jsou vlastní data, která byla v rámci skenování získána v otevřeném formátu .e57, který je podporován nejčastěji využívanými znaleckými softwary.

Ačkoliv autoři příspěvku zatím přímo nepracovali s podklady z laserového skenování pořízeného PČR na místě dopravní nehody, metody laserového skenování běžně využívají ve spolupráci s Drážní inspekcí. Vzhledem k rozsahu získaných podkladů a jejich charakteru je třeba s nimi efektivně pracovat a využívat pouze ty informace, které jsou účelné. Nelze doporučit prostý import do simulačního softwaru, tvorbu povrchu (triangulací celkového mračna či jeho části bez uvážení charakteru dat – např. šum, vegetace apod.) a jeho následné využití pro simulaci. Vzhledem k charakteru dat je zpravidla třeba jednotlivé skeny nejdříve adekvátně upravit. Mezi nejčastěji používané kroky patří odstranění šumu v místech, kde by mohl negativně ovlivnit následnou simulaci, redukce bodového mračna či jeho ořez na oblast potřebnou pro analýzu. Pro tvorbu povrchu terénu je možno využít externích programů určených pro práci s bodovými mračny, či využít funkcí implementovaných v posledních verzích simulačního softwaru. Další možností je volba vhodného pohledu a výběr pouze určité části mračna pro tvorbu povrchu. Podobně jako v případě hustých

Obr. 8 Simulace výhledových poměrů při různém natočení pohledu řidiče.
Fig. 8 Simulation of the driver viewing conditions – variable orientation of the driver's head.

bodových mračen z digitální obrazové korelace je možno použít selektivního výběru bodů pro tvorbu povrchu.

Mezi nejvýraznější výhody implementace hustých bodových mračen pro simulace, kromě prostorové informace komunikace v místě, představuje i možnost jeho využití pro hodnocení a simulaci výhledových poměrů jednotlivých účastníků dopravní nehody. Vzhledem k faktu, že při skenování jsou zachyceny všechny objekty v daném místě, včetně vegetace, parkujících vozidel, či jiných potenciálních překážek ve výhledu, je možno je využít následně pro vizualizaci jednotlivých výhledů. Společně s tímto je možno v případě potřeby doplnit i jiné předměty, které mohou výhled ovlivnit (např. doplnění odstraněné vegetace, umístění jiných vozidel do okolí místa nehody apod.). Obr. 7 a obr. 8 ukazují příklady implementace výstupů z laserového skenování pro potřeby znalecké analýzy. V případě obr. 7 byl vytvořen zjednodušený povrch terénu, který byl založen na vybraných bodech originálního hustého bodového mračna. Husté bodové mračno bylo redukováno na cca 10 mil. Bodů z původních 120 mil. a importováno do softwaru. Oba datové zdroje mají totožný souřadný systém (jeden je odvozen od druhého). Nebylo tedy třeba žádného dodatečného zalícování. Vlastní husté bodové mračno slouží pro účely simulace pouze jako vizuální překážka pro určení výhledových poměrů řidiče osobního automobilu ve vztahu k přijíždějící tramvaji. Jako výrazný aspekt omezující výhled řidiče bylo identifikováno kříví, které přímo omezuje výhled na jedoucí tramvaj. Proto bylo následně odstraněno, přičemž byl sledován vliv na výhledové poměry řidiče OA. Podobná situace byla řešena v případě obr. 8, kdy byl řešeny rozhledové poměry řidiče OA v časoprostorové souslednosti k pohybu vlaku při různých úhlech natočení hlavy řidiče.

5. ZÁVĚR

Implementace nových měřičských postupů a technologií PČR, nezávisle na tom o jakou měřičskou metodu se jedná, lze jedině vnímat jako pozitivní. Výsledkem je jednoznačně pozitivní trend zvyšující se kvality a rozsahu dostupných podkladů pro následnou znaleckou analýzu. Prozatímní výsledky jasně ukazují, že od aplikace nových metod nebude upuštěno, spíše naopak. Podoba nových podkladů je však výrazně odlišná od podkladů, které se historicky využívaly. Z tohoto důvodu je zásadní, aby se znalecká obec připravila na to tyto podklady správně a efektivně využívat. Ústav soudního znalectví v dopravě by rád prostřednictvím tohoto příspěvku ukázal výhody a možnosti, které nám tyto přístupy nabízejí. Současně s tímto by rád nabídl případnou pomoc při zpracování těchto dat tak, aby se jejich využití v rámci praxe stalo běžné.

6. PODĚKOVÁNÍ

Autoři příspěvku by rádi poděkovali Bc. Milanovi Novákovi z Policejního prezidia ČR a Mgr. Zdeňku Markovi z Policejní akademie za poskytnutí grafických podkladů.

Článek vznikl za podpory Ministerstva vnitra ČR, programu Bezpečnostního výzkumu – projektu VI20172020108 Vývoj inovativní metody k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat.

7. LITERATURA

[1] STÁŇA, I., RYBKA, J., NOVÁK, M., BUCSUHÁZY, K. Využití pokročilých metod dokumentace místa dopravní nehody policií ČR. *Expert Forensic Science 2019.* VUT v Brně, Brno, 2019. ISBN 978-80-214-5708-9.

[2] TOKAŘ, S., STÁŇA, I., BILÍK, M. Porovnání možností zaměření místa dopravní nehody. *Expert Forensic Science 2016*. VUT v Brně, Brno, 2019. ISBN: 978-80-214-5321-0.

[3] STÁŇA, I., TOKAŘ, S., BUCSUHÁZY, K., BILÍK, M. Comparison of utilization of conventional and advanced methods for traffic accidents scene documentation in the Czech Republic. *Proceedings of the 10th International Scientific Conference Transbaltica 2017:Transportation Science and Technology*, 2017.

[4] SVATÝ, Z. *Optimalizace metody získávání a zpracování obrazových podkladů pro potřeby analýzy dopravních nehod.* ČVUT v Praze, Praha, Doktorská práce (Ph.D.), 2019.

[5] SVATÝ, Z., KOCIÁN, K., LENKOVÁ, A. Fotogrammetrická rekonstrukce místa nehody za pomoci bezpilotního prostředku. *Soudní inženýrství,* 29(1), 2018, s. 30–34. ISSN 1211-443X.

[6] SVATÝ, Z. Photogrammetry-Based Models of Accident Sites. *Proceedings 25th Annual Congress EVU*. EDIS – vydavatelstvo Žilinské univerzity, Žilina, 2016. s. 241–246. ISBN 978-80-554-1260-3.

[7] SVATÝ, Z., MIČUNEK, T., NOVÁČEK, J. Využití prostorových dat pro účely simulace nehodového děje. *Expert Forensic Science 2020*. VUT v Brně, Brno, 2020. ISBN: 978-80-214-5829-1.

Správná citace:
SVATÝ, Z., MIČUNEK, T., NOVÁČEK, J. Využití prostorových dat pro účely simulace nehodového děje. *Soudní inženýrství*, 2020, 31(1), 9–16. DOI: http://dx.doi.org./10.13164/SI.2020.1.9. ISSN 1211-443X.