Metody dokumentace místa dopravní nehody

Methods of Documentation Traffic Accident Site

Jakub Motl^{a*}, Jan Rücker^a, Jitka Kafoňková^a, Albert Bradáč^b

^aCentrum dopravního výzkumu, Brno

^bVysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Brno

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá srovnávaním bežne dostupných metod s metodami menej obvyklými, ktoré lze využiť při dokumentaci místa dopravní nehody. Přesné a kvalitní provedení dokumentace místa dopravní nehody, zejména ve formě plánu, je jedním z důležitých údajů pro následnou analýzu nehodového děje. V příspěvku jsou porovnány metody zaměření pomocí měřicího kolečka, totální geodetické stanice, GNSS stanice, rektifikací fotografie a 3D scannerem.

Klíčová slova: plán místa dopravní nehody, fotodokumentace, polygon, 3D scanner, totální stanice, kvadrokoptéra.

Abstract

The paper deals with a comparison of commercially available methods with less usual methods that can be used when documenting the location of traffic accidents. Precision and quality design documentation location of traffic accidents, especially in the form of the plan, is one of the important data for subsequent analysis of accident. The paper compared methods of focus by measuring wheels, geodesic total station, GNSS station, photographs and 3D scanners.

Keywords: map of the location of traffic accidents, photographs, polygon, 3D scanner, total station, quadcopter.

1. ÚVOD

V soudně znalecké praxi je pro korektní posouzení dopravní nehody důležité mít dostatek kvalitních a exaktních podkladů. Mezi základní podklady patří fotografie, výpovědi účastníků, případně svědků dopravní nehody a plán místa dopravní nehody. Správná a důkladná dokumentace stop vyžaduje jisté odborné znalosti a pečlivost. Mezi nejdůležitější podklady patří zejména podrobná fotodokumentace a přesný plán místa dopravní nehody. V minulosti, ale i v současné době je v Česku nejrozšířenější způsob zaměření místa dopravní nehody pravoúhlou metodou pomocí pásma a měřicího kolečka. Jedná se o relativně jednoduchý a levný způsob měření.

2. METODY DOKUMENTACE MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY

Zaměření místa dopravní nehody patří mezi nejnáročnější činnosti prováděné na místě dopravní nehody a jeho správné provedení je

velmi důležité. Neúplné, případně špatné zaměření místa dopravní nehody může negativně ovlivnit možné další znalecké zkoumání. Pro zaměření místa dopravní nehody se v zásadě používají tři základní metody vyměřování:

- metoda pravoúhlého měření,
- metoda trojúhelníkového měření,
- metoda průsečíková,
- geodetické zaměření,
- 3D skenování.

Volba metody měření je závislá na konkrétním tvaru komunikace a poloze vozidel na místě dopravní nehody. Je možné, a v některých případech vhodné, metody vzájemně kombinovat. [1]

2.1 Metoda pravoúhlého měření (ortogonální metoda)

Při této metodě se jednotlivé body zaměřují pravoúhlými souřadnicemi – staničením a kolmicí k měřické přímce. Staničení je délka měřená od stanoveného bodu, výchozího bodu měření (dále VBM) po měřickou přímce, kolmice je délka kolmá k měřické přímce měřená mezi měřickou přímkou a určeným bodem. K zaměření

Obr. 1 Pravoúhlé měření [10].
Fig. 1 Rectangular measurement [10].

je možné použít pevnou (je připojena na body ležící na této měřické přímce) nebo volnou měřickou přímku (je připojena na body ležící mimo tuto měřickou přímku).

Při měření touto metodou je měřený prostor označen nejméně dvěma body (podle složitosti), které se propojí přímkou. Tato metoda je velmi vhodná pro krátké, rovné úseky míst dopravních nehod. Její využití však není vyloučeno ani v případě zaměření místa dopravní nehody v oblouku. Policií České Republiky je tento způsob zaměření využíván nejčastěji. Příklad využití ortogonální metody je zobrazen na obr. 1. [1]

2.2 Metoda trojúhelníkového měření

Prostor, který je potřeba změřit, se pomyslně pokryje sítí trojúhelníků a všechny délky, které takto vzniknou, se změří. Je nutné důsledně značení všech vzdáleností, aby se předešlo zmatku v měření. Trojúhelníky jsou konstruovány pomocí tří stran (konstrukce trojúhelníkové sítě pomocí měření úhlů mezi jeho stranami se v praxi kvůli náročnosti nevyužívá). Trojúhelníková metoda je vhodným měřením pro zaměření členitých komunikací nebo křižovatek. Způsob využití trojúhelníkové metody popisuje

obr. 2. Na obr. 3 a obr. 4 je pak patrný postup při zaměřování stop na komunikaci. [1]

Obr. 3 Trojúhelníková metoda [1].
Fig. 3 Triangular method [1].

Obr. 2 Trojúhelníková metoda [1].
Fig. 2 Triangular method [1].

Obr. 4 Trojúhelníková metoda [1].
Fig. 4 Triangular method [1].

Nevýhodou této metody je její citlivost na jednotlivé změřené vzdálenosti. V případě jedné chybně změřené vzdálenosti je pak ovlivněn celý tvar měřeného úseku.

2.3 Metoda průsečíková

Je třeba určit výchozího bod měření a dále pevné body P1 a P2, od kterých se měří vzdálenost k požadovaným objektům. Mezi výchozím bodem měření a pevným bodem P1 a dále mezi výchozím bodem měření a pevným bodem P2 se změří vzdálenosti. Následně se měří vzdálenost mezi zaměřovaným bodem B a body P1 a P2. Pro následnou konstrukci plánu je potřeba vykreslit kružnici o poloměru P1-B a P2-B, kdy průsečík těchto kružnic by se měl pohybovat v rozmezí úhlu 45° – 135° . Pokud jsou průsečíky ve zvoleném rozsahu úhlů, jsou pevné body P1 a P2 zvoleny vhodně. Ukázka průsečíkového měření je uvedena na obr. 5. [1]

Výhodou proti trojúhelníkové metodě je nezávislost zaměřených bodů navzájem. Tedy nesprávné zaměření jednoho neovlivní správnost polohy ostatních.

Obr. 5 Metoda průsečíkového měření [10].

Fig. 5 The method of intersection measurement [10].

2.4 Geodetické zaměření

Jedná se o zaměření s pomocí některého z geodetických přístrojů, kdy výsledkem jsou sférické, popř. již rovnou pravoúhlé, souřadnice každého bodu. Body jsou měřeny nezávisle na sobě, měření je dle použitého přístroje rychlé a přesné. K jednotlivým přístrojům viz dále.

2.5 3D skenování

Jedná se o nejmodernější metodu, jejímž výsledkem je přesný 3D tvar celého prostoru a jednotlivých objektů. Tvar může být tvořen mračnem bodů (body je možné také obarvit), nebo po úpravě plochami (pro tvorbu ploch se využívá trojúhelníková metoda).

3. PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ PRO DOKUMENTACI MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY

3.1 Měřičské kolečko, pásmo, laserový dálkoměr

Měřicí kolečko a pásmo jsou základními nástroji pro měření vzdálenosti při zaznamenávání místa nehody. Jsou stejné, jaké používá např. Policie ČR. Přesnost měření je dostačující. Jejich hlavní výhodou je rychlost měření a operativnost především za situace, kdy k měření dochází na nepřehledných místech a mnohdy i při neomezeném silničním provozu. Spolu s digitální vodováhou jsou měřičské kolečko a pásmo základními a naprosto nezbytnými pomůckami pro zaměření místa dopravní nehody.

Tato trojice pomůcek umožňuje jak polohová, tak výšková měření (např. sklony vozovek, svahu, příkopu apod.). Pásmo a kolečko lze nahradit laserovým dálkoměrem, což eliminuje pohyb po vozovce, ale pro měření jsou potřeba dvě osoby.

3.2 Teodolit

Pro geodetické zaměření lze použít i teodolit (slouží k měření vodorovného a svislého úhlu) a vzdálenosti lze doměřit některou z výše uvedených pomůcek. Výsledkem jsou pak sférické souřadnice, které lze přepočítat na pravoúhlé.

3.3 Tachymetry

Tachymetr je přístroj, který kombinuje funkce teodolitu a měřiče vzdálenosti. S pomocí rozděleného obrazu, kdy každá část je do okuláru lomena pod jiným úhlem, lze určit vzdálenost hledaného bodu. Výsledkem jsou tedy opět sférické souřadnice. Tachymetry umí rovněž mechanicky redukovat měřenou vzdálenost na její průmět do vodorovné roviny (tzv. autoredukční tachymetry).

3.4 Geodetická totální stanice

Geodetické totální stanice jsou zeměměřické přístroje, které slouží k měření a vytyčování vodorovných a svislých úhlů, délek a k registraci naměřených dat s možností matematických operací s těmito daty. Totální stanice vznikla spojením teodolitu, elektrooptického laserového dálkoměru a jednoúčelového počítače do jednoho celku. Úhlové a délkové hodnoty lze odečítat přímo na displeji z tekutých krystalů a zároveň je zde možnost registrovat je ve vnitřní paměti přístroje a eventuálně provádět i matematické operace s nimi (např. převod šikmé délky na vodorovnou, převod polárních souřadnic na pravoúhlé, výpočet převýšení atd.). [8]

Pomocí totální stanice můžeme řešit i některé další geodetické úlohy, např. určování výměr z měřených lomových bodů pozemku, určení nepřístupné výšky atd. Stanice současně umožňuje ze zadaných hodnot pravoúhlých souřadnic (přenesených do totální stanice z počítače nebo zadaných manuálně) vytyčit podrobné body v terénu ze známého bodu. Data lze přenášet v běžně používaných formátech a následně zpracovávat. Množství geodetických úloh, které lze totální stanicí řešit, je závislé na použitém modelu přístroje a ovlivňuje jeho cenu. [2]

Zaškolení na používání totální stanice není časově náročné ani obtížné. Při měření vzdálenosti se laserový paprsek odráží buď

Obr. 6 Geodetická totální stanice.

Fig. 6 Geodetic Total Station.

Obr. 7 GNSS přijímač.
Fig. 7 GNSS receiver.

Obr. 8 Laserový 3D skener.
Fig. 8 3D Laser Scanner.

od povrchu měřeného objektu (limitováno použitým přístrojem, vzdáleností, úhlem plochy povrchu), nebo od tzv. koutového odražeče – jedná se o tři zrcadla, která jsou vzájemně v pravém úhlu. Paprsek se tak odrazí vždy ve stejném směru, odkud na odražeč dopadá. [7]

3.5 GNSS Přijímač

GPS – globální polohové systémy z anglického Global Positioning Systems (obr. 7) jsou z geodetického hlediska jednou z metod kosmické geodzie. Z hlediska rozšíření v geodetické praxi patří k nejužívanějším metodám kosmické geodzie. GPS je družicový systém, který poskytuje přesné informace o poloze, rychlosti a čase v jednotném referenčním systému na kterémkoli místě na Zemi. Globálních polohových systémů byla vyvinuta celá řada např.:

- TRANSIT (vojenské námořnictvo USA),
- GLONASS (Rusko),
- NAVSTAR GPS (USA),
- GALILEO (EU),
- COMPASS (Čína).

Přístroj tak měří v každém bodu přesnou polohu, zaznamenanou v některém z používaných systémů (GPS, JTSK). Pro přesnou práci je nutné použití dvou přístrojů ve vzájemné komunikaci (jeden statický jako referenční), nebo připojení k serveru, který poskytuje korekční data.

3.6 3D Scanner

Terestrické 3D skenovací systémy jako technologie umožňují bezkontaktní určování prostorových souřadnic, 3D modelování a vizualizaci složitých staveb a konstrukcí, podzemních prostor, libovolných terénů a dalších objektů s mimořádnou rychlostí, přesností, komplexností a bezpečností. Nasnímaný objekt může být pomocí softwaru zobrazen ve formě mračen bodů (point clouds), na jejichž základě může být vytvořen model objektu, který lze přenést do CAD systému.

Dokumentace místa dopravní nehody pomocí 3D scanneru představuje jednu z nejmodernějších metod dokumentace stop.

Jednou z velkých výhod některých 3D scannerů je, že skenované místo je možné i nafotit a tím získat sférickou fotografii. [9]

3.7 Fotografie

Fotodokumentace patří k základním prostředkům dokumentace místa dopravní nehody. Kvalitně provedená fotodokumentace umožňuje následně dobré zpracování a zhodnocení dopravní nehody. Kromě běžně používaného šikmého fotografování vozovky pomocí ručního fotoaparátu, je možné využívat i jiné metody a zpracování fotografií. Jednou z rozšiřujících se metod je snímání ze vzduchu. Pro tyto účely se nejčastěji využívají například drony.

Jako metoda pro zpracování fotografií z místa dopravní nehody se nejčastěji využívá rektifikace, kdy se šikmo vyfotografovaná plocha vozovky transformuje na rovinný plánec místa dopravní nehody v půdorysu.

Fotografie je rovněž možné využít k získání 3D modelu.

3.7.1 Letecký snímek – Dron

Dokumentace nehody za pomoci leteckého snímání je velice rychlou a přenosnou metodou jak zadokumentovat polohy vozidel a veškerých stop bez zkreslení. Tímto způsobem lze zaznamenat

Obr. 9 Kvadrokoptéra (Dron).
Fig. 9 Quadcopter (Dron).

Obr. 10 Rektifikovaná fotografie místa dopravní nehody [10].
Fig. 10 Rectified photographs of the traffic accident scene [10].

rychle místo nehody, které je dlouhé i několik stovek metrů. Tento způsob má také své omezení. Hlavním technickým omezením je prostor nad místem dopravní nehody kde nesmí být žádné překážky

(stromy, elektrické vedení, trolejové vedení, mosty), další omezení jsou právní, kdy s některými drony je třeba pilotní průkaz, povolení k letu a povolení k provozování leteckých služeb. Je rovněž třeba respektovat zákon o civilním letectví, který udává vzdálenosti od obytných budov, od osob apod., kde není možné létat.

3.7.2 Rektifikace

Fotogrammetrie je obor, zabývající se měřením rozměrů, určováním polohy předmětů a rekonstrukcí tvarů, zobrazených na fotografických snímcích. Obecně lze tedy říci, že se jedná o vědní obor zaměřený na zpracování informací z vyfotografovaných snímků. V posledních letech je tato metoda hojně využívána v oboru analýzy silničních nehod, zejména znalci v tomto oboru. Pořízené fotografické záběry z místa dopravní nehody, zejména polohu a rozměry jednotlivých stop, je možné díky této moderní metodě kdykoliv přezkoumat. Princip fotogrammetrie spočívá v pořízení fotografických snímků místa dopravní nehody, na těchto snímcích je spolu se stopami, které jsou předmětem rektifikace obrazu, umístěn tzv. rektifikační kříž. Jedná se o dvě na sebe kolmé úsečky o známé délce. Na základě těchto známých rozměrů rektifikačního kříže lze s pomocí počítačové podpory provést rektifikaci obrazu a zkoumat tak veškeré stopy, včetně jejich rozměrů, které jsou zachyceny v rektifikovaném obrazu v počítači, viz obr. 10.

V případě potřeby lze rektifikační kříž nahradit, a to tak, že se na komunikaci např. křídou, sprejem, nebo jiným vhodným způsobem zakreslí čtyři body a změří se vzdálenosti mezi nimi (celkem tedy délky čtyř stran a nejméně jedné uhlopříčky). Další postup fotografické rektifikace už je shodný s postupem při využití rektifikačního kříže.

Tato metoda je vhodná obzvláště při dopravních nehodách většího rozsahu, kde se vyskytuje velké množství stop a předmětů. Další nespornou výhodou tohoto řešení je také to, že v případě užití fotografického záznamu není nutné zaměřit všechny rozměry

Obr. 11 Místo vzorové dopravní nehody [11].
Fig. 11 Instead exemplary traffic accident [11].

Obr. 12 Postavení vozidel po dopravní nehodě [10].
Fig. 12 The status of vehicles after road accident [10].

a vzdálenosti stop od VBM, ale je možné tato měření provádět až dodatečně v počítači, což má pozitivní vliv na rychlost obnovení plynulosti provozu v místě dopravní nehody.

3.7.3 3D model z fotografií

Díky počítačové podpoře je možné i dostatečného počtu digitálních fotografií docílit velmi podobného výsledku jako při použití 3D skeneru. Při fotografování prostoru dopravní nehody je nutné vytvořit několik stovek fotografií celého prostoru a jednotlivých vozidel ze všech potřebných úhlů. Následně lze využít buď komerční SW (např. Photomodeler) nebo některý s produktů různých komunit, kdy fotografie zpracovává jejich server (např. Insight 3D).

4. POPIS MODELOVÉHO MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY

Pro vzájemné porovnání jednotlivých způsobů zaměření bylo z časových a bezpečnostních důvodů vytvořeno vzorové místo dopravní nehody. Prostor dopravní nehody se nacházel na ulici Malečkova v městské části Brno – Slatina, viz obr. 11. Jednalo se o místní komunikaci s velmi malou intenzitou provozu. Jako vzorová vozidla byla zvolena Škoda Octavia Combi a VW Caravelle. Jako střetová konfigurace byl volen boční excentrický střet, kdy vozidlo VW narazilo do pravé přední strany vozidla Škoda, viz obr. 12. Po nastavení vozidel do konečné polohy bylo přistoupeno k zaměření polohy vozidel a okolí s využitím jednotlivých metod zaměření.

5. VÝSLEDKY

5.1 Měřičské kolečko

Při zaměřování místa dopravní nehody měřičským kolečkem byla použita metoda trojúhelníkového měření v kombinaci s metodou pravoúhlého měření. Příčné a podélné sklony, jak samotné

komunikace, tak i okolí, byly změřeny pomocí digitální vodováhy. Na obr. 12 je uveden plánec místa dopravní nehody vyhotovený v programu Virtual CRASH.

5.2 Geodetická totální stanice

Zaměření místa dopravní nehody bylo provedeno pomocí totální stanice Topcon. Při použití odrazného hranolu, lze při dobrých podmínkách měřit na vzdálenosti v řádu kilometrů. Při zaměřování místa dopravní nehody je tato vzdálenost dostačující, a to i pro dlouhé úseky například na dálnici nebo na rozlehlejších křižovatkách. Při zaměřování místa dopravní nehody je potřeba vhodně zvolit místo ustanovení totální stanice, zejména, tak, aby ze zvoleného místa bylo vidět do všech důležitých míst a nevznikly místa zakrytého výhledu. Jedná se zejména o konečné polohy vozidel, stopy, případně části vozidel. V případě složitosti terénu a výskytu pevných překážek je možné provést tzv. přestaničení. Totální stanice se přemísť na jiné definované místo, které bylo předem změřeno a ze kterého lze zaměřit i místa která předtím nebylo možno zaměřit.

Po provedení měření na místě dopravní nehody se naměřená data zpracují. Totální stanice umožňuje ukládat data ve většině běžně užívaných formátech, například *.dxf, *.txt, atd. Naměřená data je nutné transformovat pomocí vhodného konvertoru tak, aby vznikl odpovídající textový dokument. S ním lze následně pracovat a vytvořit soubor ve formátu *.dxf, který je možné jako polygon naimportovat do programu PC Crash nebo Virtual Crash. Polygon nahraný do simulačního programu je možné dle potřeby dále modifikovat, tak aby odpovídal potřebám pro vlastní analýzu nehodového děje (obr. 14).

5.3 GNSS přijímač

Pro zaměření místa DN byl použit GNSS přijímač Trimble X91+ s kontrolérem Getac LT30. Jedná se o 220 kanálový přijímač pracující s družicovými systémy GPS, Glonass, Compass a do budoucna i s Evropským systémem Galileo. Pro upřesnění pozice je využíváno korekčních dat poskytovaných prostřednictvím permanentních stanic GNSS, které spravuje CZEPOS (obr. 15).

Obr. 13 Nakreslený pláněk místa dopravní nehody na základě ručního měření [10].
Fig. 13 Drawn map location of traffic accidents based on the manual measurement [10].

Obr. 14 Plánek dopravní nehody vytvořený na základě zaměření pomocí totální stanice [10].
Fig. 14 Plan a traffic accident created on the basis of the focus by using the total station [10].

Obr. 15 Plánek dopravní nehody vytvořený na základě zaměření pomocí GNSS [10].
Fig. 15 Plan created a traffic accident on the merits of using GNSS [10].

Na obr. 16 je uvedeno porovnání polygonu zaměřeného pomocí geodetické totální stanice a GNSS přijímače. Šedý polygon je vytvořen z dat získaných pomocí totální stanice, bílý polygon pak pomocí GNSS přijímače. Vzájemným porovnáním je vidět, že se oba polygony téměř shodují. Vzájemné zanedbatelné odchylky vykazují pouze několik výškových souřadnic.

5.4 3D scanner

Pro skenování místa dopravní nehody byl použit panoramatický scanner Faro Focus 3D. Tento scanner pracuje na bázi vyzařování bodového laserového paprsku. Paprsek dopadá na otáčející se kosé zrcadlo, které jej láme pod úhlem 90°. Tímto je zajištěno skenování prostoru ve vertikálním směru. Aby bylo možno snímat prostor

Obr. 16 Porovnání polygonů [10].
Fig. 16 Comparison of polygons [10].

taktéž v horizontálním směru, otáčí se celý skener na podstavci kolem vlastní svislé osy. Systém komunikuje s počítačem přes síťové rozhraní Ethernet, a to drátově i bezdrátově, má však vestavěný i vlastní dotykový displej pro snadné ovládání bez PC a paměťovou kartu SDHC pro ukládání dat. Systém má integrovanou baterii, kterou je možné v případě potřeby velmi snadno vyměnit za nabitou. Skener je vybaven integrovaným fotoaparátem, který má rozlišení až 70 megapixel, takže je schopen naskenované místo také nafotit. Díky tomu je následně možné složený a upravený sken obarvit, technicky dojde k obarvení jednotlivých bodů. Skener využívá pro měření délek fázový dálkoměr s rozsahem měření 0,6 m až 120 m a s přesností do 2 mm je schopen skenovat rychlostí až

976 000 bodů za sekundu v zorném poli 360° horizontálně a 305° vertikálně. Rozlišení je stejné pro obě osy 0,009°. Dále je skener vybaven dvouosým kompenzátozem, altimetrem a kompasem. Operační teplota je od +5 °C do +40 °C a udávaná výdrž baterie cca 5 hod. Rozměry skeneru jsou 240 × 200 × 100 mm s váhou 5 kg.

Výstup z 3D skeneru dává ucelý přehled o místě dopravní nehody. Ve vytvořeném polygonu je možné si odměřovat požadované rozměry a místo si prohlédnout z různých úhlů (obr. 17, 18).

5.5 Fotodokumentace

Z místa dopravní nehody byla pořízena fotodokumentace digitálním fotoaparátem. Při zhotovování fotodokumentace bylo postupováno

Obr. 17 Ortofotomapa vytvořená pomocí 3D scanneru [10].
Fig. 17 Ortofotomapa vytvořená pomocí 3D scanneru [10].

Obr. 18 Místo dopravní nehody tvořené obarveným mračnem bodů [10].
Fig. 18 Instead of traffic accidents dyed formed a cloud of points [10].

od snímků celkových, přes polocelkové, polodetailní až k detailním. Výhodné je rovněž pořízení snímků z nadhledu.

5.5.1 Letecký snímek – dron

Další z možností dokumentace místa dopravní nehody se s rozvojem nových technologií stává využití dálkově ovládaných bezpilotních

prostředků – nejčastěji multikoptér, které jsou dnes známe pod pojmem dron. Jedná se zejména o možnost pořízení fotografických snímků místa dopravní nehody bezprostředně po nehodě, případně je možné tuto fotodokumentaci pořídit i s časovým odstupem od dopravní nehody, v takovém případě je ale obvykle nutné zvýraznit stopy, případně konečné polohy vozidel.

Obr. 19 Místo dopravní nehody – letecký snímek [10].
Fig. 19 Instead of traffic accidents – Aerial shot [10].

Obr. 20 Místo dopravní nehody – rektifikovaná fotografie [10].
Fig. 20 Instead of traffic accidents – rectified photo [10].

Pro získání leteckého snímku místa dopravní nehody byl použit model kvadrokoptéry, na kterém byla na spodní části připevněna kamera. Poté byl z video záznamu vystřižen konkrétní snímek, a ten lze použít v kombinaci s polygonem jako podklad pro simulaci dopravní nehody. Letecký snímek je neocenitelný ve chvíli, kdy

jsou na místě dopravní nehody desítky brzdných a dřecích stop a desítky částí vozidel, které by se bez snímku museli každý zaměřovat zvlášť. Na obr. 19 je uvedeno porovnání polygonu zaměřeného pomocí totální stanice a fotografie pořízené z dronu. Z porovnání je patrné, že polygon s fotografií v měřítku nejsou ve shodě. Tato nepřesnost je dána vlastností fotoaparátu na dronu, který má určité zkreslení dané vlastností čočky kamery (jedná se o tzv. „rybí oko“) a díky absenci stabilizační plošiny není fotoaparát přesně kolmo nad povrchem. Toto lze odstranit použitím více snímků, či použitím lépe vybavené verze dronu.

5.6 Rektifikace

Princip digitální rektifikace fotografií spočívá v tom, že se transformuje šikmo vyfotografovaná plocha vozovky na rovinný plánek místa dopravní nehody v půdorysu, který je relativně přesný a umožňuje v konkrétním měřítku zobrazit veškeré vzdálenosti. Nesporná výhoda této metody spočívá v možnosti dodatečného změření vzdálenosti nebo délky stopy přímo na rektifikované fotografii. Je možno provést i vyhodnocení z více snímků, které jsou navzájem propojeny přes dvojice bodů, což umožňuje dokumentovat i poměrně rozlehlá místa dopravní nehody. [8]

6. ZÁVĚR

Vzájemné porovnání jednotlivých metod zaměření místa dopravní nehody je uvedeno v tab. 1. Porovnání je provedeno z pohledu času potřebného pro samotné zaměření místa dopravní nehody, pro zpracování naměřených dat a vytvoření plánu nebo polygonu, přibližných nákladů na pořízení potřebného vybavení a orientační doba nutná pro zaškolení. Čas potřebný pro měření na místě dopravní nehody je počítán včetně doby nutné pro přípravu, ev. sestavení a následně složení použitého přístroje nebo zařízení.

Tab. 1 Porovnání jednotlivých metod zaměření.
Tab. 1 Comparison of different methods of measurement.

	Měřicí kolečko	GNSS přijímač	Totální stanice	3D skener	Rektifikace	Dron
Měření na místě dopravní nehody	45 min	30 min	30 min	45 min	10 min	10 min
Orientační doba zpracování dat	50 min	15 min	15 min	60 min	10 min	5 min
Orientační pořizovací cena zařízení	5 tis.	150 tis.	100 tis.	1 mil.	od 1 tis. HW a desetitisíce SW	30 tis. HW a desetitisíce SW
Orientační doba zaškolení	hodiny	hodiny	hodiny	dny	hodiny	týdny
Výhody	Jednoduché, levné	Vysoká přesnost, obsluha jednou osobou	Vysoká přesnost	Věrný záznam místa, včetně barev	Rychlost a nenáročnost na zaškolení	Rychlost zaměření
Nevýhody	Oproti ostatním uvedeným metodám menší přesnost	Nemožnost využití v místech bez výhledu na družice nebo s obtížným výhledem	Nutnost obsluhy dvou osob (mimo robotizované TS), nutný přímý výhled mezi stanicí a odrazovým terčem	Vysoké pořizovací náklady, delší doba zaměření	Částečné omezení při použití na rozlehlých a členitých místech DN	Omezení letu nad některými místy

Z výše uvedené tabulky je patrné, že z pohledu časové náročnosti na zaměření i následné zpracování vychází nejlépe rektifikace fotografií. Tato metoda je nenáročná na pořízení HW, v zásadě stačí mobilní telefon s lepším fotoaparátem nebo kompaktní fotoaparát. Vyšší nároky jsou však na rektifikační SW. Zde se již můžeme bavit o nákladech v řádu desítek tisíců. K dispozici jsou i free programy, jejich používání je však omezené a nemusí umožnit některé požadované funkce. Časové požadavky na zaškolení obsluhy jsou však malé, v řádu hodin.

Relativně málo času vyžaduje i zaměření místa DN pomocí dronu. Snímky z dronu je možné upravit převedením do vhodného měřítka a poskládáním a tím získat vhodný podklad pro následnou analýzu DN. Získaný snímek je však stejně jako u první uvedené metody dvojrozměrný. Je tedy pod něj potřeba vytvořit polygon. Nespornou výhodou je věrné zachycení stop na místě DN. Výhodou pořízení snímků pomocí dronu je kvalitní přehled místa DN (i bez rektifikace téměř půdorysný náhled) a rychlé nasnímání i rozlehlého místa. Nevýhodou je problematika nafocení místa DN za tmy, za špatného počasí (silný vítr, déšť, sněžení atd.) a legislativní omezení. Podle současné právní úpravy nelze s dronem létat nad osobami, nad vozovkami a v jejich bezprostřední blízkosti a bez souhlasu majitele nad soukromými pozemky.

Časově náročnější je využití měřicího kolečka. Tento způsob zaměření je však jednoduchý, levný a nenáročný na zaškolení. Nevýhodou je, že zde může vznikat a v některých případech i vzniká značná nepřesnost. Zejména v porovnání s pokročilejšími metodami zaměření (totální stanice, GNSS atd.).

Časově náročné je taky použití 3D skeneru. Je však potřeba říci, že při zaměření místa dopravní nehody pomocí skeneru získáme, na rozdíl od zaměření měřícím kolečkem, trojrozměrný model – polygon. V případě následně prováděné simulace pomocí specializovaného softwaru již nemusíme potřebný polygon vytvářet, ale stačí ho jen naimportovat. Skener také dokáže vytvořit polygon s detailním zobrazením stop na prostředí. Naskenované mračno bodů se obarví a vyniknou tak i jiné, než plastické stopy. Avšak časová náročnost na zaměření, následné zpracování a také zejména finanční náročnost zapovídají v současné době rozšíření této technologie ve větším měřítku. Využití 3D skeneru pro dokumentaci dopravních nehod přináší řadu výhod a v budoucnu se jistě stane běžně užívanou metodou.

Zaměření pomocí GNSS nebo totální stanice je v porovnání s využitím skeneru časově méně náročné. Výstupem jsou prostorové body, ze kterých je možné vytvořit polygon. Tento způsob zaměření je velmi přesný a rychlý. Sám o sobě však neumožňuje obarvení polygonu, tak jak to umožňuje skener. Jako ideální varianta pro

získání co nejdokonalejšího plánu s podrobnými detaily stop na prostředí se jeví využití totální stanice, res. GNSS přijímače pro vytvoření prostorového polygonu a následné překrytí fotografií z dronu, nebo rektifikovanou fotografií z fotoaparátu.

Tento článek byl vytvořen za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci programu Národní program udržitelnosti I, projektu Dopravní VaV centrum (LO1610) na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

7. LITERATURA

- [1] BRADÁČ, A. a kol.: *Soudní inženýrství*. CERM, Brno, 1997, 140 s. ISBN 80-7204-057-X.
- [2] ŘÍHA, J. *Moderní přístrojová technika*. [online] Praha 2014 [cit. 13. 08. 2018]. Dostupné z: <http://spszem.cz/>
- [3] PORADA, V. Vyhledávání a zajišťování kriminalistických stop na místě činu. *Soudní inženýrství*. 2004, 15(6). Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-06-312-328.pdf>
- [4] CHMELÍK, J. a kol. *Dopravní nehody*. Plzeň: Nakladatelství Aleš Čeněk, 2009, 540 s. ISBN 978-80-7380-211-0.
- [5] CHMELÍK, J. *Výšetřování silničních dopravních nehod*. Ministerstvo vnitra ČR, odbor person. práce a vzdělávání PČR, Úřad vyšetřování pro českou republiku, Praha, 1998.
- [6] RÁBEK, V. *Vybrané postupy analýzy dopravních nehod*. Edis vydavatelstvo Žilinskej university, Olomouc, 2009, 199 s. VPRA-SCP-2009-06-02.
- [7] TOKAŘ, S., STÁŇA, I., BILÍK, M. Porovnání možnosti zaměření místa dopravní nehody. IN: *ExFoS 2016, XXV. mezinárodní vědecká konference Soudního inženýrství 29. a 30. ledna 2016*, ÚSI VUT Brno, Brno, 2016, s. 146–158.
- [8] 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. In: *Procedia Engineering*, 2017, 187(C), s. 471–476. ISSN 1877-7058.
- [9] BULKA, D., CURYLO, J., WOLAK, S., ŚLEZIAK, M., PIOTR, Ś. Techniki obrazowania 2D/3D na miejscu wypadku drogowego. In: *XV Konferencja Naukowa „Problemy Rekonstrukcji Wypadków Drogowych”*. 28. až 30. září 2017, Zakład Badania Wypadków Drogowych Instytutu Ekspertyz Sądowych, Zakopane, 2017, s. 23–48.
- [10] Archiv CDV.
- [11] Google maps. [online], [cit. 13. 08. 2018]. Dostupné z: <http://www.google.cz/maps>

Správná citace:

MOTL, J., RÜCKER, J., KAFONKOVÁ, J., BRADÁČ, A. Metody dokumentace místa dopravní nehody. *Soudní inženýrství*, 2018, 29(4), 25–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.13164/SI.2018.4.25>. ISSN 1211-443X.