

Prostorový laserový skener místa činu, jeho možnosti a porovnání s klasickými metodami kriminalistiky

Dimensional laser scanner of the crime scene, its possibilities
and comparison with conventional methods of criminology

Bc. Michal Šmiraus

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal ŠMIRAUS**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Prostorový laserový skener místa činu, jeho možnosti a porovnání s klasickými metodami kriminalistiky.**

Zásady pro vypracování:

1. Úvodem zhodnoťte nejběžnější kriminalistické metody využívané při dokumentaci místa činu.
2. Zmapujte princip, vývoj a zákonné úpravy platné pro použití laserových zařízení v ČR.
3. Proveďte praktický sken místa a porovnejte tuto metodu s běžně používanými metodami klasickými.
4. V závěru naznačte další vývoj této technologie.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Porada, Viktor a kol. Kriminalistika, Brno : Cerm, 2001, ISBN: 80-7204-194-0.**
2. **Kašpar Milan, Pospíšil Jiří, Štroner Martin, Křemen Tomáš, Tejkal Miloš: Laserové skenování systémy ve stavebnictví, Hradec Králové : Vega, 2003, ISBN: 80-900860-3-9.**
3. **Pavelka Karel: Fotogrammetrie 20, ČVUT v Praze, 2006, ISBM: 80-01-02762-7.**
4. **PRIMA Bilavčík spol. s.r.o., 9. května 1182 - Uh. Brod : [s.n.], 2009 [interní materiály].**
5. **FARO [online]. c2009, Dostupný z WWW [http://www.faro.com].**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Rudolf Drga

Ústav bezpečnostního inženýrství


Datum zadání diplomové práce:

19. února 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

7. června 2010

Ve Zlíně dne 19. února 2010


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Moderní laserové skenovací systémy umožňují bezkontaktní určování prostorových souřadnic, 3D modelování, vizualizaci složitých staveb a konstrukcí interiérů, podzemních prostor, libovolných terénů atp. s mimořádnou rychlostí, přesností, komplexností a bezpečností. Snímaný objekt může být pomocí softwaru zobrazen ve formě mračna bodů, na jejichž základě může být vytvořen model objektu, který lze přenést do CAD systému. Většina moderních skenovacích systémů využívá kontinuální či pulsní režim snímání a polohu bodů v prostoru určuje pomocí prostorové polární metody.

V současné době lze tuto technologii laserového snímání s úspěchem využít také jako doplňkovou vyšetřovací metodu pro potřeby kriminalistiky.

Cílem diplomové práce je zpracování přehledu nejpoužívanějších kriminalistických metod užitých při dokumentaci místa činu a jejich následné srovnání s technologií laserového snímání v návaznosti na konkrétní praktickou aplikaci speciálního software pro použití s laserovým skenerem americké firmy FARO.

Klíčová slova: technologie prostorového snímání, laserový skener, laserové měřicí systémy

ABSTRACT

Laser scanning systems that allows you to determine the spatial coordinates, 3D modeling, visualization of complex structures and design interiors, underground spaces, etc. any terrain with extraordinary speed, accuracy, completeness and security. Captured object can be displayed using the software in the form of clouds of points on which it may be a model of an object that can be transferred into the CAD system.

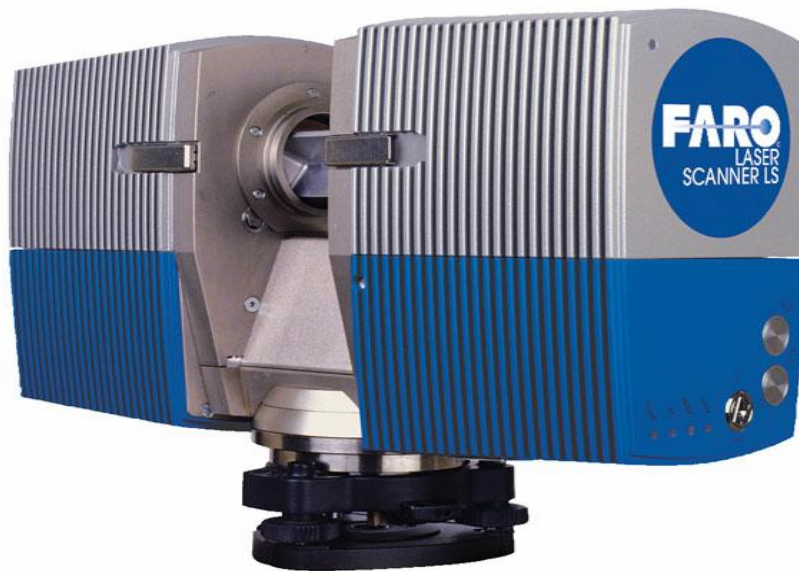
Most scanning systems using state of the art pulsed laser technology to measure lengths and determined the spatial location of points of the polar method. At present the technology of laser scanning successfully used as a supplementary method of investigation for the purpose of criminology.

The aim of this thesis is the processing of most widely used investigative techniques used in the documentation of crime scenes and their subsequent comparison with laser scanning technology in relation to specific practical application of special software for use with a laser scanner FARO American company.

Keywords: spatial sensing technology, laser scanner, laser measuring systems

Na tomto místě bych rád poděkoval svým rodičům za morální a finanční podporu při studiu, dále pak panu Ing. Davidu Daňkovi z firmy PRIMA BILAVČÍK, s.r.o. za cenné podněty a doplnění informací o dané problematice.

Poděkování patří také Ing. Rudolfu Drgovi za kvalitní odborné vedení, připomínky a poskytnuté konzultace při zpracování mé diplomové práce.



„Technický vývoj směřuje vždy od primitivního přes komplikované k jednoduchému“

Antoine de Saint-Exupéry

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne 24.5. 2010

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 UŽITÉ METODY KRIMINALISTICKÉ DOKUMENTACE	9
1.1 OPTICKÉ ZKOUMÁNÍ STOP A VĚCNÝCH DŮKAZŮ	9
1.2 FOTOEXPERTÍZA A FOTODOKUMENTACE	10
1.3 VIDEODOKUMENTACE A VIDEOGRAFIE.....	13
1.4 ZKOUMÁNÍ BALISTICKÝCH STOP	14
1.5 GEOMETRICKÁ ANALÝZA ZAJIŠTĚNÝCH KREVNÍCH STOP	16
1.6 VYHLEDÁNÍ A ZAJIŠTĚNÍ DAKTYLOSKOPICKÝCH STOP	19
1.7 VYHLEDÁNÍ A ZAJIŠTĚNÍ BIOLOGICKÝCH STOP A DNA	20
1.8 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ ZKOUMÁNÍ STOP A VĚCNÝCH DŮKAZŮ	22
1.9 ZKOUMÁNÍ ZAJIŠTĚNÝCH STOP A VĚCNÝCH DŮKAZŮ V NEVIDITELNÉM ELEKTROMAGNETICKÉM ZÁŘENÍ	25
1.10 ZKOUMÁNÍ ZAJIŠTĚNÝCH STOP A VĚCNÝCH DŮKAZŮ S VYUŽITÍM VLASTNOSTÍ JADERNÉHO ZÁŘENÍ.....	27
2 METODA BEZKONTAKTNÍHO LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ	29
2.1 NORMATIVNÍ ÚPRAVA PLATNÁ PRO POUŽITÍ LASEROVÝCH ZAŘÍZENÍ V ČR.....	30
2.2 POLÁRNÍ METODA MĚŘENÍ SOUŘADNIC BODŮ V PROSTORU	33
2.3 PRINCIP LASEROVÉ SNÍMACÍ TECHNOLOGIE LIDAR	35
2.4 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI A ROZDĚLENÍ LASEROVÝCH SKENOVACÍCH SYSTÉMŮ	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	43
3 LASEROVÝ SKENER FARO PHOTON 120	44
3.1 TECHNICKÁ SPECIFIKACE PŘÍSTROJE A PŘÍSLUŠENSTVÍ	45
3.2 OBSLUŽNÝ VIZUALIZAČNÍ SOFTWARE	50
3.3 MODELOVÉ SNÍMÁNÍ PROSTORU	54
3.4 APLIKACE LASEROVÝCH SKENERŮ V KRIMINALISTICKÉ PRAXI A PRŮMYSLU.....	62
4 SROVNÁNÍ PROSTOROVÉHO LASEROVÉHO SKENERU S KLASICKÝMI KRIMINALISTICKÝMI METODAMI	67
5 ZHODNOCENÍ A PRAKTICKÝ PŘÍNOS PRÁCE	71
ZÁVĚR	72
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	73
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	74
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	76
SEZNAM OBRÁZKŮ	77

ÚVOD

Obecně lze říci, že technologie prostorového laserového skenování představuje zcela nový přístup k pořizování prostorových dat pro nejrůznější účely.

Laserový skener na základě odrazu infračerveného paprsku vytváří síť tzv. mračna bodů v prostoru. Velkou výhodou, oproti statické či panoramatické fotografii místa či objektu, je vysoká rozměrová přesnost trojrozměrného obrazu výsledného skenu.

Výběr a použití vhodného druhu systému prostorového skenování často závisí na velikosti objektu, jeho vzdálenosti od snímače, reflexi snímaného povrchu a v neposlední řadě také na druhu softwarového vybavení, které bude použito k následné úpravě a vizualizaci snímaných dat.

Přestože se lasery a laserové technologie již desítky let neodmyslitelně řadí mezi nekonvenční průmyslové technologie, jejich vývoj ani dnes zdaleka není u konce.

Zejména rozsáhlé aplikace v oblasti výrobních technologií jsou budoucností. Jde především o vysoce výkonné vláknové a plynové lasery užívané pro laserové svařování, pájení a mikroobrábění, ale v neposlední řadě také o laserové 3D skenery. V kriminalistické praxi lze následně s budoucím vývojem těchto zařízení dosahovat zrychlení a zefektivnění práce vyšetřovatelů – dnes však technologie prostorového snímání plní především funkci doplňkové metody, která rozhodně nenahradí prvotní důkladnou prohlídku na místě činu.

Z důvodu značné obsáhlosti celé problematiky laserových systémů a technologií se tato diplomová práce vzhledem ke svému tématickému zaměření věnuje výhradně laserovým systémům na bázi metrologických přístrojů s nižším vyzářeným výkonem.

V teoretické části bude nejprve stručně zmíněn obecný přehled kriminalistických metod dnes běžně užívaných při dokumentaci místa činu. Následně bude nastíněn princip, možnosti a základní rozdělení laserových skenerů pro potřeby průmyslu a kriminalistiky.

Praktická část této diplomové práce se pak věnuje podrobnějšímu popisu konkrétního přístroje pro laserové snímání (3D skener FARO Photon 120) včetně příslušného vizualizačního software a porovnává jeho možnosti s běžnými kriminalistickými metodami a nastíněním dalšího možného vývoje v závěru.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 UŽITÉ METODY KRIMINALISTICKÉ DOKUMENTACE

Specializovaným útvarem s celorepublikovou působností pro výkon kriminalisticko-technické a znalecké (expertizní) činnosti je Kriminalistický ústav Praha, který je jako ústav specializovaný na znaleckou činnost a vědecký ústav, ve smyslu § 21 odst. 1, 2 zákona č. 36/1967 Sb., o znalcích a tlumočnících, zapsán v I. a II. oddílu seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost vedeném Ministerstvem spravedlnosti ČR.

V procesu odhalování, objasňování, vyšetřování a prevence trestných činů využívají kriminalisté, vyšetřovatelé a znalci při zjišťování skutkového stavu věci široké spektrum metod kriminalistické praktické činnosti za současného použití dostupných metod, prostředků, postupů a operací kriminalisticko-technické a expertizní činnosti, mezi které patří zejména následující výčet nejrozšířenějších a v praxi nejvíce používaných metod kriminalistické dokumentace.

1.1 Optické zkoumání stop a věcných důkazů

Důležitou charakteristikou všech optických metod zkoumání věcných stop a důkazů je skutečnost, že při jejich použití nezasahují ani nemění hmotnou podstatu těchto věcí, z čehož vyplývá i praktické upřednostnění použití těchto metod na úkor metod ostatních.

Platí zásada, že všechny objekty kriminalisticko-technického zkoumání musejí být nejprve podrobeny vizuálně optické prohlídce, aby se zamezilo případnému poškození či negativním změnám, které by v důsledku upřednostnění jiné metody zkoumání mohly vzniknout.

Jednoduché optické prostředky jako lupy či podstatně složitější mikroskopy umožňují zkoumat a vyhodnotit i nejmenší a nejjemnější nerovnosti či vady ve struktuře zkoumaných objektů. Nejdůležitější součástí těchto optických prostředků je zvětšení. Lupy, pokud zvětšují více než desetinásobně, zkreslují obraz zkoumaného objektu a zhoršují prostorovou orientaci pozorujícího objektu, proto nejsou zpravidla vhodné pro opravdu podrobné a přesné snímání. Pro získání kvalitního obrazu při více než desetinásobném zvětšení se používají mikroskopy.

Na rozdíl od lupy, která je tvořena většinou jednoduchou čočkou, jsou mikroskopy vybaveny složitým optickým systémem, skládajícím se z objektivu a okuláru. Celkové zvětšení mikroskopu se rovná součinu zvětšení objektivu a okuláru. [1]

Zvětšení mikroskopů se v praxi pohybuje v rozmezí od 12 až do 2500 násobného. Překročení cca 2500 násobného zvětšení není v podstatě možné, protože mu objektivně brání fyzikální principy.

Zvláštní pozornost při všech optických metodách zkoumání, ať již lupou nebo mikroskopem, je nutno věnovat správnému osvětlení zkoumaných objektů. K tomu se v některých případech používá krom běžného bílého světla také světlo polarizované či infračervené a ultrafialové záření.

1.2 Fotoexpertíza a fotodokumentace

Stejně jako nelze zvětšovat obrázky z kamerových záznamů, nelze totéž ani provádět s fotografiemi z místa činu. Proto se dává přednost snímání na co největší rozlišení – pokud se jedná o fotografii, která pak bude sloužit ke zkoumání, jako např. fotografie stopy boty v hlíně.

Pro účely **expertizní fotografie** se tedy výsledný snímek musí pořídít vždy s určitým měřítkem. Odpověď na to, v jakém rozlišení, je však diskutabilní. Ideální je, pokud při reálné velikosti (např. stopa boty zabírající formát A4) odpovídá rozlišení alespoň 300 DPI, tj. v tomto případě 10 megapixelů.

Na jednu stranu 300 DPI je sice standard, pro některé rozlišení menších detailů ale nemusí stačit. V mnoha komerčních fotolabech již produkují fotky v rozlišení 600 DPI. Tím se ale desetimegapixelová fotka (formát A4) zmenší na čtvrtinu, tj. na formát 10 x 15 cm.

Pro pořízení fotografie v tomto rozlišení o reálné velikosti již potřebujeme rozlišení 40 megapixelů. To nabízí například Capture One v podobě digitálních stěn, které je možné kombinovat i se starším typem středoformátového fotoaparátu, který má však dostatečně kvalitní optiku. Ještě většího rozlišení se dá dosáhnout na speciálních skenerech, např. GLS Scan, který snímá trasologické stopy (stopy bot, apod.) v rozlišení 155 MPx.

V případě pořizování **dokumentační fotografie** (např. z důvodu přehledného zobrazení místa činu), není na rozdíl od expertizní fotografie rozlišení výsledného snímku rozhodující. Důležitá je spíše technická a kompoziční kvalita.

Proto existují systémy vytvořené speciálně pro dokumentaci místa činu, jako např. Spheron – sférická kamera (obr. 1).



Obr. 1. Panoramatická sférická kamera - SPHERON

Jejím úkolem je rychlé a kvalitní nasnímání místa činu ve vysokém rozlišení a vysoké barevné hloubce. V praxi se jedná o rozlišení kolem padesáti megapixelů.

Základem těchto systémů je otočná kamera (přesněji řečeno lineární čip), umístěná na stabilním stativu a propojená s notebookem. Na začátku uživatel vytvoří jednoduchý náčrtek místa činu a do něj zaznamená pozici kamery. Následně kamera nasnímá místo činu v rozsahu 360 stupňů horizontálně a 180 stupňů vertikálně. Postup je možné opakovat z více míst.

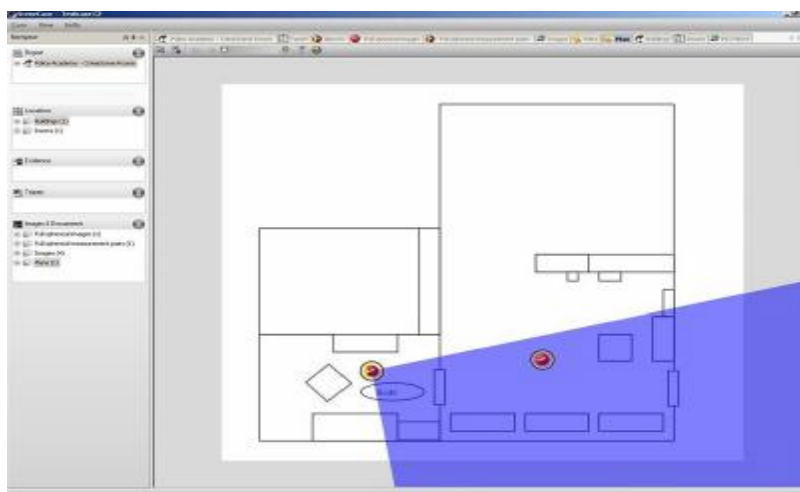


Obr. 2. Programové prostředí panoramatického systému SPHERON

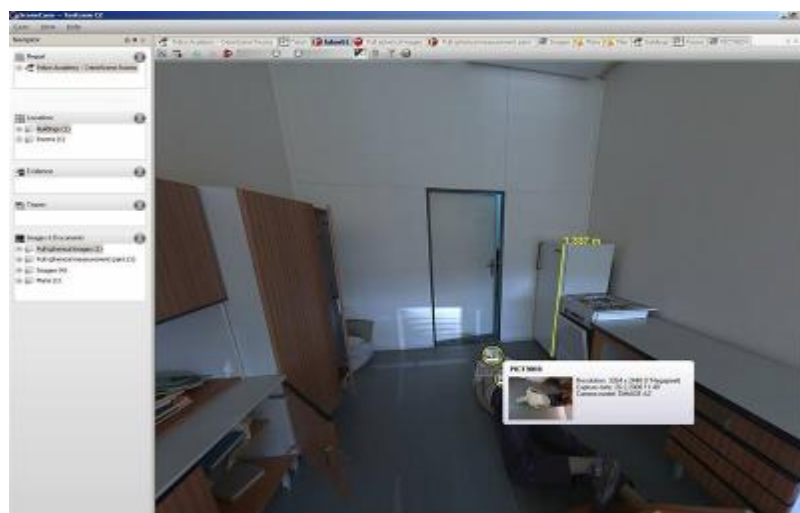
Na obrázku je zobrazena ukázka uživatelského rozhraní systému Spheron. Levá část obsahuje lištu, ve které jsou seznamy jednotlivých pohledů, jednotlivých stop a místností, v prostřední části je obraz, který lze otáčet a přibližovat. V pravé části je pak schematický plán místností ukazující část pohledu, který je vidět v prostřední části. [20]

Výhodou je možnost doplnění vzniklého záznamu o další data, např. video z ohledání mrtvoly, detailní fotografie jednotlivých stop atd. Výsledkem je DVD, které realisticky (buď ve virtuální podobě) může přenést další účastníky (vyšetřovatele, soudce) na místo činu a učinit si představu o poloze jednotlivých důkazů atd.

Uživatel se může na místě činu "pohybovat" a přibližovat si jednotlivé části místa činu (to je možné právě díky vysokému rozlišení). Tento systém se používá i v České republice, zejména pro dokumentování závažné a násilné trestné činnosti.



Obr. 3. Plánek místa činu s vyznačenou polohou a úhlem záběru kamery



Obr. 4. Místo činu pohledem sférické kamery SPHERON

Pohled přes kameru Spheron na stejnou část místa činu jako na předchozím obrázku. Po kliknutí na důkaz, reprezentovaný ikonou s fotografií, je možné jej zobrazit v plné velikosti.

V naší republice dnes oddělení fotografické dokumentace Kriminalistického ústavu Praha v této oblasti zajišťuje široké spektrum činností, zejména pak vykonává znaleckou činnost v oblasti kriminalistické fotografické expertizy a provádí fotografickou dokumentaci dle požadavků jednotlivých pracovišť. Na základě dožádání policejních útvarů vyjíždí na místo události, kde provádí fotografickou dokumentaci. V součinnosti s Leteckou službou PČR zajišťuje leteckou fotografickou činnost. Ke všem těmto účelům je pracoviště vybaveno speciální přístrojovou technikou jako jsou přístroje Multifot, Macroscan, Rotafot nebo výše zmíněný Spheron.

1.3 Videodokumentace a videografie

Videodokumentace je pomocí videotechniky na videozáznam zachycený dynamický obraz a zvuk v prostoru a čase, který je zaznamenáván postupně tak, jak se odvíjí probíhající děj.

Videografie je jednou z metod dokumentování jednotlivých procesních úkonů s možností následné a opakované analýzy chování jedince, poskytuje možnosti pro adekvátní psychologickou interpretaci. Přispívá k analýze informací souvisejících s trestnou činností; je metodou zefektivnění postupu vyšetřovatele.

Videografie je používána při vyšetřování těch nejzávažnějších trestných činů po linii obecné kriminality, tedy vražd a loupeží, a to především k těmto úkonům

- Ohledání místa trestného činu, případně místa nálezu zavražděné osoby, či podezřelého úmrtí
- Výslech obviněného, oznamovatele, svědků, poškozeného a obviněných, jejichž výpovědi se liší
- Konfrontace mezi obviněnými, obviněným a poškozeným, případně svědkem
- Rekonstrukce trestného činu

Videodokumentace místa činu výrazně přispívá k orientaci týmů, kteří budou dále pracovat na objasnění případu, ale i všem orgánům činným v trestním řízení. Jejím použitím lze poněkud usměrnit snahu řady policistů prohlížet si místo činu a tak ztěžovat práci vyšetřovatele a technika zajišťujícího stopy.

Musí tvořit nepřetržitý proces a současně má dokumentovat, jakým způsobem jsou jednotlivé stopy zajišťovány. Prohlídka těla na místě, pokud je přítomen soudní lékař, se nahrává automaticky s jeho komentářem. Místo trestného činu je pak také současně dokumentováno pomocí metod kriminalistické fotografie.

Prvním "trestním" případem v naší zemi, u kterého byla pořízená videodokumentace rekonstrukce trestné činnosti součástí trestního spisu, byl případ "Spartakiádního vraha Straky". A byl to také první případ, kdy videozáznam procesního úkonu promítnutý u soudního přelíčení sloužil jako důkazní prostředek.

V současné době Kriminalistický ústav Praha vedle videoexpertizní činnosti a dokumentace procesních úkonů, vytváří metodické instruktážní filmy pro potřeby policejní praxe. Ty byly původně zpracovávány pouze pro instruktáž kriminalistických techniků a expertů, ale postupně rostla poptávka po jejich tvorbě i od dalších útvarů PČR a MV nebo Integrovaného záchranného systému. Byly například zpracovány dokumentace průběhu zásahů pořádkových jednotek (CzechTek 2005, MMF 2001, zasedání NATO, zásahy policejních jednotek na Národní třídě 17. listopadu) nebo dokumentace procesních úkonů mediálně známých kauz jako Orlické vraždy, manželé Stodolovi a jiné. [3]

Dnes již zcela běžné používání videodokumentačních metod však s sebou nese i jisté problémy, neboť na ně někteří pracovníci na místě činu začínají až příliš spoléhat a samotné ohledání se leckdy neprovádí dostatečně důsledně a podrobně, což může mít negativní důsledky, když se stane, že nahrávka je nekvalitní a obtížně se s ní později pracuje, nebo když se na jednu kazetu natočí řada případů a pak se někdy stane, že důležitá nahrávka z místa činu je omylem smazána při nahrávání jiného případu.

1.4 Zkoumání balistických stop

Kriminalistická balistika se zabývá mechanismem výstřelu, pohybem střely v hlavní zbraně, dráhou střely při letu na cíl a destrukčními účinky střely v cíli. Kromě toho také zkoumá funkčnost zbraní a povýstřelové zplodiny. Nezabývá se tedy dalšími otázkami, které řeší vojenská balistika (přesnost zásahu, spolehlivost zbraně, její hmotnost, mobilnost a další) ani otázkami lékařské, příp. biomechanické balistiky (mechanismy poranění a usmrcení osob, působení střely na živý lidský či zvířecí organismus). Typické příklady využití kriminalistické balistiky se vztahují k násilné trestné činnosti či organizovanému mezinárodnímu zločinu.

Objekty kriminalistické balistiky jsou především všechny druhy zbraní. Za **zbraň** je z kriminalistického hlediska považován jakýkoli předmět, jehož pomocí lze dopravit střelu na cíl. V kriminalistické praxi se lze nejčastěji setkat s ručními palnými zbraněmi, význam dalších druhů zbraní je podstatně menší. Druhou skupinu objektů kriminalistické balistiky tvoří **střelivo (náboje)** všech druhů a jeho jednotlivé části, především střely a nábojnice. Třetí skupinu objektů tvoří **předměty zasažené střelou a povýstřelové zplodiny**.

Cílem zkoumání nalezených vystřelených nábojnic a střel je především identifikace zbraně, ze které byly vystřeleny. Cílem zkoumání zbraní a střeliva je především zjištění jejich vlastní funkčnosti (střelbyschopnosti) a určení příčin selhání.

Na předmětech zasažených střelou lze nalézt vstřel (místo kde střela do předmětu vnikla), výstřel (místo, kde střela předmět opustila), průstřel (střelný kanál spojující vstřel a výstřel), zástřel (místo, kde střela v předmětu uvízla) a nástřel (místo, kde se střela od předmětu odrazila).

Vyhledávání a zajišťování balistických stop nečiní zpravidla problémy, předpokladem je kvalitní práce při ohledání místa činu a při ohledání nejrůznějších objektů. Místa balistických stop se dokumentují běžnými způsoby. Nalezené zbraně je třeba z bezpečnostních důvodů vybit. V nejasných případech třeba přizvat odborníka. Spolu se zbraní se zajišťují a ke zkoumání zasílají také veškeré náboje a zásobníky, které byly spolu s ní nalezeny. V případech zajištění revolverů se uvádí, ve kterých komorách byly nabity náboje. Předměty se stopami zásahu střelbou se zajišťují buďto celé (oděvní součásti) nebo se vhodným způsobem oddělí potřebná část. V úvahu přichází i vyjmutí střely z objektu přímo na místě nálezu s případným zajištěním povýstřelových zplodin.

Povýstřelové zplodiny někdy též nazývané jako vedlejší produkty výstřelu, jsou různé kovové a nekovové částice vzniklé hořením prachové náplně náboje a zápalkové složky a průchodem střely vývrtem hlavně. Část povýstřelových zplodin uniká i různými netěsnostmi zbraně a zachycuje se na rukou a oděvních součástech střílející osoby i na předmětech v blízkosti střelby. Množství hmoty v povýstřelových zplodinách je obecně velmi malé.

Zkoumání povýstřelových zplodin slouží především k určení vzdálenosti střelby. Významné je také při posuzování možnosti sebevraždy nebo sebepoškození, protože je známo, že si člověk může způsobit sám zásah do životně důležitých center z maximální vzdálenosti cca 75 cm.

Povýstřelové zplodiny, které unikly netěsnostmi zbraně při střelbě také mohou mít význam pro posouzení, zda konkrétní osoba střílela nebo byla v blízkosti střelby, zda bylo stříleno v určitém prostoru (automobilu, místnosti) nebo zda v určitém místě či zavazadle byla umístěna palná zbraň. Pro tyto účely se zajišťují povýstřelové zplodiny (např. na ruku střelce) metodami zajišťování mikrostop a získané vzorky se vyhodnocují v zorném poli elektronového skenovacího mikroskopu. Částičky mají typický tvar i chemické složení, které lze zjistit chemickými a fyzikálně-chemickými metodami. V úvahu přicházejí také další moderní způsoby analýzy. [2]

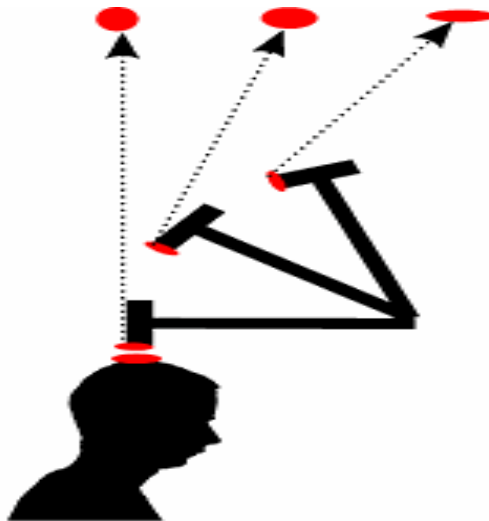
Zkoumání povýstřelových zplodin může přispět i k určení doby, kdy bylo naposledy ze zbraně stříleno. Výsledky těchto zkoumání však zatím nejsou přesvědčivé a tento problém není doposud uspokojivě vyřešen.

1.5 Geometrická analýza zajištěných krevních stop

Krev jako taková má velmi specifické fyzikální vlastnosti. Její viskozita a povrchové napětí způsobí, že ihned po tom, co se kapka oddělí od většího množství krve, vytvoří nikoliv "klasickou" kapku (protáhlou, jako je např. zobrazována kapka deště), ale skutečně kulatou.

Pokud násilník udeří oběť nějakým předmětem, z hlediska analýzy tvaru krevních stříkanců dochází k tomu, že úderem vedeným proti oběti dojde k rozstříknutí krve do okolí. Případný následný náprah pachatele k dalšímu úderu je však již odlišný. Vražedný předmět je od krve. Ta začne předmět opouštět a vytváří další krevní stopy na stropě, zdech a podlaze. Pohyb předmětu směrem k oběti vytvoří další krevní stopy a následné údery také. Celkový výsledek analýzy je však velmi závislý na kvalitě vstupních dat. Pokud se dokumentace stop neprovede dostatečně důkladně, jakékoli další zkoumání ztrácí smysl.

Princip vlastní analýzy je založen na rozdílném chování kapek krve za letu. Pokud kapka dopadá kolmo, vytvoří kruhový obrazec (viz obrázek), pokud dopadá pod jiným úhlem, obrazec se protáhne a vytváří jiné obrazce. Z tvaru obrazce je tedy možné zjistit úhel, pod jakým kapka dopadla.



Obr. 5. Vznik krevních stop v závislosti na provedeném útoku

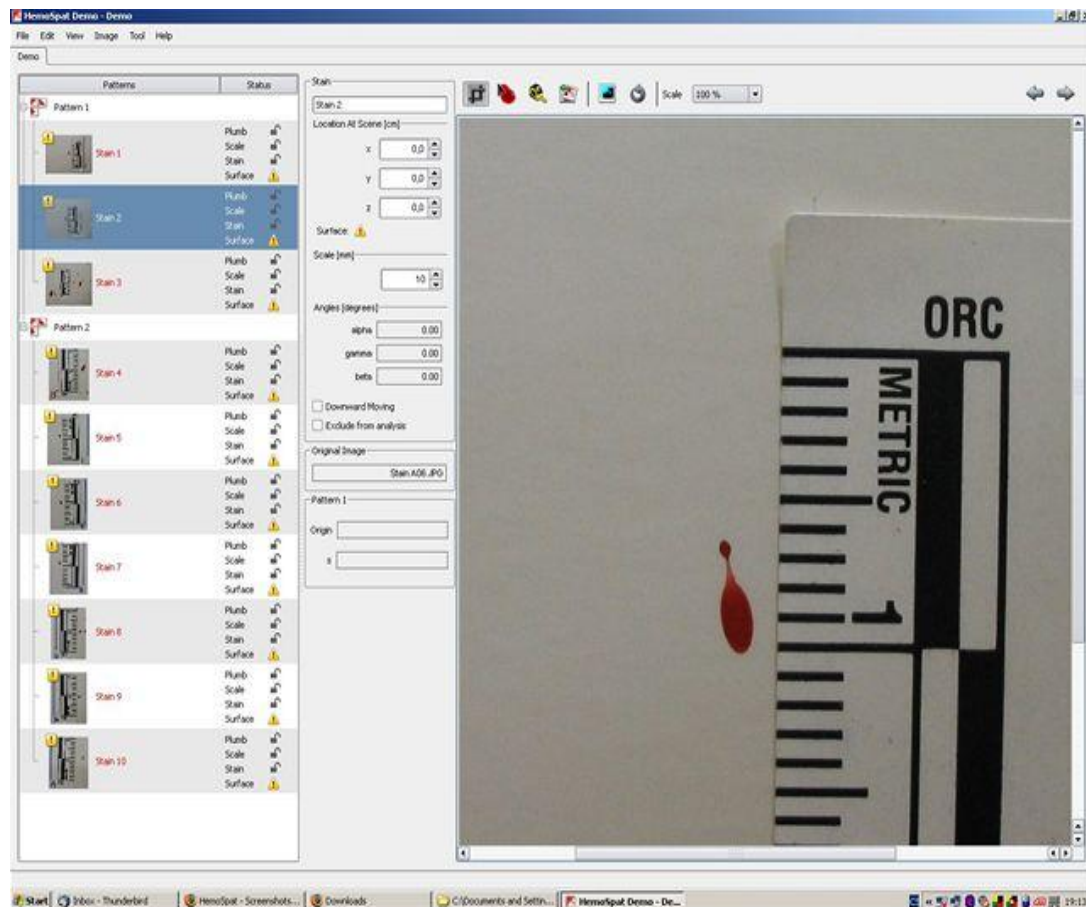
Další veličinou je rychlost. Dopadne-li kapka malou rychlostí, vytvoří se kruh, který je téměř pravidelný. Pokud dopadá velkou rychlostí, dochází k jejímu rozstříknutí - obrazec je nepravidelný. Tyto dva parametry (úhel, rychlost) už mohou napovídat o pozici pachatele i intenzitě úderu. Protože se vyhodnocují ve 3D prostoru, je možné zjistit např. z množství stříkanců i počet úderů.

Kompletní informace pak mohou následně posloužit ke spolehlivému vyvrácení domnělé verze pachatele. V zahraničí je zaznamenáno mnoho případů, kdy byl pachatel odsouzen pouze na základě těchto výsledků. Vrah např. tvrdil, že jednal v sebeobraně, analýza krevních stříkanců ale prokázala, že úderů bylo několik, byly vedeny na hlavu a oběť při tom ležela, což pochopitelně verzi o sebeobraně poněkud narušuje.

Pro praktické použití této metody existuje několik druhů softwaru, speciálně vytvořeného pro účely analýzy krevních stříkanců. Pokud se místo činu dobře zadokumentuje, tj. vyfotí se všechny plochy a objekty, na kterých jsou krevní stopy, zaznamená se jejich vzájemná poloha a dále se stříkance zadokumentují na makrofotografii (kvůli jejich tvaru), lze události rekonstruovat virtuálně v počítači.

Jednotlivé softwary se liší propracovaností, u nejjednodušších se v podstatě jedná o upravený program, který se běžně používá např. k návrhu interiérů. Ten je pouze "doplňen" o možnost přidávat stříkance a virtuální "provázky". Takový software lze použít u několika kapek, a zejména pak pro účely vizualizace události pro soudní líčení.

Propracovanější programy vychází z experimentů. Z rozptylu kapek a jejich tvaru umí spočítat rychlost a úhel dopadu krve a celou událost navíc dovedou prostorově vizualizovat.



Obr. 6. Ukázka rozhraní počítačového softwaru HemoSpot

Levá část – jednotlivé fotografie krevních stříkanců, v praxi se může jednat o desítky i stovky fotografií, pravá část – detail jednoho krevního stříkance. Fotografuje se zásadně kolmo na plochu (zabránění perspektivnímu zkreslení) a s měřítkem. Dále je nutné do programu zadat pozici dané stopy na objektu. [41]

V současné době je analýza geometrického tvaru krevních stříkanců ve většině zemí využívána spíše intuitivně, tj. že v procesu ohledání se kromě zajištění vzorků pro DNA analýzu hodnotí množství a umístění krevních stop. Celkové počty případů, které byly vyřešeny s pomocí expertů tohoto oboru, se však již dnes počítají na stovky.

1.6 Vyhledání a zajištění daktyloskopických stop

Vyhledávání a zajištění daktyloskopických stop je náročná práce, která vyžaduje specializované znalosti a praktické dovednosti pracovníka, který tuto činnost provádí. Daktyloskopické stopy mohou být snadno přehlédnutelné a je možné je při necitlivém zásahu taktéž velmi snadno poškodit či zničit. Toto platí zejména o stopách, které mohou být na první pohled zpravidla neviditelné (latentní).

Daktyloskopické stopy mohou vzniknout velmi jednoduchým způsobem. Principiálně postačuje, aby se pokožka pokrytá papilárními liniemi dotkla vhodného nosiče a přenesla na něj vzhled obrazce papilárních linií. I přes zdánlivou jednoduchost tohoto přenosu musejí být pro vznik technicky kvalitní stopy splněny určité podmínky, zejména pak vlastnosti nosiče takovéto stopy. Obecně jsou pro odebrání daktyloskopických stop výhodnější plochy s hladkým a pevným povrchem, méně vhodné pak např. povrchy textilní a jako nevyhovující pro vznik otisků papilárních linií se jeví hrubé a nasákové povrchy.

Pro **vyhledávání daktyloskopických stop** v kriminalistické praxi platí zásada, že se vyhledávají a pokud možno i zajišťují všechny nalezené daktyloskopické otisky a teprve následně se zjišťuje jejich možná souvislost s objasňovanými událostmi. Z technických důvodů však tuto zásadu není možné vždy dodržet. Často se proto volí jakýsi kompromis, kdy se otisky a stopy vyhledávají pouze na místech, o kterých se předpokládá, že s nimi účastníci vyšetřované události přišli do styku. [2]

Dle předpokladu výskytu daktyloskopických stop se nejčastěji dle použitého způsobu volí metody pro vyhledávání a zviditelnění latentních daktyloskopických stop:

- **vhodným světelným zdrojem** (bílé, polarizované, infračervené, ultrafialové světlo)
- **daktyloskopickými prášky** na bázi hliníku, grafitu, železa, mosazi
- **chemickým postříkem** roztokem dusičnanu stříbrného
- **reakcí odparku potu s kyanakrylátovými parami**
- **rozptýleným světlem argonového laseru** po předchozím ošetření barvivou

K **zajištění daktyloskopických stop** po jejich předchozím vyhledání či zviditelnění slouží nejčastěji následující způsoby zajištění:

- **In natura** – zajištění drobných předmětů, na kterých se předpokládá existence daktyloskopických stop – při tomto způsobu zajištění je nutná obezřetnost – hrozí totiž reálné nebezpečí poškození nebo zničení případných stop během přepravy.
- **Daktyloskopickou fólií** – po předchozím zviditelnění práškovou metodou
- **Fotograficky** – typické je použití fotografie ve většině případů, kdy toto místní objektivní podmínky dovolují
- **Odléváním** – silikonovými kaučuky, omezeně i sádra

1.7 Vyhledání a zajištění biologických stop a DNA

V kriminalistické praxi se lze setkat s velkým množstvím různých druhů biologických stop, které je možno nalézt na různých objektech. Na místě činu se lze nejčastěji setkat s následujícími biologickými materiály: krví, slinami a potem, ejakulátem, vlasy a chlupy, kostmi a kosterními nálezy. Poměrně často se vyskytuje i moč, ale její hlavní význam je toxikologický, nikoliv biologický. Ostatní druhy biologických stop (např. mozkomíšní mok, slzy, žaludeční obsah, zuby, plodová voda, mateřské mléko) se vyskytují vzácněji.

Pro účely **vyhledávání biologických stop** lze tyto stopy rozdělit na viditelné a neviditelné. Informaci o možné přítomnosti některých biologických stop může orientačně podat čich. Při vyhledávání biologických stop se jako rozhodující faktor uplatní zkušenost.

Zvláště opatrně a pečlivě je třeba vyhledávat biologické stopy na objektech, které mají podobnou barvu (např. kůra stromů při vyhledávání krevních stop) nebo jedná-li se o velmi malá množství biologických materiálů či o pouhé zbytky původních biologických stop (umyté podlahy či karoserie motorových vozidel).

Vyhledávání biologických stop lze usnadnit pomocí ultrafialového záření, pod kterým některé biologické stopy fluoreskují nebo se naopak jeví jako tmavé skvrny. Obdobně lze použít i postřik prověřovaných míst luminalem (fluorescence krevních stop) nebo reakci s o-tolidinem (modré až modrozelené zbarvení v přítomnosti krve). Tyto zkoušky však nejsou vždy specifické a hrozí při nich poškození biologického materiálu.

Zajišťování biologických stop má kromě obecných požadavků na zajišťování kriminalistických stop svá specifika:

- Biologických stop se nelze nikdy dotýkat holou rukou. Hrozí jednak nebezpečí přenosu vlastních biologických materiálů (potu) na stopu a tím její pozměnění a jednak také nebezpečí infekce o ohrožení vlastního zdraví. Pracuje se vždy s naprosto čistými nástroji a obaly. S výjimkou požadavků na zkoumání DNA není nutné používat sterilní nástroje a obaly.
- Vždy pokud je to technicky proveditelné, se zajišťují celé předměty, které jsou nositeli biologických stop. Zabrání se tím možným chybám při zajišťování stop a umožní se znalci, aby si sám odebral potřebné množství vzorku pro další zkoumání
- V případech, kdy nelze stopy zaslat i s jejich nosiči, je potřebné jejich *sejmutí z podkladového materiálu*. Pro tyto účely byla vypracována řada metod (seškrabování materiálu ostrým nástrojem, smývání materiálu na vatový tampon). Vždy v těchto případech je nutno používat dokonale čisté nástroje a obaly. Při tomto způsobu zajišťování biologických stop je nezbytné zajistit i vzorek podkladového materiálu, stejným způsobem, jakým byla zajištěna vlastní stopa.
- Nejvhodnější obalový materiál pro zajišťování biologických stop je čistý papír. Ten je prostupný pro vodní páry a dovoluje tak případné dosychání biologických stop. Moderním obalovým materiálem jsou obaly typu STERICLIN. Jedná se o jakýsi „rukáv“ tvořený z jedné strany papírem a z druhé průhlednou plastickou hmotou. Při použití se odstříhne potřebná velikost, dovnitř se vloží biologická stopa a obal se zataví. Papír pak následně umožňuje průnik vodních par, plastická hmota zase pozorování stopy bez potřeby otevírání obalu.
- Protože vizuálně nelze zjistit na místě nálezu biologických stop, zda všechny nalezené materiály pocházejí z organismu jednoho jedince, je žádoucí *zajistit veškeré nalezené biologické materiály*. Tato podmínka je v praxi ovšem obtížně splnitelná, zejména v případech nálezů většího množství stop. V takových případech je třeba postupovat podle okolností tak, aby existovala co největší pravděpodobnost, že byly zajištěny biologické stopy všech osob, které se na průběhu událostí podílely. Možnost omylu ovšem existuje vždy.

K individuální identifikaci osoby jsou v posledních letech stále častěji využívány metody molekulární biologie. Princip metody spočívá ve stanovení složení některých úseků **molekuly deoxyribonukleové kyseliny (DNA)** v buněčném jádru (chromozomech), které je u každého jedince s výjimkou jednovaječných dvojčat jedinečné a neopakovatelné.

Vyšetření vede často až k jednoznačné identifikaci osoby, u jiných případů alespoň k určení skupinové příslušnosti na základě shody vyšetřovaných úseků DNA (ve stopě a srovnávacím materiálu).

V české kriminalistické praxi (v genetické laboratoři Kriminalistického ústavu Praha) je genetická analýza DNA prováděna standardní metodou – analýzou krátkých sekvencí DNA na vybraných molekulárních úsecích (lokusech). Stanoví se šestnáct tzv. STR (Short Tandem Repeat) polyformismů, z nichž jeden tzv. amelogeninový lokus umožňuje určit pohlaví. Stanovením všech 16 polymorfismů lze dosáhnout pravděpodobnosti shody dvou nepříbuzných jedinců v populaci asi $1:10^{18}$, v praxi se přitom pokládá za dostatečné stanovení asi 9 až 12 shodných polymorfismů STR lokusů. Výhodou metody je kromě možné individuální identifikace člověka i ta skutečnost, že potřebné množství odebraného biologického materiálu může být velmi malé (teoreticky z jedinné zachované buňky), naopak riziko spočívá v nebezpečí kontaminace materiálu. Metoda je vhodná pro zkoumání většiny běžně se vyskytujících biologických materiálů (ejakulátu, slin, vlasů, tkání, zubů, kostí a dalších). V současnosti se tato metoda také využívá stále častěji, i když jde o metodu odborně náročnou. Finanční náklady na rozbor vzorků stále klesají a v současnosti se již uvažuje o možnosti využívání této metody místo „klasických“ postupů určování skupinové příslušnosti lidského biologického materiálu. [2]

Analýzou DNA lze také získat tzv. **DNA – profil**, tj. alfanumerický sled dat, který je individuální pro každého člověka. To umožňuje vytvořit **DNA – databáze**, v nichž lze evidovat DNA – profily pachatelů určitých druhů trestných činů (zejména s násilnými a sexuálními motivy) a srovnávat je se stopami z míst trestných činů. V databázi se shromažďují také DNA – profily mrtvol, kosterních nálezů a části lidských těl neznámé totožnosti. Také v České republice existuje od roku 2002 počítačově vedená *Národní databáze DNA*, využívající softwarový program CODIS, vyvinutý americkou FBI. Právní úprava této databáze se opírá o zákon o Policii ČR (viz §42d, 42e, 42g PolZ) a podrobnosti jsou obsaženy v Závazném pokynu policejního prezidenta č. 88/2002.

1.8 Fyzikálně-chemické zkoumání stop a věcných důkazů

V průběhu zkoumání jednotlivých stop a věcných důkazů je třeba velmi často řešit otázky spojené se zjišťováním chemického složení, a to jak složení kvalitativního, tak i kvantitativního. Řešení těchto otázek je principiálně možné pomocí metod a prostředků

chemických, fyzikálních a fyzikálně chemických. Cílem praktického využívání dále uvedených metod a prostředků je zpravidla zjištění shody chemického složení dvou a více stop, případně zjištění stavu v případech, kdy je k dispozici ke zkoumání pouze jeden objekt

Chemické metody a prostředky patří za nejstarší metody a prostředky používané ke zjišťování chemického složení jednotlivých stop a věcných důkazů. V dnešní době mají v kriminalistické praxi význam zejména pro orientační zjišťování chemického složení vzorků. Jsou to metody vesměs nenáročné na potřebné laboratorní vybavení. Často se využívají **kapkové reakce**, jejichž princip spočívá v tom, že se zkoumaný vzorek smísí s reagenčním činidlem na vhodné podložce (filtračním papíru, tečkovací desce) a pozoruje se změna zabarvení, vytvoření nového zabarvení, únik plynu nebo vznik sraženiny.

Obdobou kapkové reakce jsou **zkumavkové reakce**, které se v praktických případech vyžadují větší množství vzorků a zjišťují se tytéž jevy jako v případě reakcí kapkových, navíc je při nich možné provádět rozklady vzorků pomocí kyselin, zásad, přívodu tepla apod. Proto jsou tyto reakce obecně více využitelné oproti reakcím kapkovým.

Kapkové i zkumavkové reakce slouží vesměs k účelům kvalitativní chemické analýzy. Pro účely kvantitativní chemické analýzy se využívají metody **titrační** (volumetrické) a **vážkové** (gravimetrické). Titrační metody využívají chemických reakcí, které probíhají v roztoku, přičemž ukončení reakce (bod ekvivalence) indikuje k tomu účelu přidaná látka (indikátor) zpravidla změnou zabarvení. Kvantitativní složení vzorku se potom určí nepříliš složitým výpočtem z množství spotřebovaného titračního činidla a navážky vzorku. V praktické činnosti se zvolí chemická reakce, která dovoluje vytvořit se stanovenou složkou sraženinu. Ta se po příslušných operacích přesně zváží a z jejího definovaného složení se vypočte množství hledané složky.

Fyzikální metody a prostředky mají pro zjišťování chemického složení vzorků spíše podpůrný význam, protože pouze samotnými fyzikálními metodami nelze zjistit chemické složení zkoumaných vzorků. Lze však zjistit různé fyzikální konstanty a vlastnosti vzorků a s jejich pomocí přispět k řešení otázek chemického složení.

Nejčastěji používanou fyzikální metodou je určování **bodu tání** zkoumaného vzorku pozorováním pod mikroskopem za současného plynulého zahřívání. Zajímá nás teplota, kdy vzorek přejde z pevného do kapalného skupenství.

Obecně lze v některých případech využívat i zjištěný **bod varu** zkoumaných kapalin, zjištěný pomocí přesného teploměru, což však není tak charakteristickou veličinou jako bod

tání. Jeho využití v kriminalistické praxi spočívá spíše v charakteristice různých látek (benzínů, petrolejů, olejů, organických rozpouštědel apod.). Jinou charakteristickou veličinou, kterou lze určit fyzikálními metodami, je **molekulová hmotnost**. Metody, které se používají pro její zjištění jsou ebulioskopie (zvýšení bodu varu směsi) nebo různé metody difuzní či optické.

Jak však již bylo řečeno, všechny uvedené metody se dnes používají pouze okrajově, protože v současné době máme k dispozici kvalitní instrumentální metody, které poskytují daleko přesnější výsledky.

Fyzikálně chemické metody a prostředky jsou dnes v kriminalistické praxi zdaleka nejvyužívanějším způsobem pro stanovení složení zkoumaných látek a předmětů. Jsou to metody, které jsou charakteristické tím, že využívají fyzikálních principů ke zjištění chemického složení zkoumaných vzorků, resp. vhodnou (nejčastěji matematickou) cestou převádějí zjištěné fyzikální údaje na hodnoty chemické kvalitativní a kvantitativní analýzy.

Absorpční spektrální analýza se v praktické analytické činnosti využívá zejména v infračervené oblasti spektra, méně v ultrafialovém a celkem výjimečně ve viditelném světle. Princip metody spočívá v tom, že mezi zdroj záření a detektor se vloží kvjeta (laboratorní pomůcka pro měření optických vlastností roztoků) se zkoumanou látkou, nejčastěji ve formě roztoku a optickou cestou se poté analyzuje záření, které prošlo vzorkem. Průchodem vzorku dojde k částečné absorpci primárního záření a analyzované záření je oproti původnímu v některých oblastech vlnových délek zeslabeno. Takto pozměněné spektrum se elektronicky vyhodnocuje a registruje, zpravidla automatickým zapisovačem. Zvláštním typem spektrálních metod je **hmotová spektrometrie**, která nevyužívá záření, ale složitou fyzikální metodu, která detekuje molekuly a jejich fragmenty po destrukci. Vzorek se podrobí nejprve destrukci a poté se detekují jednotlivé vzniklé fragmenty podle molekulové hmotnosti. Bylo zjištěno, že vznik jednotlivých fragmentů co do velikosti i co do množství je charakteristický pro konkrétní chemickou sloučeninu a že vzniklá hmotová spektra jsou jakýmsi „otiskem prstu“ jednotlivých chemických sloučenin organického charakteru. Tím se tato metoda řadí mezi nejcitlivější metody vůbec.

Potřebné množství vzorku je přitom velmi malé a pohybuje se pod hranicí 10^{-10} g. Za zvláště výhodnou je považována kombinace hmotového spektrometru s plynovým chromatogramem, která se v poslední době uplatňuje na kriminalisticko-technických pracovištích. Uvedená kombinace dovoluje pracovat se vzorky, které jsou tvořeny směsí

látek, protože plynový chromatograf směs nejprve rozdělí na jednotlivé čisté složky a hmotový spektrometr tyto složky identifikuje. Tak je možné za optimálních podmínek provést velmi rychle analýzu i poměrně složité směsi.

Chromatografické metody jsou určeny k dělení směsi látek nebo k čištění znečištěných látek za účelem získání chemického individua. V praktické kriminalistické činnosti se využívají i k identifikačním účelům, v tom případě je však nezbytné souběžně analyzovat standardní látku a porovnávat získané výsledky. Chromatografický systém je tvořen fází pohyblivou (různé plyny nebo kapaliny) a fází stacionární. Podle fyzikálně chemických vlastností zkoumané látky je rychlost pohybu jednotlivých složek v chromatografickém systému různým způsobem ovlivňována, což má za následek rozdělení původní směsi na jednotlivé čisté složky. V kriminalistické praxi se nejčastěji využívají tři druhy chromatografických metod: **papírová chromatografie, chromatografie na tenké vrstvě a plynová chromatografie**

Elektrochemické metody dovolují provádět analýzu vzorku na základě hodnocení elektrických dějů, které probíhají při vlastní analýze, případně využít elektrických jevů pro dělení směsi. Principiálně lze měřit a vyhodnocovat elektrický potenciál, proud, případně elektrický náboj. Naprostá většina dalších elektrochemických metod jako elektroforéza či polarografie však nemá v současné kriminalistické praxi větší uplatnění a nahrazují se jinými vhodnějšími metodami. [5]

1.9 Zkoumání zajištěných stop a věcných důkazů v neviditelném elektromagnetickém záření

Nejběžnější udávanou veličinou elektromagnetického záření je jeho vlnová délka. Ta se mění v širokých mezích, přičemž obecně platí, že nejkratší vlnové délky jsou charakteristické pro rotační a rotačně vibrační pohyby velkých molekul nebo jejich částí.

Z kriminalistického hlediska není podstatný mechanismus vzniku záření, ale důležité jsou vlastnosti záření z hlediska jejich možného využití v kriminalistické praxi. Pokud seřadíme jednotlivé existující druhy elektromagnetického záření podle stoupající vlnové délky, získáme systém, který se běžně nazývá elektromagnetické spektrum. Zdaleka ne všechny části tohoto spektra však mají význam pro kriminalistiku.

Nejčastěji se lze setkávat v kriminalistické praktické činnosti s využíváním rentgenového záření, ultrafialového záření a infračerveného záření.

Rentgenové záření je charakterizováno krátkou vlnovou délkou. Jeho zdrojem jsou rentgenové trubice, v kterých záření vzniká po dopadu svazku elektronů na tzv. antikatodu. Toto záření je schopno s menším nebo větším zeslabením (absorpcí) proniknout nejrůznějšími organickými i anorganickými materiály. Absorpční schopnost materiálů je obecně dána atomovou hmotností prvků, kterými je zkoumaný materiál tvořen. Největší propustnost vykazují lehké prvky (uhlík, sodík, kyslík apod.), nejmenší propustnost potom těžké prvky (železo, olovo, uran apod.).

Praktické využití pro účely kriminalistiky spočívá v prozařování nejrůznějších obalů (balíky, kufry, listovní zásilky) a zviditelňování jejich obsahu bez nutnosti destruktivního zásahu, při zkoumání padělků platidel, cenných papírů, ale zejména uměleckých děl (např. rozlišení jednotlivých malířských barev, použitých tmelů, druhů dřeva apod.). Speciální difrakční rentgeny jsou schopny identifikovat čisté krystalické látky podle charakteru ohybových linií zachycených na fotografickém materiálu. Široké využití rentgenové záření našlo také v soudním lékařství při hodnocení mechanismu úrazů, zjišťování poloh cizích těles v organismu nebo i příčin smrti.

Ultrafialové záření má vlnovou délku podstatně delší než rentgenové záření. Svoji vlnovou délkou bezprostředně předchází viditelné části elektromagnetického spektra. Nejdelsí vlnové délky ultrafialového záření prakticky splývají s počátkem viditelného záření (fialovou barvou). Zdrojem tohoto záření jsou nejčastěji různé výbojky, konstruované zpravidla na bázi výboje ve rtuťových parách. Vzhledem k tomu, že výbojky zpravidla obsahují i podíl viditelného světla, je nutno tento podíl dodatečně odfiltrout vhodnými filtry. Zviditelnění obrazu v ultrafialovém záření je možné fotograficky s využitím speciálních fotografických materiálů, v některých případech je nutné využít i speciální křemenné optiky. Častější je využívání fluorescenčních jevů, které vznikají po dopadu ultrafialového záření na různé materiály. Takto vzniklé fluorescenční záření má zpravidla vlnovou délku ležící v oblasti viditelného spektra a je proto dobře pozorovatelné pouhým okem. Tímto způsobem se dokumentují změny na listinách a dokladech, místa potřísněná různými látkami apod.

Infračervené záření má vlnovou délku delší než viditelné světlo a jeho nejkratší vlnové délky se prakticky kryjí s vlnovými délkami viditelného spektra (červenou barvou). Rozsah vlnových délek je značný a v kriminalistické praxi se asi nejvíce využívá oblast

blízká červené barvě viditelného světla, tzv. blízká infračervená oblast. Zdrojem infračerveného záření jsou nejčastěji speciální žárovky s maximem emitujícího záření posunutým do infračervené oblasti nebo zvláštní rozžhavená tělíska (Nernstovy tyčinky) používaná v různých laboratorních přístrojích.

V praktickém použití v oblasti kriminalistiky je možné infračervené záření nejčastěji s úspěchem použít pro zkoumání psacích prostředků a znečitelněných textů, pokud obsahují elementární uhlík (tuš, tiskařská čern, grafitová tužka apod.). Zajímavá je také rozvíjející se oblast použití prostorových skenovacích zařízení pracujících v infračervené oblasti – podrobnější popis 3D laserového skeneru je předmětem praktické části této diplomové práce. [6]

1.10 Zkoumání zajištěných stop a věcných důkazů s využitím vlastností jaderného záření

S pokračujícím rozvojem vědy a techniky se do praktické kriminalistické činnosti zařadila i problematika využívání jaderného záření, které bez ohledu na svůj původ existuje ve čtyřech základních formách, a to jako záření alfa, záření beta (tok elektronů), záření gamma (tok kvant energie) a tok neutronů. V kriminalistické praxi se z uvedeného výčtu nejčastěji využívá záření gamma a tok neutronů, zatímco záření alfa a beta není téměř prakticky použitelné.

Využití gamma záření pro praktickou kriminalistickou činnost zajišťuje gamagrafie, což je metoda principiálně podobná prozařování objektů rentgenovým zářením. Výhodou oproti rentgenovému záření je větší schopnost pronikání gamma záření do zkoumaného materiálu, s tím spojenou možností zkoumání větších a tlustších objektů, a to včetně těch, které jsou pro rentgenové záření „neprůhledné“.

Využití toku neutronů je v kriminalistické praxi o něco perspektivnější než využití gamma záření. Zvláště výhodná je metoda neutronové aktivační analýzy (NAA), která dovoluje provádět chemické rozborů sledovaných prvků z velmi malého množství u velmi malých vzorků.

Princip metody spočívá v ozáření vzorku tokem neutronů (nejčastěji v jaderném reaktoru), vytvoření umělé radioaktivity a vyhodnocení spektra gamma záření takto ozářeného vzorku. Každé energetické úrovni gamma záření pak odpovídá konkrétní

chemický prvek (kvalitativní analýza) a intenzitě gamma záření v konkrétní energetické úrovni zase odpovídá množství chemického prvku (kvantitativní analýza).

Touto metodou lze provádět detailní chemické rozbory vzorků obsahujících velmi malé množství určovaných prvků (analýza stopových prvků ve vlasech, nehtech, papírech, otěrech kovů apod.). Nevýhodou metody je její nákladnost, nezbytnost složitého laboratorního vybavení a také časová náročnost daná zejména čekáním na volný pracovní čas jaderného reaktoru k ozáření vzorku. Proto se tato metoda i přes její nesporné výhody využívá spíše výjimečně.

Při řešení otázek ohledně pravosti zejména uměleckých děl a historických materiálů se pro zjištění přibližného skutečného stáří předmětu dá s úspěchem využít specifická metoda využití přírodního záření (např. využití vlastností radionuklidu uhlíku C^{14}). [7]

V posledních letech byla vyvinuta metoda **neutronové radiografie**, která umožňuje řešení úkolů, nezvládnutelných ani rentgenografií ani gamagrafií. Princip metody spočívá v prozáření zkoumaného objektu tokem neutronů a fixací vzniklého stínového obrazu po složité transformaci na fotografický materiál. Lze tak zjistit vnitřní uspořádání střely z místa činu bez poškození stop, které jsou na jejím povrchu vytvořeny, ke kontrole neporušeného střeliva apod. Metoda je opět velmi náročná a pouze sporadicky využívána. Nezbytná je zde také spolupráce se specializovanými pracovišti mimo policii.

2 METODA BEZKONTAKTNÍHO LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ

Metoda bezkontaktního laserového skenování umožňuje získávání velkého objemu dat v krátkém časovém intervalu, ve spojení s poměrně vysokým stupněm automatizace při vytváření a zpracování digitálního prostorového modelu skenovaného.

Oproti klasické fotogrammetrii je však tato metoda díky velké hustotě nasnímaných bodů použitelná s dostatečnou přesností i při získávání polohových údajů o objektech relativně malých rozměrů, jako jsou stožáry a vodiče elektrických přenosových soustav. Většina skenovacích systémů využívá nejmodernější pulsní laserovou technologii pro měření délek a určuje polohu bodů s pomocí prostorové polární metody.

Mezi hlavní výhody této progresivní technologie patří především:

- Přesné zaměření stávajícího stavu s výrazně vyšší produktivitou práce a tedy i finančními úsporami
- Významné zkrácení práce v terénu při podstatně vyšší bezpečnosti
- Měření může probíhat za plného provozu, popř. s výraznou redukcí délky odstávky náročných provozů na minimum
- Velmi rychlé zpracování 3D modelů

DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ

3D laserový skenovací systém – je systém umožňující převést vybraný reálný objekt do podoby počítačového virtuálního modelu CAD (Computer Aided Design). Takový systém se skládá z 3D laserového skeneru, software pro řízení (ovládání) a zpracování (modelování), příslušenství (stativ, baterie atd.).

3D laserový skener – je takové zařízení, které je schopno po nastavení parametrů skenování obsluhující osobou automaticky provést 3D skenování.

Řídicí počítač – zařízení vybavené řídicím softwarem, který řídí práci skeneru a registruje měřené hodnoty. U některých výrobků je počítač integrován do skeneru v podobě ovládacího panelu.

Software pro zpracování – programový systém sloužící pro zpracování naměřených mračen bodů. Výstupem bývá počítačový model objektu.

3D laserové skenování – proces, při kterém laserový skener určuje prostorové souřadnice bodů a ukládá je do paměti. Některá laserová skenovací zařízení jsou navíc schopna měřit intenzitu přijatého záření.

Parametry skenování – jsou velikost a poloha skenovaného pole a hustota skenování.

Mračno bodů – soubor zaměřených bodů v 3D. [4]

Dnes nejběžněji používanými přístroji pro prostorové snímání jsou skenery LIDAR, které své využití nacházejí zejména v oblasti 3D modelování, při vizualizaci složitých staveb a konstrukcí interiérů, podzemních prostor, tunelů apod.

V poslední době lze ale také sledovat vzrůstající počet nasazení laserových skenovacích přístrojů taktéž pro potřeby kriminalistiky, kde lze laserového skeneru s výhodou použít k detailní dokumentaci místa činu pro pozdější rozbor, při vyšetřování dopravních nehod nebo při potřebě přesného měření na větší vzdálenost obecně, a to do vzdálenosti řádově až stovek metrů.

Je zřejmé, že možnosti využití laserových technologií jsou již dnes velmi široké, avšak bez patřičné bezpečnostní klasifikace dle svého konkrétního druhu a výkonu použitého laseru, mohou být tyto přístroje, potažmo jimi emitované elektromagnetické záření za jistých okolností i zdraví škodlivé. Proto je nutno použití těchto zařízení normativně klasifikovat, a to v závislosti na použitém výkonovém typu laseru

2.1 Normativní úprava platná pro použití laserových zařízení v ČR

Právní úprava technické normalizace je obsažena v zákonu č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. Cílem jeho vypracování bylo vytvořit základ právní úpravy odpovídající čl. 75 Evropské dohody, která obsahuje závazek ČR dosáhnout ve spolupráci s EU plné shody s technickými předpisy ES, evropskou normalizací a postupy posuzování shody.

Zákon upravuje problematiku národních technických norem a stanovuje statut České technické normy - normy ČSN EN 60825.

BEZPEČNOSTNÍ SPECIFIKACE PRO PROVOZ LASEROVÝCH ZAŘÍZENÍ (ČSN EN 60825)

Všechna laserová zařízení včetně prostorových laserových skenerů jsou dle normy ČSN EN 60825 z bezpečnostního hlediska rozdělena do tříd podle svého výkonu a míry možného rizika při zasažení živé tkáně vyzářeným laserovým paprskem.

TŘÍDA 1

Lasery Třídy 1 jsou bezpečné pro všechny běžně používané aplikace a podmínky. To znamená, že není specifikovaná doba vystavení vlivu záření. Tato třída zahrnuje i vysokovýkonné lasery, které mají záření odstíněno od okolí a při otevření tohoto krytu se laserový systém automaticky vypne.

TŘÍDA 1M

Lasery Třídy 1M jsou bezpečné pro všechny běžně užívané účely. Nebezpečí hrozí pouze když je paprsek zesílen optickým systémem (mikroskopem, dalekohledem). MPE pro třídu 1M nemůže být překročeno, ledaže je paprsek opticky zafokusován do velice malého průřezu. Při refokusaci může být zvýšeno riziko poškození, dochází tedy ke změně třídy. Lasery jsou klasifikovány třídou 1M, jestliže celkový výstupní výkon je pod třídou 3B, ale výkon který může projít skrz oční zornici spadá do třídy 1.

TŘÍDA 2

Lasery Třídy 2 jsou bezpečné z důvodu mrkacího reflexu (blink reflex), který nedovolí vystavit lidský zrak ostrému záření na dobu delší než 0,25 vteřiny. To platí pouze pro lasery pracující na viditelné vlnové délce (400-700nm). Lasery třídy 2 jsou limitovány hodnotou výstupního výkonu 1mW v kontinuálním režimu. Hranice hodnoty výstupního výkonu se může zvýšit pokud doba záření není delší než 0,25 vteřiny, nebo záření není prostorově koherentní. Záměrné potlačení mrkání může vést k poškození zraku. Do této třídy patří například většina laserových ukazovátek.

TŘÍDA 2M

Lasery Třídy 2M jsou bezpečné – zrak chrání mrkací reflex. To platí pouze v tom případě, pokud není paprsek zesílen optickým systémem. Do této třídy patří lasery s velkým průřezem paprsku nebo jeho velkou divergencí (rozbíhavostí). Světlo procházející skrz oční zornici nesmí překročit hodnotu výkonu třídy 2.

TŘÍDA 3R

Lasery Třídy 3R jsou při opatrném provozování považovány za bezpečné. U těchto laserů může být hodnota MPE překročena, ale s určitým rizikem poranění. Třída je pro lasery pracující ve viditelné vlnové délce a kontinuálním režimu shora limitována hodnotou 5mW. Pro pulsní režimy a jiné vlnové délky jsou používány jiné limitní hodnoty.

Do této kategorie spadá i laserový skener FARO Photon 120/20, jenž bude detailněji popsán v praktické části této diplomové práce.

TŘÍDA 3B

Lasery Třídy 3B jsou nebezpečné při zasažení očí přímým paprskem. Odraz (reflexe) od povrchu různých materiálů však škodlivý není. Pro lasery pracující v kontinuálním režimu a na vlnové délce v rozsahu od 315nm do daleké infračervené (far IR) oblasti je limitní hodnota výkonu do 0,5W. Pro pulsní lasery s vlnovou délkou 400-700nm (viditelné záření) je limitní mez stanovena hodnotou energie pulsu 30mJ.

TŘÍDA 4

Do Třídy 4 jsou zahrnovány všechny lasery s vyšším výkonem nebo vyšší energií pulsu než lasery třídy 3B. Vystavení přímým paprskům tohoto záření způsobuje silná poranění očí s trvalým a vážným poškozením zraku. Difuzní odraz (reflexe) je také nebezpečná při nedodržení minimální bezpečné vzdálenosti (Nominal Hazard Zone - „jmenovitá nebezpečná zóna“). Lasery této třídy jsou schopny silně pořezat a popálit kůži. Při interakci s hořlavými materiály hrozí nebezpečí vznícení.

Vzhledem k tomu, že bodový laserový paprsek skeneru může v závislosti na použité výkonové třídě za jistých okolností způsobit poškození zraku, je v takovém případě nutno používat speciální ochranné brýle. Většina laserových skenerů zejména s kratším pracovním rozsahem však pracuje s typy laserů nižších tříd, primární nebezpečí poškození zraku proto nehrozí, ovšem zejména u přístrojů s vyšším vyzářeným výkonem je na místě zvážení použití laserové skenovací metody v oblastech s vysokou koncentrací lidí, bez předchozích opatření.

ZÁVAZNOST TECHNICKÝCH NOREM ČSN

Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky stanovuje, že **české technické normy (ČSN) nejsou obecně závazné**. Obecnou závazností se rozumí povinnost dodržovat ČSN obecně, bez jakéhokoliv omezení, tj. všemi právníckými nebo fyzickými osobami. Povinnost postupovat při určité činnosti v souladu s českými technickými normami však může vzniknout, a to různými způsoby, především pak na základě ustanovení právního předpisu, který stanoví, že ve vztazích upravených tímto právním předpisem je nutno dodržovat české technické normy.

Odkazy na technickou normu v právních předpisech mohou mít z hlediska jejich síly formu odkazu výlučného (povinného) nebo indikativního.

Výlučný odkaz určuje shodu s technickou normou, na kterou se odkazuje jako jediný způsob splnění příslušného ustanovení daného právního předpisu. Technická norma tak doplňuje nekompletní právní požadavek, a stává se tak vlastně součástí právního předpisu. Tím vzniká povinnost řídit se ustanoveními příslušné normy pro ty subjekty, kterých se daný právní předpis týká. I když ani v tomto případě většinou nejde o obecnou závaznost, je možno říci, že ve vztahu k plnění požadavků příslušného předpisu se odkazovaná norma nebo její část stává závaznou.

2.2 Polární metoda měření souřadnic bodů v prostoru

U všech moderních skenovacích systémů je základním principem při výpočtu vzdálenosti snímaných bodů tzv. prostorová polární metoda.

;Základním principem této metody je měření šikmé délky od známého bodu (stanoviska), vodorovného úhlu (pro určení směrníku) a zenitového úhlu na určovaný bod.

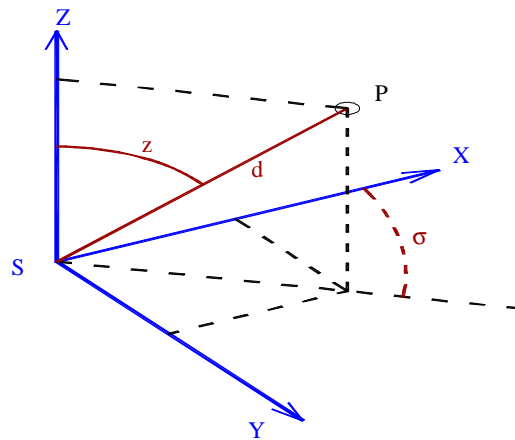
Rovnice pro výpočet souřadnicových rozdílů mezi bodem měření (na obr. S jako stanovisko) a určovaným bodem P:

$$Dx = d \times \sin(\alpha) \times \cos(\sigma),$$

$$Dy = d \times \sin(\alpha) \times \sin(\sigma),$$

$$Dz = d \times \cos(\alpha).$$

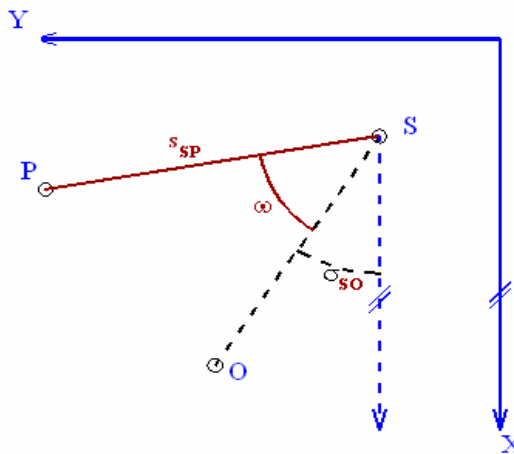
Směrník σ však přímo měřit nelze, určuje se zprostředkovaně.



Obr. 7. Princip prostorové polární metody

Poloha bodu (souřadnice X,Y) :

Protože směrník přímo měřit nelze, měří se vodorovný úhel od dalšího známého bodu $O =$ orientace. Ze směrníku s_{SO} (vypočte se ze známých souřadnic) a měřeného vodorovného úhlu w se vypočítá směrník s_{SP} . V obrázku je délka značena s_{SP} a je již přepočtena na vodorovnou $s_{SP} = d_{SP} \cdot \sin(z)$.



Obr. 8. Princip prostorové polární metody – výpočet směrníku

$$X_P = X_S + s_{SP} \times \cos(s_{SO} + w),$$

$$Y_P = Y_S + s_{SP} \times \sin(s_{SO} + w).$$

$$X_P = X_S + d_{SP} \times \sin(z) \times \cos(s_{SO} + w),$$

$$Y_P = Y_S + d_{SP} \times \sin(z) \times \sin(s_{SO} + w).$$

Výsledkem výpočtu jsou pak prostorové souřadnice měřeného bodu objektu v souřadnicovém systému skeneru, který je obecně orientován a umístěn.

2.3 Princip laserové snímací technologie LIDAR

Na principu laserové snímací technologie LIDAR (Light Detection And Ranging) pracují všechny běžné laserové skenovací systémy. Použití výše uvedené prostorové polární metody měření souřadnic v prostoru za pomoci svazku rozmítaného laserového záření nám umožňuje digitální rekonstrukci a následné přesné zaměření prakticky libovolných objektů.

V současné době se u těchto skenovacích systémů využívá odrazu laserového paprsku přímo od povrchu měřeného objektu – tzv. pasivní odraz. Termín „lidar“ či „laserový radar“ pak představuje souhrnné označení pro všechna zařízení založená na této technologii.

Vlastní princip lidarů je poměrně jednoduchý. Celý skenovací přístroj sestává se zdroje laserového záření, optické soustavy, mechanického prvku, detektoru elektromagnetického záření a velmi přesných hodin.

Zdroj laserového záření – se liší dle požadovaného využití. Nejčastěji u výkonných lidarů používají pevnolátkové rubínové lasery. U systémů nevyžadujících tak vysoký výkon lze s úspěchem použít laserů diodových (např. GaAs). Použití konkrétního typu laseru se řídí nejen požadovaným výkonem, ale i požadovanou vlnovou délkou záření. U některých přístrojů lze dokonce provádět „přeladění“ z jedné vlnové délky na jinou, avšak současně je třeba stejně přeladit také detektor, aby byl schopen dané záření rozeznat.

Detektory – jsou používány světlocitlivé diody spektrálně synchronizované na stejnou vlnovou délku jakou má vysílané laserové záření. Jelikož je svazek paprsků laserového záření vysílán směrem ke zkoumanému objektu, od něhož se odražen vrací k detektoru, musí být detektor velmi citlivý, neboť energie světla klesá s druhou mocninou vzdálenosti.

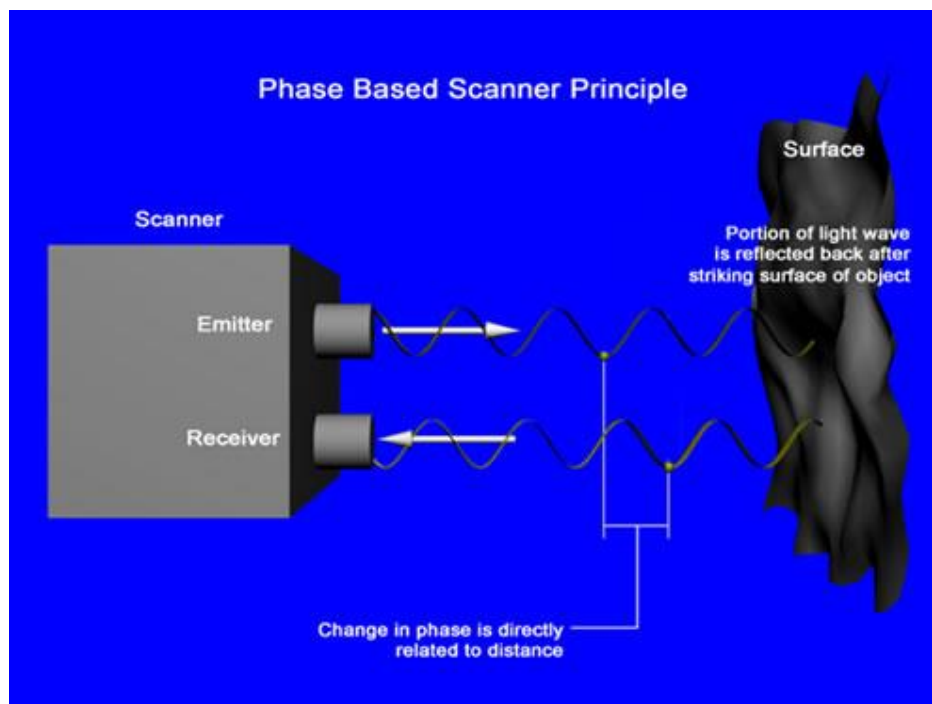
Optická soustava – zajišťuje koncentraci záření do velmi úzkého svazku a přesnou souosost detektoru a editoru. To je zpravidla zajištěno polopropustným hranolem. Poslední optický člen soustavy, kterým je zpravidla zrcadlo či hranol, bývá umístěn na pohyblivém mechanickém prvku, který zajišťuje směřování paprsku vždy pod jiným úhlem. Tím je zajištěno snímání určité roviny nebo prostoru, aniž by muselo být pootáčeno celým zařízením. Navíc je snímání při jednotlivých měřeních v takovém případě mnohem rychlejší.

Přesné hodiny – mají za úkol měřit čas od vyslání svazku paprsků do jejich detekce na detektoru. Ze znalosti rychlosti šíření světla lze určit vzdálenost lidarů od objektu, a tedy ze znalosti směru vyslaného svazku paprsků a odvozené vzdálenosti určit polohu každého jednotlivého bodu. [3]

SNÍMACÍ REŽIMY V SYSTÉMECH LIDAR

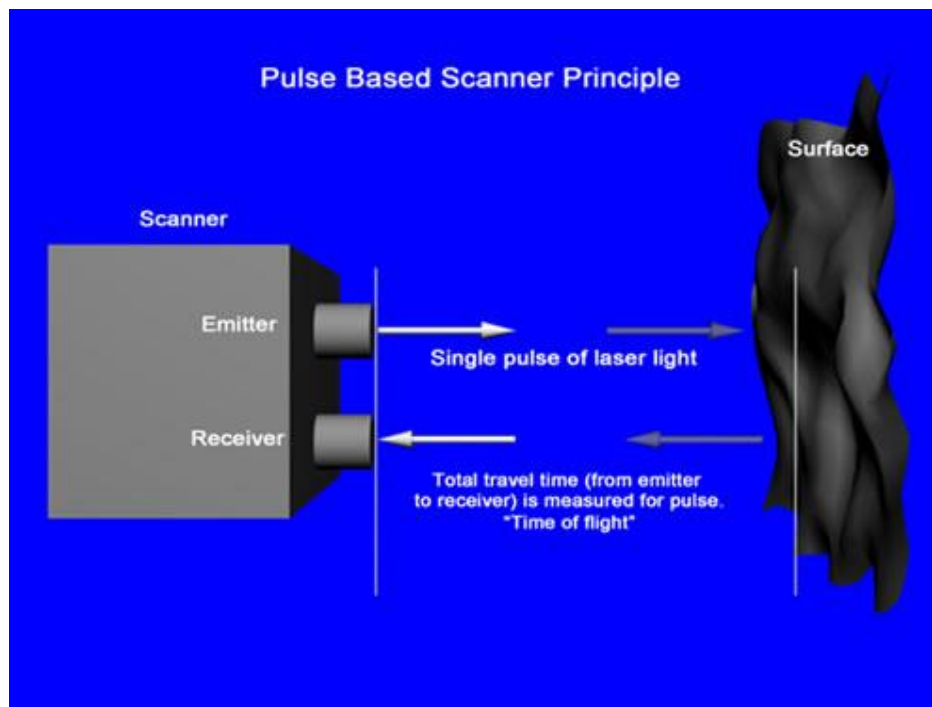
3D laserové skenery pracující na principu technologie LIDAR mohou být používány nejčastěji ve dvou režimech – pulsní a kontinuální.

Kontinuální režim snímání (phase-based) – skener neustále vysílá laserový paprsek, který zasáhne snímaný objekt, přičemž malá část signálu je odražena zpět po stejné dráze zpět do přístroje. Detektor poté zjistí úbytek příchodního signálu ve srovnání se signálem vyslaným. Rozdíl ve fázi mezi dvěma signály pak přímo souvisí s polohou snímaného bodu.



Obr. 9. Princip kontinuálního režimu snímání skeneru

Pulsní režim snímání (pulse-based) – využívá předpokladu, že rychlost světla je konstantní. Krátký puls je vyslán směrem k snímanému povrchu, odkud se reflektuje zpět směrem k detektoru, přičemž je měřen celkový čas, který uplynul od vyslání krátkého pulsu do jeho opětovného přijetí (tzv. time of flight – doba letu pulsu), z čehož je následně počítána vzdálenost snímaného bodu, která odpovídá 1/2 celkové vzdálenosti, kterou vyslaný laserový puls urazil.



Obr. 10. Princip pulsního režimu snímání skeneru

Při postupném skenování jednotlivých bodů snímaného objektu se za použití výše uvedené prostorové polární metody a principu rozmítaného laserového svazku se jednotlivé body po celém povrchu snímaného objektu profilově zaměří, a to v předem zvolené hustotě, která později určuje také kvalitu – detailní hrubost či jemnost výsledného skenu.

Takto zaměřené body tvoří tzv. mračno bodů. Pro zlepšení orientace uživatele při zobrazení je v některých systémech bod zobrazen nejen polohou, ale také barvou, která vyjadřuje intenzitu přijatého signálu při měření délek. Barevně jsou takto odlišeny povrchy z různých materiálů, úprav a geometrické konfigurace.

Dalším krokem při zpracování mračna bodů je aproximace měřených bodů geometrickými entitami, tj. křivkami a plochami, případně tělesy. Jakkoli toto vyjádření zní jednoduše, jedná se o nejnáročnější část zpracování. Geometrii drátových modelů používá mnoho kreslicích systémů. Zadané body prostorovými souřadnicemi jsou spojovány přímkovými segmenty nebo kruhovými oblouky. Tím vzniká model prostorového objektu, který vypadá, jako by byl sestaven z drátů. Druhou možností je modelování objektu pomocí jednoduchých předdefinovaných objektů, tzv. primitiv. Tato primitiva jsou definována parametricky, svým matematickým vyjádřením. Mohou jimi být např. koule, kvádr, válec, kužel apod.

Takto vytvořený digitální model umožňuje měření a následné další úpravy, avšak z hlediska lidského vnímání může být nepřehledný. Proto se přistupuje k vizualizaci, jejíž výsledek slouží jak pro prezentační účely, ale hlavně usnadňuje orientaci modelu a dále umožňuje rozšíření modelu o další údaje, jako jsou materiály, textury, osvětlení apod. Dalším krokem při zpracování modelu je tedy jeho vizualizace, která spočívá hlavně v přiřazení materiálů (jejich textur), osvětlení a zpracování zobrazení pomocí softwaru. Takto vytvořený model umožňuje mimo jiné virtuální prohlížení, kdy jsou jednotlivé snímky generovány ve fotorealistické kvalitě a lze je využít např. pro virtuální prezentaci hotového modelu, zhodnocení vlivu nové zástavby na stávající ráz krajiny apod. [8]

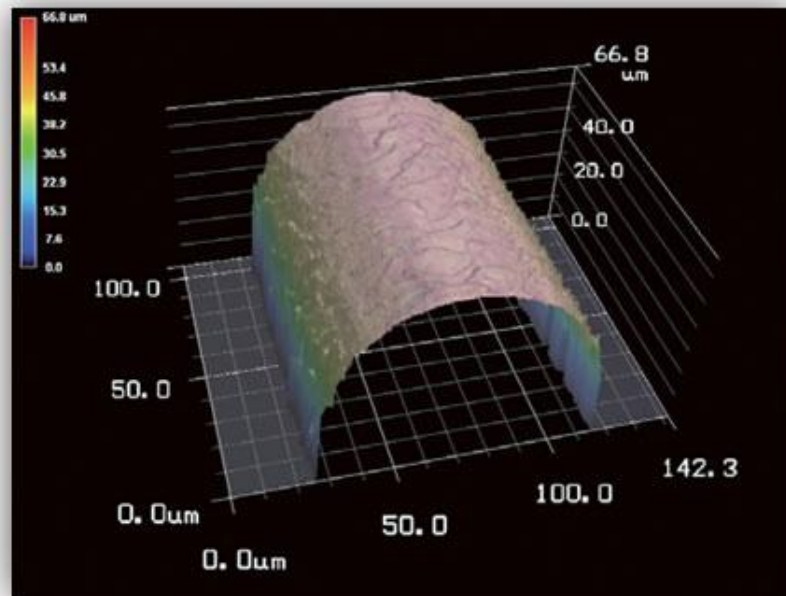
2.4 Základní vlastnosti a rozdělení laserových skenovacích systémů

Mezi základní vlastnosti laserových 3D skenerů patří tvar zorného pole. Zorné pole je maximální úhlový rozdíl krajních výstupních laserových svazků paprsků. Udává se ve stupních v horizontálním a vertikálním směru. Tato vlastnost je úzce spjata s tím, jakým způsobem je naváděn laserový svazek do bodů rastru. 3D laserové skenery fungují obecně tak, že laserový paprsek je naváděn podle programu na body rastru ve sloupcích či řádcích, přičemž je měřen horizontální a vertikální úhel a vzdálenost. U některých modelů je tak činěno pomocí systému dvou zrcadel nebo hranolů se vzájemně kolmými osami otáčení. Tento systém umožňuje rozmítat laserový svazek do relativně malého zorného pole, podobného jako u fotoaparátu nebo kamery. Tyto skenery se nazývají **kamerové**. U **panoramatických** skenerů je otáčeno celou dálkoměrnou součástí pomocí servomotorů, což umožňuje postihnout téměř celé okolí. K těmto skutečnostem je třeba přihlídnout při volbě stanovisek. Kamerový systém se s výhodou uplatní při skenování vzdálených objektů, kdežto panoramatický skener spíše nalezne uplatnění při skenování interiérů. Dle předpokládaného praktického nasazení lze jednotlivé typy laserových skenerů dle jejich možného pracovního rozsahu rozdělit do několika skupin. [4]

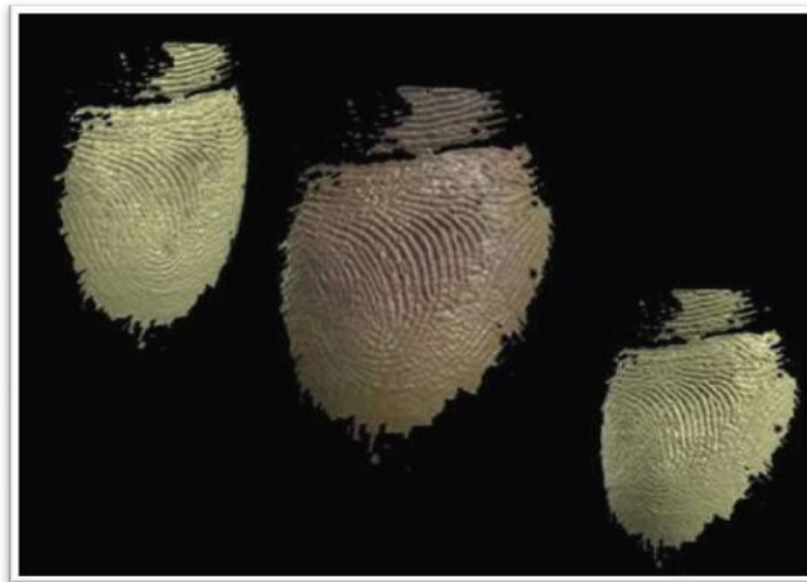
MICRO SKENERY

Jsou vhodné pro objekty do velikosti několika centimetrů, což je obzvláště vhodné např. pro skenování otisků prstů, vstřelů po kulkách a dalších důkazních materiálů malé velikosti, které by jinak bylo obtížné měřit jinými metodami.

Mikroskenery pracují většinou jako speciálně zkonstruované mikroskopy schopné zachytit množství snímků, které následně kombinují tak, aby napomohly kvalitnímu zpracování snímaných dat do trojrozměrného povrchu.



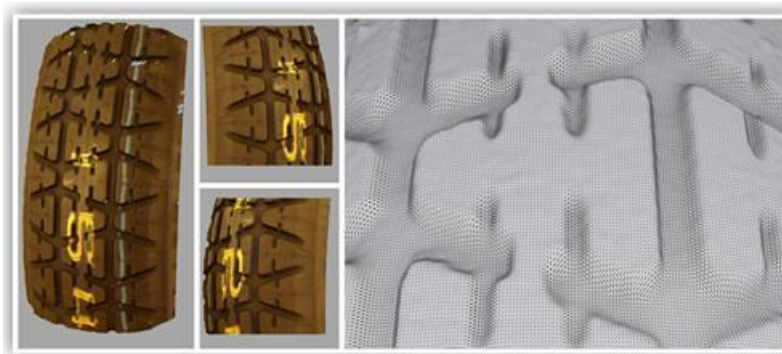
Obr. 11. Povrchová struktura vlasu pod digitálním 3D mikroskopem



Obr. 12. Mikrosken otisků prstů poskytne více detailů pro další srovnávání

CLOSE-RANGE SKENERY

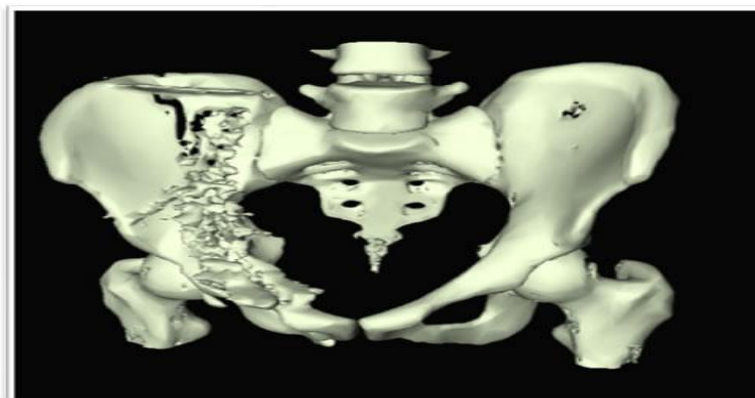
Kvalitně snímají objekty do velikosti několika metrů. Otisky pneumatiky, stopy nohou se vzorky podrážek a kosterní nálezy se mohou snímat přímo na místě, tj. bez toho aniž by bylo nutno je někde složitě přenášet, jako je tomu u tradičních postupů, kdy se např. otisk prstu nejprve sejme na vhodné médium a porovnává se až následně.



Obr. 13. 3D sken otisku pneumatiky vhodný pro pozdější porovnání s fotografií

Ačkoli mnoho z nás zná CT (počítačovou tomografii) a MRI (magnetickou rezonanci) jako známé metody použití skenerů v medicínském prostředí, lze je s úspěchem použít jako podpůrné metody také v oblasti kriminalistiky.

Ukázkovým příkladem může být práce s CT/MRI skenery v Ústavu soudního lékařství na univerzitě v Bernu ve Švýcarsku, kde lékaři jako první provedli "virtuální digitální pitvu" právě pomocí kombinace technologií CT/MRI skenerů a fotogrammetrie. Tento postup se nyní odborně nazývá Virtopsy a jedná se o neinvazivní techniku získávání cenných informací o vnitřním krvácení, střelných poraněních, skrytých zlomeninách a dalších hledaných aspektů na lidském těle bez použití skalpelu, což může být výhodné zejména při vyšetřování podezřelých úmrtí v nejednoznačných případech.



Obr. 14. Digitální model zlomeniny kyčle vytvořený pomocí CT skeneru

MID-RANGE SKENERY

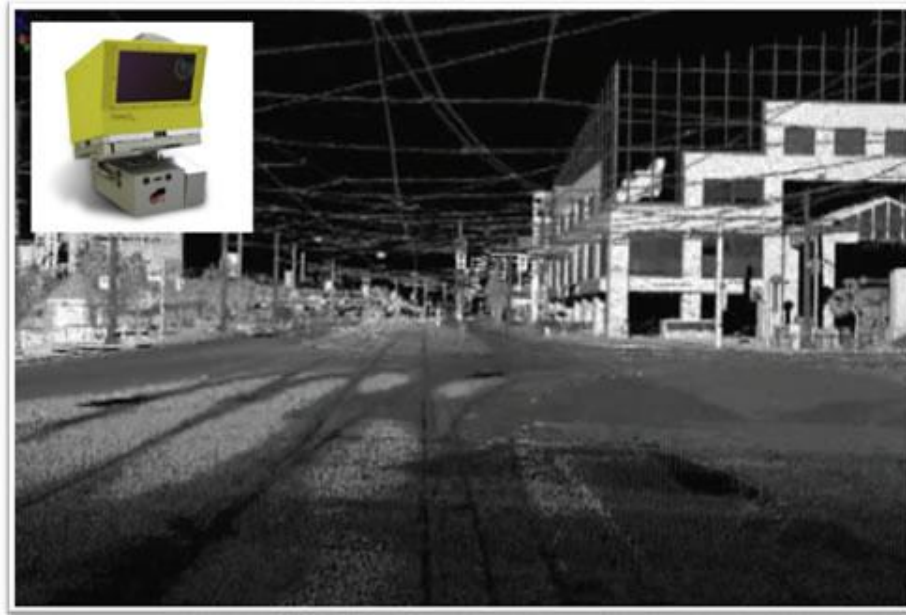
Jsou přístroje vhodné pro měření objektů ve vzdálenosti přibližně od 30 do 120m. Jedná se v praxi o nejvíce používané přístroje. Obzvláště vhodné jsou pro interiérové skenování či přiměřeně velké venkovní plochy. Pro získání kvalitní kvalitního modelu větších ploch a členitých objektů je většinou zapotřebí provedení většího množství skenů z několika míst, přičemž tyto mohou být posléze automaticky spojovány za pomoci obslužného vizualizačního software. V této souvislosti se často používá termín "registrace" jako kombinování přesně si odpovídajících nebo překrývajících se skenů, které jsou v prostoru odlišeny pomocí tzv. "registračních značek". Do této oblasti spadají i laserové skenery společnosti FARO, jejichž model Photon 120 bude následně konkrétněji rozveden v praktické části této diplomové práce.



Obr. 15. Ukázka skenu místa činu pomocí skeneru FARO Photon 120

LONG-RANGE SKENERY

Pracují v dosahu až 1500 metrů a jsou charakteristické vyšším vyzářeným výkonem. Uplatnění nacházejí zejména při vyšetřování dopravních nehod nebo všude tam, kde je třeba provádět zkoumání a měření v prostoru na větší vzdálenosti. Zřejmou výhodou v tomto případě je obecný fakt platný pro všechny laserové skenery, a sice - zachycení velkého množství později zpracovatelných dat v relativně krátkém čase oproti tradičnímu měření.



Obr. 16. Ukázka skenu rozlehlé ulice pomocí Optech Iris 3D

EXTRA-LONG RANGE SKENERY

Tyto skenery mohou najednou obsáhnout oblast až několika kilometrů najednou. Jedná se většinou o skenery umístěné na pohyblivém se objektu (auto, většinou však letadlo). Jedná o méně často užívaný způsob mapování oblasti vhodný spíše pro pozemní průzkum a kartografické účely, nicméně své využití nachází také v možnosti dokumentace přírodních katastrof, jako jsou zemětřesení či hurikány.

Využití nacházejí také při měření znečištění zemského ovzduší. Laserový paprsek se částečně odráží a částečně rozptyluje na částicích obsažených v ovzduší. Odražené signály se vyhodnocují, tímto způsobem je možno určit rozložení a směr pohybu kouřových částic a dalších znečišťujících látek v ovzduší. Lze měřit také výška oblačnosti nebo proudění vzduchu a jeho turbulence v atmosféře. Podobná metoda se uplatňuje i na kosmických sondách, např. při studiu atmosféry Marsu a dalších planet. [8]

Uvedené základní rozdělení skenerů dle měřicího rozsahu a prakticky využitelných aplikací však není ani zdaleka konečné. Některé z dalších konkrétních možností využití technologie prostorového snímání, včetně popisu použitého programového vybavení, budou podrobněji rozvedeny v následující praktické části této diplomové práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 LASEROVÝ SKENER FARO PHOTON 120

Laserové skenery FARO Photon patří do nové generace výkonných laserových skenerů využitelných v širokém spektru průmyslových odvětví vyžadujících rozpoznání a zachycení objektů v trojrozměrném zobrazení, a to s vysokou přesností. Možnosti samostatně pracujícího přístroje jsou s použitím dodávaného příslušenství dále rozšířeny o možnosti komplexní 3D vizualizace snímané scény pomocí základního obslužného softwaru, který za použití dalších rozšiřujících programových modulů umožňuje dle účelu konkrétní aplikace vyhodnocovat také další žádaná data, která jsou plně kompatibilní s běžně používanými CAD/CAM programy a systémy.

Společnost FARO dodává své laserové skenovací systémy do celého světa a pro vyšetřovací účely je používají např. policisté v Anglii, USA, Nizozemí a Španělsku, stejně tak armáda. Bližší informace a další reference v oblasti použití těchto systémů policejními a armádními složkami jsou však tajné a nelze zveřejnit.

Zejména z tohoto důvodu a také z důvodu nedostupnosti demonstrační verze vizualizačního programového balíku pro kriminalistické účely, bude tato praktická část o laserovém skeneru FARO Photon (a k němu příslušejícímu základnímu vizualizačnímu softwaru FARO Scout) zaměřena na celou problematiku v mnohem širší a obecné rovině, protože stejně tak široké a obecné mohou být i rozsáhlé možnosti využití tohoto přístroje např. pro účely reverse engineeringu, rekonstrukcí, designu, modelování apod.

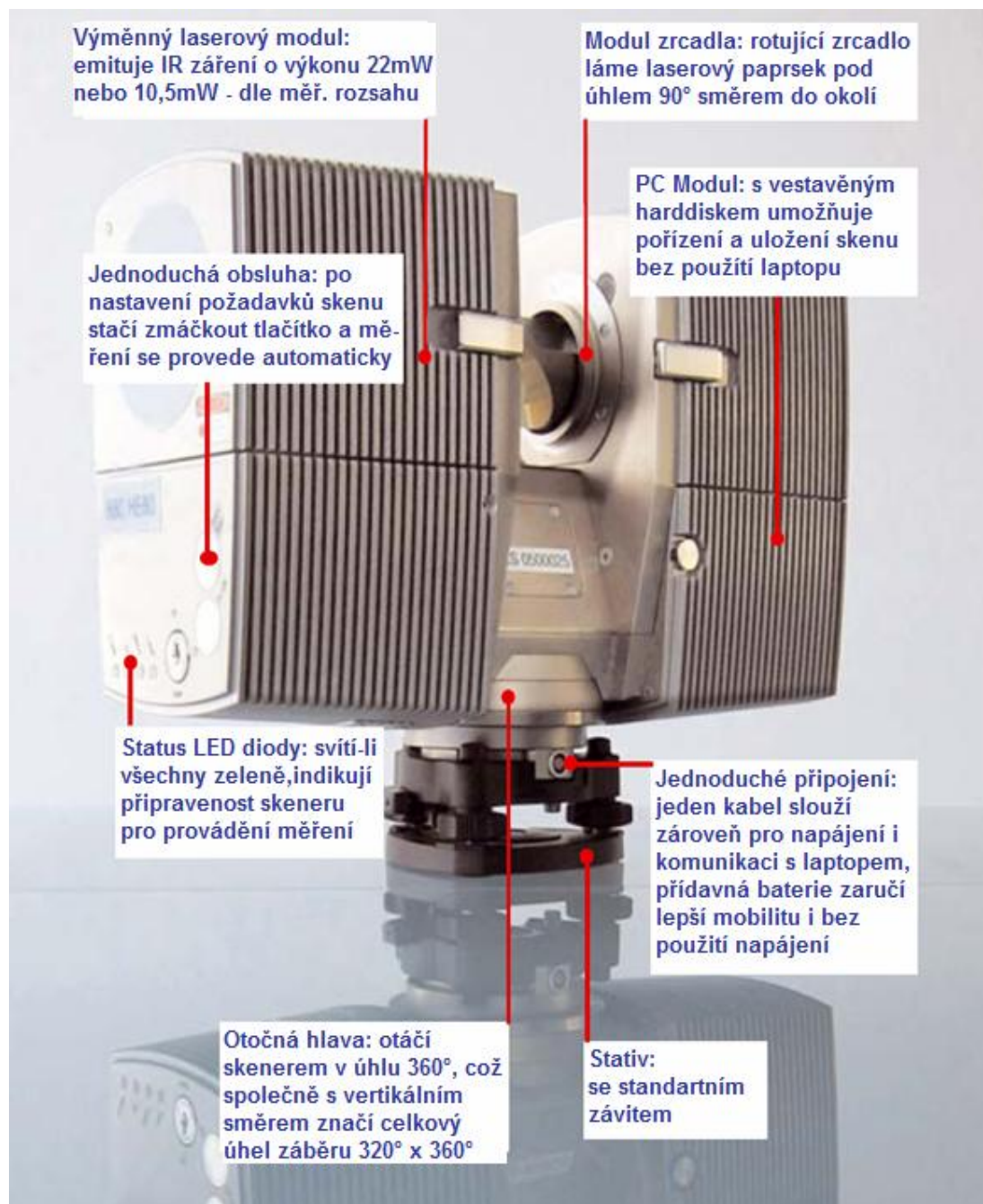
KRÁTCE O SPOLEČNOSTI FARO

Společnost FARO založili v roce 1982 Simon Raab a Greg Fraser, kteří spolu studovali na McGillově Univerzitě v kanadském Montrealu. Po dvou letech vývoje FARO postupně uvádí v letech 1984, 1986 a 1988 na trh tři produktové řady měřicích systémů založené na technologii měřicích ramen, určené pro oblast zdravotnictví, konkrétně chirurgie. V roce 1990 se firma přestěhovala z Montrealu do Lake Mary na Floridě a krátce nato byl zahájen vývoj robustnějších systémů využívajících stejnou technologii, určených pro využití v oblasti průmyslové metrologie.

V letech 1998, 2002, 2005 a 2008 FARO postupně uvádí na trh čtyři své současné vývojové řady a neustále se skrze celosvětovou distribuční síť rozrůstá. V současné době je největší důraz kladen na vývoj laserových inspekčních a skenovacích technologií. [5]

3.1 Technická specifikace přístroje a příslušenství

Vlastní systém laserového skeneru FARO Photon 120 je plně modulární a sestává z několika základních modulů, jejichž podrobnější specifikace bude uvedena dále.



Obr. 17. Modulární členění skeneru FARO Photon 120

TECHNICKÉ PARAMETRY SKENERU FARO PHOTON 120

Modul rozsahu

Maximální možný rozsah: 153.49 m (503.58 ft)

Pracovní rozsah: 0.6 m – 120 m uvnitř nebo venku při nízkém okolním záření a standardní odrazivosti reflexních povrchů 90%

Rychlost snímání: 122 000 / 244 000 / 488 000 / 976 000 bodů za sekundu

Trasovací chyba: ± 2 mm na 10 m a 25 m, vždy při 90% a 10% odrazivosti

Trasovací šum: Směrodatná odchylka

@10 m – hrubá data: 0.8 mm @ 90% odraz. | 1.4 mm @ 10% odraz.

@10 m – s potlačením šumu: 0.4 mm @ 90% odraz. | 0.7 mm @ 10% odraz.

@25 m – hrubá data: 1.0 mm @ 90% odraz. | 2.7 mm @ 10% odraz.

@25 m – s potlačením šumu: 0.5 mm @ 90% odraz. | 1.35 mm @ 10% odraz.

Modul deflexe

Vertikální rozsah: 320°

Horizontální rozsah: 360°.

Vertikální rozlišení: 0.009° (40 000 3D pixelů na 360°).

Horizontální rozlišení: 0.009° (40 000 3D pixelů na 360°).

Maximální vertikální rychlost skenování: 2 880 ot/min.

Laserový modul

Výkon laseru (cw Ø): 20 mW (třída laseru 3R).

Vlnová délka: 785 nm – odpovídá infračervenému spektru světla

Divergence paprsku: 0.16 mrad (0.009°).

Průměr paprsku na výstupu: 3.3 mm, kruhový.

Manipulace s daty

Interní PC: Intel Celeron-M 600MHz, 512MB RAM, 80GB pevný disk.

Archivace dat

Lokální: na interní 80 GB pevný disk (postačující pro většinu rozlišení).

Vzdálená: přes Ethernet, externí PC nebo laptop.

Ovládání skeneru: přes Ethernet nebo WLAN na PC nebo PDA, pomocí místní sítě, internetu, možnost nezávislého provozu díky vestavěnému serveru.

Všeobecné

Rozměry (D x Š x V): 410 mm x 160 mm x 280 mm

Kalibrace: jedenkrát za rok.

Výměnné moduly: senzor vzdálenosti / osa zrcadla / PC.

Georeferencing: Ano.

Připojení kabeláže: umístěno v nerotační části skeneru.

Parallax-free: Ano.

Napájení: 24 V DC (baterie nebo ze sítě).

Příkon: ~60 W

Okolní teplota: 5° - 40°C

Vlhkost: nekondenzující.

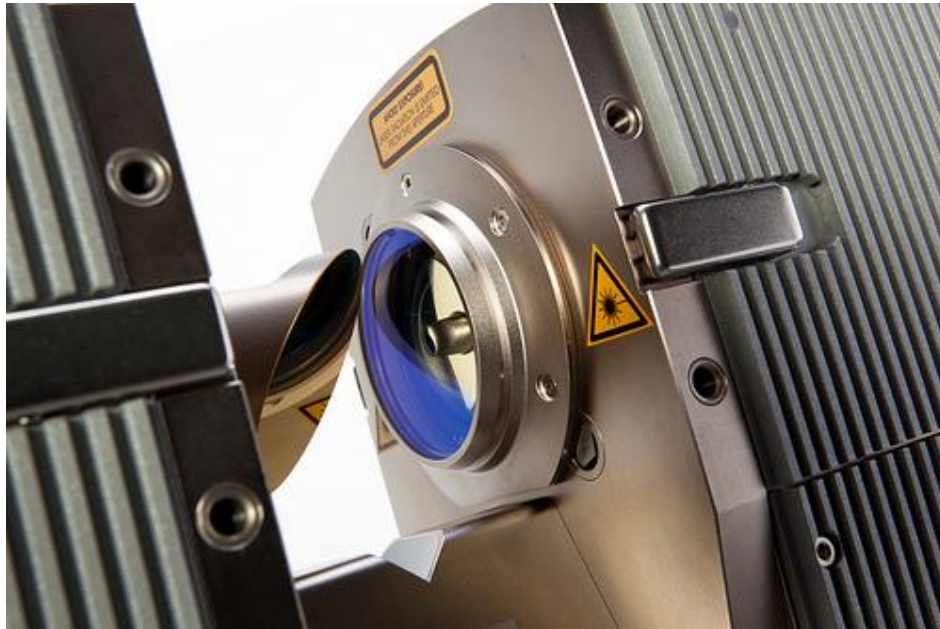
Inkлинаční senzor: přesnost 0.02°; rozlišení 0.001°; rozsah ±15°.

Kompaktní baterie: vydrží až 6 hodin na jedno nabití

Hmotnost: 14.5 kg (31.97 lb)

Cena: od 60 000 \$ v závislosti na aplikaci a doplňkovém vybavení

Regulace rychlosti skenování – nastavení rychlosti skenování v závislosti na požadované kvalitě. [5]

FUNKČNÍ VLASTNOSTI SKENERU FARO PHOTON 120

Obr. 18. Detail rotujícího zrcadla a laserového modulu

Systém pracuje na bázi vyzařování bodového laserového paprsku v infračervené oblasti (vlnová délka: 785 nm), kde zářič slouží zároveň jako přijímač. Paprsek dopadá na otáčející se kosé zrcadlo, které jej láme do okolního prostoru pod úhlem 90°. Tímto je zajištěno skenování prostoru ve vertikálním směru. Přitom je současně měřena doba od vyzáření paprsku do jeho dopadu na skenovaný materiál. Toto zabezpečuje vestavěná kamera. Aby bylo možno snímat prostor taktéž v horizontálním směru, otáčí se celý skener na podstavci kolem vlastní svislé osy. Rychlost snímání činí až uvedených 976 000 bodů za sekundu a čas pro pořízení standardního skenu činí asi 4,5 minuty. Za tuto dobu je k dispozici základní 3D obraz okolí v černobílém provedení s rozlišením dle reflexe jednotlivých povrchů v 256 stupních šedi, v němž lze s pomocí příslušného software přímo provádět měření a spoustu dalších úkonů. FARO Photon 120 může fungovat taktéž v kombinaci s barevným fotoaparátlem. Výsledkem je poté kolorovaný barevný sken, který poskytuje při následném zpracování lepší přehlednost i přístupnost lidskému vnímání prostoru. Pořízení barevného skenu ve standardním režimu trvá řádově 10 min., což představuje asi 6-20x vyšší rychlost oproti stacionárním skenerům a ve výsledném skenovém zobrazení je také oproti stacionárním skenerům patrná větší homogenita linií, což činí celkový dojem ze skenovaného prostoru o to realističtější.

Snímaná data jsou archivována přímo na vestavěném pevném disku, odkud se přes síťové rozhraní Ethernet či bezdrátově s využitím Wi-Fi mohou přenést do počítače. Skener může být samozřejmě ovládán přímo z PC (nebo také bezdrátově prostřednictvím PDA) pomocí dodávaného vizualizačního software. Poté mohou být naskenovaná data exportována do jiných programů třetích stran (např. Polyworks, Geomagic) a dále zpracovávána případně dále použita v některém z doplňkových specializovaných programových modulů, vyvinutých a dodávaných společností FARO přímo pro požadavky dané konkrétní aplikace. [5]

DOPLŇKY A PŘÍSLUŠENSTVÍ KE SKENERU FARO PHOTON 120



Registrační značky – pro pořizování skenů z více míst



Nástavec pro upevnění digitálního fotoaparátu



Přenosný batoh pro snadné a bezpečné přenášení přístroje



Ochranné brýle – přístroj sám upozorní v případě jejich nutnosti

3.2 Obslužný vizualizační software

Při samotném procesu skenování s FARO Photon nemusí být přídavného softwaru vůbec potřeba. Řídící jednotka skeneru s vestavěným počítačem je prakticky po stisknutí jediného tlačítka schopna sama provést automatický sken dané oblasti v přednastavené kvalitě. Nicméně zejména při zohlednění časového hlediska při dalších konkrétních úpravách spojených především se selekcí požadovaných oblastí snímání a jejich následné převádění do prezentovatelného modelu je jistě vhodnější použití aplikačního vizualizačního software.

Firma FARO pro tyto účely dodává své vlastní programové balíky pro práci jak se základním černobílým, tak i následně kolorovaným skenovým výstupem.

Přístroj v režimu rychlého skenu nejprve v nejnižší možné kvalitě nasnímá celou oblast ve svém max. pracovním rozsahu, na který je kalibrován – toto trvá zhruba 2 min.

Základní programový balík FARO Scout poté umožňuje podrobnější nastavení dalšího skenovacího procesu, tj. především upravení rozlišení související s vyšší požadovanou kvalitou, ale z toho plynoucí také nižší rychlostí provedení výsledného skenu. Z důvodu časové úspory je též možno pro následné detailnější snímání ve vysoké kvalitě zvolit pouze tu část prostoru, která nás zajímá a skenovat ji samostatně.

Jakmile je skenování kompletní, uživatel může prohlížet pořízené snímky buďto v 2D nebo v 3D zobrazení, kde je navíc skenovaným prostorem možno „virtuálně procházet“ či tuto virtuální realitu přenést pomocí jazyka VRML do některého z dostupných modelovacích CAD/CAM programů, případně zpětně porovnávat naskenovanou realitu s předem vytvořenou projektovou dokumentací.

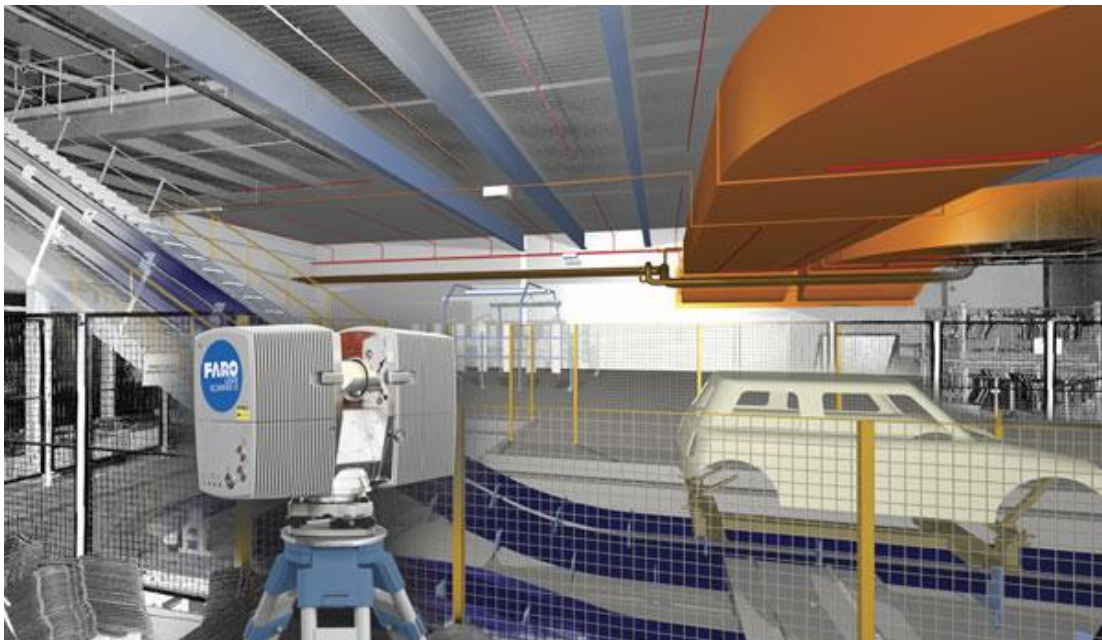
Přístroj však z principu použité polární metody určování prostorových souřadnic lidově řečeno "nevidí za roh". Pro opravdu věrné a kompletní prostorové zachycení daného místa či předmětu po celém jeho obvodu je tedy nutno nejprve provést sken z více míst a jednotlivé dílčí skeny poté následně spojit v jeden kompletní 3D obraz.

K tomuto slouží tzv. registrační značky (přesného kulovitého tvaru) rozmístěné v prostoru a tvořící orientační body sloužící pro pozdější propočty míst překrytí jednotlivých skenů.



Obr. 19. Základní černobílý sken FARO Photon 120

Rozšiřující softwarový balík FARO Scene představuje následný další krok k rozšíření programových možností při zachování plné funkčnosti základního FARO Scout. Umožňuje zpracování tomografie, filtrování dat a jejich export do různých CAD formátů jako IGES, DXF a AutoCAD. Program je také schopen automaticky rozpoznat základní geometrické tvary, které mohou být ve skenovaném modelu následně barevně překryty a odlišeny tak, abychom později mohli například přehledně vyznačit konkrétní potrubí ve spleťtém systému či rozdílné druhy hornin v geologickém podloží.



Obr. 2. Ukázka skenu s automaticky rozpoznávanými objekty

Další výhodnou možností při použití laserového skeneru FARO Photon 120 představuje funkce tzv. fotorealistického dobarvování skenu, které se provádí tak, že se k tělu laserového skeneru pomocí speciálního držáku připevní kalibrovaný digitální fotoaparát s vysokým rozlišením. Běžně se k barevnému skenování s FARO Photon 120 používá například digitální zrcadlovka NIKON D200, propojená se skenerem pomocí USB kabelu.

Kalibrace fotoaparátu se provádí pomocí změny firmwaru tak, aby skener dokázal s fotoaparátem komunikovat a dle potřeby řídit snímání. Nastavená kvalita skenu přímo souvisí s kvalitou pořizované fotografie – tedy lze obecně říct, že čím vyšší je námi požadovaná kvalita výsledného skenu, tím vyšší je i potřeba rozlišení použitého fotoaparátu. Vlastní dobarvování probíhá vždy softwarově, až po předchozím naskenování požadované oblasti, nikoli on-line v průběhu skenování.



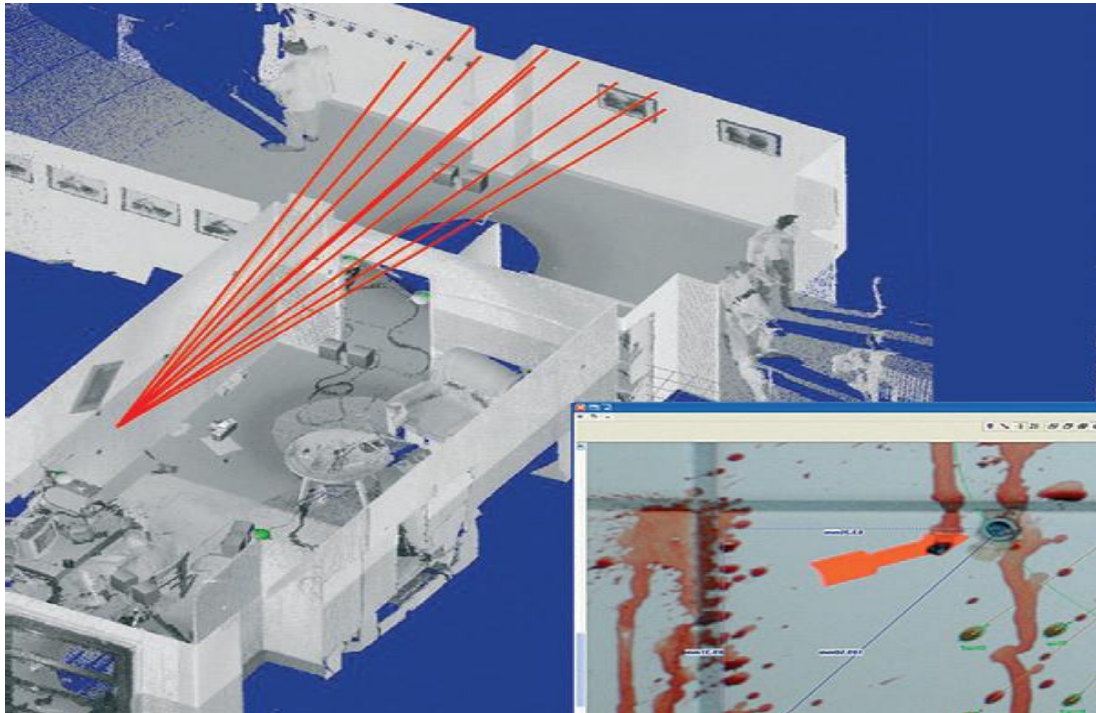
Obr. 21. Fotorealisticky dobarvený sken místa

Obecně lze také říci, že čím kvalitnější má být požadovaný sken, tím delší bude také čas potřebný k jeho pořízení a výsledný sken probíhá pomaleji. Rozdíl v čase skenování může být až v řádu hodin mezi například nejhorší a nejlepší kvalitou skenu.

Vzhledem k širokým možnostem využití skeneru FARO Photon 120, dodává firma FARO pro jednotlivé konkrétní aplikace další rozšiřující programové moduly se specifickými funkčními vlastnostmi vhodnými právě pro danou aplikaci.

Pro potřeby kriminalistického vyšetřování je to pak konkrétně specializovaný rozšiřující modul **FARO Scene Forensic Package** – poskytující nástroje pro geometrickou analýzu krevních stop a měření trajektorie vystřelených kulek. Demonstrační verze produktu bohužel není k dispozici a podrobné informace o funkčních možnostech tohoto software je vždy předmětem konkrétního školení firmy FARO.

(orientační cena balíku je 2500 \$)



Obr. 22. Ukázka programového prostředí FARO Scene Forensic Pack

3.3 Modelové snímání prostoru

Pro vytvoření ukázky práce skeneru v testovacím prostředí byla použita demonstrační verze programu FARO Scout 4.6, poskytnutá firmou Prima-Bilavčík s.r.o. – Uherský Brod.

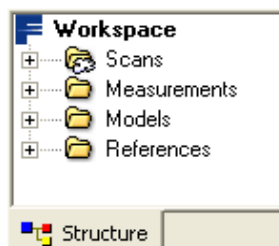
Kapitola popisuje funkční vlastnosti daného programového prostředí s uvedením základních postupů, používaných pro vytváření či úpravu prostorových modelů s využitím skeneru FARO Photon 120.

PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ PROGRAMU

Pracovní plocha programového prostředí obsahuje veškeré údaje potřebné pro zpracování skenovaných dat a současně poskytuje sofistikované nástroje pro jejich následné úpravy.

Celé pracovní prostředí (workspace) je uloženo jako soubor s příponou *.FWS. Svou práci s FARO Scout můžete začít dvojitým-kliknutím na tento soubor - pracovní prostor se pak nahraje automaticky nebo jej můžete otevřít přímo v menu programu či využít funkce drag & drop.

Samotné pracovní prostředí je rozděleno do několika základních částí, které jsou hierarchicky uspořádány, takže lze snadno najít to, s čím právě potřebujeme pracovat.



Obr. 3. Struktura pracovního prostředí

Scans – zde jsou uložena data snímaného mračna bodů v prostoru

Measurements – obsahuje protokoly (logy) z uskutečněných měření

Models – práce s modely pro pozdější srovnání skenu s existujícími CAD plány

References – automaticky uložené či uživatelem definované referenční body

Kromě tohoto hierarchického uspořádání, lze jednotlivé objekty dále rozdělovat do vrstev. Do vrstev můžeme umisťovat skupiny objektů, nezávisle na jejich hierarchii a kontrolovat jejich viditelnost.

Například ve výsledném CAD modelu budovy, můžeme přiřadit obvodové stěny samostatné vrstvě, kdy po zneviditelnění této vrstvy z vnějšího pohledu velmi snadno získáme náhled prostoru vnitřního.

PRÁCE SE SKENY

Celkový sken sestává s milionů prostorových bodů, z nichž každý je dán svou přesnou polohou a orientací při současném zohlednění odrazivosti materiálu, což zejména při požadovaném plném rozlišení skenu znamená také adekvátně vysoké paměťové nároky.

Pro uživatelsky přívětivější práci zejména při předpokládaném objemnějším skenu bychom proto měli zvážit možnost vyfiltrování skutečně požadované oblasti z celkového snímaného prostoru za použití selekčních metod a pro detailnější snímání uvažovat pouze tu oblast s níž budeme dále pracovat. K zobrazení skenů program umožňuje práci ve třech základních režimech zobrazení:

Quick View – je časově nenáročný, takže již během několika desítek vteřin můžeme díky vestavěné kameře pořídit rychlý náhled na snímanou oblast. V tomto režimu však skener pracuje nezávisle na snímaných bodech – nelze proto provádět vlastní měření

Planar View – je standardním skenovým zobrazením, vzájemné souvislosti mezi body v prostoru jsou ukládány do paměti, je tedy možno provádět měření, selekci skenovaných bodů a kolorizaci vybraných objektů. Doba pro pořízení standardního skenu se pohybuje řádově do 5 minut.

3D View – poskytuje nejlepší kombinaci pro zobrazení kompletního prostorového prostředí jak vlastního skenu, tak i automaticky detekovaných objektů, které je pak následně navíc možno exportovat v kompatibilním zobrazení do CAD systémů, stejně tak je umožněn zpětný import hotových CAD modelů do pracovního prostředí programu a jejich následné srovnání. Nevýhodou při zpracování v tomto zobrazení je však doba potřebná na pořízení skenu, která se při nastavení té nejlepší možné kvality skenování může pohybovat až v řádu několika hodin.

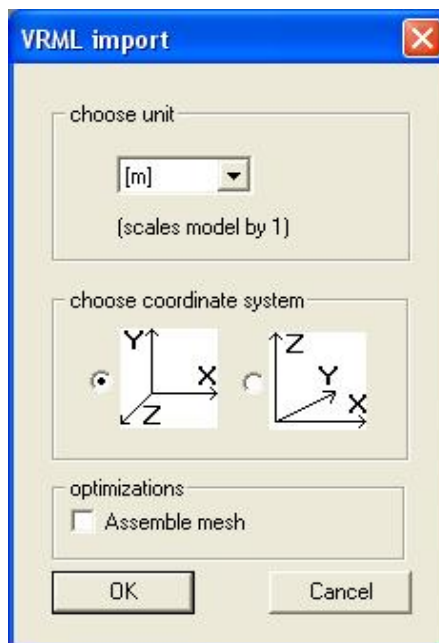
V závislosti na jednotlivých režimech zobrazení můžeme poté dle možností pozorovat snímaný prostor buďto z pozice skeneru (Quick view, Planar view) či daným prostorem přímo virtuálně procházet (3D View).

INSPEKCE A POROVNÁVÁNÍ S CAD MODELY

Režim zobrazení 3D view můžeme s výhodou použít pro srovnání skenovaného objektu s jeho existující předlohou v podobě CAD Modelu, tzv. CAI inspekce. (*Computer Aided Inspection*).

Toto se provede přes programovou nabídku **File**→**Import** a následným vybráním kompatibilního VRML (Virtual Reality Modeling Language) formátu, který podporuje většina dostupných programů pro práci s CAD modely.

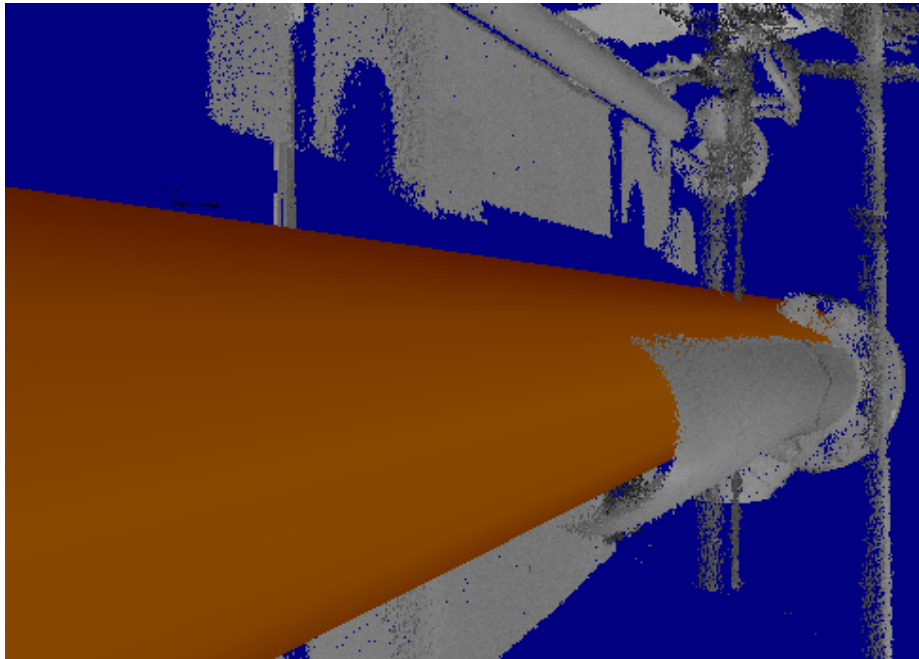
Po výběru požadovaného modelu budeme dotázáni na souřadný systém, pro který chceme daný model v programu FARO Scout zobrazit. Pro snímky pořízené laserovým skenerem FARO Photon je typický souřadnicový systém s kolmo vzhůru jdoucí osou „Y“



Obr. 44. Možnosti nastavení pro VRML import

Po úspěšném načtení se v pracovním prostředí ve složce **Models** vytvoří struktura obsahující importovaný model, který však může být zobrazen pouze v režimu 3D view; režimy Quick view a Planar view nepodporují zobrazení 3D CAD modelů.

Pro srovnání existujícího CAD modelu s naskenovanou realitou je doporučeno nejprve otevřít existující plán modelu, poté přepnout do 3D view zobrazení a vybrat z načtených skenů oblast prostoru, kterou následně porovnáme s původním plánem.



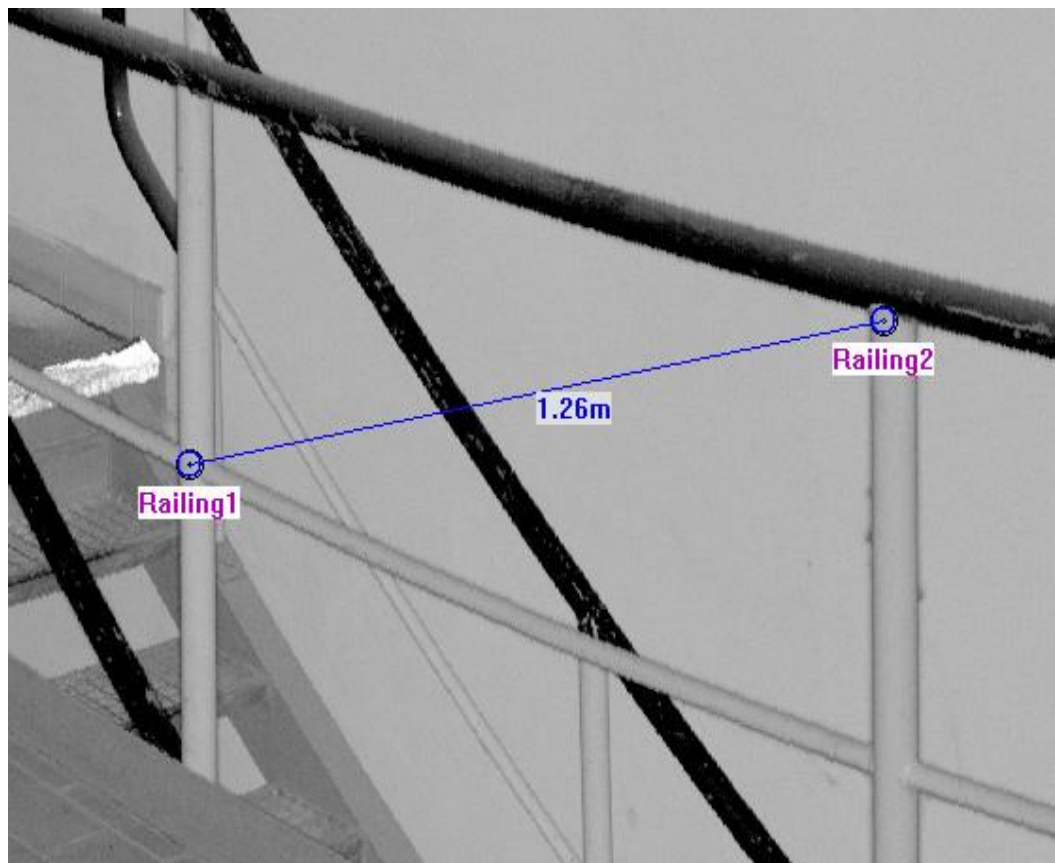
*Obr. 5. Zjištěný rozdíl v rozměrovém uložení potrubí
při porovnání s projektovou CAD dokumentací*

Na příkladu ve výše uvedeném obrázku můžeme vidět, že uložení trubky z projektového CAD modelu ve skutečnosti rozměrově neodpovídá realitě. Při provádění stavby, která je závislá na správné poloze potrubí by tak mohlo dojít k nepříjemnostem. V 3D zobrazení však takto můžeme průběžně porovnávat projekt výstavby s aktuálním stavem prostředí a možným problémům pak díky včasné identifikaci zabránit.

VIRTUÁLNÍ MĚŘENÍ VZDÁLENOSTÍ V PROSTORU

V praxi se velmi často setkáváme s otázkou prostorového rozmístění objektů. Zajímá nás např. zda se stroj nebo zařízení, které plánujeme pořídit vejde do daného místa v místnosti. Samozřejmě můžeme zevrubné měření provést přímo na místě, ale díky využití předem nasnímané reality, můžeme později přímo ze svého počítače vyhodnocovat dotazy, které nás třeba v danou chvíli nenapadly, např. jaká je světlá výška místnosti? Bude úhlopříčka stěny pro daný účel dostatečná? Některé údaje bychom zkrátka přímo na místě měřili jen s obtížemi a tudíž použití metody přesného laserového snímání se zde přímo nabízí.

Nejjednodušší metoda měření je přímý výběr souřadnic z naskenovaných bodů, tzv. **Straight line measurment**, který však díky možným zkreslením, vzniklých při měření, nemusí poskytnout skutečně přesný údaj o rozměru mezi jednotlivými dvěma body.




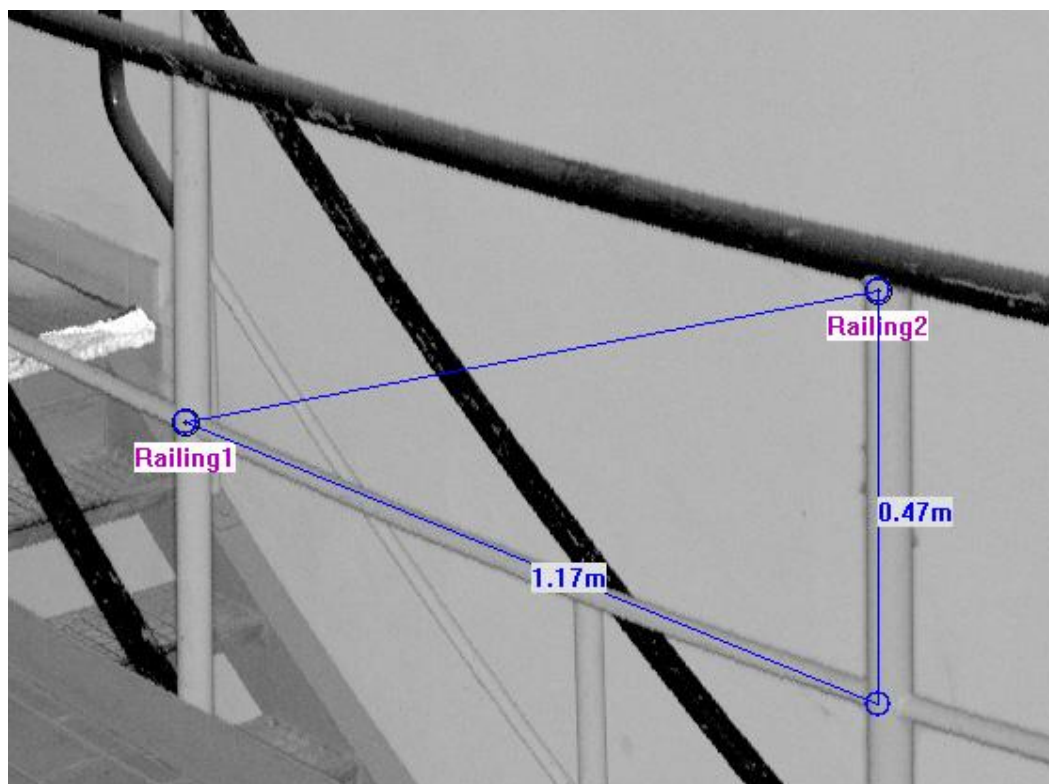
Obr. 6. Straight-line measurement – přímý výběr souřadnic

Mnohem výhodnější a přesnější je pro měření vzdáleností mezi dvěma body použít metodu tzv. **Horizontal and vertical measurement**, která umožňuje rozdělení vzdálenosti do horizontální a vertikální složky.

Z tohoto důvodu je přednostně doporučováno přesnější odměřování vzdálenosti nikoli mezi dvěma samotnými body, ale nejprve mezi dvěma objekty, které nám mohou pomoci k propojení požadovaných bodů.

Takže ve skenu nejprve označíme ta místa, která zhruba odpovídají základním geometrickým útvarům, které mohou být programem taktéž automaticky rozpoznány. Jedná se především o body, roviny, průsečíky, koule a válce.

Následně v horní nástrojové liště aktivujeme **objektové měření**  a poté klikneme na dva vybrané objekty, mezi kterým chceme měření provést.



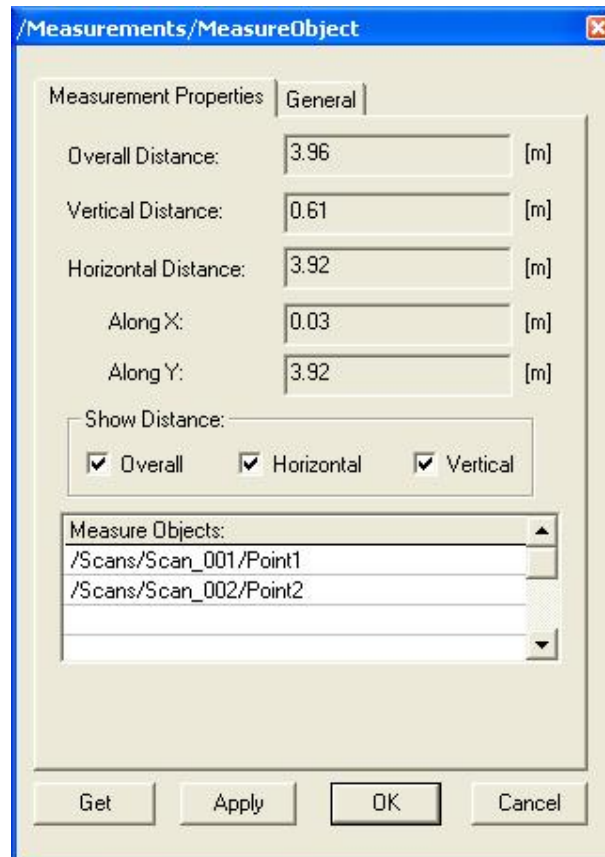
Obr. 7. Rozdělení měřené vzdálenosti do horizontální a vertikální složky

Často pravděpodobně budeme potřebovat měřit také vzdálenosti mezi bodem v prostoru a rovinou, např. stěnou, stropem, podlahou tzv. **Orthogonal measurement**. V takovém případě je měřicí čára brána automaticky jako kolmá k dané rovině.




Obr. 28. Ortogonální měření mezi dvěma plochami

Všechny záznamy z provedených měření jsou přístupné ve složce pracovního prostředí **Measurements**. Jestliže po skončení jednotlivých měření uložíte stávající programové prostředí, budete i později moci zpětně sledovat jaké objekty byly k měření použity a výsledky mohou vypadat následovně:



Obr. 29. Vlastnosti měřeného objektu

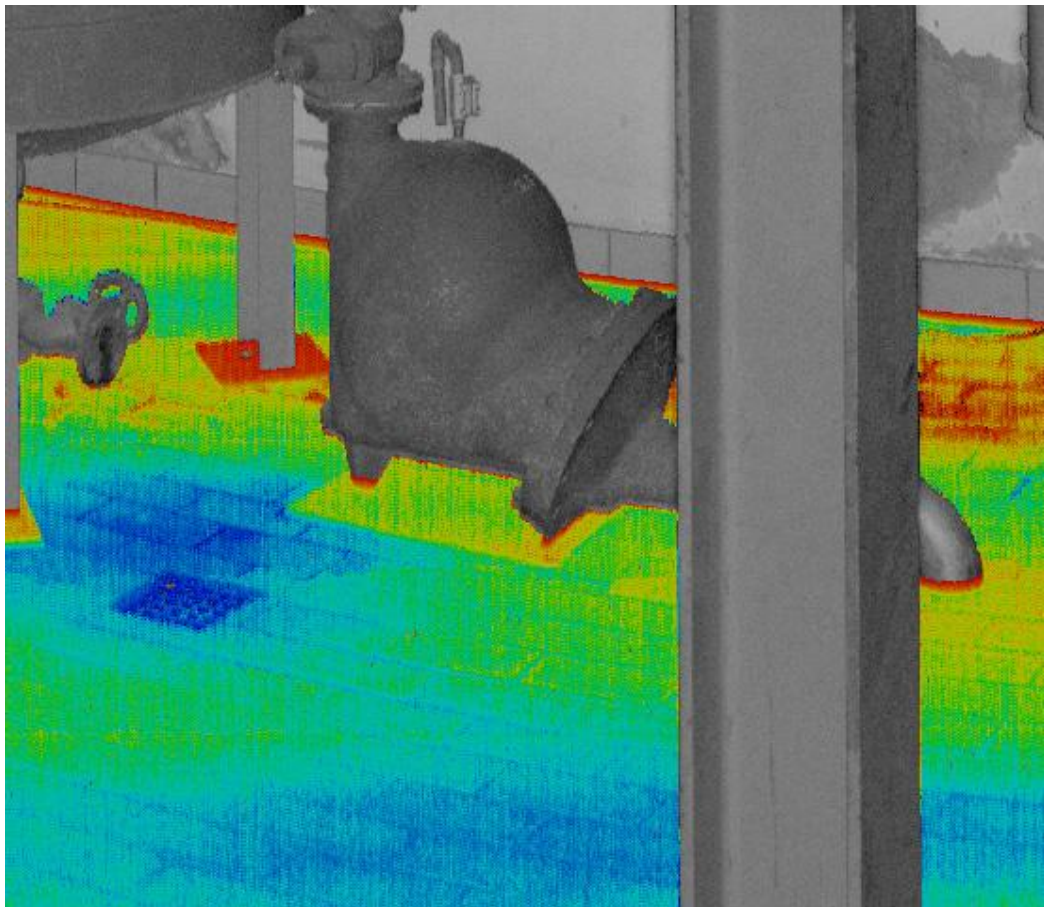
Je-li pozice nebo poloha objektů změněna, naměřené hodnoty se následně automaticky přepočítávají dle aktuálních údajů. Jestliže budeme provádět měření mezi větším množstvím individuálních bodů, vybereme nejprve odpovídající nástroj **bodového měření** , pomocí něhož můžeme postupně klikat na požadované body, po jejichž postupném výběru a po závěrečném dvojklíku levým tlačítkem dostaneme celkový součet vzdáleností mezi jednotlivými body.

ANALÝZA ČLENITOSTI POVRCHU

Při vyhodnocování pořízených prostorových skenů nás kromě měření a porovnávání s existujícími plány může zajímat také zkoumání členitosti povrchů různých předmětů, stěn, obráběných součástí, podlah apod.

Pomocí kvalitativních kritérií tak můžeme zkoumat rovinné anomálie, skryté nánosy, poškozené povrchy a další běžným pohledem nerozlišitelné detaily v zkoumaném prostoru.

V programu nejprve pomocí selektivního výběru zvolíme rovinu, ke které bude analýza vztažena. Poté v oblasti vybraných bodů přes kontextovou nabídku vyvoláme příkaz **View Point Distance**, čímž dojde k tomu, že námi vybrané body příslušející dané oblasti se vybarví v závislosti na vzdálenosti – odstupu jednotlivých naskenovaných bodů od této námi zvolené roviny, což může být např. podlaha (viz. Obr. 30).



Obr. 30. Povrchová analýza s barevným rozlišením bodů ležících mimo rovinu

Pomocí nastavení v menu **Tools** → **Options** → **View** můžeme nastavit požadovaný rozsah barevné rozlišitelnosti a ve sloupci **Plane Distance Visualization** dále můžeme zadat specifický rozměr oblasti, která se má takto barevně rozlišit. Naskenované body ležící v rovině jsou pak následně vykresleny zelenou barvou, body ležící pod udanou rovinou reprezentuje modrá barva a body ležící nad určenou rovinou jsou zabarveny do červena. Body nacházející se mimo zadanou analyzovanou oblast zůstávají nevybarveny.

3.4 Aplikace laserových skenerů v kriminalistické praxi a průmyslu

V dnešní době existuje v kriminalistice řada způsobů a technologií specializovaných na zajišťování důkazních materiálů a stejně tak existuje řada způsobů a technologií pro následnou organizaci a archivování pořízených důkazů. Avšak existuje jen velmi málo technologií, které jsou schopny poskytnout nástroje ke sběru, analýze a následné archivaci dohromady tzv. „v jednom balení“.

Toto je také hlavním důvodem proč technologie prostorového laserového snímání postupně zaujímá při práci kriminalistů stále významější pozici zejména při rekonstrukcích a odhalování násilných trestných činů, dopravních nehod apod.

Některé z konkrétních možností využití prostorového snímání pro potřeby kriminalistiky jsou uvedeny níže:

Rekonstrukce střelby



Obr. 31. Vyhodnocení trajektorie vystřelených kulek

3D Dokumentace důkazů



Obr. 8. 3D dokumentační metody otisků stop

Automobilové nehody a lékařské animace



Obr. 9. 3D animace vyšetřovaných událostí v přesném měřítku

Fotogrammetrie



Obr. 10. 3D metody na podporu fotogrammetrie

Lékařské vizualizace a Forezní virtuální modely (FVM)



Obr. 35. Analýza kosterních nálezů a provádění CT vyšetření

Mezi další průmyslově využitelné možnosti technologie laserového prostorového snímání patří také:

Tvorba DMR a DMT

Je třeba rozlišovat oba pojmy. DMR (digitální model reliéfu) vznikne z hodnot prvního odrazu a reprezentuje povrch všech objektů ležících na Zemi (vegetace, budovy...). DMT (digitální model terénu) aproximuje průběh fyzického povrchu Země. Vzniklé filtrací hodnot posledního odrazu.

Tvorba 3D modelu města

Pokud nastavíme minimální grid pro měření (jen několik desítek cm) zvolíme velice úzký úhel záběru, aby budovy vrhaly co nejmenší stíny, lze takto získaný DMR požit pro vytvoření velmi podrobného 3D modelu města. Ten lze poměrně jednoduše použít pro tvorbu virtuálního města, zvláště pokud pokryjeme-li tento model navíc ortofotem.

Sledování elektrického vedení

Když jsou dráty elektrického vedení velice slabé, je poměrně velká pravděpodobnost, že několik paprsků se od něj odrazí. Vznikne tak celkem řídký, ale přesto dobře patrný obraz průběhu vedení. Pak již je jednoduché sledovat úzkou geometrii drátů nebo ohrožení vzrostlou vegetací.

Měření výšky lesního porostu

Pokud laserový paprsek dokáže projít skrze koruny stromů až na terén a je registrován první a poslední odraz, není výška stromů nic jiného, než rozdíl obou hodnot.

Mapování pobřežních oblastí

Na rozdíl od klasické fotogrammetrie není bezpodmínečně nutné pro mapování metodou laserového skenování zřizovat vlíčovací body. Toho lze s výhodou využít pro mapování území v blízkosti rozsáhlých vodních ploch (mořská pobřeží, zaplavené oblasti). Některé typy laserových skenerů jsou přímo konstruovány pro tento druh mapování a umožňují mapovat průběh terénu i pod vodní hladinou.

Zaměřování složitých technologických celků a konstrukcí

Tato oblast zahrnuje různé průmyslové podniky s velkým množstvím potrubních systémů, jaké se vyskytují v ocelárnách, chemických a petrochemických provozech, tepelných a jaderných elektrárnách. Spadají sem i plošiny ropných vrtných věží.

Zaměřování reálného stavu stavebních konstrukcí

3D zachycení objektu touto metodou poskytuje velké možnosti pro dokumentaci současného stavu právě tak jako pro plánovanou vizualizaci, kontrolu provedení, respektive dokumentaci nových projektů. Laserový skenovací systém hraje hlavní roli při kontrole kvality v rámci kontrolního stavebního měření a pro zachycení současného stavu.

Dopravní stavby a mapování komunikací

Laserové skenovací systémy nacházejí uplatnění také při výstavbě a rekonstrukcích dopravních staveb všeho druhu, zejména silnic a dálnic, železničních tratí, mostů a dalších objektů. Při výstavbě lze využít hned na začátku pro vymodelování reálného stavu krajiny, kde bude budoucí stavba umístěna, při zemních pracích, ať už jde o výpočty kubatur nebo o kontrolu tvarů, při dokumentování a kontrole průběhu stavby a nakonec pro zhotovení dokumentace výsledné stavby.

Využití v podzemních prostorech

Velmi široké uplatnění laserových skenovacích systémů je v podzemním stavitelství jako je zaměřování stavu tunelů, sledování strmých svahů v kamenolomech i přírodních skalních stěn, při mapování v dolech a v jeskyních.

Dokumentace památek v oblasti architektury a archeologie

Mimořádný význam má laserový skenovací systém v oblasti architektury, zejména při přípravě a zpracování dokumentace historických budov a další široké uplatnění nachází v oblasti archeologie při zaměřování a dokumentaci zkoumaných i nalezených předmětů.

NEVÝHODY PLYNOUCÍ Z POUŽITÍ LASEROVÝCH SKENERŮ

I přes množství prakticky využitelných aplikací v průmyslu i kriminalistice však bohužel nejsou prostorové skenery v některých ohledech příliš univerzální. Stejně jako při použití jiných zařízení i zde existují případy, kdy použití této technologie nemusí být vhodné.

Při vlastním měření je proto nutno brát ohled především na následující faktory:

- **úroveň požadované přesnosti** – každý druh skeneru má definovaný rozsah pracovní oblasti, ve které poskytuje nepřesnější výsledky měření. Každý přístroj má jisté rozmezí, v kterém poskytuje nejpřesnější výsledky. Měření prováděná za hranicí praktického rozmezí v daných podmínkách nemusí být přesné a výsledky mohou být zkreslené. Nelze např. nastavit skener 50m od stopy, která vyžaduje detailní analýzu a zkoumání. Mnohem lepší by bylo v takovém případě použít skener s úzkým spektrem a pracovním dosahem méně než jeden metr.
- **odrazivost povrchu** – většina prostorových skenerů je založena na principu pasivního odrazu laserového paprsku, pro který představují vysoce reflexní či naopak velmi matné materiály základní problém při nepřesném zpětném vyhodnocení paprsku. V takových případech (např. při snímání skla, vody, zrcadla), lze očekávat zvýšenou chybovost při měření, která se v následném prostorovém modelu objevuje jako shluk neurčitých bodů „noise“, který lze sice v následné softwarové úpravě ošetřit, nicméně tato plocha nám neposkytuje žádná přesná data.
- **tmavé a absorpční materiály** – představují pro čitelnost laserového skeneru také vážný problém. Mezi hůře zachytitelné povrchy patří např. povrch kapoty auta s tmavým povrhem a lesklou metalízou, který lze jen velmi obtížně kvalitně zachytit bez předchozí úpravy. V takových případech technici používají speciální vosky či bílé spreje na pudrové bázi pro zlepšení vlastností snímaného povrchu.



Obr. 36. Automobil předem pokrytý bílým pudrem pro zlepšení vlastností povrchu

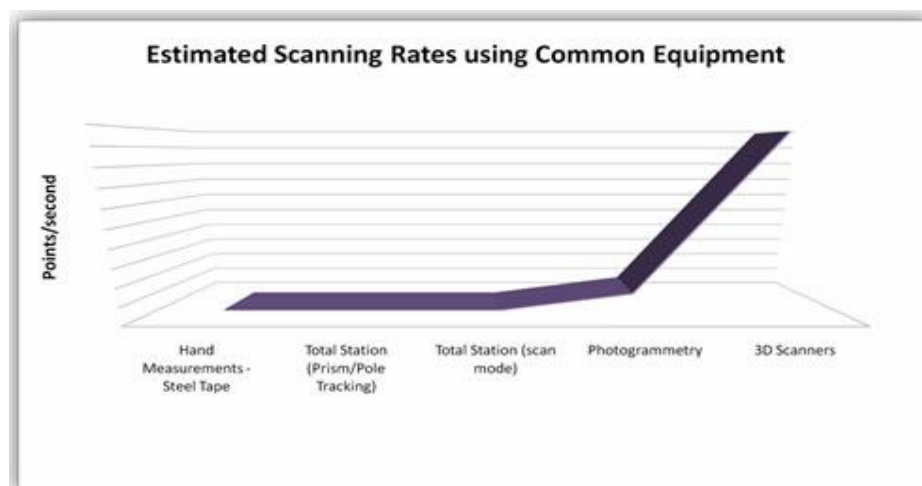
- **zkosené a zakulacené plochy** – pokud je povrch zkoumaného objektu v rovině kolmé k laserovému snímači, poskytuje zpravidla silný zpětný signál, který může být přesně vyhodnocen. Avšak pokud je povrch objektů zešikmený, je následně i méně světla směřováno zpět na laserový snímač. Jako příklad je na (obr.) ukázána situace při skenování kulatého předmětu. Laserový paprsek se odklání od středu směrem k dolní či horní části koule a výsledný povrch se více blíží spíše vodorovnému než kolmému směru.
- **registrační chyby** – při kombinaci a spojování několika jednotlivých skenů do jednoho velkého prostorového modelu je třeba zvážit také vliv vzniku možných nepřesností, např. skenujeme-li najednou dvě nedaleká místa, ale tato místa nejsou natolik blízko, aby se společné body, přítomné v obou měřených místech dostatečně přesně překrývaly. Nejlepším řešením je použití referenčních značek, které mají schopnost sladit jednotlivé skeny během samotného skenování či při následném softwarovém zpracování.

4 SROVNÁNÍ PROSTOROVÉHO LASEROVÉHO SKENERU S KLASICKÝMI KRIMINALISTICKÝMI METODAMI

Stejně jako při využití většiny kriminalistických metod, má i technologie prostorového snímání při svém praktickém použití jisté výhody, ale také svá omezení, viz. výše.

3D skener ve svých metodách snímání plošně nerozlišuje jednotlivé předměty, nýbrž je interpretuje jako prostorové shluky objektů sestavené z jednotlivých bodů, což nám v konečném důsledku podává obraz nejednotlivého jakoby jemným sprejem vykresleného prostředí s tisíci naměřenými body. Ačkoli ne všechna zachycená data představují požadované důkazy, může kriminalistický technik narozdíl od zdlouhavého ručního měření viditelných stop a důkazů nejprve provést podrobný sken celého místa aniž by bylo nutné předurčovat, kde v dané oblasti by se mohly nacházet hledané důkazy či stopy. Ještě před vlastním osobním ohledáním má tak k dispozici nasnímaný kompletní virtuální obraz místa činu, který následně při pozdější pozdějším rozboru ve spolupráci se soudním znalcem může napomoci k vyřešení případu za využití i těch důkazních materiálů, které při prvotním ohledání nebyly nebo nemohly být jasně identifikovatelné.

Ačkoli při požadavcích na kvalitní sken daného místa ve vysokém rozlišení může být použití laserového skenu leckdy neefektivní, jsou 3D skenery obzvláště vhodné pro snímání organických, nepravidelných či velmi zakřivených ploch, které by jinak bylo velmi obtížné měřit. V případě výskytu většího počtu např. otisků prstů či krvavých skvrn pro další rozbor, je tedy zachycení těchto stop, s následnou možností přesného odměření požadovaných vzdáleností, neskutečně jednodušší oproti zdlouhavému ručnímu měření.



Obr. 37. Srovnání počtu provedených měření různými metodami za jednotku času

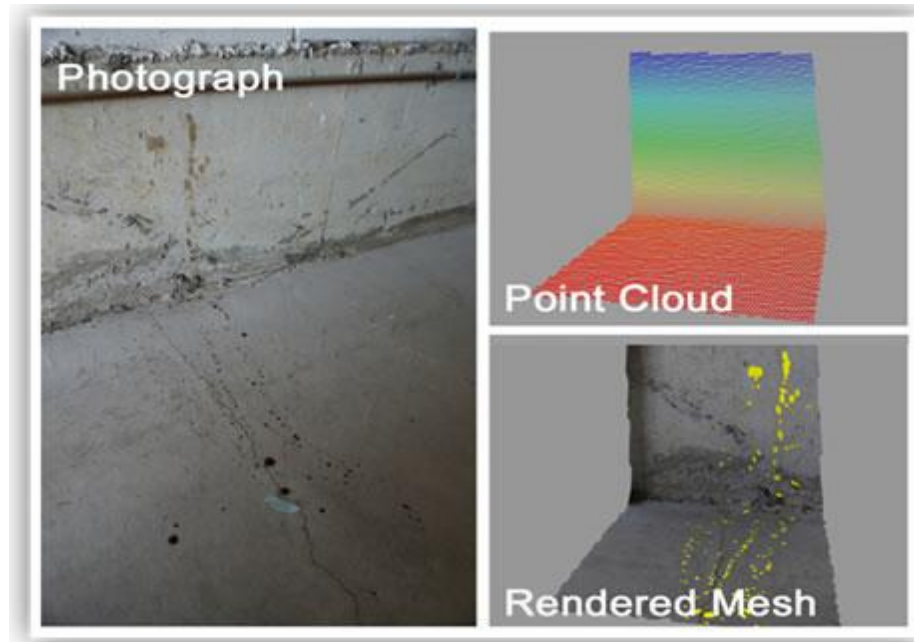
Dobrym příkladem využití laserového skenu ve srovnání s klasickou fotografií je např. analýza stop po tržném zranění či kousnutí, které je situováno kolem zakřivené plochy paží či jiné části těla, která není dokonale plochá. Fotografie, užívaná jako tradiční způsob dokumentování těchto stop sice fotorealisticky zachytí obraz s místem výskytu poranění, avšak neposkytne nám již přesný a jednoznačný údaj např. o hloubce těchto kousanců.

Stejně jako kriminalistická fotografie, tak i odlévání stop stále představuje efektivní způsob při zajišťování důkazních materiálů. Nicméně pokud je předmětná stopa otisknuta na nezpevněném nebo sypkém materiálu, může při pokusu o odlití dojít k deformaci a ztráty kvality takto odebraného vzorku, což při použití laserového skeneru s krátkým pracovním dosahem nehrozí.

Možnost fyzického zpřístupnění bodu potřebného pro měření může být někdy v praxi problémová. Často např. nemůžeme zasahovat do dosud nezadokumentovaných krevních stop či manipulovat s mrtvým tělem, dokud řádně neproběhnou všechny zajišťovací postupy, což může trvat hodiny. Prostorový laserový skener a fotogrammetrická měření jsou v tomto případě obzvláště vhodná zejména proto, že se jedná o metody bezkontaktní, tudíž lze získat potřebné údaje beze strachu z poškození možných dosud nezajištěných stop a získat tak údaje i z jinak fyzicky hůře přístupných míst.

Bezkontaktní forma snímání a měření také znamená, že vlastní skener nemusí být umístěn přímo u např. rozpadajícího se mostu či rozkládajícího se těla. Většinu měření lze provést z bezpečné vzdálenosti, plně automaticky, bez nutnosti osobní přítomnosti na místě.

Prostorový skener také umí automaticky vyhodnotit obrazovou informaci každého měřeného bodu, rozlišit ji dle dostupné škály a automaticky spojovat body v linie nebo objekty, čímž odpadá další zdlouhavé práce jako při použití tradičních metod měření pomocí totálních stanic, kdy se spoje, linie a plochy povrchů musejí následně dokreslit ručně. Jednou z nesporných výhod moderních skenerů ve srovnání s totálními stanicemi je však také především schopnost jejich snadného nastavení a automatického sběru dat, což činí vlastní komplexní měření velmi rychlým a tudíž efektivním.



Obr. 38. Dokumentace krevních stop pomocí laserového skeneru

Např. zajištění a dokumentace velkého množství krevních stop je při použití tradičních metod měření velmi zdlouhavá. Použití technologie 3D skeneru v tomto případě šetří čas a poskytne přitom adekvátní výsledek, navíc s možností přehledné vizualizace.

Ve srovnání s jednotlivými vyšetřovacími metodami nachází laserové snímání uplatnění zejména u těch druhů kriminalistických metod, při kterých existují důvodné požadavky pro rozměrově přesné a vizuálně odpovídající zachycení daného místa např. pro pozdější rekonstrukci trestného činu či analýzu nejednoznačných objektů.

Provedení laserového skenu s následnou kolorizační vizualizací je schopno plně nahradit snímání daného místa např. pomocí fotogrammetrie či sférické kamery, a to navíc s výhodnou možností pozdějšího „virtuálního pohybu“, přesného měření a obrazově vizuálního ztvárnění daného prostoru. Kvalitně zadokumentované detailní snímky, pořízené prostřednictvím kriminalistické fotografie však přesto zatím žádný 3D laserový skener bez následného fotorealistického dobarvení nenahradí.

Díky vysoké přesnosti je možno laserový skener využít pro výpočet trajektorie letících střel, kdy lze oproti klasickému postupu podstatně rychleji a jednodušeji zjistit pravděpodobnou délku této trajektorie i předpokládaný úhel výstřelu.

Pro běžné optické zkoumání stop a věcných důkazů se laserový skener nejeví jako příliš ideální, je lepší použití klasické možnosti mikroskopického zkoumání, a to z důvodu snížené rozlišovací schopnosti některých přístrojů. Pro analýzu struktury či hloubkového poškození povrchů různých druhů materiálů se naopak prostorové laserové snímání jeví jako velmi výhodné, stejně tak v některých případech i pro zajištění daktyloskopických stop, které však v porovnání s klasickými metodami nemusí být vždy časově výhodné a nelze takto přesně snímat otisky umístěné na povrchu s vysokou odrazivostí.

Stejně tak laserové snímání neumí nahradit dostupné chemicko-fyzikální metody ani speciální metody zkoumání s využitím vlastností jaderného záření.

Ke zvážení je taktéž nasazení skeneru s vyšším vyzářeným výkonem (zejména při skenování rozlehlejších oblastí), přičemž hrozí reálné poškození sítnice oka, především v místech s větší koncentrací lidí.

Ve srovnání s dnes běžně používanými kriminalistickými metodami je laserové skenování místa činu stále pouze doplňkovou metodou. To je dáno především potřebou složitějšího byť plně mobilního, ale zatím poněkud nákladného přístrojového vybavení. Metoda laserového skenování je totiž zatím v praxi stále relativně nová, od čehož se odvíjí i fakt, že střední řada LIDAR prostorových skenerů včetně nutného softwarového vybavení se pohybuje v cenové hladině kolem 2,5 milionu korun, což je v současné době jednou z hlavních překážek obecného rozšíření v porovnání např. s fotogrammetrií, kde náklady na digitální fotoaparát, software a zaškolení zpravidla nepřesáhnou 100 000 korun.

I přes některé výše uvedené nevýhody jsou možnosti této technologie však již dnes relativně široké a v budoucnu lze předpokládat postupné další masivnější rozšiřování pro potřeby kriminalistického vyšetřování, ale i průmyslových aplikací.

5 ZHODNOCENÍ A PRAKTICKÝ PŘÍNOS PRÁCE

Diplomová práce ve své praktické části pojednává o relativně novém typu zařízení pro prostorové laserové skenování – FARO Photon 120, které se svými parametry, zejména pracovním dosahem i širší úhlu záběru patří v současnosti k nejlepším na trhu.

Ovládání skeneru FARO Photon 120 je velmi intuitivní a po krátké instruktáži je vlastní měření v terénu schopna provést jakákoli poučená osoba.

Dostupné technické specifikace přístroje (kapitola 3.1) uvedené v této práci, je možno následně použít k parametrickému porovnání s dalšími dostupnými přístroji.

Praktickým měřením byla zjištěna srovnatelná přesnost v porovnání se stacionárními skenery, avšak v mnohém (6-20x) byla při použití skeneru FARO Photon 120 překonána rychlost snímání z časového hlediska a také maximální možný úhlový rozsah jak v horizontálním (360°), tak zejména ve vertikálním (320°) směru.

V porovnání se samostatnými kriminalistickými metodami pro sběr, analýzu a archivaci dat, poskytuje laserový skener FARO Photon 120 komplexní prostředky pro přesné zaměření, spojené s případnou fotorealistickou dokumentací stop na místě činu, to vše navíc v jednom plně kompaktním přístroji, což v praxi znamená značné zefektivnění a zrychlení práce za předpokladu zohlednění několika omezení při skenování určitých druhů materiálů (tmavé, matné či naopak lesklé plochy) a objektů (zkosené hrany a zakulacené povrchy).

K vytváření a následnému zpracování virtuálních modelů slouží obslužné vizualizační programy. Společnost FARO dodává vlastní software (kapitola 3.2) se specifickými funkcemi vhodnými pro danou praktickou aplikaci. Možný je však také import do běžně používaných programů třetích stran (AutoCAD, Autodesk, Geomatic, Polyworks apod.).

Při práci s programovým vybavením – vizualizační software – je nutno dbát několika jednoduchých zásad (zmíněných v kapitole 3.3) pro provádění měření ve virtuálním prostoru, zejména při ortogonálním měření mezi dvěma souvislými plochami.

Srovnávací rozbor technologie laserového skenování (kapitola 3.4) ukazuje budoucí možnosti, ale také možná úskalí v porovnání s klasickými metodami kriminalistiky.

Veškeré dostupné materiály, ať již o přístroji samotném či k němu příslušejícímu software jsou dostupné povětšinou pouze v angličtině. Tato práce je tedy jedním z prvních překladů funkčního principu přístroje a použitého programového vybavení do češtiny.

ZÁVĚR

Metoda laserového skenování umožňuje získávání velkého objemu dat v krátkém časovém intervalu, ve spojení s poměrně vysokým stupněm automatizace při jejich zpracování i při následném vytváření digitálního modelu území. Oproti klasické fotogrammetrii je díky velké hustotě nasnímaných bodů použitelná s dostatečnou přesností i při získávání polohových údajů nejen o objektech velkých ale i relativně malých rozměrů, jako jsou stožáry a vodiče elektrických přenosových soustav apod.

Hlavní výhodou při zavádění laserových skenovacích systémů do praxe, je především jejich schopnost rychle automatizovaně shromažďovat, organizovat a poskytovat nástroje pro analýzu daného prostoru, a to vše v jednom kompaktním balíčku v závislosti na použitém softwarovém vybavení. V praxi je systém často rozšířen ještě navíc o samostatnou část snímající obraz skenovaného prostoru. Jde nejčastěji buď o RGB skener, digitální fotoaparát s vysokým rozlišením, nebo digitální fotogrammetrickou kameru. Kromě tzv. mračna naměřených bodů tak získáváme po dalším zpracování i vizuální obrazovou informaci pro snadnější orientaci v měřeném prostoru a snadnější identifikaci měřených objektů. Pořízený snímek lze také použít jako texturu pro následně vytvářený prostorový model skenovaného objektu, který je kompatibilní s CAD systémy.

Technologie 3D skenovacích systémů představuje v dnešní době stále běžnější metodu při snímání a opatřování důkazů pro policii, soudní techniky, právníky a další útvary, podílející se na vyšetřování kriminálních zločinů. Všechna tato právní odvětví by si však měla být vědoma výhod i omezení vyplývající z praktického použití těchto technologií, které samy o sobě nejsou samospasitelné. Počátek každého vyšetřování by proto měl, bez ohledu na možnost použití vyspělých technologií, začít vždy nejprve důkladným osobním ohledáním místa činu s následným zajištěním věcných důkazů a stop s využitím klasických kriminalistických metod, přičemž až v následné další fázi je možno jako podpůrných prostředků pro zkoumání a dokumentaci na místě činu využít možností 3D skeneru.

Zejména díky možnosti „virtuálního návratu“ na místo činu včetně rozměrově přesného zachycení i na první pohled nepatrných detailů ve snímané oblasti, představuje technologie prostorového laserového skenování jeden ze směrů, kterým se moderní kriminalistika, společně s klesající cenou a postupným masivnějším rozšiřováním laserových 3D skenerů, bude v budoucnu ubírat.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Laser scanning method allows for obtaining large amounts of data in a short timeframe, in conjunction with a relatively high degree of automation in processing and the subsequent creation of a digital model of territory. Compared to conventional photogrammetry is due to the high density of scanned points applicable with sufficient accuracy and to obtain location information about objects not only large but also the relatively small size, such as poles and wires of electrical transmission systems, etc.

The main advantage of the introduction of laser scanning systems in practice, is their ability to rapidly automatically collect, organize, and provide tools for analysis of the area, all in one compact package, depending on the software. In practice the system is often spread in addition a separate part of the scanned image sensing area. It is usually either a RGB scanner, digital camera, high definition or digital photogrammetric camera. In addition to the so-called cloud of measured points gain after further processing and visual image information to the site for easier orientation in the measured area and easy identification of measured objects. Acquired image can also be used as texture for subsequently generated solid model of the scanned object, which is compatible with conventional CAD systems.

3D scanning technology systems is nowadays an increasingly common method for capturing and preserving evidence for police, legal technology, legal and other departments involved in the criminal investigation of crimes. All these legal sector should however be aware of the advantages and limitations resulting from the practical application of these technologies by themselves are not samospasitelné. The beginning of each investigation should therefore, regardless of the use of advanced technologies, always start first extensive personal scanning the scene, followed by providing factual evidence and stop using traditional investigative methods, with follow-up to the next stage is to be as supportive resources for research and documentation at the scene of the opportunities the 3D scanner.

Mainly due to the possibility of "virtual return" to the crime scene, including a dimensionally accurate capture of even apparently minor details in the scanned area, a space technology, laser scanning one of the directions in which modern criminology, along with declining prices and the gradual expansion of 3D laser scanners, will take in the near future.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY*Monografie:*

- [8] Porada Viktor a kol. *Kriminalistika*. Akademické nakladatelství CERM, s. r. o. Brno, 2001, str. 18-36. ISBN 80-7204-194-0.
- [2] Musil Jan: *Kriminalistika*, Akademické nakladatelství CERM, s. r. o. Brno, 2001, str. 126-137. ISBN 80-7204-194-0.
- [3] Kašpar Milan, Pospíšil Jiří, Štroner Martin, Křemen Tomáš, Tejkal Miloš: *Laserové skenování systémy ve stavebnictví*, Hradec Králové : Vega, 2003, ISBN: 80-900860-3-9.
- [4] Pavelka Karel: *Fotogrammetrie 20*, ČVUT v Praze, 2006, ISBM: 80-01-02762-7.
- [5] PRIMA-Bilavčík spol. s.r.o., 9. května 1182 - Uh. Brod : [s.n.], 2009. <interní materiály>.

Internetové zdroje:

- [7] CELAT. *Rozdělení laserů* [online]. 2010 [cit.2010-28-04]. Dostupný z WWW: <<http://laser.zcu.cz/wiki/rozdeleni-laseru>>.
- [8] Liscio Eugene. *A primer on 3D Scanning in Forensic*, part 1 [online]. 2009 [cit.2010-14-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.forensicmag.com/newsletters/features/20091209/>>.
- [9] Liscio Eugene. *A primer on 3D Scanning in Forensic*, part 2 [online]. 2009 [cit.2010-14-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.forensicmag.com/newsletters/features/20091216/>>.
- [10] Fürbach Martin. *Co vše o vrahovi prozradí místo činu* [online]. 2008 [cit.2010-04-05]. Dostupný z WWW: <http://technet.idnes.cz/tec_technika.asp?c=A080404_165211_tec_technika_kuz>
- [11] Fürbach Martin. *Stříkance krve odhalí, jak byl vrah brutální* [online]. 2008 [cit.2010-08-05]. Dostupný z WWW: <<http://technet.idnes.cz/tajemstvi-kriminalistiky-strikance-krve-odhali-jak-byl-vrah-brutalni>>.

- [12] Marek Zdeněk. *Možnosti počítačového zpracování dokumentace místa činu* [online]. 2009 [cit.2010-05-20]. Dostupný z WWW:
<http://www.spkcz.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=64:moznosti&catid=34:lanky&Itemid=57>.
- [13] Kašpar Milan. *Novinky v laserových skenerech na výstavě INTERGEO 2009* [online]. 2009 [cit.2010-05-15]. Dostupný z WWW:
<<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/novinky-v-laserovych-skenerech-na-vystave-intergeo-2009-cast-2/>>.
- [14] Lake Mary. *FARO Scene v4.1 Speeds Laser Scanning Workflow* [online]. 2007 [cit.2010-05-10]. Dostupný z WWW:
<<http://news.thomasnet.com/companystory/FARO-Scene-v4-1-Speeds-Laser-Scanning-Workflow-Quality-512992>>.
- [15] Marsh Phil. *Laser Scanning Phorum* [online]. 2010 [cit.2010-05-11].
Dostupný z WWW:
<<http://www.laserscanning.org.uk/forum/viewforum.php?f=49&sid=01c5a235ec>>.
- [16] Young Matt. *FARO Scene automatic registration* [online]. 2010 [cit.2010-05-06]. Dostupný z WWW:
<<http://www.laserscanning.org.uk/forum/viewtopic.php?f=49&t=1073>>.
- [17] Buerkler Olivier. *FARO Photon 120* [online]. 2010 [cit.2010-05-12]. Dostupný z WWW:
<<http://www.laserscanning.org.uk/forum/viewtopic.php?f=49&t=620>>.
- [18] Direct Dimmensions, Inc. *Project Portfolio examples* [online]. 2010 [cit.2010-05-04]. Dostupný z WWW:
<http://www.directdimensions.com/port_projects.htm>.
- [19] Buerkler Olivier. *Point clear view* [online]. 2010 [cit.2010-05-09]. Dostupný z WWW:
<<http://www.laserscanning.org.uk/forum/viewtopic.php?f=49&t=590>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CAD	Computer Aided Design
CAI	Computer Aided Inspection
CAM	Computer Aided Manufacturing
CODIS	COmbined DNA Indexing System
CT	Computer Tomography
DMT	Computer aided manufacturing
DMR	Digital Model Relief
DNA	Deoxyribonucleic acid
DPI	Dots per inch
DXF	Drawing Exchange Format
FVM	Forensic Virtual Model
FWS	FARO Work Space
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
LIDAR	Light Detection And Ranging
MRI	Magnetic Resonance Imaging
MPX	Mega Pixel
MPE	Maximum Permissible Exposure
NAA	Neutron Activation Analytics
RGB	Red Green Blue
STR	Short Tandem Repeat
VRML	Virtual Reality Modeling Language

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>OBR. 1. PANORAMATICKÁ SFÉRICKÁ KAMERA - SPHERON</i>	11
<i>OBR. 2. PROGRAMOVÉ PROSTŘEDÍ PANORAMATICKÉHO SYSTÉMU SPHERON</i>	12
<i>OBR. 3. PLÁNEK MÍSTA ČINU S VYZNAČENOU POLOHOU A ÚHLEM ZÁBĚRU KAMERY</i>	13
<i>OBR. 4. MÍSTO ČINU POHLEDEM SFÉRICKÉ KAMERY SPHERON</i>	13
<i>OBR. 5. VZNIK KREVNÍCH STOP V ZÁVISLOSTI NA PROVEDENÉM ÚTOKU</i>	18
<i>OBR. 6. UKÁZKA ROZHRANÍ POČÍTAČOVÉHO SOFTWARE HEMOSPAT</i>	19
<i>OBR. 7. PRINCIP PROSTOROVÉ POLÁRNÍ METODY</i>	36
<i>OBR. 8. PRINCIP PROSTOROVÉ POLÁRNÍ METODY – VÝPOČET SMĚRNÍKU</i>	37
<i>OBR. 9. PRINCIP KONTINUÁLNÍHO REŽIMU SNÍMÁNÍ SKENERU</i>	39
<i>OBR. 10. PRINCIP PULZNÍHO REŽIMU SNÍMÁNÍ SKENERU</i>	40
<i>OBR. 11. POVRCHOVÁ STRUKTURA VLASU POD DIGITÁLNÍM 3D MIKROSKOPEM</i>	42
<i>OBR. 12. MIKROSKEN OTISKŮ PRSTŮ POSKYTNE VÍCE DETAILŮ PRO DALŠÍ SROVNÁVÁNÍ</i>	42
<i>OBR. 13. 3D SKEN OTISKU PNEUMATIKY VHODNÝ PRO POZDĚJŠÍ POROVNÁNÍ S FOTOGRAFIÍ</i>	43
<i>OBR. 14. DIGITÁLNÍ MODEL ZLOMENINY KYČLE VYTVOŘENÝ POMOCÍ CT SKENERU</i>	44
<i>OBR. 15. UKÁZKA SKENU MÍSTA ČINU POMOCÍ SKENERU FARO PHOTON 120</i>	45
<i>OBR. 16. UKÁZKA SKENU ROZLEHLÉ ULICE POMOCÍ OPTECH ILRIS 3D</i>	45
<i>OBR. 17. MODULÁRNÍ ROZDĚLENÍ FARO PHOTON 120</i>	49
<i>OBR. 18. DETAIL ROTUJÍCÍHO ZRCADLA A LASEROVÉHO MODULU</i>	51
<i>OBR. 19. ZÁKLADNÍ ČERNOBÍLÝ SKEN</i>	53
<i>OBR. 20. UKÁZKA SKENU S AUTOMATICKY ROZPOZNANÝMI OBJEKTY</i>	54
<i>OBR. 21. FOTOREALISTICKY DOBARVENÝ SKEN MÍSTA</i>	55
<i>OBR. 22. UKÁZKA PROGRAMOVÉHO PROSTŘEDÍ FARO SCENE FORENSIC PACK</i>	56
<i>OBR. 23. STRUKTURA PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ</i>	57
<i>OBR. 24. MOŽNOSTI NASTAVENÍ PRO VRML IMPORT</i>	59
<i>OBR. 25. ZJIŠTĚNÝ ROZDÍL V ROZMĚROVÉM ULOŽENÍ POTRUBÍ PŘI POROVNÁNÍ S CAD DOKUMENTACÍ</i>	60
<i>OBR. 26. STRAIGHT-LINE MEASUREMENT – PŘÍMÝ VÝBĚR SOUŘADNIC</i>	61
<i>OBR. 27. ROZDĚLENÍ MĚŘENÉ VZDÁLENOSTI DO HORIZONTÁLNÍ A VERTIKÁLNÍ SLOŽKY</i>	62
<i>OBR. 28. ORTOGONÁLNÍ MĚŘENÍ MEZI DVĚMA PLOCHAMI</i>	63
<i>OBR. 29. VLASTNOSTI MĚŘENÉHO OBJEKTU</i>	64
<i>OBR. 30. POVRCHOVÁ ANALÝZA S BAREVNÝM ROZLIŠENÍM BODŮ LEŽÍCÍCH MIMO ROVINU</i>	65
<i>OBR. 31. VYHODNOCENÍ TRAJEKTORIE VYSTŘELENÝCH KULEK</i>	66
<i>OBR. 32. 3D DOKUMENTAČNÍ METODY OTISKŮ STOP</i>	66
<i>OBR. 33. 3D ANIMACE VYŠETŘOVANÝCH UDÁLOSTÍ V PŘESNÉM MĚŘÍTKU</i>	66
<i>OBR. 34. 3D METODY NA PODPORU FOTOGRAMMETRIE</i>	67
<i>OBR. 35. ANALÝZA KOSTERNÍCH NÁLEZŮ A PROVÁDĚNÍ CT VYŠETŘENÍ</i>	67
<i>OBR. 36. AUTOMOBIL PŘEDEM POKRYTÝ BÍLÝM PUDREM PRO ZLEPŠENÍ VLASTNOSTÍ POVRCHU</i>	70
<i>OBR. 37. SROVNÁNÍ POČTU PROVEDENÝCH MĚŘENÍ RŮZNÝMI METODAMI ZA JEDNOTKU ČASU</i>	73