

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav strojírenské technologie



VYUŽITÍ UV-VIS SPEKTROMETRIE PRO KRIMINALISTICKOU PRAXI

bakalářská práce

Autorka:

Vendula Hovorková

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Konzultant:

Ing. Michal Zoubek

Akademický rok:

2016/2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci „Využití UV-VIS spektrometrie pro kriminalistickou praxi“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím podkladů a informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu citované literatury na konci práce.

V Praze dne 8. 8. 2017

.....

Vendula Hovorková

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Janu Kudláčkovi Ph.D. za vedení práce. Dále děkuji za konzultace, pomoc a strávený čas Ing. Michalovi Zoubkovi. V neposlední řadě patří poděkování mým nejbližším za podporu při tvorbě práce.

Tato práce byla vypracována na základě podpory Ministerstva vnitra ČR – „Program bezpečnostního výzkumu České republiky 2015–2020“ (BV III/1 – VS Výzkum a vývoj zařízení pro účinné vyhledávání a zajišťování daktyloskopických stop).

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hovorková** Jméno: **Vendula** Osobní číslo: **437742**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Teoretický základ strojírenského inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Využití UV-VIS spektrometrie pro kriminalistickou praxi

Název bakalářské práce anglicky:

Use of UV-VIS spectrometry for forensic practice

Pokyny pro vypracování:

1. Problematika detekce daktyloskopických stop
2. UV- spektrometrie
3. Detekce daktyloskopických stop pomocí UV-spektrometrie

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

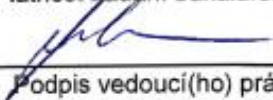
Ing. Jan Kudláček Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Michal Zoubek, ústav strojírenské technologie FS

Datum zadání bakalářské práce: **25.04.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: **10.08.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **10.08.2017**



Podpis vedoucí(ho) práce



Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry



Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

10.5.2017

Datum převzetí zadání



Podpis studentky

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá detekcí daktyloskopických stop moderní nedestruktivní metodou UV-VIS spektroskopie.

V první části je do hloubky prozkoumána problematika daktyloskopie. Je popsán proces identifikace pomocí daktyloskopických stop, jeho principy a provedení. Jsou uvedeny jednotlivé metody, které jsou v současnosti využívány, a rozebrány jejich výhody a nevýhody. Výsledně první část přináší porovnání těchto metod.

V druhé části se práce věnuje UV spektrometrii. Jsou popsány jednotlivé druhy UV záření a vysvětlen pojem luminiscence, který je pro tuto metodu klíčový.

V poslední části se práce zabývá zařízením pracujícím na principu UV-VIS spektrometrie. Zařízení je popsáno a jsou zhodnoceny jeho kladné stránky i nedostatky. Závěrem jsou navrženy modifikace zařízení vylepšující právě tyto nedostatky.

Klíčová slova

latentní otisk, luminiscence, UV-VIS spektrometrie

Annotation

This bachelor thesis deals with fingerprint detection using a modern non-destructive method called UV-VIS spectrometry.

In the first part the identification process using fingerprinting is described. Its principles and implementation are discussed. Various methods of fingerprints detection, their advantages and disadvantages are described and in the end these methods are compared to each other.

Second part deals with UV spectrometry. UV radiation is classified and its types are described. Due to the key importance for this method, the term luminescence is explained.

Last part describes a device operating on principle of UV-VIS spectrometry. It deals with its advantages and disadvantages. Finally some improvements to these deficiencies are proposed.

Keywords

latent fingerprint, luminescence, UV-VIS spectrometry

Obsah

1 Úvod	8
2 Daktyloskopické stopy.....	9
2.1 Historie daktyloskopie.....	9
2.2 Vznik daktyloskopických stop	9
2.3 Vlastnosti a klasifikace daktyloskopických stop.....	9
2.4 Vlastnosti papírných obrazců	9
2.5 Latentní daktyloskopické stopy.....	12
2.5.1 Složení latentních stop	12
2.5.2 Kvalita latentních stop.....	12
2.6 Evidence daktyloskopických stop.....	13
2.6.1 Zpracování daktyloskopických stop systémem AFIS	13
2.6.2 Podoba systému AFIS	14
2.6.3 Přiřazování daktyloskopických stop	15
3 Metody detekce latentních otisků	16
3.1 Optické metody.....	17
3.2 Práškové metody.....	17
3.2.1 Konvenční prášky	18
3.2.2 Duální „purpose“ prášky	18
3.2.3 Magnetické prášky	19
3.2.4 Prášky ve spreji.....	19
3.2.5 Tekutý prášek WET POWDER	20
3.2.6 Daktyloskopické štětce.....	20
3.3 Chemické metody	21
3.3.1 Ninhydrin.....	21
3.3.2 DFO.....	22
3.4 Fyzikálně-chemické metody.....	23
3.4.1 Kyanoakrylátová komora	23
3.5 Hmotnostní spektrometrie	24

3.5.1	Desorpční ionizace elektrosprejem (DESI)	25
3.6	Infračervená spektrometrie	26
3.7	HSI snímač + CW laser	27
3.8	Zařízení VAMPIRE	28
3.9	Zařízení KRIMESITE IMAGER	29
3.10	Porovnání stávajících metod	31
4	UV spektrometrie	32
4.1	Elektromagnetické spektrum	32
4.2	UV záření	33
4.3	Luminiscence	33
4.3.1	Materiály vykazující fotoluminiscenci	34
5	Zařízení Recognoil	35
5.1	Princip zařízení	35
5.2	Detekce daktyloskopických stop	37
5.2.1	Přednosti zařízení	38
5.2.2	Nedostatky zařízení	38
5.3	Návrhy vylepšení zařízení	39
5.3.1	Velikost snímané plochy	39
5.3.2	Odstínění okolního světla	39
5.3.3	Zajištění měřítka	40
5.3.4	Další světelné zdroje	40
5.3.5	Zaostření	40
5.3.6	Fotoaparát	41
5.3.7	Zvýšení mobility a flexibility zařízení	41
5.3.8	Automatické převádění snímků	42
6	Závěr	43
7	Seznam použitých zdrojů	44
8	Seznam obrázků	46
9	Seznam tabulek	47

1 Úvod

Role daktyloskopie v kriminalistické praxi je klíčová. V mnoha případech vede právě identifikace pomocí daktyloskopických stop k usvědčení pachatele trestného činu. Sběr stop je ale dosud stále zdoluhavý a pracný proces, vyžadující kombinaci mnoha prostředků. Je tedy na místě neodkladný požadavek na vývoj stávajících metod, nebo vyvinutí metody zcela nové, která by prováděnou identifikaci zefektivnila jak z časového, tak materiálního hlediska.

Tato bakalářská práce seznámí s problematikou detekce latentních daktyloskopických stop. K jejímu pochopení je třeba popsat vznik a vlastnosti otisků, vysvětlit, na jakých principech jednoznačná identifikace pomocí daktyloskopie stojí a jak se při tomto procesu postupuje. Dávno se již nejedná o záležitost individuální manuální práce člověka, bude proto popsán i automatický systém zpracovávající stopy digitálně. Detekce stop může být prováděna odlišnými, různě efektivními, konvenčními i moderními metodami, které budou uvedeny, zhodnoceny a porovnány. Po důkladném prozkoumání této oblasti bude práce zaměřena na UV-VIS spektrometrii využívající jev luminiscence látek. Bude nastíněna fyzikální podstata metody i jevu luminiscence a uvedeny budou materiály tento jev vykazující. Budou popsány jednotlivé druhy UV záření, jeho zdroje, účinky a využití. Cílem práce následně bude předvést zařízení Recognoil pracující právě na principu UV-VIS spektrometrie. Mimo průmyslovou aplikaci má tento přístroj vysoký potenciál využití v kriminalistické praxi. Tento potenciál, výhody a nevýhody zařízení budou zhodnoceny.

2 Daktyloskopické stopy

2.1 Historie daktyloskopie

Otisky prstů jako prostředek identifikace se používaly již v dávných dobách, kdy se například připojovaly k oficiálním dokumentům pro zabránění padělání. Vědecké poznatky vznikaly ale až od 17. století. První ucelený popis a klasifikace se objevily v práci českého učenice Jana Evangelisty Purkyně z roku 1823. Jeho zájem o problematiku byl ale zejména z pohledu fyziologie, možnost aplikace v kriminalistické praxi začala být zvažována až o několik desetiletí později. K oficiálnímu zavedení daktyloskopie v soudní praxi došlo na počátku dvacátého století. Pro svou efektivnost si daktyloskopie zachovala důležité postavení i se vznikem modernějších metod. [4]

2.2 Vznik daktyloskopických stop

Daktyloskopickými stopami se rozumí otisk či vtisk tzv. papilárních linií. Papilární linie jsou funkční útvary spojené s vylučováním potu a hmatovými vlastnostmi končetin, zajišťující tření při dotyku s předmětem. Na lidském těle se tvoří na prstech, dlaních a chodidlech.

Nejčastější jsou otisky posledních článků prstů rukou. Na nich papilární výstupky dosahují výšky 0,1–0,4 mm a šířky 0,2–0,7 mm a tvoří charakteristické reliéfní obrazce. [1] [2]

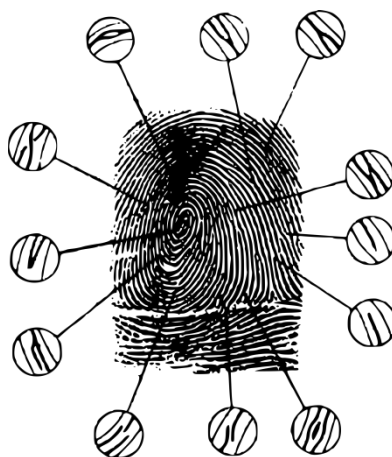
2.3 Vlastnosti a klasifikace daktyloskopických stop

Daktyloskopická stopa může být otisk prstu na povrchu předmětů, takové stopy se nazývají plošné. Dále mohou být stopy objemové, kdy dochází ke vtisku reliéfu linií do předmětů s plastickým povrchem. Plošné stopy se dále dělí na navrstvené a odvrstvené (například ulpění prachových částic z povrchu předmětu na prstu). Dle viditelnosti se pak rozlišují navrstvené stopy viditelné (vzniklé např. krví) či tzv. latentní, prostým okem neviditelné. [1]

2.4 Vlastnosti papilárních obrazců

Obrazce tvořené papilárními liniemi jsou zkoumány ve třech úrovních detailů. V první úrovni jsou to vzory obrazců. Jsou dobře rozpoznatelné na první pohled a umožňují prvotní dělení otisků do skupin, užitečné spíše v dřívější době při manuální třídění v daktyloskopické evidenci. Těmito vzory jsou smyčky, oblouky a víry s různou podobou a orientací.

V druhé úrovni jsou pak vyšetřovány změny v liniích vzniklé jejich vzájemným křížením, větvením apod. Tyto detaily se nazývají markanty a jejich výskyt je klíčový pro samotnou identifikaci otisku. Vyznačení markantů v otisku prstu ukazuje Obrázek 1. Aby daktyloskopická stopa byla tzv. upotřebitelná, neboli samostatně a jednoznačně prokazující identifikaci, musí obsahovat minimálně deset markantů. Přehled jednotlivých typů markantů se nachází na Obrázku 2.



Obrázek 1: Daktyloskopické markanty v otisku prstu [1]

krátká linie	začátek a konec	háček	můstek	křížení	zdvojení	posunutí
dvojitá vidlice	trojitá vidlice	tečka	očko	ostrůvek	ostrůvek s čárkou	uzavřená smyčka

Obrázek 2: Typy daktyloskopických markantů [4]

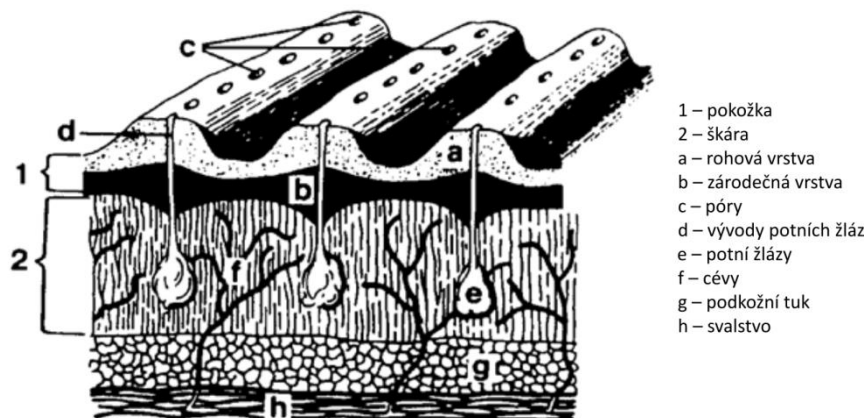
Základem využitelnosti daktyloskopických stop pro spolehlivou identifikaci jsou jejich následující vlastnosti:

1. Relativní neměnnost

Papilární obrazce se u člověka plně formují v sedmém měsíci vývoje plodu. Následně po celý jeho život zůstávají relativně neměnné. Dochází samozřejmě ke změnám absolutní velikosti prstů a tím i papilárních obrazců. Relativní vzdálenosti mezi liniemi, vyskytující se markanty a jejich relativní vzdálenosti se ale zachovávají. Pouze s pokročilým věkem jsou obrazce částečně narušeny vráskami.

2. Relativní neodstranitelnost

Povrchovým poraněním kůže, jako je popálení, odření či pořezání, dojde k narušení či změně papilárních obrazců pouze dočasně, po zhojení se pokožka s papilárními liniemi vždy obnoví v původní podobě, včetně markantů. Aby došlo k trvalým změnám či odstranění obrazců, musela by být odstraněna zárodečná vrstva kůže, která obnovu zajišťuje. Struktura vrstev kůže je zobrazena na Obrázku 3.



Obrázek 3: Struktura kůže s papilárními liniemi [1]

3. Relativní individuálnost

Teoretický počet možných kombinací rozložení větvení a ukončení papilárních linií – markantů – je tak vysoký, že výskyt identických obrazců u dvou osob vzhledem k počtu lidí na Zemi je vysoce nepravděpodobný. Dokonce ani otisky jednovaječných dvojčat se neshodují, nemusí se ani podobat.

V nejdetailejším pohledu pak mohou být zkoumány změny v průběhu papilárních linií, jejich tvar, změna šířky a výskyt pórů (viz Obrázek 4). [1] [3] [4]



Obrázek 4: Výskyt pórů v průběhu papilárních linií [7]

2.5 Latentní daktyloskopické stopy

Latentní otisky jsou při běžném osvětlení prostým okem neviditelné nebo jen stěží viditelné. Takové stopy jsou zanechávány nejčastěji a na rozdíl od viditelných stop vyžadují sofistikovanější metody zajišťování. Jsou tvořeny nejčastěji potem, mohou ale obsahovat i další chemické látky a také nečistoty. [1]

2.5.1 Složení latentních stop

Latentní otisk je směs látek pocházejících z různých zdrojů či procesů. Jedná se o látky vylučované potními žlázami, dále ty související s regenerací kůže nebo sloučeniny z okolí. Poznatky o složení výparku potu tvořícího otisk daly možnost vzniku různých metod detekce latentních otisků, které jsou založené právě na přítomnosti některé z těchto látek.

Potní žlázy vylučují pot skrze póry přímo na povrch pokožky. Pot je z 99 % tvořen vodou. Dále obsahuje množství organických i anorganických látek v různých poměrech, závislých na věku, pohlaví, životním stylu i zdravotním stavu jedince. Nejhojněji zastoupené jsou bílkoviny, aminokyseliny, lipidy, mastné kyseliny, soli, dále kyselina mléčná, močovina, některé vitaminy. V souvislosti s funkcí kůže a její obnovou se ve směsi objevují keratiny, antimikrobiální peptidy, cholesterol a další. Látkami pocházejícími z vnějšího prostředí vyskytujícími se v otisku pak bývají kosmetické přípravky, mastnota pocházející z jiných částí těla, zbytkové látky z potravin nebo návykové látky, nejčastěji nikotin. [1] [2]

2.5.2 Kvalita latentních stop

Kvalita a časová stálost otisků je limitována různými faktory, ať už vlastnostmi prostředí, či vlastnostmi povrchu předmětu, na kterém se otisk nachází. Do jisté míry, v porovnání s ostatními stopami, může být na základě stavu otisku odhadnuto jeho stáří (zda se jedná o stopu čerstvou nebo starší).

Nejkvalitnější otisky vznikají na hladkých, pevných a nenasákavých materiálech. Mezi ně patří sklo, keramika, kovy, různé materiály opatřené nátěry, některé plasty a druhy papíru. Nasákavé hrubé materiály jako jsou hrubé dřevo, tkaniny, stavební materiály, hrubý papír s sebou naopak nesou problémy a stopy mají mizivou informační hodnotu.

Na časovou stálost mají vliv chemické složení otisku, mastné stopy jsou mnohem trvanlivější než ty jen od potu, a dále vlastnosti prostředí jako teplota a vlhkost okolního vzduchu, působení vody. Při vyšší vlhkosti vzduchu je odpařování pomalejší a stopa je tedy trvanlivější. Při nízké vlhkosti vzduchu, s rostoucí teplotou a přímým vlivem slunečního záření či prouděním vzduchu se trvanlivost stopy výrazně zkracuje. Při působení vody záleží na složení otisku, potní otisky se rozpustí, zatímco potně-tukové si zachovávají dostatečnou informační

hodnotu. Prašnost prostředí má urychlující účinek na vysychání stop. Rovněž přítomnost mikroorganismů má negativní vliv na trvanlivost, neboť mikroorganismy vyvolávají rozklad tuků.

Z důvodu postupné degradace stop je tedy důležité zpracovat je co nejdříve je to možné, nejlépe přímo na místě, nebo předměty bez odkladu zaslat k laboratornímu zkoumání. [4]

2.6 Evidence daktyloskopických stop

První daktyloskopické karty začaly vznikat na počátku 20. století. Jejich shromažďováním byly vytvářeny daktyloskopické sbírky. S přibývajícím počtem karet se rozvíjel systém jejich třídění ve sbírkách do skupin a podskupin. Základní dělení bylo prováděno na základě vzorů v obrazcích papilárních linií. Proces identifikace stopy byl velmi časově náročný a navíc mohlo dojít pouze ke komparaci stopy, kterou bylo možno zařadit do některé z kategorií. Daktyloskopický technik při identifikaci stopy zkoumal markanty v ní obsažené, jejich typ, velikost, polohu a orientaci. Aby byla identifikace platná, musela se identifikovaná stopa se známou stopou ve sbírce shodovat minimálně v 10 markantech. Navíc žádná rozdílnost v obrazcích linií nesměla být nevysvětlitelná (příčinami např. mechanismus vzniku otisku, možné poranění pokožky).

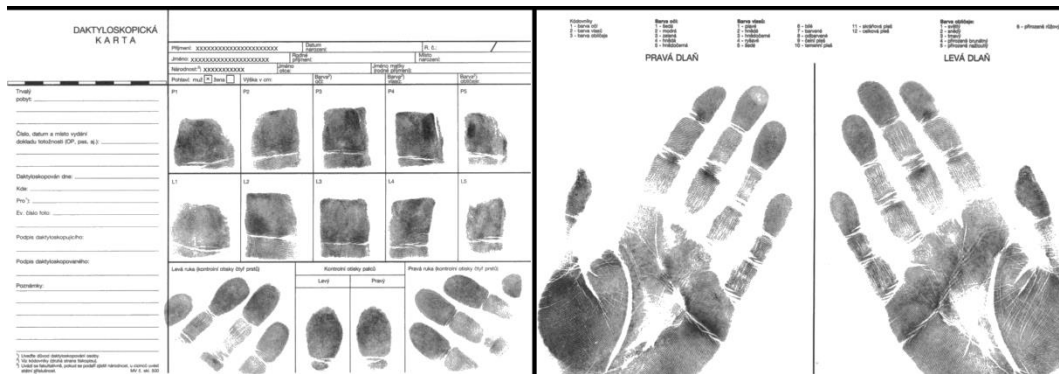
V 60. letech byla poprvé představena elektronická podoba databáze, umožňující navíc automatické vyhledávání shod v otiscích, tzv. AFIS (z angl. Automated fingerprint identification system). Na Kriministickém ústavu v Praze byl nainstalován v roce 1994 AFIS 2000 od tehdejší americké firmy Printrak. Tento zlom v daktyloskopii přinesl do praxe značné urychlení prací a vykompenzoval nedostačující počet zkušených expertů. V průběhu let došlo k aktualizacím systému, významná změna nastala v roce 2008, kdy byla zakoupena verze systému AFIS-BIS, obsahující kromě otisků prstů rovněž otisky dlaní. Obecný trend vede k dalšímu spojování identifikačních databází založených na nejrůznějších biometrických znacích, s cílem zefektivnit proces identifikace. [1]

2.6.1 Zpracování daktyloskopických stop systémem AFIS

Fotografie zajištěné daktyloskopické stopy je nejprve nahrána do systému. Systémem jsou automaticky rozpoznány obsažené markanty. Následně provádí obsluhující technik kontrolu. Mohou být doplněny další markanty, které technik považuje za nezbytné, případně naopak odebrány ty neúčelné, nebo ty chybně označené (např. v nečitelném místě stopy). Poté je spuštěno samotné vyhledávání v databázi. Výsledkem je skupina několika nejpodobnějších otisků s odpovídající pravděpodobností shody. Tyto vybrané stopy jsou pak zpracovávány daktyloskopickým technikem individuální komparací. [1]

2.6.2 Podoba systému AFIS

Jednou částí databáze jsou tzv. daktyloskopické karty. Ty obsahují vždy otisky posledních článků všech prstů jednotlivě, poté prstů levé a pravé ruky pohromadě a nakonec obou dlaní i s prsty (viz Obrázek 5).

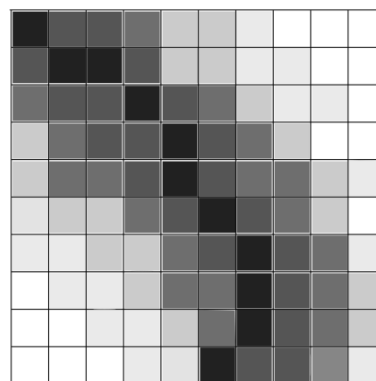


Obrázek 5: Ilustrační zobrazení daktyloskopické karty používané v ČR [4]

Další částí jsou pak záznamy daktyloskopických stop z míst neobjasněných trestných činů. Nově nahrané daktyloskopické karty mohou být tedy porovnávány s dřívějšími záznamy, může být zjištěno, zda daná osoba byla v minulosti daktyloskopována, případně může být přiřazena k záznamu některé z neobjasněných stop. Nově nahraná neznámá stopa pak může být přiřazena buďto k daktyloskopické kartě již evidované osoby, nebo může dojít k propojení se starší neznámou stopou.

Parametry obrázku zajištěné stopy, který se nahrává do systému, jsou pevně dané. Musí se nahrávat obrázky černobílé o rozlišení 500 PPI (z angl. pixels per inch, význam jednotky zřejmý z Obrázku 6).

10 PPI (pixely na palec)

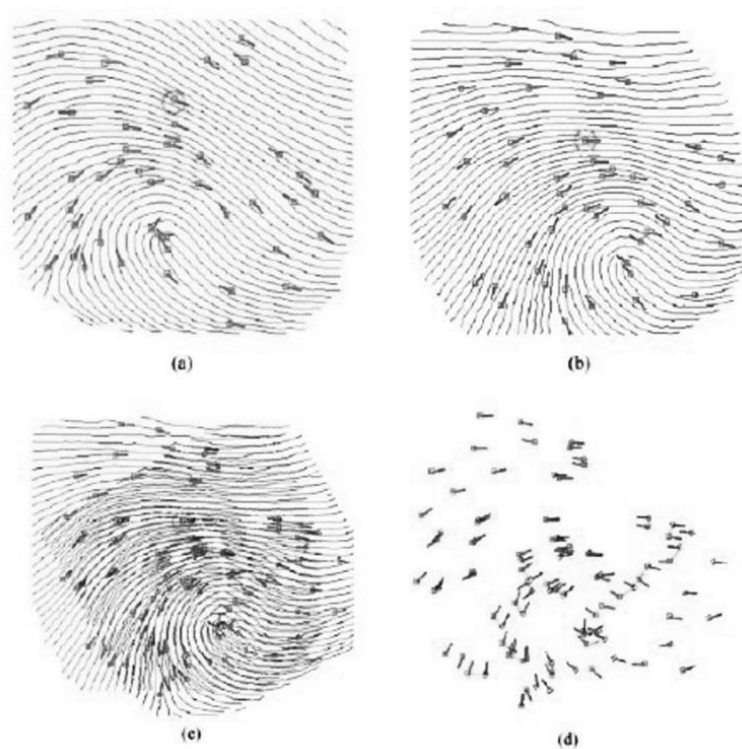


Obrázek 6: Explanace jednotky hustoty pixelů

Dále je bezpodmínečný požadavek na měřítko fotografie vůči zajišťované stopě a to 1:1. Měřítko fotografie musí být zajištěno už při jejím vzniku a nesmí dojít k jeho úpravě. [7]

2.6.3 Přiřazování daktyloskopických stop

Algoritmů při vyhodnocování stop je celá řada, ale jejich běžný sled je následující. V prvním kroku je obrázek ve stupních šedi převeden do černobílé škály. Papilární linie jsou tedy následně vyznačeny černě a prohlubně mezi nimi bíle. Poté jsou vzniklé linie ztenčeny a následně tak dochází k jednoznačnějšímu rozeznání markantů. Je označena jejich poloha a orientace. Výstup pak vypadá podobně jako na Obrázku 7a. Takto zpracovaná stopa se pak porovnává se stopami již v databázi umístěnými. Otisky jsou vzájemně pootáčený pro přesnější shodu a jsou porovnávány umístění a orientace vyznačených markantů. Odpovídají-li si markanty a jejich poloha, systém vyhodnotí míru shody. [7]



Obrázek 7: Přiřazování stop systémem AFIS [7]

(a) vyhledání markantů v neznámé stopě

(b) vyhledání markantů ve známé stopě

(c) překrytí obou stop, vzájemné natáčení

(d) porovnání polohy a orientace markantů

3 Metody detekce latentních otisků

Zajištění viditelných stop s sebou nenesí větší problémy. Prašné stopy (vzniklé ulpěním prachových částic na papilárních liniích při dotyku prstu) po sejmutí daktyloskopickou fólií a barevné stopy (vytvořené buďto navrstvením barvy z papilárních linií na povrch předmětu, nebo naopak odvrstvením částic barvy papilárními liniemi) tak, jak jsou, se zachycují pomocí fotoaparátu. Objemové stopy se rovněž fotografují, za použití vhodného (například šikmého) osvětlení. Naproti tomu latentní otisky si žádají speciální metody. Základní princip pro všechny metody společný je vytvoření kontrastu mezi stopou a jejím nosičem, jednotlivé metody se liší v prostředcích k jeho zajištění. Je využíváno vlastností látek v otisku, jako adheze či chemické povahy (možnost chemické reakce za vzniku barevné sloučeniny), nebo vlastností optických. Výběr metody, případně sledu metod, pak závisí na vlastnostech nosiče daktyloskopické stopy.

Při vyhledávání daktyloskopických stop na místě trestného činu se vychází ze znalostí a zkušeností vyšetřujících kriminalistů. S přihlédnutím k charakteru vyšetřované události je určen způsob ohledání místa. To může být provedeno tzv. po cestě pachatele, kdy jsou postupně zkoumány místa pravděpodobného pohybu pachatele a hledány na nich stopy. Lze například předpokládat výskyt daktyloskopických stop na dveřích, klíče či dveřové zárubni při vstupu do místnosti. Takto se postupně prošetří všechny předměty až k případnému hlavnímu předmětu útoku (např. zbraň). Postupovat se může vzhledem k situaci i v opačném směru.

Při aplikaci různých metod pro detekci daktyloskopických stop musí být přihlíženo k faktu, že na předmětech se mohou vyskytovat i stopy jiného druhu a jejich možné zaznamenání by mohlo být znemožněno jejich poškozením. Například vzorek DNA degraduje při působení UV záření o kratších vlnových délkách (< 250 nm). Proto by měl být zvážěn postup dokumentace stop a sled jednotlivých činností, aby jich mohlo být zajištěno maximum. Vzorek DNA může být například odebrán před použitím UV záření. [1] [2] [7]

3.1 Optické metody

Pro prvotní ohledání je používáno bílé světlo. Dopadající záření pod různými úhly může odhalit stopy při běžném osvětlení skryté. Dále jsou používány zdroje světla o různé vlnové délce, které odhalují nejen daktyloskopické, ale i další stopy. Přehled se nachází na Obrázku 8. Spolu se světly je třeba použít speciální filtry, ať už v podobě brýlí pro přímé pozorování, nebo filtry pro fotoaparát. Často je nutné pracovat za tmy, aby pozorování nebylo rušeno denním světlem. [1]

SVĚTLO FOXFURY	UV 365-395 nm	445-470 nm	495-532 nm	IR 850 nm	BÍLÉ SVĚTLO
URČENO PRO VYHLEDÁVÁNÍ	Látky urychlující hoření, přírodní a UV barviva, UV dakt. prášky, pokousání, hematomy sérologie	Biologické skvrny na bílém pozadí, základní žluté, krev, povýstřelové zplodiny, vlasy, vlákna	Zvýraznění stop vyvolaných ninhydrinem, vlákna, otisky prstů	Vlasy, sporné dokumenty, povýstřelové zplodiny, kousnutí a hematomy	Obecné - univerzální použití, ohledání, zkoumání

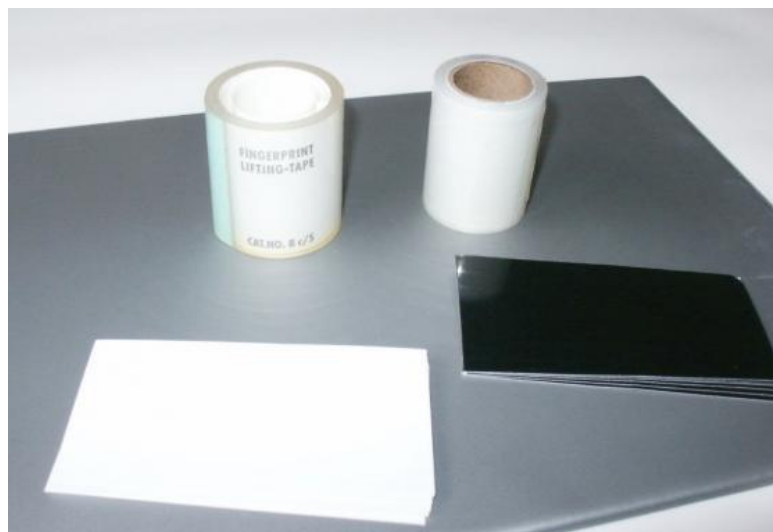
Obrázek 8: Přehled kriminalistického osvětlení [16]

3.2 Práškové metody

Principem práškových metod je rozdílná adheze (přilnavost) čistého povrchu a látek tvořících otisk. Na předmět je jemným štětečkem nanášen prášek z jemných částic ve vodě nerozpustné látky. Na otisku ulpívá malé množství částic prášku a stopa je tak ať už přímo, nebo například za pozdějšího použití speciálního osvětlení, zviditelněna a vyfotografována. Následně je pro její uchování stopa sejmuta daktyloskopickou páskou či želatinovou fólií. Daktyloskopických prášků je celá řada, jejich použití se liší dle typu materiálu (kov, papír, plasty), jeho povrchu (porézní, neporézní) a jeho barvy.

Riziko spojené s práškovými metodami spočívá v možném poškození stop při nanášení prášku štětečkem. Musí probíhat velmi jemně a pečlivě. Toto riziko eliminuje například aplikace prášku ve spreji. Značnou nevýhodou práškových metod je jejich časová náročnost. Dalším rizikem je také možnost, že po získání určitého množství stop už vzhledem k náročnosti metod technik s hledáním dalších stop přestane a mohou být tak na místě zanechány klíčové důkazy. Látky některých prášků mohou být také ohrožující pro zdraví pracovníka, proto se jejich použití omezuje, musí být používány ochranné pomůcky a dodržen bezpečnostní postup. Dále vzhledem k rozmanitosti povrchů a s ní spojenými limity použití prášků dosahuje sada všech potřebných věcí značných rozměrů. Prášky se také musí neustále doplňovat a opotřebované nástroje obměňovat.

Daktyloskopickou páskou je snadné sejmout stopu i z nerovinných povrchů. Pro použití je potřebné množství pásky odstřiženo a spolu se zajištěným otiskem nalepeno na pozadí barvy v závislosti na použitém prášku. Cena pásky o šířce 5 cm a délce 9 metrů je 160 Kč. Pozadí je vyrobeno z lakovaného papíru a balení 100 kusů o rozměrech 14x21 cm stojí 50 Kč.



Obrázek 9: Daktyloskopická páska s černým a bílým pozadím [9]

Želatinové folie jsou alternativou pásek a jejich výhoda spočívá v tom, že tenká vrstva želatiny umožní sejmout stopy i z texturovaného povrchu, neboť k němu dobře přilne. Jsou dodávány včetně kontrastního černého nebo bílého pozadí (fólie je z pozadí odlepena a po použití zase nalepena zpět) a jejich cena za 12 kusů o rozměrech 10x10 cm je 246 Kč. [1] [8] [9]

3.2.1 Konvenční prášky

Konvenční prášky se používají k zajištění kontrastu samotnou aplikací bez využití dalších metod. Nejčastěji používaným je tzv. argentorát. Jedná se o jemně mletý hliník, je tedy barvy stříbrné. Dobré výsledky zajišťuje na předmětech s hladkým a lesklým povrchem, na skle, lakovaných površích. Jeho cena se pohybuje okolo 500 korun za 500 ml balení. Nanáší se štětci ze skelných vláken, které mají delší trvanlivost než dříve používané štětce ze srsti nejrůznějších živočichů.

Dalšími používanými zástupci konvenčních prášků jsou kontrastní bílý prášek Blancopodium a tmavě modrý Noctapodium. Jejich cena je okolo 150 Kč za 50 ml. [1] [8]

3.2.2 Duální „purpose“ prášky

Tento druh prášku má dvojí použití a je vhodný pro povrchy, u kterých není jistá kvalita výsledného kontrastu, například pro povrch barevný a vzorovaný. Prášek totiž může být použit zaprvé konvenčním způsobem, kdy je vytvořen kontrast přímo jeho aplikací v černé nebo bílé

variantě. Zadruhé, pokud je stopa pouze po nanesení prášku málo kontrastní pro zadokumentování, může být použito UV záření o vlnové délce 366 nm, prášek pak zeleně fluoreskuje a s vyfotografováním už není problém (viz Obrázek 9). Cena je pak 408 Kč/471 Kč pro černý/bílý prášek za 100 ml balení. [8] [9]



Obrázek 10: Fluorescence duálního „purpose“ černého prášku při UV osvětlení [10]

3.2.3 Magnetické prášky

Tyto prášky se skládají z jemně mletých částic feromagnetické látky a částic pigmentu, případně dalších látek. Díky pigmentu jimi stopy mohou být zviditelněné přímo, barevná škála je poměrně široká, nebo některé prášky navíc obsahují ještě například fluorescenční složku a při použití UV záření je pak kontrast mezi stopou a nosičem výraznější.

Nanáší se speciálními magnetickými aplikátory. Tento způsob aplikace je šetrný, eliminuje riziko poškození stopy, neboť vrstva částic prášku ulpívající na aplikátoru je dobře poddajná a na stopu se také přenesou jen potřebné množství prášku (síly adhezivní překonají sílu magnetickou). Zobrazení je tedy velmi jemné. Některé aplikátory mají dokonce nastavitelnou sílu magnetu, takže může být voleno optimální množství nabraného prášku.

Jejich použití je ze zřejmých důvodů možné jen na nemagnetickém povrchu a cena těchto prášků je vysoká, 150 Kč za 30 ml balení. [1] [8] [9]

3.2.4 Prášky ve spreji

Nanášení prášku ve formě spreje s sebou nese šetrnost vůči zviditelňované stopě a rovněž nabízí v porovnání se štětcovou aplikací efektivnější ošetření větších ploch. V dostání jsou ve stříbrné variantě pro tmavé povrchy a černé pro povrchy světlé. Cena je 243 Kč za 150 ml balení. [8] [9]

3.2.5 Tekutý prášek WET POWDER

Jedná se o tekutý prostředek na bázi molybdenu s částicemi pigmentu. Používá se pro neporézní materiály. Přednost jejich použití je pro předměty, které přišly do kontaktu s vodou (typicky karoserie auta, skleněné a plastové předměty v interiéru). Po rovnoměrné aplikaci je vzorek opláchnut vodou. Vyvolaný otisk se standardně vyfotografuje a po vysušení je možno stopu sejmut daktyloskopickou fólií.

Barevné varianty pigmentu jsou černá, bílá nebo fluoreskující pod UV osvětlením. Cena je 1232 Kč za 250 ml balení. [1] [8] [9]



Obrázek 11: Otisky vyvolané na dveřích automobilu za použití bílé varianty WET PRINT [10]

3.2.6 Daktyloskopické štětce

Konvenční univerzální štětce používané k aplikaci daktyloskopických prášků jsou vyráběny ze srsti zvířat. Běžnými variantami jsou veverčí a velbloudí vlas. Další možností je přírodní peří, které je na štětci ponecháno v původním nepravidelném tvaru a je možno štětec přizpůsobit zastřihnutím konkrétní aplikaci.



Obrázek 12: Konvenční daktyloskopické štětce [9]

(v pořadí veverčí vlas, velbloudí vlas, peří)

Mezi materiály moderních štětců patří skleněné a uhlíkové vlákno. Předností těchto materiálů je rovněž odolnost proti vlhkosti a naleptání, o které u těch konvenčních nemůže být řeč. Štětce ze skleněného vlákna jsou bílé barvy a jsou nejjemnější. Jejich výhodou je, že velký počet jemných vláken pojme větší množství prášku, který ale zároveň nadměrně neulpívá na stopě, a tak nemusí být prášek doplňován tak často. Štětce z uhlíkového vlákna jsou černé. Uhlíkové vlákno je hladké a jeho nízká povrchová přilnavost předurčuje použití těchto štětců pro použití více druhů prášků po sobě bez nutnosti mít štětců větší počet. [9]



Obrázek 13: Moderní daktyloskopické štětce [9]
(vlevo skleněné vlákno, vpravo uhlíkové vlákno)

3.3 Chemické metody

Základem je chemická reakce mezi přidanou chemikálií a některé ze složek potu za vzniku sloučeniny opět kontrastní barvy. Výhodné je použití chemické metody na porézním materiálu, jako třeba papíru.

3.3.1 Ninhydrin

Jedná se o nejstarší a nejběžněji používanou metodu. Ninhydrin reaguje s aminokyselinami, které po odpaření vody pevně ulpívají na celulóze obsažené v papíru. To má za následek vysokou trvanlivost těchto stop, která je až několik desítek let. Koncentrace aminokyselin v potu jedinců se liší a kvalita zviditelnění tedy závisí na původci otisku.

Ninhydrin jako takový je bezbarvá krystalická látka, snadno rozpustná v polárních rozpouštědlech jako jsou voda nebo methanol. Reakcí s aminokyselinami vzniká sloučenina růžové barvy. Tato sloučenina je citlivá na působení světla a přítomnost kyslíku, proto se ninhydrinem ošetřené vzorky uchovávají na chladném a temném místě. Za ideálních podmínek – při čerstvém otisku na bílém papíře – jsou výsledky výborné, je dosaženo vysokého kontrastu a úrovně detailů. To se mění se stárnocím otiskem, kdy je kontrast následně slabší, nebo

pokud je papír barevný. Poté mohou být aplikovány další metody pro zlepšení tohoto kontrastu. Jsou jimi například použití světla ze zdroje dlouhovlnného UV záření nebo světla z argonového laseru za vyvolání fluorescence.

Aplikace ninhydrinu probíhá buďto nanášením ve formě roztoku přímo, nebo vhodnějším způsobem ve spreji. Další možností je namáčení vzorku v roztoku. Vývoj vzorku by měl probíhat na tmavém místě za vlhkosti 50–80 % 1 až 2 dny. Při nižší okolní vlhkosti musí být použity speciální komory. Pro urychlení reakce je možno vzorek zahřívat, může to mít ale dopad na úroveň výsledného kontrastu.



Obrázek 14: Výsledek použití ninhydrinu

Vzhledem k průběhu reakce spadá použití ninhydrinu mezi laboratorní metody, přímo na místě činu je nevyužitelný. Výhodou je možnost vyvolání i několik desítek let starých stop. Cena ninhydrinu ve spreji je 484 Kč za 250 ml balení. [1] [7] [8] [9]

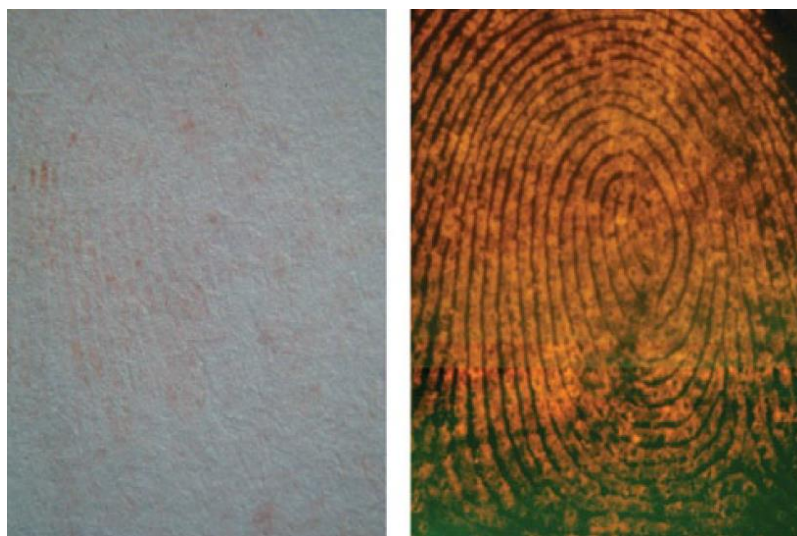
3.3.2 DFO

DFO neboli 1,8-Diazafluoren-9-one stejně jako ninhydrin reaguje s aminokyselinami, ne ale se všemi. Výsledkem metody je červeně nebo růžově za pokojové teploty fluoreskující stopa. Ač není DFO náhražkou ninhydrinu, struktura výsledných sloučenin reakcí se podobá.

Na rozdíl od ninhydrinu je třeba prostředí s nízkou vlhkostí a dále vyšší teplota. Vzhledem k lepší viditelnosti slabě fluoreskující stopy oproti slabě obarvené stopě ninhydrinem je tato metoda úspěšnější. Protože DFO nereaguje se všemi aminokyselinami obsaženými ve výparku, nabízí se následovně použití ninhydrinu pro reakci se zbylými aminokyselinami. Ukázalo se také, že tato sekvence metod je úspěšnější než každá samostatně.

DFO je rovněž ve formě roztoku a aplikace probíhá podobně jako u ninhydrinu. Poté dojde k zahřívání při 100 °C po dobu 10–20 minut. Pro výraznější kontrast může být použito excitační

osvětlení a následné záření fotografováno přes filtr (viz Obrázek 15). Cena se pohybuje okolo 1600 Kč za 250 ml balení. [7] [9]



Obrázek 15: Stopa ošetřená DFO při denním a speciálním světle [7]

3.4 Fyzikálně-chemické metody

Tyto metody jsou založené na jevu, kdy chemické sloučeniny ulpívají na vzorku v místě papilárních linií otisku. Dominantním zástupcem tohoto typu metod je použití par kyanoakrylátu.

3.4.1 Kyanoakrylátová komora

Kyanoakrylát se běžně používá jako tzv. vteřinové lepidlo. Již výzkumy v 70. letech objevily jeho možné použití ke zvýrazňování daktyloskopických stop. Tento proces probíhá postupně. V prvním kroku se na aminokyseliny a karboxylové skupiny v potním otisku váží monomery kyanoakrylátu. Poté navazováním dalších monomerů vznikají dlouhé řetězce, dochází k polymerizaci.

Proces probíhá ve speciálních komorách, které jsou různě propracované a různé velikosti. Tekutý kyanoakrylát je zahříván a jeho páry v komoře stoupají. Jejich rychlým chladnutím klesají ke dnu komory, je proto zapotřebí zajistit jejich cirkulaci a rovnoměrné rozložení v komoře, aby mohlo dojít k usazování na stopách na vloženém předmětu. Řízena je v nich také teplota a vlhkost. Případným snižováním tlaku v komoře, s následkem snížení bodu varu kyanoakrylátu, dojde k urychlení procesu.

Výsledky se dostavují během několika minut a mohou být viditelné prostým okem. Pro upotřebitelné zachycení fotoaparátem většinou ale musí být použity další metody pro

zvýraznění. Typicky je to použití specifického osvětlení nebo aplikace fluorescenčního barviva, případně v poslední řadě pak použití daktyloskopického prášku a sejmutí fólií.

Metoda kyanoakrylátových par je použitelná pro širokou škálu neporézních materiálů, jako jsou sklo, kovy, křídový papír, plasty. Dobrých výsledků je dosahováno i na drsných plochách. Vzhledem k charakteru používané látky je zapotřebí důkladné používání ochranných pomůcek. Rozměry předmětu, na kterých má dojít ke zviditelnění stop, jsou vzhledem k velikosti komory omezené.

Příkladem kyanoakrylátové komory je MVC 1000 britského výrobce Foster + Freeman Ltd (viz Obrázek 16). Jedná se o menší komoru, její vnitřní rozměry jsou: výška 700 mm, šířka 550 mm, hloubka 573 mm. Cirkulace vnitřního vzduchu zajišťuje ventilátor a izolaci kyanoakrylátu vůči okolnímu prostředí zabezpečuje automatický uhlíkový filtrační systém. Vlhkost je nastavitelná mezi 60 a 90 %. Výchozí doba expozice kyanoakrylátem je 15 minut, jinak je nastavitelná v rozmezí 3–90 minut. Cena tohoto zařízení je 400 000 Kč. [1] [7] [11]



Obrázek 16: Kyanoakrylátová komora MVC 1000 [11]

3.5 Hmotnostní spektrometrie

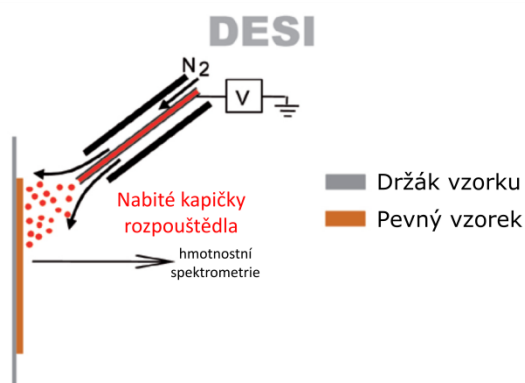
Tyto metody spadají do oblasti analytické chemie. Molekuly látek tvořících otisk jsou nejprve ionizovány. Následně jsou vzniklé ionty separovány hmotnostním analyzátozem a detektor pak postupně dopadající ionty (ty lehčí dopadají dříve) mění na elektrický signál. Výsledkem je tzv. hmotnostní spektrum vypovídající o elementárním složení dílčího bodu vzorku. Skládáním těchto spekter pro celý vzorek v určitém rozlišení pak mohou být konstruovány obrazce papilárních linií tvořené detekovanými sloučeninami.

Výhodou výsledků těchto metod je, že obsahují mnohem více informací o otisku, než kolik mohou zajistit konvenční metody. Na základně analýzy sloučenin ve stopě lze zjistit doplňkové

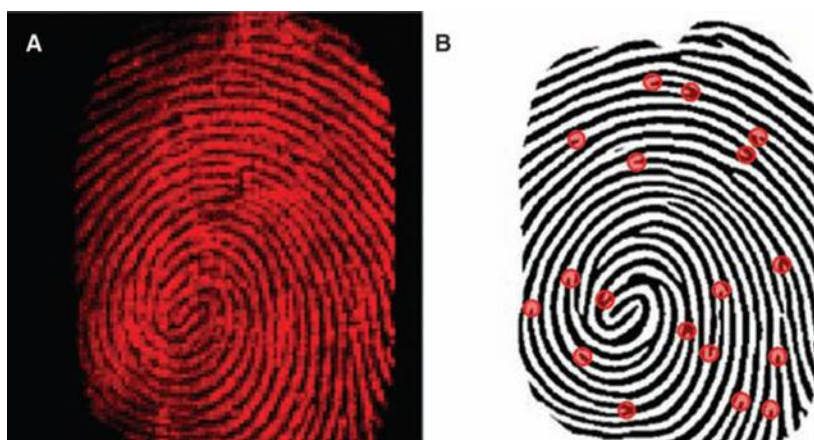
informace o pachateli, jako pohlaví, přibližné stáří, stravovací návyky, případné užívání drog a mohou být rovněž objeveny látky související s průběhem činu, například zplodiny po střelbě. Rovněž na základě faktu, že pot různých osob se liší, mohou být odlišeny překrývající se otisky. Jedná se ale o proveditelné pouze v laboratorních podmínkách. [2]

3.5.1 Desorpční ionizace elektrosprejem (DESI)

Jedná se o způsob ionizace částic před samotnou analýzou hmotnostní spektrometrií. Nabité kapičky jsou za pomoci plynu z elektrospreje vháněny k povrchu vzorku pod určitým úhlem (viz Obrázek 17). Ostřelováním částic na povrchu vzorku vzniknou nové nabitě částice, které jsou poté analyzovány. Snímek na Obrázku 18 v části A byl vytvořen touto metodou. Ukazuje přítomnost kokainu v otisku. Velikost jednotlivě analyzovaných elementů je $150\ \mu\text{m} \times 150\ \mu\text{m}$. To odpovídá rozlišení přibližně 170 PPI, které je nedostatečné. Při softwarové úpravě snímku (viz Obrázek 18 část B) pak může dojít ke vzniku nepřesností. [12]



Obrázek 17: Desorpční ionizace elektrosprejem [12]

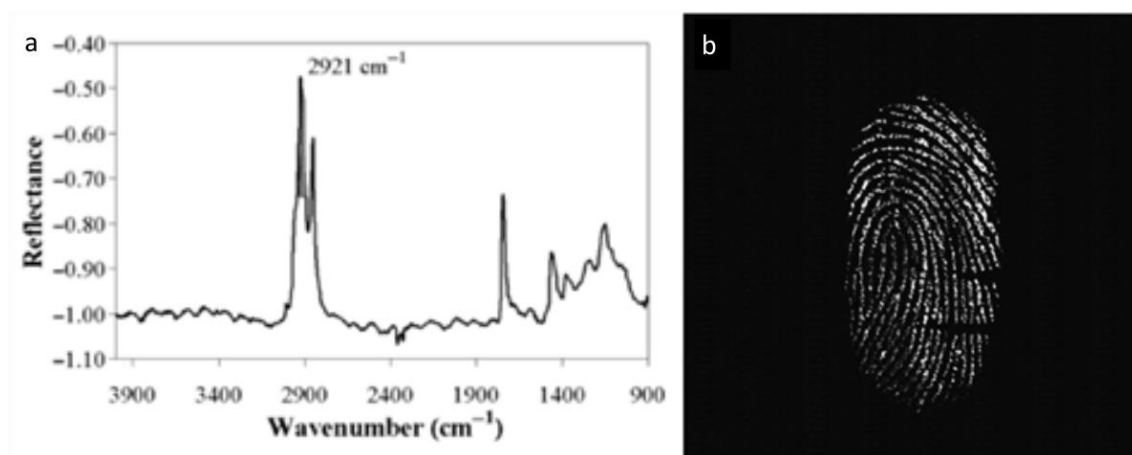


Obrázek 18: Výsledek metody hmotnostní spektrometrie za použití desorpční ionizace elektrosprejem [12]

3.6 Infračervená spektrometrie

Principem metod je absorpce záření různými látkami různou měrou. Je využíváno záření infračerveného (vlnová délka 780 nm–1 mm). Výstup této metody v základu zobrazuje oblast vzorku 700x700 μm . Softwarovým skládáním těchto elementárních částí (tzv. dlaždic) pak lze pak v závislosti na použitém přístroji získat obrázek libovolné velikosti.

IR zářič ozáří povrch předmětu s otiskem, odražené záření je pak zaznamenáno detektorem. Porovnáním spekter těchto záření je pak vyhodnocena odrazivost vzorku (viz Obrázek 19a). Absorpce záření o vlnočtu 2 921 cm^{-1} (převrácená hodnota vlnové délky, odpovídá vlnové délce 3 423 nm) je charakteristická pro C-H skupiny, obsažené ve sloučeninách otisku. Následně je pak vygenerován snímek vzorku (viz Obrázek 19b). Dobrých výsledků je dosahováno zejména u kovových a keramických materiálů, které tuto oblast záření nepohlcují a je tedy dosahováno vysokého kontrastu mezi podkladem a otiskem.



Obrázek 19: Výstup metody IR spektrometrie [5]
(Reflectance – odrazivost; Wavenumber – vlnočť)

Množství informací o chemickém složení otisku umožňuje tato metoda podobně jako hmotnostní spektrometrie, na rozdíl od ní se ale jedná o plně nedestruktivní metodu a nebrání tedy případné další analýze stop. Sama o sobě metoda nevyžaduje laboratorní podmínky, ale vzhledem k velikosti přístrojů zajišťujících uspokojivé rozlišení a velikost snímané plochy její použití mimo laboratoř není reálné. Je zapotřebí vysoká stabilita laserů a citlivost detektorů, to má za následek finanční náročnost a právě velikost přístrojů neumožňující snadnou mobilitu a použití v terénu. [2] [3] [5]

3.7 HSI snímač + CW laser

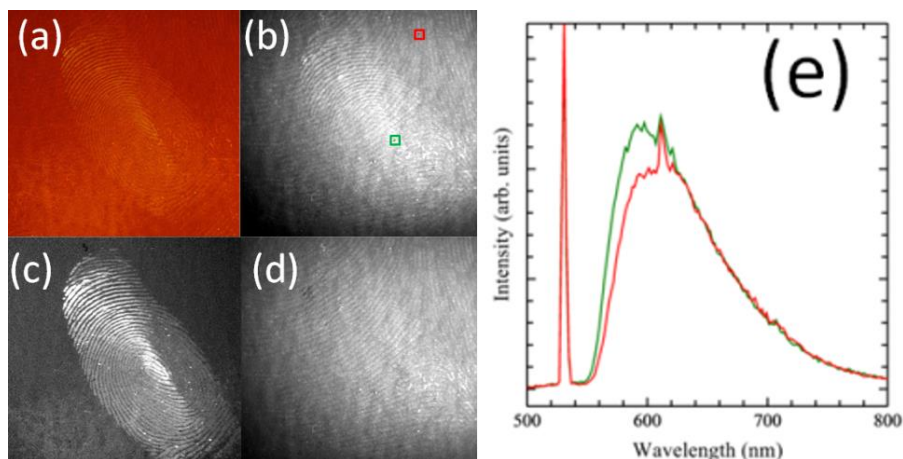
HSI neboli hyperspektrální zobrazování je metoda, která v krátkém čase umožňuje zaznamenat světelné spektrum každého pixelu snímané oblasti a následně konstruovat snímky. Již dříve byl hyperspektrální snímač používán po aplikaci konvenčních chemických metod pro zlepšení výsledků detekce otisků oproti běžnému fotografování ošetřených stop. Nedestruktivní variantou je pak namísto chemického ošetření použití ozáření zeleným CW (kontinuálním) laserem.

Na povrch předmětu dopadá z CW laseru o výkonu 4 W záření o vlnové délce 532 nm. Absorpcí energie tohoto záření dojde k excitaci částic látek na povrchu předmětu, a protože je pak excitovaný stav částic nestabilní, při návratu do ustáleného stavu je přebytečná energie vyzářena a dochází k fluorescenci. Toto záření je zaznamenáváno právě HSI zařízením (viz Obrázek 20). Po vstupu do zařízení je záření rozptýleno a detekováno kamerou. Rekonstrukcí rozmístění zdrojů fluorescenčního záření na povrchu předmětu o jednotlivých pásmech vlnových délek o šířce 10 až 20 nm jsou tvořeny snímky a jejich složením je pak získán výsledný snímek otisku.



Obrázek 20: HSI zařízení a CW laser [6]

Jelikož je fluorescenční spektrum značně ovlivněno stářím otisku (degenerací látek dochází k posunu maxima spektra), lze odlišit staré a nové otisky. Při experimentu byl na starší otisk dlaně nově umístěn otisk prstu a vzorek byl podroben HSI metodě za použití zeleného CW laseru. Výsledky ukazuje Obrázek 21.



Obrázek 21: Separace různě starých otisků pomocí HSI [6]

(Intensity – intenzita; wavelength – vlnová délka)

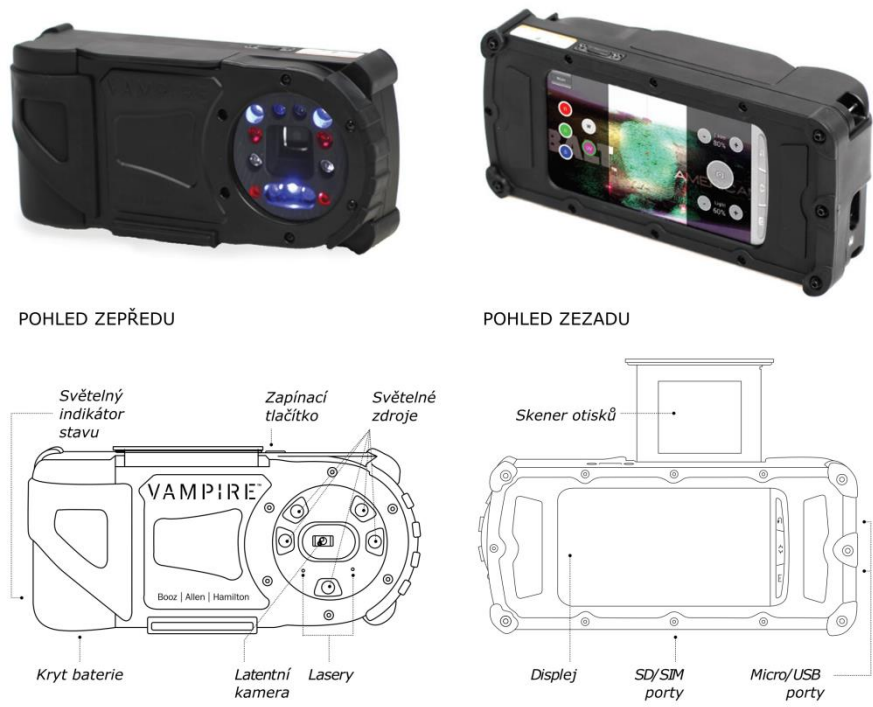
V části (a) je vzorek zachycen digitálním fotoaparátem. Kontrast zobrazení je neuspokojivý a starší stopa je sotva patrná. Část (b) je výsledkem HSI zobrazení pro intenzitu fluorescenčního záření I_{620} (pro vlnovou délku $\lambda_b=620$ nm) a viditelné jsou oba překrývající se otisky. Část (c) je pak zobrazení pro I_{560} , kdy je intenzita f. záření novějšího otisku vyšší. V části (d) pak byla použita $I_{620} - \alpha \cdot I_{560}$, kde α je 1,4. Rozměry snímku jsou 30 x 30 mm a jeho rozlišení 550 PPI, které je dostatečné pro další zpracování.

Při zkoumání kombinace CW laseru a hyperspektrálního zobrazování byly dosaženy dobré výsledky pro ocelové materiály a omítky. Obě zařízení nejsou příliš rozměrná, přesto vzhledem k úzkému použití z hlediska materiálu předmětů jejich velikost není pro použití v terénu vhodná. [6]

3.8 Zařízení VAMPIRE

Zařízení Vampire od americké společnosti Booz Allen je přenosné a kompaktní. Detekce daktyloskopických stop spočívá ve fotografování předmětu za použití volitelného osvětlení. Dále je vestavěna čtečka otisků prstů. Je tak možné do paměti zařízení nahrát otisky případných zadržených osob a stopy z místa činu s nimi ihned porovnat. Díky mechanismu za pomoci laseru je automaticky zachyceno měřítko snímku a není třeba přikládat žádná měřidla fyzicky.

Rozměry zařízení jsou 197 x 89 x 57 mm a hmotnost 1089 g. Světelnými zdroji jsou červené, modré a zelené diody, diody vyzařující bílé světlo a rovněž je zařízení vybaveno zdrojem UV záření. Napájeno je dvěma Li-ion bateriemi (jednou vyjímatelnou, jednou vestavěnou). Kamera zaostřuje automaticky a má rozlišení 16 Mpx. Rozlišení výsledného snímku je volitelně 500 nebo 1000 PPI, což odpovídá požadavkům AFIS systému. [13]



Obrázek 22: Zařízení VAMPIRE [13]

3.9 Zařízení KRIMESITE IMAGER

Samotné zařízení (viz Obrázek 23 vlevo) je soustava čoček a UV filtru s nastavitelnou clonou. Používá se spolu s externí lampou vydávající UV záření o vlnové délce 254 nm. Detekce latentních stop funguje na tom principu, že většina materiálů toto záření pohlcuje, zatímco mastnota a aminokyseliny obsažené v otisku ho odráží a dochází k jeho rozptylu. Rozptýlené záření vstupuje do objektivu a následně je zesilovačem obrazu snížena jeho energie a dojde tak k posunu do viditelné oblasti a je ho poté možné pozorovat v okuláru. Pozadí otisku pohlcující záření je eliminováno a jeví se jako černé a obrazec papilárních linií jako jasně barevný (viz Obrázek 23 vpravo).



Obrázek 23: Zařízení KRIMESITE IMAGER (vlevo – zařízení; vpravo – zviditelnění otisku na barevném časopise) [14]

Pro možnost zaměřit žádanou oblast je součástí zařízení laserové ukazovátko (650 nm, červená barva). Pomocí adaptéru lze k zařízení připojit fotoaparát a zachytit tak zviditelněné otisky. Rukověť zařízení je odnímatelná a lze tak použít stativ. Filtr objektivu je nastavitelný a umožňuje tak i zobrazení a případné fotografování předmětu při běžném osvětlení, mohou tak být pořizovány fotografie určující lokaci stopy na předmětech. Zaostření se provádí ručně a mohou být zkoumány různě vzdálené předměty v rozsahu od 355 mm do nekonečna. Potenciálním rizikem je degradace DNA vzorků tímto krátkovlnným zářením, při dodržení bezpečných vzdáleností a doby expozice je ale eliminováno. Při práci se zdrojem UV záření je zapotřebí používat ochranné pomůcky, jako jsou brýle či štíty. Dobrých výsledků je dosahováno na hladkém neporézním povrchu.

Základní sada se zařízením, 2 UV zdroji, stativem, adaptérem k fotoaparátu, měřítkem k příkládání ke stopám, 2 ochrannými brýlemi a kufrem stojí 320 000 Kč. Fotoaparát není součástí a výsledné náklady se ještě navýší.

Zmenšená a cenově dostupnější verze Pocket Imager má fixní clonu a objektiv je polovičního průměru (viz Obrázek 24 vlevo). Cena sady obdobné té základní je 175 000 Kč.

Komfortnější pozorování zajišťuje verze CYCLOPS, kterou lze pomocí příslušenství připevnit k hlavě a technik má volné obě ruce (viz Obrázek 24 uprostřed). Objektiv má stejný jako zmenšená verze a hmotnost je tak přibližně 0,5 kg. Cena sady je 200 000 Kč.

Zařízení má také laboratorní verzi s názvem LABKAM (viz Obrázek 24 vpravo). Objektiv je stejný jako u základního zařízení a je upevněn na stojanu ve vertikální poloze. Součástí je kamera s rozlišením 8 Mpx, kvalita získaného snímku je 1000 PPI. Zkoumané předměty jsou pokládány na horizontální podložku o rozměrech 512 x 486 mm. Výška sestavy je 889 mm a její hmotnost 19,3 kg. V sadě je dodáván i stolní počítač se softwarem ke zpracování stop a celková cena je 770 000 Kč. [14]



Obrázek 24: Verze zařízení Pocket Imager (vlevo), CYCLOPS (uprostřed) a LABKAM (vpravo) [14]

3.10 Porovnání stávajících metod

Porovnání metod daktyloskopické detekce se nachází v Tabulce 1. Bylo zvoleno 6 kategorií, ve kterých jsou metody seřazeny od nejlepší (1) po nejhorší (10). Těmito kategoriemi jsou velikost příslušného zařízení či pomůcek potřebných k provedení detekce, rozsah použití z hlediska materiálové škály, míra destrukce stopy a okolního prostředí, pracnost pro kriminalistického technika, doba potřebná k provedení metody a cena nákladů spojených s pořízením i provozem zařízení, případně cena potřebných pomůcek. Dále byla zhodnocena potřeba tvorby speciálního vzorku (například přenos fólií na držák vzorku při hmotnostní spektrometrii) a použitelnost metody na místě činu.

Tabulka 1: Srovnání metod detekce daktyloskopických stop

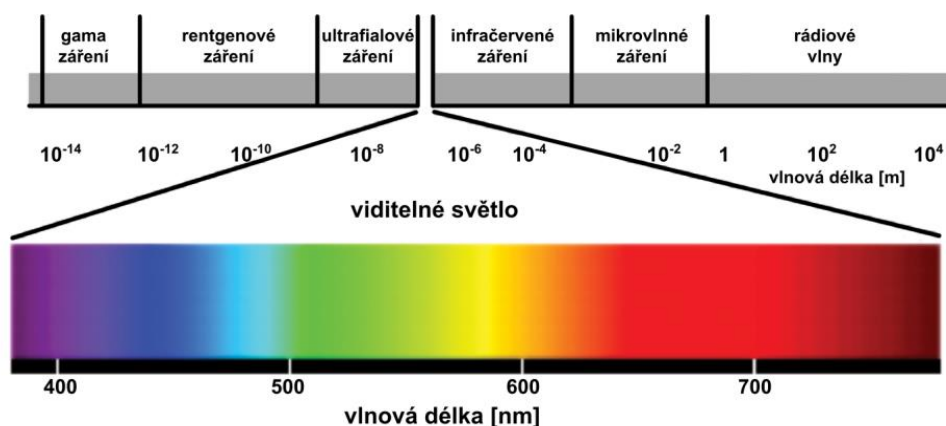
metody	velikost zařízení/ příslušenství	detekovatelné materiály	potřeba speciálního vzorku	destrukce stopy/ prostředí	pracnost pro technika	použitelnost v terénu	čas	cena
optické	3	8	ne	3	3	ano	1	1
práškové	6	6	ne	6	10	ano	5	2
ninhydrin	4	4	ne	10	8	ne	10	3
DFO	5	3	ne	9	9	ne	8	4
kyanoakrylát	8	5	ne	7	4	ne	9	7
hmotnostní spektrometrie	10	1	ano	8	6	ne	7	10
infračervená spektrometrie	9	2	ano	5	5	ne	6	9
HSI + CW	7	10	ne	2	7	ne	4	8
VAMPIRE	1	9	ne	1	1	ano	2	5
KRIMESITE IMAGER	2	7	ne	4	2	ano	3	6

Z porovnání plyne, že žádná ze stávajících metod není všestranně výhodná. Stále je žádoucí hledat a vyvíjet nové metody, které by vynikaly mezi ostatními z maxima možných hledisek.

4 UV spektrometrie

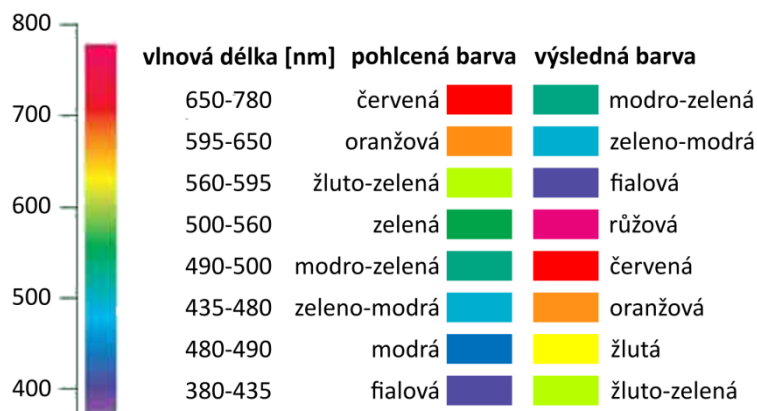
4.1 Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické záření se dle své vlnové délky dělí na jednotlivé druhy a tvoří tak elektromagnetické spektrum (viz Obrázek 25). Nepřímo úměrná vlnové délce je frekvence záření ($\lambda = c \cdot f^{-1}$, kde c je rychlost světla) a jí pak přímo úměrná je jeho energie ($E = h \cdot f$, kde h je Planckova konstanta).



Obrázek 25: Elektromagnetické spektrum [7]

Viditelné spektrum je v rozsahu přibližně od 400 nm (fialová barva) do 780 nm (červená barva). Při dopadu záření na povrch předmětu je určitá část spektra pohlcena a část, která je odražena, pak určuje barvu předmětu vnímanou lidským okem. Přehled je na Obrázku 26.



Obrázek 26: Barvy předmětů v závislosti na pohlceném záření [18]

4.2 UV záření

UV záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou kratší než má viditelné světlo, má tedy vyšší energii. Je vyzařováno Sluncem i umělými zdroji a často ho doprovází světlo viditelné. Jeho vlnová délka se pohybuje v rozmezí 180–400 nm. Dle spektra je UV záření dále děleno na dlouhovlnné UV-A, středněvlnné UV-B a krátkovlnné UV-C. Ač se míra rizika liší, žádný z typů UV záření není pro člověka bezpečný, v různém rozsahu dochází k poškození kůže a očí. Je třeba se před jeho účinky chránit dostupnými prostředky.

UV-A záření má rozsah vlnových délek 320–400 nm. Tvoří 95 % UV záření dopadající na zemský povrch ze Slunce. Jeho umělými zdroji jsou lampy, lasery či diody. Osvětlení v tomto rozsahu vlnových délek je používáno v kriminalistické praxi.

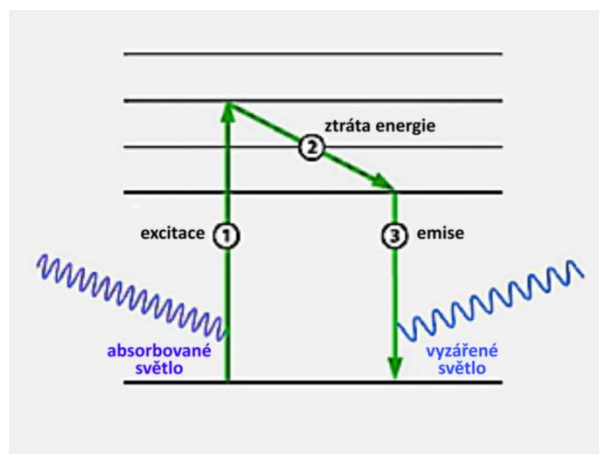
UV-B záření má vlnovou délku 280–320 nm. Při dopadu ze Slunce je pohlcováno zemskou atmosférou a prochází ho pouze asi 10 %. Tvoří tak zbylých 5 % UV záření ze slunečního svitu dopadajícího na zemský povrch. UVB zářiče jsou využívány k léčebným a také kosmetickým účelům.

UV-C záření se vlnovou délkou pohybuje mezi 180 a 280 nm. Tato část spektra slunečního záření je zemskou atmosférou téměř zcela pohlcena. Jeho umělých zdrojů je pro vysokou energii tohoto záření a ionizační účinky využíváno například pro sterilizaci vzduchu, vody, předmětů. [15] [20]

4.3 Luminiscence

Luminiscence je samovolné záření látek vysílané nad rámec rovnovážného tepelného záření. K jejímu vzniku je třeba buzení. Charakterem procesu buzení se liší jednotlivé druhy luminiscence. Luminiscence může být buzena chemickými či biochemickými procesy, elektricky, tepelně, nebo dokonce i mechanickou deformací. Je-li buzena dopadajícím zářením, jedná se o fotoluminiscenci. Dochází k ní u některých materiálů. Dopadající záření předá částicím těchto materiálů část své energie a ty pak přecházejí do vyššího energetického stavu, neboli excitují. Jelikož excitovaný stav není stabilní, dojde následně k návratu do ustáleného stavu a přebytečná energie je vyzářena a dochází k fotoluminiscenci. Pokud tento děj trvá i určitou dobu po přerušení expozice excitačnímu záření, jedná se o fosforescenci. Pokud jev po skončení expozice vymizí, jedná se o fluorescenci.

Emitované záření má vždy větší vlnovou délku (nižší energii) než budící záření. Dochází k tzv. Stokesovu posuvu (schematicky vyjádřeno na Obrázku 27). Rozdíl energie tvoří její část předaná tělesu ve formě tepla.



Obrázek 27: Fotoluminiscence [17]

Fotoluminiscence je s výhodou používána jako bezkontaktní a nedestruktivní metoda zkoumání optických vlastností látek. Intenzita luminiscence obecně stoupá s klesající teplotou. [17] [19]

4.3.1 Materiály vykazující fotoluminiscenci

Jednoznačné kritérium určující schopnost materiálu jevit luminiscenci neexistuje. Z pozorování však vyplývá, že ač se jedná o proces optický, je provázán s elektrickými vlastnostmi látky. Materiály, které jednoznačně luminiscenci nevykazují, jsou materiály vodivé. Spadají sem tedy kovy. Jejich polovodičové nebo nevodivé sloučeniny už ale mohou být fotoluminiscenční.

Fotoluminiscence schopné látky jsou hojně zastoupené mezi organickými sloučeninami. V první řadě jsou to organická barviva. Část pohlceného spektra záření, jehož doplněk určuje barvu v přirozeném světle, je zpětně vydána v podobě fotoluminiscenčního záření o delší vlnové délce (část energie se přemění). Intenzita fotoluminiscence je u organických barviv značná a většinou k jevu dochází i za pokojové teploty. Fotoluminiscence barviv je využívána například pro diagnostické účely v lékařství. Dalšími takovými látkami jsou bílkoviny.

Dále jeví luminiscenci polymery. Může ji vykazovat čistá látka samotná, nebo se může jednat o příměsovou luminiscenci. Za použití UV budícího záření lze na nich pozorovat výraznou fotoluminiscenci pouhým okem. Proces degradace plastů vlivem oxidace vzdušným kyslíkem a vlivem slunečního záření se projevuje v intenzitě a složení fotoluminiscenčního spektra. Fotoluminiscenčního zkoumání je tedy využíváno při sledování degradace nebo při vývoji nových materiálů. V neposlední řadě k fotoluminiscenčním látkám patří polovodiče a nanočástice. [19]

5 Zařízení Recognoil

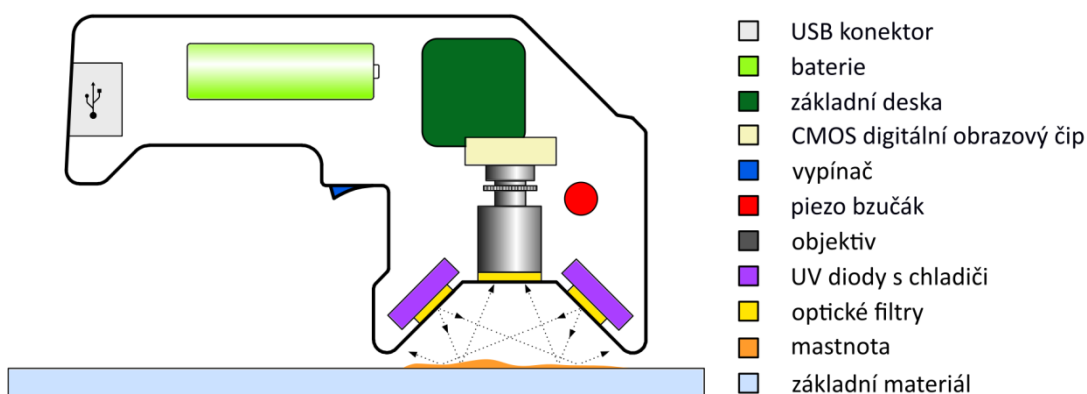
5.1 Princip zařízení

Zařízení slouží k opticko-elektronické analýze povrchu předmětů. Principem jeho činnosti je UV-VIS spektroskopie. Předmět je ozářen UV zářením o vlnové délce 365 nm. V látkách, které mají tu vlastnost, toto záření vyvolá fluorescenci. Fluorescenční záření je pak snímáno kamerou a softwarově vyhodnocováno ve viditelném spektru. Výsledkem je zobrazení povrchu v barevné škále odpovídající intenzitě detekovaného záření. Software zajistí i kvantitativní informace o látkách na povrchu předmětu.

Zařízení je konstruováno jako ruční (viz Obrázek 28). Pro jeho funkci je třeba připojení k počítači či tabletu, ve kterém se nachází software a rovněž je tak zajištěno napájení přístroje. Jeho schéma se nachází na Obrázku 29.



Obrázek 28: Recognoil



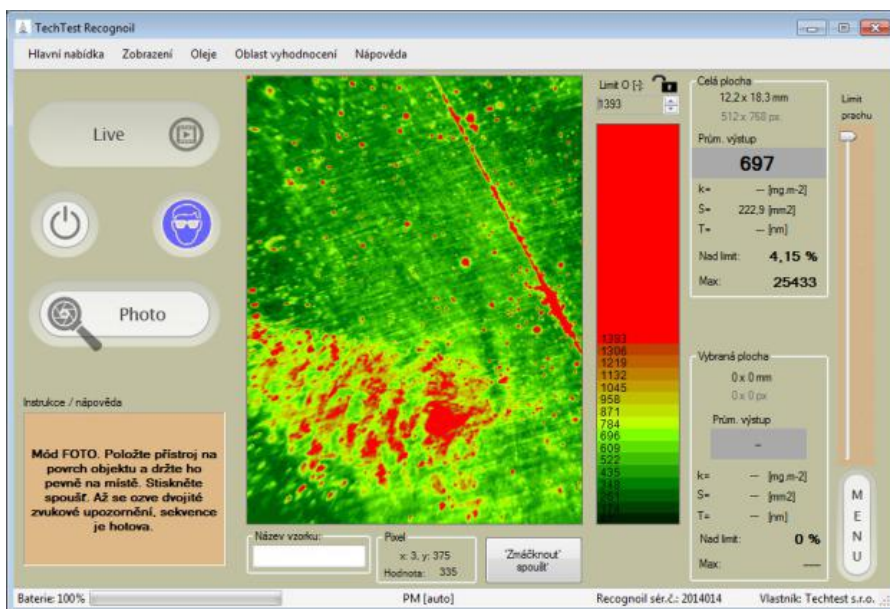
Obrázek 29: Schéma zařízení Recognoil

Zdroji záření jsou dvě UV diody chlazené hliníkovými chladiči. Vůči povrchu jsou orientované pod úhlem 45 ° a záření prochází skrz 365 nm skleněný filtr. Toto záření v např. mastném filmu

na povrchu předmětu vyvolá luminiscenci a od povrchu předmětu samotného se odrazí. Před objektivem kamery se znovu nachází 365 nm skleněný filtr, který odražené světlo eliminuje. Fluorescenční záření je zachyceno čipem kamery ve viditelné oblasti. Detekce je spouštěna tlačítkem na zařízení a po celou dobu je indikována zvukovým signálem. Napájení zařízení je realizováno baterií, která vydrží přibližně 1000 detekcí bez dobití. Obraz z kamery je přenášen do počítače/tabletu se softwarem pomocí USB připojení. Vzhledem k tomu, že je záření vyhodnocováno ve viditelné oblasti, musí být eliminováno okolní světlo, z toho důvodu je na skeneru speciální předsádka (viz. Obrázek 28) a ta je s předmětem v přímém dotyku, nebo by detekce musela probíhat za tmy.

Rozlišení snímacího čipu je 512 x 768 px, neboli přibližně 0,4 Mpx. Velikost vyhodnocované plochy je 12,2 x 18,3 mm. Kvalita snímku je tedy 1066 PPI. Hmotnost zařízení je 0,5 kg a jeho rozměry 130 x 210 x 45 mm.

Software má 3 verze. Nazývají se Basic, Advanced a Professional a liší se množstvím poskytovaných funkcí. Detekce může probíhat ve dvou režimech, a to v režimu Live, nebo pořizování snímků. Režim Live umožňuje namátkovou kontrolu povrchu předmětu. Pořizování snímků je pak detailnější a poskytuje uchování dat pro pozdější zpracování. Ukázka programu, se kterým se pracuje, s příkladem takového snímku je na Obrázku 30.



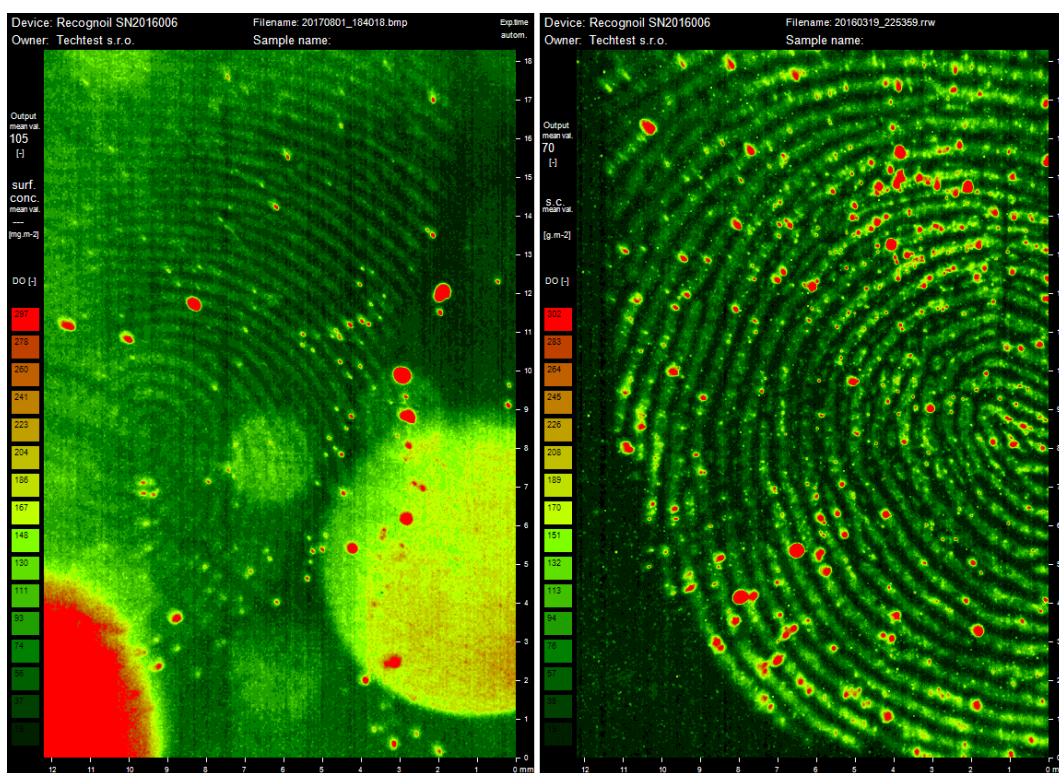
Obrázek 30: SW Recognoil [21]

Zařízení je využíváno při kontrole procesu odmaštění, nebo naopak při kontrole nanesení olejového filmu. Jelikož latentní stopy jsou také v jistém smyslu vrstva mastnoty, zařízení by mohlo výhodně sloužit k jejich detekci. [21]

5.2 Detekce daktyloskopických stop

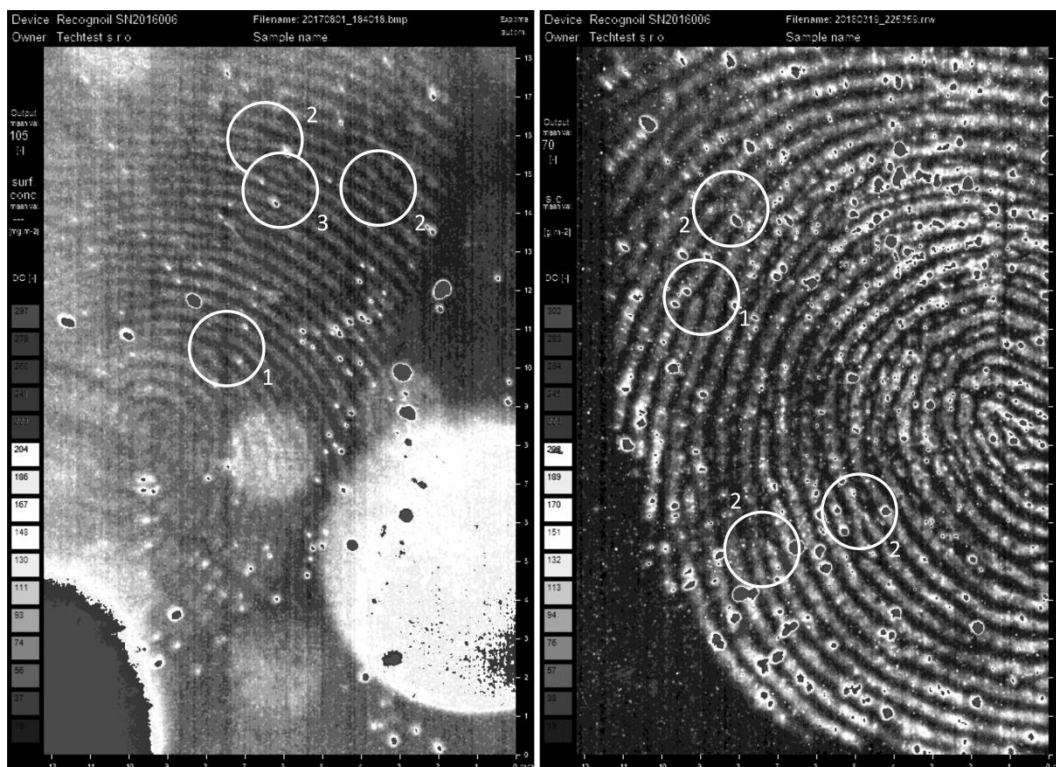
Záznam daktyloskopické stopy vzniká na základě kontrastu mezi fluorescenčními látkami v otisku a základním materiálem, ve kterém vlivem budícího záření k fluorescenci nedochází.

Na obrázku 31 se nachází dvojice otisků detekovaných na mosazném plechu. Snímání proběhlo v automatickém režimu. Z porovnání snímků je zřejmý vliv znečištění povrchu, na kterém se otisk nachází. Vyskytující se mastnota zhoršuje čitelnost detekované stopy. Snímky jsou dostatečně detailní k nalézání markantů a jejich kvalita splňuje požadavek systému AFIS na kvalitu 1000 PPI. Měřítko snímku je zajištěno softwarově za předpokladu dotyku předsádky zařízení a povrchu zkoumaného předmětu – měřítko je vypočítáno z této známé vzdálenosti.



Obrázek 31: Otisky detekované zařízením Recognoil

Pro nahrání do systému je rovněž potřeba snímek převést do černobílé varianty. Při dodržení požadavků na obrázek už ho systém sám pomocí různých algoritmů upravuje a jsou vyhledávány jednotlivé markanty a je vyhodnocována shoda s otisky v databázi. Snímky v černobílé verzi s vyznačením některých markantů, které jsou v otisku znatelné, se nacházejí na Obrázku 32.



Obrázek 32: Vyznačení markantů (1 – zakončení, 2 – vidlička, 3 – ostrůvek s čárkou)

5.2.1 Přednosti zařízení

K výhodám zařízení patří jeho velikost a s ní související mobilita. Umožní vyhledávat stopy i na hůře dostupných místech. Při zajištění odstínění lze snímat otisky i z nerovinných ploch a nehladkých povrchů.

Další předností je nedestruktivnost metody. Nedochází k poškození stop a detekce je tak při neuspokojivých výsledcích opakovatelná.

Výhodná je také možná kombinace vyhledávání stop v Live módu v reálném čase a následném vytvoření detailního snímku.

5.2.2 Nedostatky zařízení

Velikost vyhodnocované plochy je pouze 12,2 x 18,3 mm, která nepokrývá ani otisk celého jednoho článku prstu a je tedy nedostatečná.

Ač je zařízení malých rozměrů a mobilní, vyžaduje neustálé spojení s počítačem/tabletem pomocí USB kabelu. To přináší jisté omezení z hlediska umístění tohoto dalšího zařízení a délky kabelu.

Vzhledem k principu činnosti zařízení je třeba zajistit eliminaci okolního světla. Je proto nutné odstínění, které je dosud realizováno předsádkou se silikonovým povrchem, který je v přímém dotyku s povrchem zkoumaného předmětu. Může tak dojít ke vzájemné kontaminaci

a nečistoty mohou být přenášeny na ostatní části předmětu. Potřeba přímého dotyku rovinné předsádky také brání kvalitní detekci ze zakřivených ploch.

Omezené je dále zajištění měřítka snímku, které je softwarově doplněno na základě známé vzdálenosti kamery a předmětu při dotyku se zařízením. U zakřivené plochy nebo snímání povrchu v určité vzdálenosti při jiném zajištění odstínění by měřítko muselo být zabezpečeno jiným způsobem.

S možností zkoumat povrch i bez přímého dotyku dále souvisí zaostření, které je v současné době fixní.

Snímky jsou ze softwaru exportovány a musí být následně převedeny do černobílé verze respektované systémem AFIS individuálně a ručně. U vydařených snímků by bylo vhodné toto zajistit automaticky.

Omezení existuje také z hlediska základního materiálu, neboť nesmí luminiskovat. Například pro určité druhy plastů a nejrůznější nátěry tak nemůže být vytvořen potřebný kontrast mezi stopou a předmětem.

Další slabá stránka souvisí s dobou detekce a chlazením zařízení. V současné době je maximální pracovní teplota zařízení 40 °C. To při delším používání za vyšší pokojové (venkovní) teploty vede k nutnosti přerušit práci s přístrojem.

Posledním, detailním nedostatkem je indikace detekce zvukovým signálem po celou její dobu. Při dlouhodobém používání to uživatele zařízení značně obtěžuje. Vhodnější by bylo interval zvukového signálu zkrátit či indikaci nahradit světelným signálem.

5.3 Návrhy vylepšení zařízení

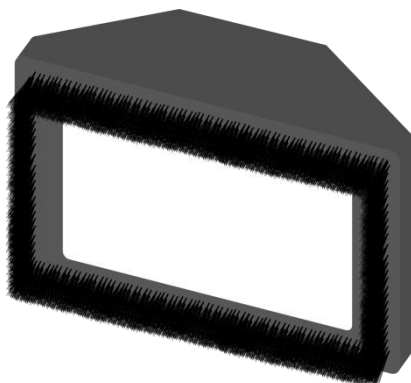
5.3.1 Velikost snímané plochy

Optimální pro kriminalistické účely by byla plocha 90 x 50 mm. To by s sebou neslo odlišné požadavky na součástky zařízení, především na zdroje záření a kameru. Taková plocha by obsáhla i skupinu otisků prstů a bylo by poté z hlediska porovnání jejich velikosti a uspořádání snadné určit, o které prsty se jedná. Rovněž by tato plocha pojmul a částečný otisk papilárních linií na dlani. Projev změny velikosti detekované plochy je zřejmý z Obrázku 34 (displej b).

5.3.2 Odstínění okolního světla

Je třeba minimalizovat riziko kontaminace povrchu a zvýšit flexibilitu odstiňujícího přípravku. Řešením by mohlo být například osazení předsádky štětinami (viz Obrázek 33) z materiálu, který se používá na výrobu daktyloskopických štětců. Jako vhodné se jeví uhlíková vlákna. Jsou černé barvy a odolné vůči okolním podmínkám. Mají nízkou přilnavost a tak mohou být snadno

zbaveny nečistot oklepáním. Jejich jemnost by zajistila dobré přilnutí i k nerovinnému povrchu při současném zachování šetrnosti vůči stopám.



Obrázek 33: Předsádka osazená uhlíkovými vlákny

U komplikovanějších či nesnadno přístupných předmětů by mohla být použita například světlu nepropustná tkanina, kterou by byl předmět se zařízením překryt.

5.3.3 Zajištění měřítka

Vzdálenost mezi kamerou a předmětem je v současné době za předpokladu přímého dotyku předmětu brána jako fixní. Pro větší flexibilitu by mohlo být použito měření této vzdálenosti například laserovým snímáním, které by zajistilo vysokou přesnost. Měřítka by tak mohlo být poté přesně vypočítáno bez ohledu na to, zda je zařízení v dotyku s předmětem či nikoli.

5.3.4 Další světelné zdroje

K účelu úplně prvotního ohledání předmětů a prostředí souvisejících s trestným činem by bylo vhodné přidat do zařízení zdroj bílého světla. Posloužil by k první lokalizaci stop pouhým okem ještě před použitím samotného zařízení v Live módu.

Užitečné by také bylo přidat do zařízení obdobu laserového ukazovátka, například červené barvy s vlnovou délkou 650 nm. Zvýšilo by se uživatelské pohodlí z hlediska zaměřování cílové plochy.

Dále by mohly být otestovány další zdroje záření a filtry o jiné vlnové délce, za jejichž použití by mohly být objeveny další stopy. Zařízení by pak mohlo tyto zdroje záření a filtry kombinovat.

5.3.5 Zaostření

V současné době je předpokládána pevná vzdálenost předmětu a není možné zaostřovat. Při možnosti detekce i z určité vzdálenosti by bylo třeba ostření, ať už automatické, nebo manuální, zajistit.

5.3.6 Fotoaparát

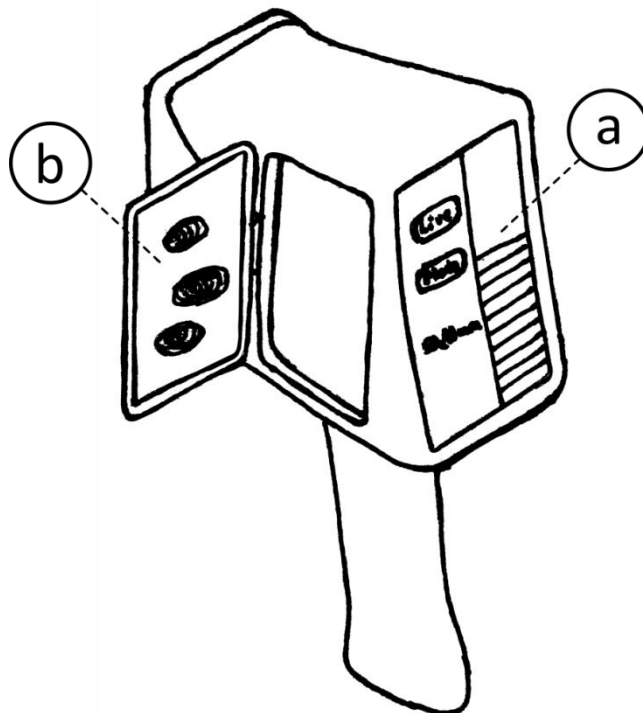
Univerzálnosti zařízení by prospěla možnost vypnout software a použít tak kameru s ostřením v něm umístěnou pro fotografování stop ve viditelném světle. Hlavním účelem by byla dokumentace umístění jednotlivých stop a technikovi by ubyla potřeba činit tak samostatným fotoaparátem.

5.3.7 Zvýšení mobility a flexibility zařízení

Pro neomezené prostorové použití zařízení by měl být přenos dat zajištěn bezdrátově, například pomocí Bluetooth. Pro zajištění napájení by mohly být použity modernější baterie s větší kapacitou.

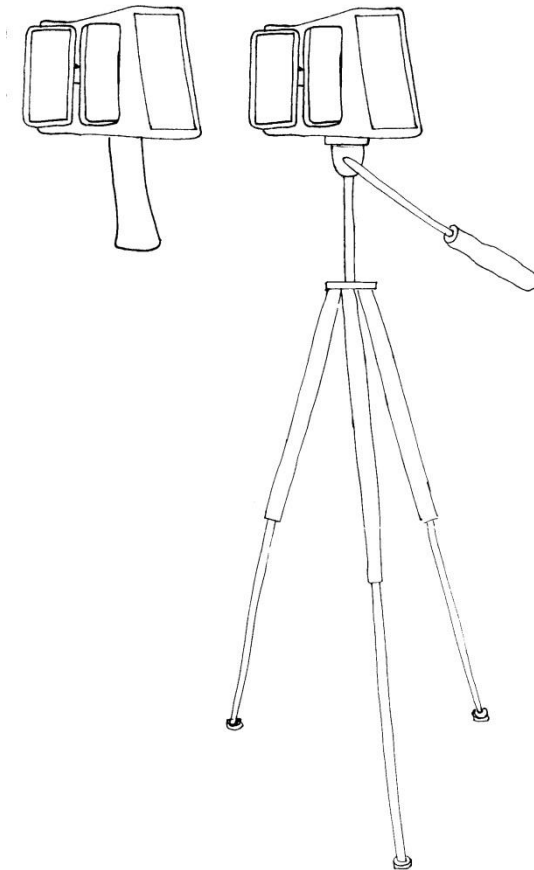
Práci se zařízením by rovněž usnadnilo, kdyby jeho součástí byl displej a obsahovalo software. Technik by tak viděl výsledky přímo před sebou, bez nutnosti manipulace s dalším zařízením. Sběr upotřebitelných snímků by byl značně efektivnější, snímky chabé hodnoty by mohly být vyřazovány průběžně.

Obrázek 34 nabízí možnost umístění dvou displejů na zařízení. První dotykový (a) umožňuje používání softwaru, ovládání detekce a nastavování jejích parametrů. Druhý (b) zobrazuje detekovanou oblast v měřítku 1:1 a pro pohodlí v jakékoli pozici zařízení je výklopný a otočný obdobně jako u kamery.



Obrázek 34: Možná budoucí podoba zařízení Recognoil

Pro rozšíření způsobu používání zařízení by mohla být zajištěna možnost odejmutí rukověti a připevnění ke stativu (viz Obrázek 35). To by mohlo být provedeno pomocí stativové destičky, která je připevněna ke stativu a zařízení by bylo rychle a snadno připojeno nasunutím na destičku a obdobným způsobem uvolněno.



Obrázek 35: Možnost připevnění zařízení na stativ

5.3.8 Automatické převádění snímků

Po protřídění upotřebitelných snímků technikem by měly být obrázky softwarem automaticky převedeny do černobílé verze a exportovány pro možnost přímého nahrání do AFIS systému bez potřeby dalších ručních úprav.

6 Závěr

Cílem práce bylo důkladně seznámit s problematikou daktyloskopických stop a jejich snímání. Byl popsán vznik stop a také jejich složení, neboť na výskytu těchto specifických látek v otisku stojí jednotlivé metody detekce. Byly uvedeny vlivy prostředí na stopy mající dopad na jejich kvalitu a trvanlivost. Byly definovány požadavky automatického systému pro daktyloskopickou identifikaci pro objasnění nároků na výstup metod detekce. Následně byla provedena rešerše na stávající způsoby detekce. Stále se využívají některé z konvenčních metod a přibýlo i množství modernějších, ukázalo se ale, že žádná ze stávajících metod nevyniká mezi ostatními z hlediska použití na jednotlivých materiálech, možnosti realizace v terénu, rychlosti a kvality výsledků a cenové dostupnosti současně. Mezi těmito aspekty je tedy dělán kompromis a různé metody se musí kombinovat.

Následně se práce zabývala UV-VIS spektrometrií a zařízením Recognoil, které tuto metodu využívá. Princip přístroje byl vysvětlen v provázanosti s jeho současnou podobou a jednotlivými součástmi. Vedle výhod skýtaných zařízením byly uvedeny především jeho nedostatky dosavadně bránící jeho použití k detekci daktyloskopických stop v praxi. Pro návrh vylepšení zařízení a eliminaci nedostatků bylo použito poznatků z předchozí rešerše. V základu bude muset být z hlediska požadavku kriminalistů zvětšena velikost snímané plochy a z pohledu nároků automatického systému pro daktyloskopickou identifikaci pak zajištěno měřítko snímku 1:1 a také jeho kvalita. Další vylepšení souvisí více se sjednocením více instrumentů do jednoho (zdroj bílého světla, fotoaparát) a zajištěním většího komfortu při detekci. Mezi tato vylepšení by patřilo umístění displeje na zařízení a nahrazení USB přenosu dat bezdrátovým. Posledním typem úprav je zvýšení stupně automatizace při exportu snímků a propojení s požadavky automatického systému pro možnost identifikace stop v reálném čase.

7 Seznam použitých zdrojů

[1] STRAUS, Jiří. *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012. ISBN 978-80-7380-409-1.

[2] SU, Bin. Recent progress on fingerprint visualization and analysis by imaging ridge residue components. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* [online]. 2016, 408(11), 2781-2791 [cit. 2017-04-24]. DOI: 10.1007/s00216-015-9216-y. ISSN 1618-2642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00216-015-9216-y>

[3] CRANE, Nicole J., Edward G. BARTICK, Rebecca Schwartz PERLMAN a Scott HUFFMAN. Infrared Spectroscopic Imaging for Noninvasive Detection of Latent Fingerprints. *Journal of Forensic Sciences* [online]. 2007, 52(1), 48-53 [cit. 2017-04-23]. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2006.00330.x. ISSN 0022-1198. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1556-4029.2006.00330.x>

[4] RAK, Roman, Vašek MATYÁŠ a Zdeněk ŘÍHA. *Biometrie a identita člověka ve forezních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada, 2008. Profesionál. ISBN 978-80-247-2365-5.

[5] TAHTOUH, Mark, Pauline DESPLAND, Ronald SHIMMON, John R. KALMAN a Brian J. REEDY. The Application of Infrared Chemical Imaging to the Detection and Enhancement of Latent Fingerprints: Method Optimization and Further Findings. *Journal of Forensic Sciences* [online]. 2007, 52(5), 1089-1096 [cit. 2017-07-18]. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2007.00517.x. ISSN 0022-1198. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1556-4029.2007.00517.x>

[6] NAKAMURA, Atsushi, Hidekazu OKUDA, Takashi NAGAOKA, et al. Portable hyperspectral imager with continuous wave green laser for identification and detection of untreated latent fingerprints on walls. *Forensic Science International* [online]. 2015, 254, 100-105 [cit. 2017-07-18]. DOI: 10.1016/j.forsciint.2015.06.031. ISSN 03790738. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073815002662>

[7] Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology. *Fingerprint sourcebook* [online]. United States of America, 2011 [cit. 2017-07-20]. Dostupné z: <https://www.ncjrs.gov/App/Publications/abstract.aspx?ID=247300>

[8] Kupní smlouva mezi MVČR a společností ELAS Brno, v.o.s. *Portál veřejné správy* [online]. 2016, Č. j.: PPR-11923-5/ČJ-2016-990670 [cit. 2017-07-22]. Dostupné z: https://portal.gov.cz/app/RejData/rec.jsp?id=37087683&id_rej=10013&y=2016&m=6&doctype=idx

[9] Daktyloskopie – zajišťování latentních stop. *ELAS: Výroba a prodej přístrojů, pomůcek a spotřebního materiálu pro policejní techniky* [online]. [cit. 2017-07-22]. Dostupné z: <http://elasbrno.cz/daktyloskopicke-prasky-a24>

- [10] Latent fingerprints. *BVDA* [online]. [cit. 2017-07-22]. Dostupné z: <http://www.bvda.com/en/fingerprint-powders>
- [11] Produkty. *ELMES Praha* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-07-25]. Dostupné z: <http://www.elmes.cz/mvc1000>
- [12] PORTA, Tiffany. *Molecular imaging by mass spectrometry: Application to forensics* [online]. 2011 [cit. 2017-07-26]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/257922315_Molecular_imaging_by_mass_spectrometry_Application_to_forensics
- [13] Booz Allen Hamilton Inc. *VAMPIRE™ Fact Sheet: Tactical Forensic Device* [online]. 2015 [cit. 2017-07-26]. Dostupné z: <https://pit.bah.com/products/15/vampire#solution-footer>
- [14] RUVIS Systems. *Sirchie: Forensics* [online]. 2017 [cit. 2017-07-28]. Dostupné z: <http://www.sirchie.com/forensics/ruvis-systems.html>
- [15] MAVERAKIS, Emanuel, Yoshinori MIYAMURA, Michael P. BOWEN, Genevieve CORREA, Yoko ONO a Heidi GOODARZI. Light, including ultraviolet. *Journal of Autoimmunity* [online]. 2010, 34(3), J247-J257 [cit. 2017-07-31]. DOI: 10.1016/j.jaut.2009.11.011. ISSN 08968411. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0896841109001516>
- [16] Osvětlení. *LT Sezam: Equipment* [online]. 2017 [cit. 2017-07-29]. Dostupné z: <http://www.krimi-ltsezam.cz/cs/zdroje-svetla-foxfury/>
- [17] Fluorescence Basics. *Thermo Fisher Scientific* [online]. 2017 [cit. 2017-07-29]. Dostupné z: <https://www.thermofisher.com/cz/en/home/life-science/cell-analysis/cell-analysis-learning-center/molecular-probes-school-of-fluorescence/fluorescence-basics.html>
- [18] Tutorial on UV-Visible Spectroscopy. *Agilent Technologies* [online]. 2000 [cit. 2017-08-01]. Dostupné z: http://www.agilent.com/cs/Satellite?assetid=1404943754587&assettype=GSA_C&d=Touch&formassembly=false&pagename=Agilent%2FGSA_C%2FGenericInnerTemplateWithFourZones_New
- [19] PELANT, Ivan a Jan VALENTA. *Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři*. Praha: Academia, 2014. Průhledy (Academia). ISBN 978-80-200-2394-0.
- [20] ÇUBUK, Mustafa Cem. Utilisation of ultraviolet light for detection and enhancement of latent prints. *Z Zagadnień Nauk Sądowych* [online]. 2002, 150–154 [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: www.forensicscience.pl/pfs/51_cubuk.pdf
- [21] Recognoil. *TechTest, s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: <http://www.techtest.eu/recognoilinfoCZ.html>

8 Seznam obrázků

Obrázek 1: Daktyloskopické markanty v otisku prstu [1]	10
Obrázek 2: Typy daktyloskopických markantů [4]	10
Obrázek 3: Struktura kůže s papilárními liniemi [1].....	11
Obrázek 4: Výskyt pórů v průběhu papilárních linií [7].....	11
Obrázek 5: Ilustrační zobrazení daktyloskopické karty používané v ČR [4]	14
Obrázek 6: Explanace jednotky hustoty pixelů	14
Obrázek 7: Přiřazování stop systémem AFIS [7]	15
Obrázek 8: Přehled kriminalistického osvětlení [16]	17
Obrázek 9: Daktyloskopická páska s černým a bílým pozadím [9].....	18
Obrázek 10: Fluorescence duálního „purpose“ při UV osvětlení [10]	19
Obrázek 11: Otisky vyvolané za použití bílé varianty WET PRINT [10]	20
Obrázek 12: Konvenční daktyloskopické štětce [9]	20
Obrázek 13: Moderní daktyloskopické štětce [9]	21
Obrázek 14: Výsledek použití ninhydrinu	22
Obrázek 15: Stopa ošetřená DFO při denním a speciálním světle [7].....	23
Obrázek 16: Kyanoakrylátová komora MVC 1000 [11]	24
Obrázek 17: Desorpční ionizace elektrosprejem [12]	25
Obrázek 18: Výsledek metody HS za použití desorpční ionizace elektrosprejem [12]	25
Obrázek 19: Výstup metody IR spektrometrie [5]	26
Obrázek 20: HSI zařízení a CW laser [6]	27
Obrázek 21: Separace různě starých otisků pomocí HSI [6]	28
Obrázek 22: Zařízení VAMPIRE [13]	29
Obrázek 23: Zařízení KRIMESITE IMAGER [14].....	29
Obrázek 24: Verze zařízení [14]	30
Obrázek 25: Elektromagnetické spektrum [7]	32
Obrázek 26: Barvy předmětů v závislosti na pohlceném záření [18].....	32
Obrázek 27: Fotoluminiscence [17]	34
Obrázek 28: Recognoil	35
Obrázek 29: Schéma zařízení Recognoil.....	35
Obrázek 30: SW Recognoil [21].....	36
Obrázek 31: Otisky detekované zařízením Recognoil	37
Obrázek 32: Vyznačení markantů	38

Obrázek 33: Předsádka osazená uhlíkovými vlákny.....	40
Obrázek 34: Možná budoucí podoba zařízení Recognoil.....	41
Obrázek 35: Možnost připevnění zařízení na stativ.....	42

9 Seznam tabulek

Tabulka 1: Srovnání metod detekce daktyloskopických stop.....	31
---	----