

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

ROZPOZNÁVÁNÍ TYPŮ NÁBOJNIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ZDENĚK NĚMEC

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

ROZPOZNÁVÁNÍ TYPŮ NÁBOJNIC

RECOGNITION OF WEAPON SHELL TYPES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ZDENĚK NĚMEC

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dipl.-Ing. **MARTIN DRAHANSKÝ, Ph.D.**

BRNO 2009

Abstrakt

Text se zabývá rozpoznáváním typů nábojnic a markantních rysů na nábojnicích zanechaných. Řešena je problematika návrhu snímacího zařízení pro snímání nábojnic a programování aplikace pro rozpoznání typů nábojnic.

Abstract

The text covers the recognition of the types and features of the weapon shells. The work is addressing the issue of desing of the device for capturing surface of weapon shell and programming of application for recognition of weapon shell types.

Klíčová slova

Rozpoznávání typů nábojnic, rozpoznávání markantních rysů na nábojnicích, zařízení pro snímání pláště nábojnic, osvětlení různými vlnovými délkami.

Keywords

Recognition of weapon shell types, recognition of the features on the surface of weapon shells, device for capturing of weapon shell's surface, illumination with various wavelenght.

Citace

Zdeněk Němec: Rozpoznávání typů nábojnic, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2009

Rozpoznávání typů nábojnic

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing., Dipl.-Ing. Martina Drahanského, Ph.D.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Zdeněk Němec
20. 5.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce za odborné vedení, konstruktivní kritiku, poskytnutí potřebného vybavení a připomínky při výstavbě zařízení, vývoji programu a psaní této práce.

© Zdeněk Němec, 2009.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1 Úvod	3
2 O problematice	4
2.1 Palné zbraně a náboje	4
2.2 Různé typy zbraní a nábojů	6
2.3 Zkoumání nábojnic	7
3 Současný stav	9
3.1 Osnova zkoumání nábojnice	9
3.2 Zjištění typu nábojnice	9
3.3 Zjištění typu zbraně	11
3.4 Identifikace zbraně	11
3.5 Používané systémy	11
4 Teorie návrhu	15
4.1 Princip	15
4.2 Snímání dat	16
4.3 Kvalita dat	17
4.4 Různé vlnové délky	17
4.5 Vstupní data	19
4.6 Měření	19
4.7 Rozpoznávání znaků	20
5 Praktická realizace	22
5.1 Knihovna OpenCV	22
5.2 Součásti systému	22
5.3 Otáčecí mechanismus	23
5.4 Osvětlení	25
5.5 Snímač	26
5.6 Vstup programu	27
5.7 Detekce hran	27
5.8 Měření rozměrů	28
5.9 Převodní tabulka	28
5.10 Porovnávání znaků	28
5.11 Vytvoření mapy pláště	28

6 Testování	30
6.1 Cíle	30
6.2 Parametry	30
6.3 Průběh	30
6.4 Výsledky	31
7 Závěr	32
A Obsah CD	35
B Manuál	36
C Příklad záznamu testování	37

Kapitola 1

Úvod

V dnešní době se v kriminalistice vyskytuje obor mechanoskopie, jehož původ je v České republice u strážmistra Hlaváčka ve 20. století. Mechanoskopie se zabývá stopami zanechanými na materiálech použitím mechanických nástrojů a součástí (např. páčidel). Do mechanoskopie spadá kriminalistická balistika. Kriminalistická balistika má za úkol spojit místo, cíl, projektil, nábojnici, palnou zbraň a střelce.

Cílem práce je navrhnout systém pro použití v kriminalistické balistice. V systému bude zahrnuto zařízení pro snímání nábojnic, bude schopen z nasnímaných dat určit typ nábojnice, zmapuje povrch nábojnice a nalezne rysy zanechané na nábojnici použitím v palné zbraní. Nalezené rysy bude systém schopen porovnat s charakteristickými rysy pro určitý typ zbraně a rysy nalezenými na jiné nábojnici. Rozhodne se o shodě či neshodě zbraně, ze které nábojnice pochází.

Tato práce se soustředí na nejvhodnější metodu snímání dat, konstrukci snímacího zařízení, rozpoznávání typu nábojnice a zhodnocení výsledků a jejich užitečnosti pro rozpoznávání markantních rysů, aby bylo možno zjistit typ zbraně a identifikovat ji.

Tato bakalářská práce je provázána s diplomovou prací Rozpoznávání markantních rysů na nábojnicích, která se problematikou zabývá konkrétněji. Jejím cílem je nalezení rysů, jejich vektorizace a porovnávání.

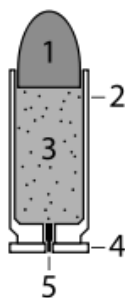
Kapitola 2

O problematice

2.1 Palné zbraně a náboje

Zbraně prošly za svou dlouhou historii rozsáhlým vývojem. Zásadními kroky se staly bezesporu příchod střelných zbraní a pozdější přechod od chladných zbraní ke zbraním palným. Střelné zbraně umožnily narozdíl od zbraní pro boj zblízka použití s dostatečným odstupem od cíle. Principem střelné zbraně je vypuštění střely (např. šípu) s dostatečnou počáteční rychlostí a směrem tak, aby zasáhla cíl a případně jej neutralizovala. Zbraně palné jsou střelné zbraně, ale narozdíl od tzv. chladných zbraní využívají k pohonu střely chemické reakce. První palné zbraně tzv. předovky se nabíjely ústím hlavně, nejprve se nasypala dávka střelného prachu a pak se vložil projektil, zpočátku sférická koule. Jelikož byly předovky časově i pohybově velmi náročné na obsluhu a vyžadovaly přebíjení po každém výstřelu, přešlo se postupně ke zbraním nabíjeným před pažbou zbraně a zbraním se zásobníkem resp. pásem.

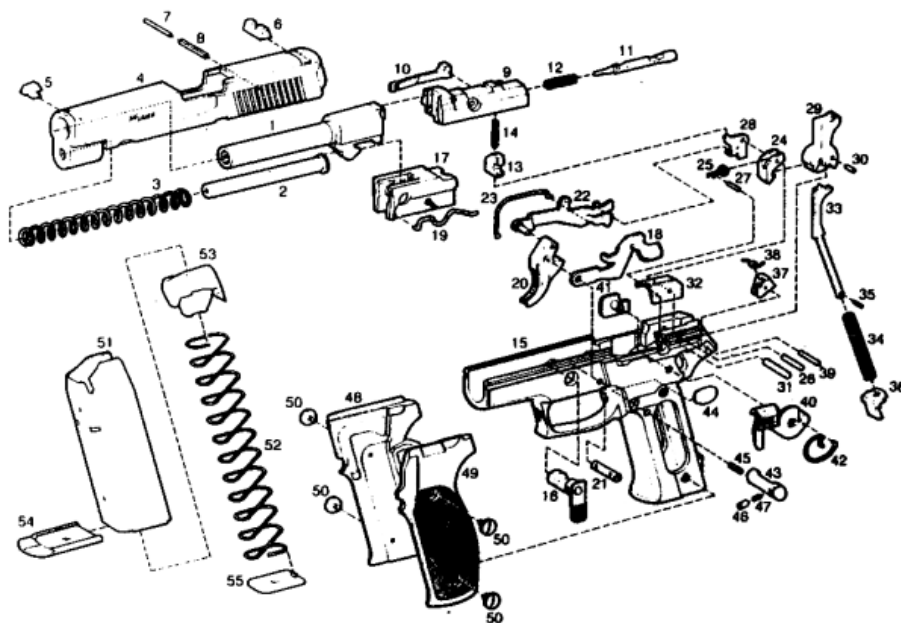
Stejně jako zbraně, prošly vývojem i náboje. Zprvu se používal střelný prach a projektil odděleně. Postupem času se vyvinul náboj do podoby, kterou známe dnes. Náboj je nábojnice obsahující zápalku, je naplněná střelným prachem a na jednom jejím konci je umístěn projektil. V této práci a v tomto textu se budeme zabývat standardními náboji se středovým zápalem, vyhovujícím schématu na obrázku 2.1. Neuvažují se náboje s okrajovým zápalem, náboje brokové, speciální či náboje domácí výroby.



Obrázek 2.1: Schéma pistolového náboje: 1. projektil; 2. nábojnice; 3. střelný prach; 4. dno nábojnice; 5. zápalka [6].

Výstřel probíhá následovně: úderník udeří na zápalku, nastartuje se chemická reakce uvnitř nábojnice (hoření střelného prachu), uvnitř nábojnice hořením vzniká vysoký tlak,

ten vytlačí projektil a udělí mu rychlost. Důsledkem růstu tlaku v nábojnici je i tzv. zpětný ráz, tlak je vyvíjen jednak na projektil, ale zároveň i na dno nábojnice. K realizaci výstřelu není nutné použít zbraň, náboj je samostatné zařízení a jeho aktivaci lze provést i beze zbraně, což může vést k nehodám např. když při překládání tankových nábojů dojde k upuštění některého z nich na dno. Pokud k výstřelu dojde ve zbrani, projektil prolétne hlavní a opustí jí jejím ústím. Tlak vzniklý v nábojnici se uvolňuje do prostoru komory. Prázdná (vyhořelá) avšak stále ještě horká nábojnice je vymrštěna z komory vyhazovákem skrze okénko.



Obrázek 2.2: Komponenty pistole [17].

Legenda k obrázku 2.2 (zvýrazněné položky mají největší vliv na nábojnici): 1. Hlaveň; 2. Vodítko vratné pružiny; 3. Vratná pružina; 4. Pouzdro závěru; 5. Muška; 6. Hledí; 7. Čep úderníku; 8. Čep automatické pojistky úderníku; 9. Závorník; 10. Vytahovač; 11. **Úderník**; 12. Pružina úderníku; 13. Automatická pojistka úderníku; 14. Pružina pojistky úderníku; 15. Rám; 16. Rozborný čep s pákou; 17. Ocelová vložka (blok) plastového rámu; 18. Páka záchytu závěru; 19. Pružina záchytu závěru; 20. Spoušť; 21. Čep spouště; 22. Táhlo spouště; 23. Pružina táhla; 24. Spoušťová páka; 25. Pružina spoušťové páky; 26. Čep spoušťové páky; 27. Čep pružiny spoušťové páky; 28. Páka pojistky úderníku; 29. Bicí kohout; 30. Čep kohoutu; 31. Osa kohoutu; 32. **Vyhazovač**; 33. Vodítka bicí pružiny; 34. Bicí pružina; 35. Kolík vodítka bicí pružiny; 36. Sedlo bicí pružiny; 37. Záchyt bicího kohoutu; 38. Pružina záchytu kohoutu; 39. Čep záchytu; 40. Uvolňovací páka kohoutu; 41. Čep uvolňovací páky; 42. Pružina uvolňovací páky; 43. Záchyt zásobníku; 44. Protideska záchytu zásobníku; 45. Pružina záchytu zásobníku; 46. Omezovač tlačítka záchytu zásobníku; 47. Pružina omezovače záchytu zásobníku; 48. Pravá střenka rukojeti; 49. Levá střenka rukojeti; 50. Šrouby střenek rukojeti; 51. Tělo zásobníku; 52. Pružina podavače; 53. Podavač; 54. Dno zásobníku; 55. Opěrná deska pružiny podavače

2.2 Různé typy zbraní a nábojů



Obrázek 2.3: Revolver ZHR 830 [21].



Obrázek 2.4: Pistole Beretta [13].

Stejně jako zbraně i náboje mají různé typy a použití. V této práci se zabýváme ručními palnými zbraněmi střílejícími projektily, tedy nikoliv bezprojektilové zbraně (např. plamenomet), odpalovače (např. raketomet) či děla. Palné zbraně zde dělíme do kategorií: revolvery, pistole a pušky. Revolver obsahuje bubínkový (otočný) zásobník. Pistolí je míněna zbraň s výtlačným zásobníkem. Revolvery i pistole mají oproti puškám krátkou hlaveň a jsou uzpůsobeny pro držení v jedné ruce, ačkoli pro používání se mají používat obě ruce (u zbraní se silným zpětným rázem je to dokonce vyžadováno). Do revolverů i pistolí lze zpravidla nabíjet náboje stejných typů a neumožňují používání nábojů velkých ráží. Pušky mají kromě delší hlaveň i větší pažbu a je vyžadováno obouruční držení, proto je obvykle k dispozici i druhý úchyt. Kromě jednoranných pušek existují i poloautomatické a auto-



Obrázek 2.5: Útočná puška M16 [7].

matické pušky disponující větším zásobníkem, případně pásem. V puškách se standardně používá nábojů větších ráží.



Obrázek 2.6: Různé typy nábojů [17].

Typ náboje ovlivňuje především jeho použití. Je rozdíl mezi nábojem pro použití v ozbrojených složkách (policie, armáda), pro použití při střelbě na dálku a pro použití při sportovní střelbě. Náboje kterými se zabýváme se dají klasifikovat podle použití (např. pistolové a puškové), ráže (např. 6 mm a .22 Long), typu (např. High Vel. a Stinger), typu střely, hmotnosti náboje, tlaku vzniklém v nábojnici před vytlačení projektilu, počáteční rychlosti projektilu a energie v náboji uvolněné hořením střelného prachu. My budeme za postačující informaci o náboji považovat ráží a typ. Obě tyto informace bývají vyraženy na dně nábojnice, není to však pravidlem. V případě, že na spodku nábojnice není vyraženo nic, nebo znaky nelze jednoznačně určit, je nutno nábojnice odlišit podle tvaru, rozměrů a materiálu.

2.3 Zkoumání nábojnic

Všeobecně je v podvědomí problematika rozpoznávání typů nábojnic a rysů na nábojnicích zanechaných po použití díky kriminalistické balistice. Zkoumání nábojnic v kriminalistické balistice vede zpravidla k nalezení a usvědčení pachatele trestného činu. Hledají se charakteristiky, ve kterých se jednotlivé palné zbraně liší. Rozdílné typy palných zbraní obsahují rozdílné součástky a liší se v konstrukci. Jelikož palné zbraně obsahují mechanické součásti, už i ze sériové výroby se vzájemně liší. Další rozdíly mezi zbraněmi vznikají jejich používáním, čištěním či způsobem uskladnění. Kriminalistická balistika tedy čerpá z možnosti určit typ zbraně i konkrétní zbraň. Děje se tak zkoumáním nábojnice a testováním na shodu rysů

na ní zanechaných.

Kriminalistická balistika však není jediným odvětvím, kde se provádí zkoumání nábojnic. Nábojnice se zkoumají dále v případě sportovní střelby, sběratelství, ale i při vývoji nábojů. Právě např. sportovní střelba a vývoj nábojů jsou poměrně spjaté, jelikož se zde testují krajní meze možností jak zbraní, tak i nábojnic a projektilů. Zápalka musí být např. citlivá a zároveň bezpečná, aby došlo k výstřelu, ale pouze v případě úderu úderníku. Zkoumá se bezpečnost zbraně a nábojnice při výstřelu, nesmí totiž dojít k roztržení nábojnice nebo komory. Průlet hlavní musí udělit projektilu rotaci a stabilizovat tak dráhu jeho letu, ale nesmí jej zbytečně zbrzdit. Odhození nábojnice musí být rychlé a bezpečné, aby byla komora co nejdříve prázdná pro další náboj a horká odhozená nábojnice nezasáhla střelce, nebo nevlétla do palného pole.

Kapitola 3

Současný stav

3.1 Osnova zkoumání nábojnice

Po získání nábojnice ke zkoumání je nejprve nutno zjistit její typ. Provede se tak zjištěním údajů vyražených na dně nábojnice, rozpoznáním tvaru nábojnice, změřením rozměrů nábojnice, zjištěním materiálu nábojnice. Když je znám typ nábojnice, je možno se zaměřit na zjištění typu zbraně, ve které byla nábojnice použita. Stopy zanechané na nábojnicích se dělí na statické (např. otisk úderníku, viz obrázek 3.1) a dynamické (např. rýhy na plášti střely, viz obrázek 3.2). Každý typ zbraně zanechává na nábojnici odlišné stopy. Posledním krokem je jednoznačná identifikace zbraně. To se děje v okamžiku, kdy máme k dispozici konkrétní zbraň. Ve zbraní se použije náboj daného typu a porovnávají se rysy zanechané na jeho nábojnici s rysy zanechanými na původně zkoumané nábojnici. Zmíněno v oddílu 2.3, každá zbraň zanechává jedinečné rysy na nábojnici. Pokud byla zkoumaná nábojnice vystřelena ze stejné zbraně, budou se rysy na ní shodovat s rysy na zkušebně vystřelené nábojnici.



Obrázek 3.1: Otisk úderníku na dně nábojnice je statickou stopou [3].

3.2 Zjištění typu nábojnice

Dnes tuto činnost zpravidla provádí specializovaný pracovník. K dispozici má měřicí přístroje, katalogy a databáze typů nábojnic.

Nejdůležitějším ukazatelem pro člověka jsou údaje vyražené na dně nábojnice. Ty stačí přečíst a dohledat konkrétní typ nábojnice v katalogu nebo databázi. Zde se často nasazuje



Obrázek 3.2: Rýhy na plášti střely jsou dynamickou stopou [3].



Obrázek 3.3: Dna vystřelených nábojnic.

výpočetní technika. Pokud však nelze znaky na dně nábojnice snadno identifikovat, používají se programy pro zpracování a úpravy obrazu. Dno nábojnice je nasnímáno a následně se aplikují číslicové filtry pro zvýšení, či snížení kontrastu, případně vyhledávání určitých vzorů v obraze. Pracovník pak může lépe údaje ze dna odečíst. Nasazuje se i umělá inteligence se snahou, aby znaky rozpoznával sám počítačový program a usnadnil, případně zlepšil tak práci pracovníkům kteří tuto činnost vykonávají. Nastávají však i případy, kdy znaky na dně nábojnice rozpoznat nelze. V tom případě se musí klást větší důraz na rozpoznávání ostatních charakteristik nábojnice. Pro bližší informace o zpracování obrazu viz [18] a [15].

Rozpoznává se tvar nábojnice, tvary nábojnic se vzájemně liší (viz obrázek 2.6) a tím pádem se liší i rysy na nich zanechané palnou zbraní. Zpravidla také platí, že nábojnice různých tvarů nelze použít v jedné zbraní. Ke spojení s určitou množinou typů nábojnic pak pracovníkovi slouží katalogy nebo databáze. I zde je možno nyní využít celou řadu počítačových programů. Je zadán tvar nábojnice, což může být provedeno nákresem. Vzor se pak dohledává v databázi známých typů nábojnic.

Dále se provádí měření rozměrů nábojnice, konkrétně průměry a výška. Pro určení typu nábojnice je třeba přesnost alespoň na desetiny milimetru. Počet měření se samozřejmě odvíjí od tvaru nábojnice. Při měření je třeba dbát i na fakt, že průřez nábojnicí nemá tvar kruhový, nýbrž oválný. Tím pádem se měří minimální a maximální průměr nábojnice. Úskalím při měření průměru průřezu nábojnice je zdeformovanost jejího povrchu, proto se měří dno nábojnice.

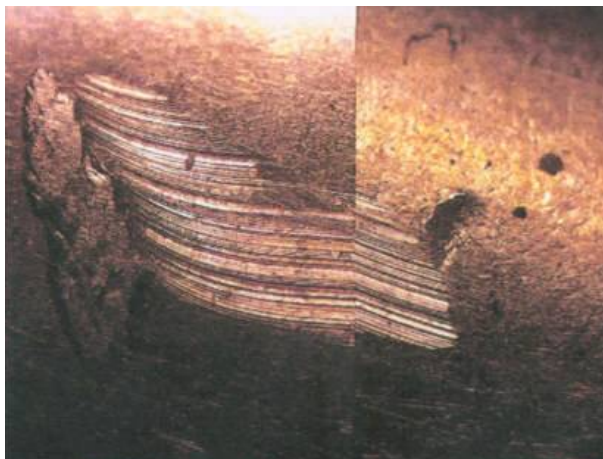
Posledním důležitým ukazatelem na typ nábojnice je materiál ze kterého je vyrobena, ten se nejčastěji určuje z barvy nábojnice. Nábojnice jsou zpravidla z lakované mosazi, ale existují i výjimky, používá se např. bimetál či ocel (viz [16]).

3.3 Zjištění typu zbraně

Vlivem používání mechanických součástí zbraní se na nábojnicích zanechávají určité stopy. Dá se předpokládat, že každému typu zbraně odpovídají různé stopy. Tyto rysy se typ od typu zbraně liší např. počtem a délkou rýh, tvarem i vlastní přítomností. Ovlivněno je to především ráží, na kterou je zbraň stavěna, způsobem uložení nábojů, mechanismem úderníku, rozměry komory, délkou hlavně, způsobem odhození vystřelené nábojnice.

Analyzující pracovník potřebuje přístup ke specializovanému vybavení, které mu umožní zejména pozorovat detaily na nábojnici. Tyto detaily, konkrétně detaily stop zanechaných na nábojnici, pak porovnává s katalogem či databází a určuje o jaký typ zbraně šlo. V této fázi se využívá např. i systém EBIS (expertní balistický identifikační systém, viz oddíl používané systémy 3.5).

3.4 Identifikace zbraně



Obrázek 3.4: Porovnání stop od výhozného okénka na dvou nábojnicích [3].

Vlivem používání zbraně, způsobem uložení, čištění, oprav a úprav se i sériově vyráběné zbraně vzájemně liší. Liší se tedy i rysy zanechané na nábojnicích, zde se jedná zejména o délky, hloubky a šířky rýh. V případě modifikací zbraní se samozřejmě objevují i další rysy komplikující určení typu zbraně.

Pracovník má k dispozici použitou nábojnici a zbraň, ze které měla být vystřelena. Použije se náboj stejného nebo podobného typu, jakého je použitá nábojnice, ve zbraní která je zkoumána. Pracovník se zaměřuje na stejné rysy jako v případě zjišťování typu zbraně 3.3. Pomůckou jsou např. komparační mikroskop, profilograf, nebo systém obrazové analýzy Lucia (viz oddíl 3.5).

3.5 Používané systémy

Pracovník, který se zabývá zkoumáním nábojnice potřebuje mnoho pomůcek a nástrojů. V první řadě se jedná o měřicí přístroje, mikroskopy a katalogy. Dále mají ústavy velmi často vybudovanou sbírku zbraní, které pracovníci mohou použít pro porovnávání rysů na

nábojnici zanechaných. Dnes nejdůležitější pomůckou jsou již celá zařízení a počítačové programy.

- **Komparační mikroskop**

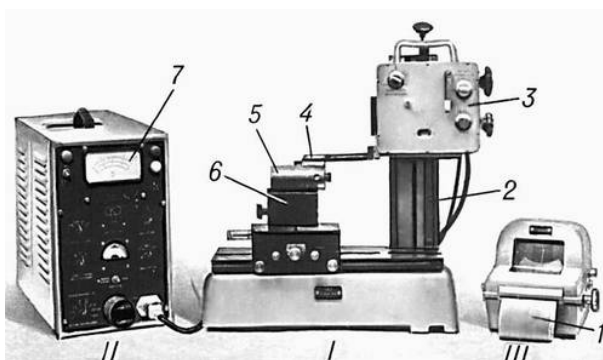
Zařízení na obrázku 3.5 jsou dva propojené mikroskopy. Pod jedním z nich se nachází nábojnice z místa činu, pod mikroskopem druhým se nachází cvičně vystřelená nábojnice. Komparační mikroskop umožňuje přímo, nebo na monitoru počítače sledovat a porovnávat detaily zkoumaných objektů, v našem případě nábojnic či střel. Pracovník může se střelami manipulovat a různě pohybovat, jak potřebuje. Oba obrazy zároveň může pracovník přibližovat a překrývat, což mu pomáhá určit zda se rysy shodují, či nikoliv.



Obrázek 3.5: Komparační mikroskop [5].

- **Profilograf**

Tento mechanicko-elektrický přístroj z obrázku 3.6 snímá diamantovým hrotem mikroskopické nerovnosti zkoumaného povrchu a okamžitě poskytuje záznam s křivkou, která ve velkém zvětšení znázorňuje profil zkoumané stopy. Identifikace se provádí srovnáním profilografů obou porovnávaných stop. Tato definice byla převzata z [19].



Obrázek 3.6: Profilograf [4].

- **Střelofot**

Střelofot na obrázku 3.7 je přístroj, kde střela rotuje před objektivem fotoaparátu

a obraz celého jejího pláště se zobrazuje na fotografické desce nebo kinofilmu. Střela je umístěna svisle před objektivem a otáčí se kolem své osy. Spolu s objektivem je unášena v horizontální rovině a přes štěrbinu je přenášén obraz povrchu střely na stojící filmovou desku, kdy postupným složením jednotlivých pásků vznikne negativ rozvinutého povrchu střely. Přístroj byl náročný na seřízení a na odbornou obsluhu. Neumožňoval snímat zdeformované střely. Doba pro pořízení kvalitního snímku povrchu střely se pohybovala řádově v hodinách. Tato definice byla převzata z [20].



Obrázek 3.7: Střelofot [20].

- **IBIS**

Integrovaný balistický systém v USA tvoří federální databanku balistických stop, ve které lze prověřovat z úrovně národních databází, zda s předmětnou zbraní byl spáchán i jiný trestný čin. Existuje mobilní verze sestávající se z mikroskopu a notebooku, kterou lze vyvézt na místo činu a dálkově se napojit na národní databázi, s možností rychlého prověření nalezených nábojnic a střel. Snímány jsou pouze stopy polí na střelách a stopy na zápalkách nábojnic. Systém umožňuje částečnou automatickou komparaci stop. Tato definice byla převzata z [20].

- **EBIS**

Expertní balistický identifikační systém je počítačový program, jehož prací je typování zbraně podle zjištěných stop na střelách a nábojnicích.

- **LUCIA**

Systém obrazové analýzy Lucia BULLSCAN českého původu vychází z principu střelofotu. Nasnímá se povrch snímaného objektu a tato data jsou digitalizována pro další zpracování v počítači. Současně se data zanáší do databáze, aby bylo možné jejich další zpracování. Pomocí systému obrazové analýzy je možno nad daty aplikovat množství transformací, které vedou ke zkvalitnění dat, případně získání relevantních dat pro porovnávání s jinými nasnímanými vzorky. Více viz a [1], [2] a [20].



Obrázek 3.8: Systém obrazové analýzy Lucia BULLSCAN [2].

Kapitola 4

Teorie návrhu

4.1 Princip

System na počátku zkoumání nasnímá data z nábojnice. Bude potřeba snímek dna nábojnice pro rozpoznání znaků identifikujících typ, změření průměru dna nábojnice a nalezení rysů identifikujících zbraň (např. důlek po úderníku). Získání snímku dna nábojnice se provede prostým vyfotografováním. Současně budou potřeba snímky boku nábojnice, z nichž se určí výška, tvar, a samozřejmě se vytvoří mapa pláště nábojnice pro zjišťování rysů identifikujících zbraň.

V okamžiku, kdy budou k dispozici počítačově zpracovatelná data, je nutno zpracovávat pouze oblast dat patřících nábojnici. Pro toto je potřeba zvolit buď reprezentaci pouze dat z nábojnice, nebo snímat celou oblast a v ní později oblasti k nábojnici náležící dohledávat. V druhém případě pak bude potřeba použít algoritmů pro vyhledávání specifických oblastí a hran (např. prahování nebo porovnávání histogramů). Pokud bude oblast nábojnice jednoznačně určena, tedy bude znám tvar a rozměry, lze již zahájit rozpoznávání typu nábojnice.

Pro rozpoznávání rysů vedoucích k identifikaci zbraně je nutno použít taktéž detektorů hran, ačkoli v tomto případě již bude třeba použít sofistikovanějších přístupů, než pouhé prahování. Rysy je třeba reprezentovat, nejlépe ve vektorové formě, pro porovnávání s rysy z jiných zkoumaných objektů. Zároveň se také musí rozpoznávat jisté vzory ze dna nábojnice, z nichž se bude určovat typ nábojnice.

Když jsou k dispozici vektorově reprezentovaná data, je možno porovnávat rysy z různých vzorků. Tyto vzorky se samozřejmě nemohou naprosto shodovat. Důvodem nižší, než 100 %-ní neshody může být nižší kvalita nasnímaných dat, nebo naopak v případě velmi přesného snímání odlišnost mezi vzorky v detailech. Důvodem odlišností je časový rozestup mezi použitím nábojnice z místa činu a nábojnice použité v laboratoři. Zbraň mohla dostat malých i velkých změn, např. jako pokus o zahlazení stop. Proto je třeba zakomponovat jistou odchylku, kterou bude třeba testováním určit a případně i ručně přenastavit. Data která budou v toleranci (vejdou se do nastavené odchylky) budou považována za správná a odpovídající, data odchylku přesahující budou prohlášena za odlišná a výstupem programu bude neshoda.

V práci je snaha dosáhnout co nejlepšího poměru cena-výkon, tedy navrhnout v porovnání s alternativami levný systém, jehož chybovost však nebude zbytečně vysoká v porovnání s dražšími řešeními. Dále se bude řešit problematika této práce, tedy návrh kvalitního snímacího zařízení a rozpoznání typu nábojnice. Problematika vektorové reprezentace dat již nepatří do rozsahu této práce.

4.2 Snímání dat

Základem pro správnou funkci systému je nasnímání kvalitních dat. Existuje několik metod, jak data snímat. Dále jsou popsány vybrané metody a zvažována je vhodnost jejich zařazení do řešení systému.

- **Destruktivní**

Jedna z nejstarších a nejjednodušších metod spočívá v odstranění zalemování pláště u dna střely, vytavení olověného jádra a rozstřížení pláště, který se následně mechanicky vyrovná postupně mezi čelistmi kleští chráněnými kartonem a mezi dřevěnými deskami úderu kladívka. Po narovnání pláště se provede jeho vyfotografování. Jelikož je tato metoda destruktivní, není příliš používána a není vhodným řešením, když existují nedestruktivní alternativy. Definice byla převzata z [20].

- **Otisk nábojnice**

Je proveden otisk nábojnice na vhodné médium. Výhodou je, že se velmi snadno získá otisk celého pláště nábojnice, přičemž je vyřešen i problém s oválností jejího průřezu. Snímání může probíhat v zásadě dvěma způsoby. Použití galvanoplastické kopie reliéfu je pokovení povrchu nábojnice a pozdější odstranění této slupky, pak se analyzuje vyrovnaná slupka. Druhou možností je odvalování nábojnice po sensitivním materiálu a jeho sejmutí podobně jako při snímání otisků prstů. Tato metoda je však velmi náročná na snímací médium a i při jeho vysoké kvalitě vznikají nepřesnosti právě v detailech o které zde jde především.

- **Snímání povrchu**

Ať už kontaktně, nebo laserovým paprskem se snímá povrch nábojnice. Je vytvořena vysoce kvalitní 3D mapa celého pláště nábojnice a není nutno dále aplikovat rozpoznávání hran v obraze. Oválnost nábojnice je také potlačena, právě díky získání 3D mapy pláště. Tato metoda snímání pláště nábojnice a projektilu se úspěšně využívá v některých systémech (např. profilograf, viz 3.5). Metoda je velmi přesná a umožňuje i detailní porovnávání nábojnic. Kvůli vybavení by však cena takového zařízení mohla být enormě vysoká a náročná na konstrukci.

- **Snímací komora**

Při této metodě je nábojnice vložena do snímací komory, která obsahuje určitý počet snímacích prvků. Snímače nasnímají nábojnici z různých úhlů a nakonec složí dohromady obraz pláště nábojnice. Výhoda této metody tkví v jednoduchosti obsluhování takového snímacího zařízení. Vzniká však problém se skládáním obrazu a jeho dostatečnou kvalitou v detailech. Kvalita obrazu je totiž dána počtem snímacích zařízení, ten je však konečný. Zvyšování počtu snímacích zařízení by vedlo jen ke zvyšování ceny zařízení a snižování kvality jednotlivých snímků (požadavky na malé snímače). Navíc se zde automaticky neřeší oválný průřez nábojnicí a vznikají problémy s osvětlením.

- **Otáčení nábojnice**

Nábojnici resp. částí snímacího zařízení bude otáčeno. Nábojnice se bude otáčet okolo své osy a pevně nastavený snímač bude snímat proužky z boku nábojnice. Kvalita jednotlivých snímků závisí na kvalitě kamery. Kvalita výsledného obrazu závisí na rychlosti otáčení a počtu snímků za otáčku, resp. šířce pruhu dat získaných v jednom snímku. Oválnost nábojnice lze řešit změnou rychlosti otáčení, případně aplikací určitých algoritmů během zpracování dat. Optimální osvětlení je nutno zajistit pouze na

šíři a výšce snímaného proužku. V tomto případě vzniká ještě problém s jiným pohybem nábojnice, než je otáčení kolem její osy. Je nutno nábojnici umístit a upevnit tak, aby se nepohybovala do stran. Výstupem této metody je 2D videozáznam, tedy série snímků boku nábojnice.

Ze zmíněných metod se jako nejvhodnější pro použití v této práci jeví otáčení nábojnice. Je mnohem přesnější než získávání dat otiskem nábojnice. Bude levnějším řešením, než vytváření reprezentace dat pomocí snímání laserem. Snímací zařízení bude jednodušší a přesnější, než v případě výstavby celé snímací komory.

4.3 Kvalita dat

Pro snímání obrazu bude použita makrokamera s dostatečným rozlišením proto, aby na jednom snímku byla celá nábojnice a zároveň byly dostatečně viditelné všechny detaily (rýhy a škrábance). Šíři snímaného pruhu lze přizpůsobit rychlosti otáčení točny. Je však žádoucí, aby bylo pořízeno alespoň 8 snímků pláště nábojnice po sobě jdoucích. Tedy pokud bude kamera snímat 16 snímků za vteřinu, je třeba aby se nábojnice otočila ne vícekrát, než 2krát za vteřinu, což odpovídá rychlosti 120 ot/min. Platí zde vztah:

$$v = \frac{f}{n} \cdot 60 \text{ [ot/min]}$$

kde v je rychlost otáčení točny, f snímací frekvence kamery a n požadovaný počet snímků pláště.

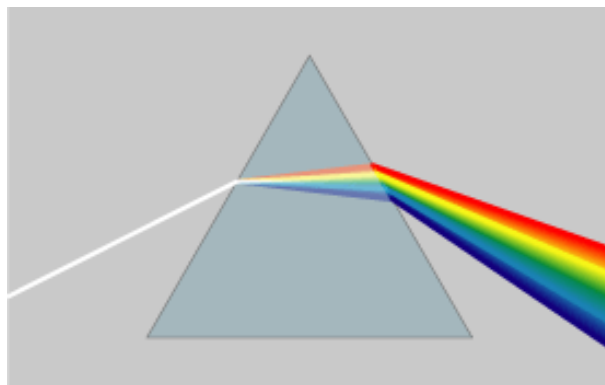
Pokud by nastal problém se snižováním otáček, je možno data snímat prokládaně, tedy pořídit snímek, vyčkat po dobu jednoho otočení a od místa konce snímku pořídit snímek další. V tomto případě přicházejí na scénu i další výpočty a přesnost nastavení snímacího zařízení a programu.

Během snímání bude problémem jednak zajistit dostatečnou přesnost (správně nastavit kameru), ale hlavně osvětlení. Bude nutno nasvítit snímaný objekt, ale tím vzniknou odlesky od kovového pláště nábojnice, což velmi znehodnocuje snímaná data. Vznikají pak totiž v obraze efekty, kvůli nimž může detektor hran, či jiný použitý algoritmus pracovat nesprávně. Zároveň je osvětlením značně ovlivněna viditelnost rýh a škrábanců.

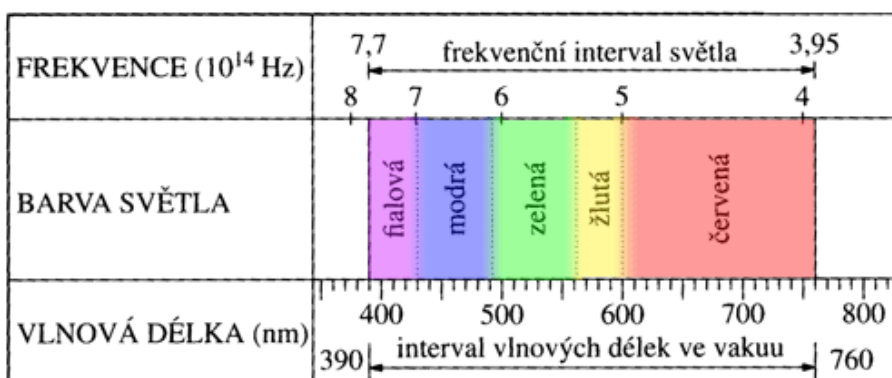
4.4 Různé vlnové délky

Světlo má složky různých vlnových délek. Jednotlivé složky ve spektru viditelného světla mají barvu. Pokud na objekt dopadá bílé světlo, ale jen jedna vlnová délka se odrazí zpět, přičemž všechny ostatní jsou pohlceny, jeví se pozorovateli že objekt má barvu připadající složce této vlnové délky. Platí tedy, že od objektu červené barvy se odráží vlnová délka odpovídající červené barvě, od objektu zelené barvy se zase odráží jen složka odpovídající zelené barvě. V případě objektu bílé barvy se odráží všechny složky a naopak v případě objektu barvy černé jsou všechny složky pohlceny. Složky barevného spektra si můžeme ukázat např. použitím skleněného hranolu pro rozklad světla, nákres na obrázku 4.1. Pro více informací viz [12].

Jednotlivé složky různých vlnových délek se vzájemně liší, právě kvůli odlišné vlnové délce dochází jinak k jejich lomu v hranolu a právě díky různé vlnové délce bude i jinak docházet k jejich odrazu. Toho lze využít při snímání pro zvýraznění některých odlišností. Jako nadějně řešení se pak jeví nápad nasnímat plášť několikrát, pokaždé s osvětlením



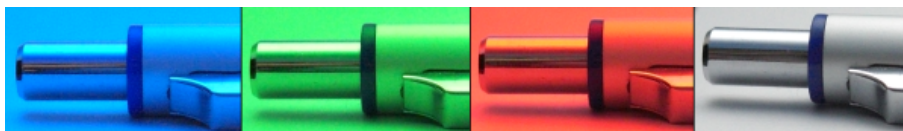
Obrázek 4.1: Rozklad barevného spektra hranolem [10].



Obrázek 4.2: Spektrum viditelného světla [9].

jiné vlnové délky (barvy světla). Získáme několik snímků stejného objektu, přičemž díky fyzikálním zákonům lomu a odrazu světla, při osvětlení jinou barvou, budou rysy pokaždé zvýrazněny jinak.

Budeme-li uvažovat spektrum viditelného světla na obrázku 4.2, zjistíme že vlnové délky v hraničních oblastech (červená a modrá barva) dávají vyniknout především otlakům a ohybům, tedy větším plochám s pozvolnými změnami. Zatímco oblast ve středu spektra viditelného světla (zelená barva) dává nejvíce vyniknout ostrým rysům, především pak úzkým rýhám a škrábancům, přičemž viditelnost je ovlivněna jejich hloubkou. Názorný příklad na obrázku 4.3.



Obrázek 4.3: Předmět nasnímaný při osvětlení různými vlnovými délkami, zleva: modrá, zelená, červená, bílá.

Svou roli zde samozřejmě hrají i stíny, tedy platí že čím hlubší rýha je, tím je viditelnější.

Dalším problémem je ale širší rýhy. Čím je totiž rýha širší, tím je větší možnost, že se paprsek odrazí od stěny rýhy ke dnu a zpět, v tomto případě se může stát že bude jedna rýha vyhodnocena jako dvě.

4.5 Vstupní data

Jako vstupní data systému budou pro jeden objekt 4 snímky dna nábojnice, každý při osvětlení jinou vlnovou délkou a 4 různá videa (série snímků) boku nábojnice, získaná taktéž každé při osvětlení jinou vlnovou délkou.

Pro část systému, který rozpoznává typ nábojnice je žádoucí, aby tak provedla již na základě jednoho snímku dna nábojnice a jednoho snímku, nikoliv celé série snímků boku nábojnice. V tomto případě lze další dvojice nasnímaných dat nechat systémem vyhodnotit jako různé objekty a použít jich pro otestování správnosti vyhodnocení.

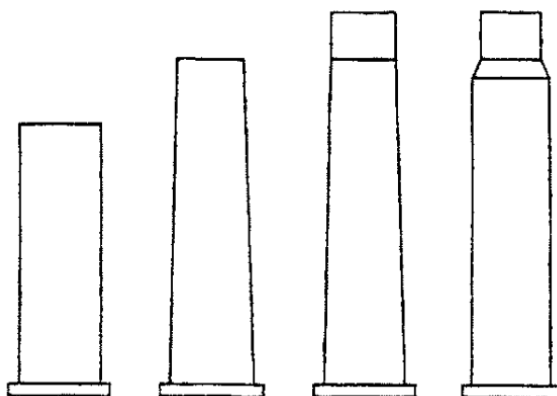
Přejde-li se k části systému, která bude provádět identifikaci zbraně, bude nutno použít všech čtyř snímků dna nábojnice i všech čtyř sérií snímků boku nábojnice. Je totiž nutné, aby systém našel rysy na všech datech, tyto rysy porovnal a rozhodl, zda se jedná o chybu při snímání, či o závažný rys který nelze opomenout. Zároveň se zde bude již nastavovat povolená odchylka, tedy např. pokud se jedná o úzkou rýhu, která bude na všech záznamech na tomtéž místě, pak bude důležitým ukazatelem, zatímco v případě širší rýhy, jak již bylo zmíněno v 4.4 nastanou odchylky větší. Taktéž se bude vyhodnocovat přítomnost rysu na snímku. Pokud bude rys zaznamenán pouze na jednom ze tří snímků, bude mít pro porovnávání menší důležitost, než rys vyskytující se na všech snímcích. Samozřejmě i rys, který je zachycen pouze na jednom snímku nelze vynechat, jelikož může být velmi cenný při porovnávání, např. v situaci kdy je rys viditelný pouze v bílém světle, pak bude totiž tento rys zaznamenán na obou porovnávaných objektech.

Pro jednoduchost ovládání je tedy vhodné implementovat systém tak, aby za vstup bral všechna dostupná data a ta pak zpracovával. Přesto výstupní program této práce, který má pouze určit typ nábojnice a vytvořit mapu jejího pláště, bude pracovat jen s jedním snímkem a videozáznamem. V případě využití tohoto programu v navazující práci jej bude třeba spustit čtyřikrát, pokaždé s dvojicí dat pořízených při osvětlení jinou vlnovou délkou. Rozpoznávání typů nábojnic pak lze řešit procentuálně. Pokud systém 3krát rozpozná typ nábojnice A a jednou typ B, výsledkem je 75 %ní šance že se jedná o A a 25 %ní, že se jedná o B.

4.6 Měření

Při měření rozměrů nábojnice je třeba řešit tvar nábojnice. Nejmarkantnějším rozdílem mezi typy nábojnic je tvar boku. Vyskytují se nábojnice s profilem obdélníkovým, ale také nábojnice jejichž bok se směrem k místu, kde bývá usazen projektil zužuje, viz obrázek 4.4.

U měření dna nábojnice je nutno zjišťovat minimální a maximální průměr, jelikož snímky nemusí být vždy dostatečně kvalitní. Zároveň je třeba zjistit oblast ve které se nábojnice nachází. I když budeme znát oblast, ve které se nábojnice nachází, je potřeba nalézt i střed, přes který se bude průměr měřit. Pro tento účel lze provést několik měření a na základě nalezení největšího průměru určit, zda se provedlo měření přes střed nábojnice. Lze samozřejmě nalézt i určitý záchytný bod, např. ve snímku vyhledat vzor otisku úderníku a ten považovat za střed nábojnice. Samotné měření je jednoduché, budou se počítat body na přímce, které spadají do oblasti nábojnice. Určení přímky lze provést několika způsoby.



Obrázek 4.4: Různé tvary nábojnic [11].

Vycházením z bodů okolo středu kružnice za pomoci rotace výchozím a cílovým bodem, pomocí transformace rotovat s celým snímkem, přičemž výchozí a cílový bod je statický, změřit všechny řádky a sloupce ve snímku a vybrat maximální stejné hodnoty (průměr z řádku i sloupce je stejný).

Jak je vidět na obrázku 4.4, je možno získat k měření nábojnice různých tvarů. Tvar lze rozpoznat změřením šířky nábojnice po celé výšce a vyhodnocením získaných dat. Pokud se budou vzájemně lišit více, než jim dovolí povolená odchylka, lze vyhodnotit změnu tvaru. Mnohdy je právě tento údaj rozhodující co se týče výběru typu nábojnice. Pro změření výšky nábojnice stačí provést počítání bodů spadajících do oblasti nábojnice shora dolů po celé šířce nábojnice.

Vlastní převedení bodu na rozměr už je problematictější. Lze měřit poměr bodů v obrazy, které náleží nábojnici a které spadají do okolí. Druhou možností je přepočítat bod na vzdálenost. V obou případech je třeba snímat data z pevné vzdálenosti, při stejném rozlišení a mít nachystánu převodní tabulku. Rozhodující je pak převodní tabulka, ta musí v případě prvního řešení udržovat data poměrů oblastí nábojnice a pozadí, v případě druhého řešení hodnoty převodu bodu na vzdálenost. Úpravou převodní tabulky je možno měnit i vzdálenost, ze které jsou data snímána i rozlišení. Ve výsledku není vůbec nutné data přepočítávat a zobrazovat uživateli, pokud se ten spokojí s informací o typu nábojnice. Stačí, pokud převodní tabulka bude obsahovat měřitelné údaje ke každému typu, tj. odpovídající hodnoty v bodech.

4.7 Rozpoznávání znaků

Míněno nikoliv porovnávání rysů na nábojnicích za účelem identifikace zbraně, ale porovnávání kvůli zjištění typu nábojnice. Zde konkrétně porovnávání znaků vyražených na dně nábojnice. Znaky vyražené na dně nábojnice jsou nejistějším ukazatelem na typ nábojnice, ale je velmi problematické jejich rozpoznání. Můžou nastat chyby ve snímání, nebo rozpoznání znaku a na základě těchto chyb nedojde k rozpoznání typu nábojnice, nebo dokonce dojde k chybnému rozpoznání. Takže ačkoliv je pro lidské oko, resp. člověka nejdůležitějším ukazatelem právě nápis vyražený na dně nábojnice, v tomto systému bude mít spíše nižší prioritu než ostatní ukazatele na typ nábojnice.

Lze rozpoznávat přímo znaky, nebo jednodušeji s mírně vyšší paměťovou náročností porovnávat vzory. V prvním případě lze použít algoritmy pro rozpoznání znaků přímo, na což je ale vázána jistá chybovost. V případě porovnávání vzorů bude třeba vytvořit databázi vzorů, v tomto případě písmen a jejich grafické reprezentace. Jelikož však na nábojnici není třeba využít všechny alfanumerické znaky, není třeba aby databáze byla příliš obsáhlá. Systém, pak bude z této databáze načítat vzory a bude je vyhledávat ve snímku, podle počtu a polohy výskytů lze pak určit o jaký typ nábojnice se pravděpodobně jedná.

Objevuje se ale další problém se sklonem. Jelikož snímek dna nábojnice bude získán jen jeden, je možné že se vzor na nábojnici nenalezne, jelikož bude ve snímku pod jiným úhlem. Naštěstí je možno provést transformace celého snímku, nebo pouze vzoru a vyhledávat ho tedy ve snímku opakovaně.

Zbývá otázka, jak naložit s nalezenými znaky. Lze buď postupovat jako člověk a snažit se nápis přečíst, v tomto případě ale vznikají problémy s rozpoznáváním polohy písmen a také jejich následováním, např. v situaci kdy některé písmeno není rozpoznáno, je třeba dojít alespoň s jistou pravděpodobností konečného výsledku. Je mnohem snadnější implementovat pouze porovnání histogramů rozpoznávaných použitých písmen a nápisů. Pro ilustraci mějme nábojnici rozdílných typů: 45 AUTO CBC a S&B 9 mm LUGER. V prvním případě vypadá histogram následovně: 4-1, 5-1, A-1, B-1, C-2, O-1, T-1, U-1; zatímco v případě druhém: 9-1, B-1, E-1, G-1, L-1, R-1, S-1, U-1, m-2, &-1. Názvy typů se shodují v jediném znaku, z příkladu je tedy jasné, že aby je bylo možno zaměnit, muselo by se chybně rozponat minimálně 8 znaků. Samozřejmě, může nastat situace, kdy se např. znak G chybně vyhodnotí jako C, což výsledek posouvá směrem k chybnému vyhodnocení, pravděpodobnost tohoto je při vyhledávání vzorů poměrně vysoká a proto rozponávání znaků na dně nábojnice není zvoleno jako prioritní pro určení typu nábojnice.

Kapitola 5

Praktická realizace

5.1 Knihovna OpenCV

Pro implementaci byla vybrána knihovna OpenCV (Open Source Computer Vision, dokumentace viz [8]) ve verzi 1.1, která obsahuje množství algoritmů pro zpracování obrázků a videa, umožňujících počítačové vidění. Projekt je vyvíjen nástrojem Visual Studio 2005 v jazyce C++, prostředí Windows. Optimalizace projektu je provedena pro prostředí Windows XP SP3, 32 bit.

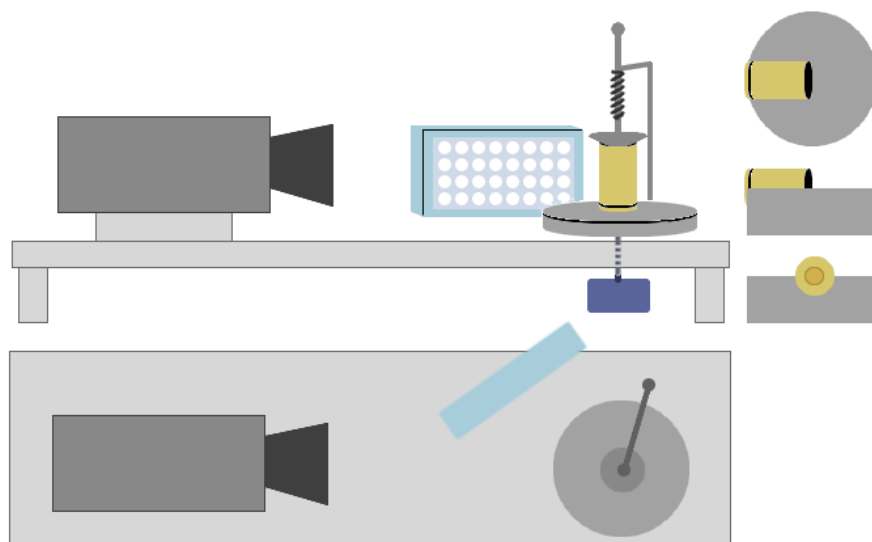
5.2 Součásti systému

Celkový systém se skládá z několika součástí. Následuje výčet a stručný popis těchto součástí.

- **Otáčecí mechanismus** zajišťuje otáčení nábojnice konstantní rychlostí okolo její osy. Zároveň je jej možné zastavit, aby bylo možno pořídit snímek dna nábojnice v klidu.
- **Osvětlení** musí být věnována péče, jelikož má velký vliv na kvalitu nasnímaných dat a řeší ideu změny vlnové délky.
- **Snímač**, tedy kamera musí mít pevně nastavenou vzdálenost a rozlišení, aby mohlo být dosaženo kvalitních snímků a umožněno platné porovnání.
- **Vstup programu** je snímek dna a série snímků boku nábojnice.
- **Detekce hran** zajištěná speciálními algoritmy je určena především pro vymezení oblasti, ve které se nachází nábojnice a měření rozměrů. Není jí myšlena detekce hran pro identifikaci zbraně.
- **Měření rozměrů** se sestává z určení průměru dna nábojnice a všech dílčích rozměrů boku nábojnice.
- **Převodní tabulka** schraňuje data odpovídající typům nábojnic, která se použijí při vyhodnocení.
- **Porovnávání znaků**, přesněji rozpoznávání znaků na dně nábojnice, aby se mohl určit typ nábojnice na základě znaků vyražených na dně. Tato součást není kvůli vysoké chybovosti v programu zahrnuta.

- **Vytvoření mapy pláště** nábojnice je cesta k hledání rysů na povrchu pláště nábojnice, aby bylo možno porovnávat rysy a identifikovat zbraň.

5.3 Otáčecí mechanismus



Obrázek 5.1: Návrh snímacího zařízení.

Byly postupně sestrojeny 3 otáčecí mechanismy. První mechanismus se sestával především z ozubených koleček, která měla za účel vhodně nastavit rychlost otáčení. Tento způsob se však neujal, proto se přešlo k řemínkovým převodům, u těch však také došlo k potížím. Nakonec byl tedy použit ventilátor s nízkými otáčkami jako jednoduchý otáčecí mechanismus.

První otáčecí mechanismus se sestával z motorku EG-530KD-2B (12 V DC, 1600-3200 RPM), několika ozubených koleček a vlastní točny. Původní nápad regulovat rychlost otáčení i pomocí změny napájecího napětí se nevyplatil, jelikož se snižováním napětí rapidně klesala i síla motorku, který při menším napětí, než 9 V ztrácel schopnost pohánět systém. Proto se použilo plné napájecí napětí a snížení otáček se provedlo přidáním jednoho ozubeného kolečka navíc. Motorek měl na hřídeli připevněno ozubené kolečko, které svým otáčením pohybovalo s dalším ozubeným kolečkem několikanásobně většího průměru. Na stejné hřídeli jako velké ozubené kolečko bylo i další menší, které pohybovalo již přímo s ozubeným kolečkem na hřídeli, k níž byla připevněna točna. Bohužel právě použití hřídelky a jednoho ozubeného kolečka navíc způsobilo nestabilitu. Jelikož na ozubených kolech nebyla ložiska, po delší době se kolečka během otáčení začala zadržávat. Zároveň bylo nutné hřídelky upevňovat na více místech aby se nekývaly, čímž celý otáčecí mechanismus získával na robustnosti.

Druhá verze otáčecího mechanismu obsahovala jeden řemínkový převod. Oproti předchůdci s ozubenými kolečky umožňovala snížit otáčky napájecím napětím až na 7,5 V, přičemž i při takto nízkém napětí je udržela stabilní. Zároveň díky již sníženým otáčkám motorku stačilo použít jen jeden řemínkový převod, který přenášel otáčení z menšího kolečka umístěného na hřídelce motorku na větší kolečko umístěné na hřídelce s točnou. Avšak

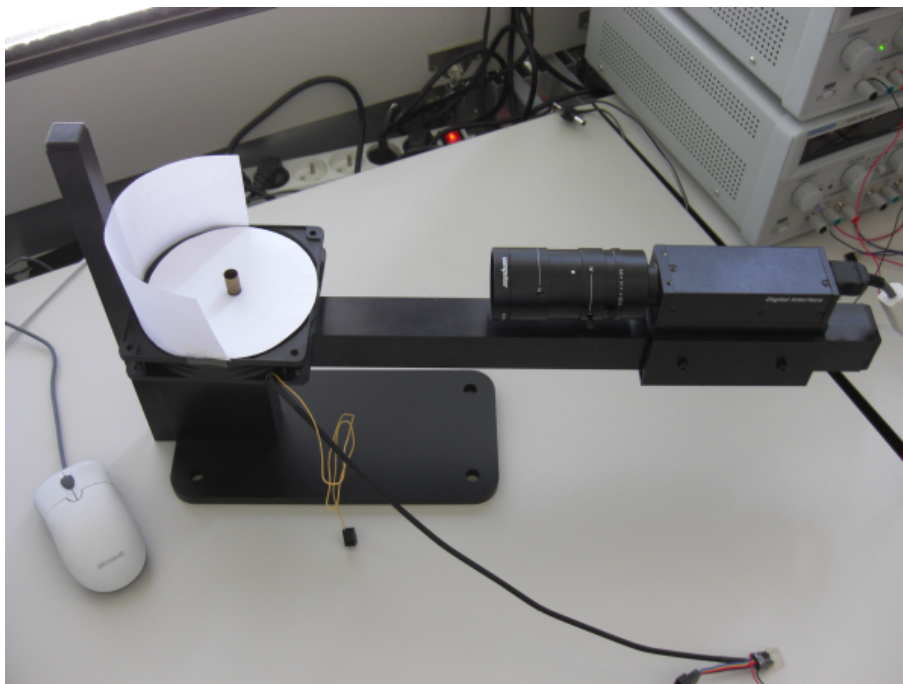


Obrázek 5.2: Otáčecí mechanismus s řemínkovým převodem.

řemínek buď klouzal nebo způsobeno velkým kolečkem a tedy i velkým napnutím řemínku docházelo k jeho přetržení. Taktéž se výrazně projevila absence ložisek, tedy převodní kolečka na hřídelkách byla řemínkem tažena k sobě a vytvářel se tak prostor v upnutí převodního kolečka k hřídelce na vnitřních stranách. To mělo za následek rozpořívání plochy točny do stran a tím pádem i její nestabilitu. Pak nebylo možno na střed točny umístit nábojnici a získávat potřebná data, nábojnice se vždy posouvala ze středu točny k okrajům a padala dolů.

Třetí a finální řešení spočívá v použití otáčecího mechanismu bez převodů. Byl zakoupen ventilátor COL ARCTIC-COOLING AF12025PWM s rozměry 120x120 a regulaci otáček pomocí PWM signálu v rozsahu 400-1500, což je však nedostačující. I při nejnižší rychlosti otáčení 400 ot/min se otočí více než 6krát za vteřinu, což jednak znemožňuje pořízení ostrých snímků a zároveň i při snímání 15 snímků za vteřinu enormě zvyšuje šířku pruhu dat, kterou je třeba snímat pro mapu pláště. Rozhodlo se tedy o regulaci otáček pomocí napájecího napětí, které normálně činí 12 V, napětí se snížilo až na 7,5 V. Při tomto napájecím napětí je ventilátor schopen udržet stabilní rychlost otáčení i s určitou zátěží. I při sníženém napájecím napětí však ventilátor dosahoval rychlosti více jak 2 otáčky za vteřinu. Proto byly po směru otáčení připevněny brzdící proužky papíru tak, aby zasahovaly do prostoru lopatek. Působením brzdících proužků na otáčející se lopatky bylo dosaženo snížení otáček až na 60 ot/min, tedy jedna otáčka za vteřinu.

Pro umístění nábojnice na otáčící se plochu je třeba zvýšit napájecí napětí ventilátoru. Při vyšších otáčkách se zhruba na střed položí nábojnice dnem dolů, přičemž v dutině po střelném prachu se nahází hůlka. Hůlkou se při vysokých otáčkách točny nejen zamezí



Obrázek 5.3: Otáčecí mechanismus z ventilátoru.

odpadnutí nábojnice z točny, ale po cviku se v průměru během 10 vteřin podaří nábojnici jemným tlakem na vnitřní stranu pláště vystředit, aniž by se tak znehodnotily rysy na povrchu pláště. Po vystředění nábojnice se hůlka vytáhne, aby nebyla součástí snímku a na napájecím zdroji se sníží napětí na 7,5 V.

Po dokončení snímání lze jednoduše otáčecí mechanismus vypnout a zastavit. Na jeho nehybný povrch lze pak položit nábojnici na bok a pořídit tak snímek jejího dna.

5.4 Osvětlení

Osvětlení hraje velkou roli co se týče kvality nasnímaných dat. Jednak je nutno zajistit aby byl objekt vůbec viditelný. Dále je třeba, aby byl dostatečně nasvícen pro získávání užitečných dat, kterými jsou snímky s viditelnými rýhami a škrábanci. V osvětlení také tkví hlavní myšlenka získávání dat pomocí světla různých vlnových délek. Osvětlení způsobovalo největší problémy. Jednalo se zejména o problém plošného zdroje světla, tedy zdroj který po celé výšce a šířce pruhu na boku nábojnice bude mít stejnou intenzitu a také o efekt odlesku kovového povrchu nábojnice.

Jak již bylo řečeno v teorii návrhu, pro snímání se používá světla čtyř různých vlnových délek. Jedná se konkrétně o světla barvy bílé, červené, zelené a modré, které jsou emitovány LED:

- **EL333-2UWC/CB** bílé barvy
- **L-53 SRC/E** červené barvy s vlnovou délkou 660 nm
- **L-53 SGC/B** zelené barvy s vlnovou délkou 560 nm

- **5037C** modré barvy s vlnovou délkou 470 nm

Z jichž zmíněných důvodů se jednotlivé rysy na povrchu pláště nábojnice projevují různě. Je nutné, aby se snímání dělo vždy jen pod osvětlením dané vlnové délky. To znamená, celé snímací zařízení přemístit do temné komory a osvětlení přepínat.



Obrázek 5.4: Osvětlovací matice.

Problém plošného zdroje je řešen použitím vždy právě 4 LED stejné vlnové délky. Je tedy zajištěno širší osvětlení. Aby se nemuselo pracně manipulovat s osvětlovacím panelem, byla zapojena matice na obrázku 5.4 v nepájivém poli a nastavena pro konstantní osvětlení plochy. Stále však zůstával problém, že každá LED měla ve směru svého svícení výrazný střed a vytvářela tak nežádoucí světelné kruhy na osvětlované ploše. Tento efekt sice mizel se snižováním napájecího napětí diod, ale zároveň tak i klesala kvalita snímku a schopnost rozeznat detaily v obraze. Proto se napájecí napětí osvětlovací matice zachovalo a před osvětlovací panel se aplikoval filtr, který zajistil dostatečné rozptýlení paprsků. Jako filtr v tomto případě posloužila přeložená poloprůhledná igelitová fólie.

Nejzávažnější problém se však plně odstranit nepodařilo. Jedná se o odlesk po celé výšce úzkého pruhu nábojnice ve směru dopadajícího světla. Filtr jej sice mírně eliminoval, avšak ne úplně. Je sice ještě možné aplikovat další filtr, to by ale způsobovalo další konstrukční problémy. Myšlenka použít matný povlak na nábojnici by znehodnotila získávaná data. Pro vytváření mapy pláště, pro což byl efekt odlesku nejnebezpečnější stačilo snímat tu část plochy boku nábojnice, na které se efekt nevyskytoval. Tedy osvětlovací panel není umístěn nad kamerou, ale vedle kamery jak je znázorněno na návrhu snímacího zařízení, viz obrázek 5.1. Znehodnocení snímku zapříčiněné právě efektem lesku má pak vliv pouze na rozpoznávání typu nábojnice, čemuž lze však zamezit korekcí snímku, který se již nepoužije pro tvorbu mapy pláště.

5.5 Snímač

Ke snímání je použita makrokamera snímající obraz v odstínech šedi. Barvu není třeba zjišťovat, jelikož na jejím základě se typ nevyhodnocuje. Vliv na výraznost rysů není dán barvou, ale jasem.

Pozice kamery musí být pevně nastavena pro snímání, vzdálenost kamery od snímaného objektu má vliv na převodní tabulku rozměrů. Je nutné provést ruční zaostření na snímaný objekt. Je žádoucí, aby se veškeré snímání dat provedlo ve stejném rozlišení. Pro snímání je důležité zvolit vhodné kontrastní pozadí, aby bylo možno jej během zpracování snímku ignorovat. To je zde řešeno pruhem bílého papíru nalepeného na vnitřní okraj ventilátoru po kruhovém obvodu. Je tak zamezeno vzniku hran a stínů, jak by se stalo pokud by byl upevněn v rozích.

Jelikož je jako točna použit ventilátor, jsou za normálních okolností vidět jeho lopatky. Proto je na ně přiložen kruh o průměru středu ventilátoru a lopatek z bílého papíru. Zároveň způsobeno směrem otáčení ventilátoru a sklonem lopatek, tedy proudění vzduchu zvrchu dolů je přidána podložka přidržována na místě a nezdvihá se, ani nepřekáží ve snímání.

5.6 Vstup programu

Vstupem programu je dvojice videa a snímku. Pro zpracování jednoho objektu je každá dvojice s osvětlením jinou vlnovou délkou zpracována a provede se odhad nábojnice. Je třeba program spustit čtyřikrát a po dokončení všech 4 rozpoznávání se na základě výsledků rozhodnout o jaký typ nábojnice se s jakou pravděpodobností jedná.

Z celé série snímků videa se pro rozpoznání typu vybere jen jeden snímek. Pokud na tomto jednom snímku dojde k chybě, zpracuje se snímek jiný.

Ačkoli snímací zařízení vytváří snímky v odstínech šedi, program je uzpůsoben, aby dokázal zpracovat i barevné snímky. Tedy je možno po nastavení jej použít i v kombinaci s jiným snímacím zařízením, než pro které byl vytvořen.

Výstupem programu je vždy typ nábojnice a pravděpodobnost s jakou se o tento typ jedná v případě daných vstupních dat. Celkem se pro určení typu nábojnice uvažují 4 faktory: průměr dna nábojnice, znaky vyražené na dně nábojnice, šířka nábojnice a výška nábojnice. Jelikož modul pro rozpoznávání znaků na dně nábojnice se nepoužívá, nejvyšší pravděpodobnost určení typu nábojnice je 75 %. To odpovídá splnění třech podmínek (průměr, šířka, výška). V případě nesplnění některé z nich pravděpodobnost klesá na 50 % a níže. Pokud se tedy typ nábojnice rozpozná s pravděpodobností 25 % je velká šance, že se jedná o chybu, protože shoda je pouze v jednom parametru.

5.7 Detekce hran

Detekce hran je prováděna pomocí Cannyho detektoru hran (podle první derivace) v obraze. Cannyho algoritmus je obecně znám jako optimální hranový detektor. Je navržen tak, aby splňoval tři základní požadavky (minimální počet chyb, přesnost, jednoznačnost). Postup detekce se sestává z několika kroků. Prvním je eliminace šumu Gaussovým filtrem. Gaussův filtr může být realizován pomocí konvoluce užívající masku, pak následuje aplikace Sobelova operátoru pro nalezení velikostí gradientů a jejich směrů. Následuje proces ztenčení, spočívající ve výběru lokálních maxim nalezených gradientů. Princip této fáze probíhá tak, že jako bod hrany je označen jen takový bod, jehož sousední body v okolí kolmém na směr gradientu mají hodnotu gradientu nižší. Posledním krokem je prahování s hysterezí. Jeho účel je v ohodnocení významu nalezených hran, splnění kritéria jediné odezvy. Hrany pocházející ze šumu mají obvykle nižší hodnoty gradientu než hrany skutečně hledané. Cannyho detektor má mezi vstupními parametry hodnoty dvou prahů T_1 a T_2 . Hodnoty nalezených gradientů jsou potom porovnávány s těmito prahy. Pokud je hodnota gradientu vyšší než hodnota prahu T_2 , je označen jako hrana přímo. Pokud je jeho hodnota nižší než T_1 , je chápán jako nehranový. A konečně, leží-li jeho hodnota v rozmezí těchto dvou prahů, je bod označen jako hrana pouze v případě, že sousedí s bodem, který už za hranu uznán byl. Text převzat z [14].

Než se k této detekci přistoupí, je nejprve nutno snímek převést do úrovní šedi, jelikož jako vstup programu lze použít i barevný obrázek. Nad snímek v úrovních šedi se pak použije filtr pro detekci hran s přednastavenými parametry. Jelikož přednastavené parametry

try, které byly vybrány na základě úspěšnosti v testování nemusí vždy fungovat přesně, je možno aby je uživatel pomocí dvou posuvníků ručně přenastavil. Správná detekce hran je zásadní pro správné změření rozměrů nábojnice.

5.8 Měření rozměrů

První měření se zabývá snímkem dna nábojnice. Provádí se měření ze středu snímku po řádcích nahoru i dolů dokud se nenalezne neplatná oblast (bez hrany, s jednou hranou), stejně se postupuje i po sloupcích vlevo a vpravo. Vždy se hledá první bod zleva a zprava, resp. shora a zdola. Vypočte se rozdíl mezi levým a pravým bodem a rozdíl mezi horním a dolním. Naleznou se maxima, která se porovnávají, pokud se neliší více než o povolenou odchylku, údaj se bere jako hodnota průměru nábojnicí. Zároveň se při tomto měření zjišťuje střed nábojnice odpovídající místu, kde se průměry dna nábojnice protínají.

Druhé měření se aplikuje na snímek boku nábojnice. Měření se provádí po řádcích a sloupcích přes celý snímek a ukládají se všechna naměřená data. Eliminace neplatných hodnot probíhá stejně jako u předcházejícího měření. Platné hodnoty se seřadí a zvolí se medián. Vypočtou se rozdíly mezi body, přičemž rozdíly na ose X odpovídají šířce nábojnice a rozdíly na ose Y odpovídají výšce. Zde se zároveň zjišťují středy boku nábojnice, které jsou použity při tvorbě mapy pláště.

Hodnoty naměřené na ose X boku nábojnice lze použít i k určení tvaru nábojnice. Lze analyzovat minimální a maximální šířku nábojnice na snímku i dopočítat sklon. Jelikož se však testování provádělo pouze na nábojnicích obdélníkového tvaru, není tato funkce zahrnuta.

5.9 Převodní tabulka

V programu je zabudována převodní tabulka. V ní jsou obsaženy rozpoznávané typy nábojnic a jim odpovídající hodnoty průměru dna nábojnice, výška a šířka v bodech. Zároveň jsou uvedeny povolené odchylky při měření a nastavení vstupních dat, tedy rychlost otáčení točny a snímací frekvence kamery.

Rozpoznávání nábojnic probíhá na základě menší než povolené odchylky od dat uvedených v tabulce. Po rozpoznání typu se uvádí i šance, že se jedná právě o daný typ nábojnice na základě počtu splněných podmínek.

5.10 Porovnávání znaků

Pro zjištění znaků na dně nábojnice se z databáze programu načtou vzory znaků, které se budou v obraze vyhledávat. Tyto vzory se pomocí aplikace transformace otáčí a vždy se v obraze dohledávají. Pokud je vzor nalezen, vyhodnotí se jako přítomnost písmena v obraze. Uvažuje se i vícenásobný výskyt vzoru. Konkrétní typ nábojnice se pak dohledává jako odpovídající histogram výskytu znaků. Jelikož se však vyhledával přesný výskyt vzoru, ve výsledcích byla vysoká chybovost, proto není tato funkce ve finálním programu zahrnuta.

5.11 Vytvoření mapy pláště

Pro vytvoření mapy pláště se nastavuje ROI (Region of Interest) ve snímku. Vždy se vybere svislý pruh dat ze středu nábojnice, který je znám z měření jejího boku. Na středu nábojnice

by se totiž neměl vyskytovat žádný efekt odlesku, který by znehodnocoval data. Šířka pruhu snímaných dat se nastavuje podle rychlosti otáčení nábojnice. Podíl snímací frekvence kamery rychlostí otáčení udává počet snímků celého pláště nábojnice. Na jednom snímku nábojnice je viditelná pouze polovina pláště nábojnice, tedy podíl šířky polovinou snímků pláště nábojnice udává šířku pruhu, který se z každého snímku vybere. Upravený vzorec:

$$w_n = 2 \cdot v \cdot \frac{w}{f}$$

kde w_n je šířka snímaného pruhu, v rychlost otáčení, w šířka nábojnice ve snímku a f snímací frekvence kamery.

Kapitola 6

Testování

6.1 Cíle

Cílem testování bylo:

- **Zjistit vhodnost řešení:** použité metody snímání, použitá metoda měření
- **Výběr optimálního řešení:** otáčecí mechanismus snímacího zařízení, nastavení snímače
- **Ověřit teoretické předpoklady:** osvětlení různými vlnovými délkami, rozpoznávání znaků
- **Nalézt chyby v implementaci:** ošetření chybových stavů v programu
- **Nastavit parametry:** výchozí nastavení prahování, povolené odchylky
- **Změřit účinnost:** poměr správných identifikací vůči všem identifikacím, poměr špatných identifikací vůči všem identifikacím, poměr nerozpoznání vůči všem identifikacím

6.2 Parametry

K testování systému byly použity nábojnice ráže .45 Auto, .40 S&W, 9mm Luger a .32 Browning Auto. Všechny nábojnice jsou obdélníkového tvaru viz obrázek 6.1. Použilo se 16 fotografií dna nábojnice a 28 videozáznamů boků nábojnic pokaždé s osvětlením jinou vlnovou délkou.

6.3 Průběh

Snímací zařízení se přesunulo do temné komory, kde se provedlo nasnímání testovacích objektů. Snímání se provedlo v rozlišení 800x600. Program se spustil a na vstup mu bylo dáno postupně všech 16 snímků dna nábojnic a 28 videozáznamů boků nábojnic. Ručně se nastavoval snímek v záznamu a prahování. Sledovaly a zaznamenávaly se výsledky. Pokud se rozpoznal typ špatně nebo nerozhodně (stejně pravděpodobnosti), zvýšil se počet chybně rozpoznávaných. Pokud se typ nerozpoznal, zvýšil se počet nerozpoznávaných. Pokud se typ rozpoznal správně, přičemž za žádných podmínek se neobjevilo rozpoznání chybného typu, zvýšil se počet správně rozpoznávaných. Jako rozpoznání typu se uvažoval rozpoznávaný typ s největší uvedenou pravděpodobností.



Obrázek 6.1: Testovací nábojnice.

6.4 Výsledky

Testování ukázalo, že použitá metoda snímání je dostačující. Metoda měření je dostačující pro tyto testovací objekty, ačkoli je velmi závislá na rozpoznávání hran, např. stín data velmi zkresluje. Otáčecí mechanismus a nastavení snímače je dostačující pro rozpoznávání typů nábojnic, nikoliv však pro tvorbu mapy pláště a rozpoznávání rýh a škrábanců, rychlosti otáčení zde použitého mechanismu jsou příliš vysoké. Změna osvětlení je velmi přínosná a umožnila získání množství odlišných dat v rámci jednoho objektu. Naopak metoda rozpoznávání znaků na dně nábojnice pomocí vyhledávání předlohy je nepoužitelná i při aplikaci změn velikosti a sklonu, důvodem je kvalita snímků a odlišnost oblastí v místech se znaky. Nalezlo se vhodné výchozí nastavení prahů i odchylek, avšak prahy je ve většině případů nutno ručně přenastavit.

Tabulka 6.1: Tabulka úspěšnosti programu.

Úroveň porovnání	Správně rozpoznáno [%]	Chybně rozpoznáno [%]	nerozpoznáno [%]
3 parametry	45	0	55
2 parametry	89	5,4	5,6
1 parametr	87	13	0

Kapitola 7

Závěr

V projektu byly splněny všechny cíle zadání. Cílem práce bylo navrhnout a vytvořit snímací zařízení, jehož experimentální verze je sestavena. Navržena a realizována byla úspěšně metoda snímání obrazu při osvětlení různými vlnovými délkami. Vypracovaný program dokáže zpracovat data, nejenom přímo z realizovaného snímacího zařízení. Správné rozpoznání typu nábojnice programem je závislé na počtu parametrů, při požadavku na všechny 3 parametry je úspěšnost 45 % a chybovost 0 %, při požadavku na 2 parametry je úspěšnost 89 % a chybovost 5,4 %, při požadavku na 1 parametr je úspěšnost 87 % a chybovost 13 %. Cíl rozpoznávat typ nábojnice dle znaků vyražených na dně se uskutečnit nepodařilo. Program dokáže vytvořit dle nastavených kritérií mapu pláště nábojnice, přičemž její kvalita pro rozpoznávání stop je závislá na kvalitě vstupních dat.

Dalším cílem ve vývoji systému je bezesporu schopnost rozpoznání a vektorizace rysů a jejich porovnávání s jinými vzory, aby bylo možno určit typ zbraně a přesně ji identifikovat. Na současném programu lze dále vylepšovat algoritmy pro měření, implementovat rozpoznávání znaků na dně nábojnice, paralelní zpracování všech dvojic dat a naimplementovat umělou inteligenci, která by hodnotila výsledky a program tedy sám upravoval prahy či volil snímek s daty.

S touto prací je provázána diplomová práce Rozpoznávání markantních rysů na nábojnicích, jejíž cíl je rozpoznat rysy, provést jejich vektorizaci a porovnat je s jinými vzory.

V této práci byla ukázána cesta jak zpracovávat data a vysvětlena problematika, kterou je třeba řešit. Nejcennějším přínosem je nepochybně ověření myšlenky pořizování obrazových dat při osvětlení různými vlnovými délkami. Během testování se prokázalo, že získávaná data se velmi liší podle osvětlení. Rysy viditelné jen při určitém osvětlení jsou viditelné na všech objektech a odlišné vlnové délky umožňují skrýt některé jevy, které data zkreslují.

Literatura

- [1] Planeta Věda [online].
<http://www.securityrevue.com/article/2006/07/revolver-zhr-830/>,
2006-08-13 [cit. 2009-01-15].
- [2] Balistický systém LUCIA B-SCAN [online].
http://www.forensic.cz/oldwww/index.php?inc=forensic_bullscan&lang=cs,
2007 [cit. 2009-05-14].
- [3] Nejčastější metody kriminalistické identifikace věcí [online].
<http://www.prf.cuni.cz/documents/docFile.php?id=826>,
2008-01-10 [cit. 2009-01-15].
- [4] Katedra inženýrské grafiky NSTU. <http://graph.power.nstu.ru/>,
2008 [cit. 2009-01-15].
- [5] Mikro Leica [online]. <http://www.mikro.cz/leica/mikroskopy-komparacni>,
2008 [cit. 2009-01-15].
- [6] Náboj (zbraň) [online]. [http://cs.wikipedia.org/wiki/Náboj_\(zbraň\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Náboj_(zbraň)),
2009-01-05 [cit. 2009-01-15].
- [7] Puška [online]. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Puška>, 2009-01-06 [cit. 2009-01-15].
- [8] OpenCVWiki. <http://opencv.willowgarage.com/wiki/Welcome>,
2009-03-18 [cit. 2009-04-28].
- [9] Frekvence a vlnová délka světla [online]. <http://mfweb.wz.cz/fyzika/163.htm>,
2009-04-22 [cit. 2009-04-28].
- [10] Optický hranol [online]. http://cs.wikipedia.org/wiki/Optický_hranol,
2009-04-22 [cit. 2009-04-28].
- [11] Spektrum [online].
<http://ipzv.unob.cz/Studium/Bc-ZT/SpTech/T2%20-%20st%C5%99elivo.ppt>,
2009-04-22 [cit. 2009-04-28].
- [12] Světlo [online]. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Světlo>,
2009-04-22 [cit. 2009-04-28].
- [13] Pistole [online]. <http://www.quido.cz/Objevy/pistole.htm>, 2009 [cit. 2009-04-15].
- [14] Beránek, J.: *Metody detekce a reprezentace hran v obraze, bakalářská práce*. Brno, FIT VUT v Brně, 2007.

- [15] Bradski, G.; Kaebler, A.: *Learning OpenCV*. O'Reilly Media. Inc., 2008, ISBN 978-0-596-51613-0.
- [16] Hartink, A. E.: *Encyklopedie pušek a karabin*. REBO Productions, 1999, ISBN 80-85815-87-7.
- [17] Hartink, A. E.: *Encyklopedie pistolí a revolverů*. REBO Productions, 2003, ISBN 80-7234-173-1.
- [18] Jan, J.: *Číslicová filtrace, analýza a restaurace signálů*. Brno, VUT - VUTIMUM, 2002, ISBN 80-214-1558-4.
- [19] Kotík, D.: *Kriminalistická balistika a její význam v průmyslu komerční bezpečnosti, bakalářská práce*. Zlín, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006.
- [20] Planka, B.: *Nové technologie v kriminalistické balistice - Lucia BULLSCAN* [online]. http://web.mvcr.cz/archiv2008/casopisy/kriminalistika/2005/01/planka_info.html, 2005 [cit. 2009-01-15].
- [21] Vel'as, A.: *Revolver ZHR 830* [online]. <http://www.securityrevue.com/article/2006/07/revolver-zhr-830/>, 2006 [cit. 2009-01-15].

Dodatek A

Obsah CD

Na přiloženém CD se nachází následující složky:

- **program** obsahuje spustitelnou verzi programu se všemi potřebnými knihovnami; optimalizováno pro platformu Windows XP SP3, 32 bit; spustitelné v laboratořích CVT VUT FIT v Brně.
- **program.doc** obsahuje dokumentaci generovanou nástrojem Doxygen.
- **program.source** obsahuje zdrojové kódy programu, `ibp.cpp` je zdrojový kód programu, `stdafx.cpp` a `stdafx.h` jsou generovány nástrojem Visual Studio C++ 2005.
- **program.test** obsahuje vybraná nasnímaná testovací data, bylo u nich sníženo rozlišení.
- **program.vs** obsahuje pracovní soubory projektu pro nástroj Visual Studio C++ 2005 bez zdrojových kódů programu.
- **text** obsahuje text této práce ve formátu PDF.
- **text.source** obsahuje zdrojové kódy a další soubory potřebné pro přeložení textu této práce nástrojem \LaTeX do formátu PDF.

Dodatek B

Manuál

Program `ibp` se spouští z příkazové řádky se dvěma argumenty, pokud není toto splněno, vypisuje se nápověda. Argumenty programu jsou nejprve soubor snímku dna nábojnice ve formátu standardně BMP, JPG, PNG, pak soubor videozáznamu boku nábojnice ve formátu AVI. Při správném spuštění programu a odpovídajícím obsahu souborů se otevře 5 oken. Okno s nezměněným snímkem dna nábojnice a okno umožňující posuvníkem vybrat snímek boku nábojnice z videozáznamu. V dalších dvou oknech jsou vidět hrany zjištěné Cannyho hranovým detektorem při výchozím nastavení prahů. Obě okna mají odděleně 2 posuvníky pro ruční úpravu prahů. V posledním okně je vypočtená mapa pláště nábojnice. Informace se vypisují na standardní výstup, patří mezi ně hodnoty průměru dna nábojnice, její šíře a výška v bodech. Poslední vypisovanou informací je rozpoznaná ráže a pravděpodobnost s jakou se o tuto ráži jedná. Maximální pravděpodobnost je 75 % jelikož není funkční rozpoznávání znaků na dně nábojnice. Ukončení programu se provede stiskem libovolné klávesy na klávesnici, pokud je stisknuta klávesa Esc provede se okamžité ukončení programu, pokud je stisknuta libovolná jiná klávesa provede se ukončení programu, přičemž se mapa pláště uloží do souboru `surface.png` v adresáři programu. V případě již existujícího souboru `surface.png` se tento přepíše. Nastavení rychlosti otáčení nábojnice, snímací frekvence kamery, převodní tabulky, funkčních modulů programu a úrovně rozpoznávání se provádí pomocí `maker` a konstant přímo ve zdrojovém kódu programu. Příklad spuštění:

```
ibp cbc45auto.png cbc45auto.avi
```

Dodatek C

Příklad záznamu testování

Zaznamenávaly se vlnové délky osvětlení, prahy při rozpoznání správného typu, nejvyšší dosažená pravděpodobnost rozpoznání typu správně a nejvyšší dosažená pravděpodobnost rozpoznání chybného typu.

Tabulka C.1: Záznam testu.

	λ [nm]	Dno 1	Dno 2	Bok 1	Bok 2	Správně [%]	Chybně [%]
CBC .45 AUTO	bila	128	55	201	92	75	0
CBC .45 AUTO	470	-	-	101	83	50	0
CBC .45 AUTO	560	179	24	68	7	50	25
CBC .45 AUTO	660	103	23	107	84	50	0
FA41 .45 AUTO	bila	-	-	121	1	50	0
FA41 .45 AUTO	470	-	-	135	68	50	0
FA41 .45 AUTO	560	-	-	97	102	50	0
FA41 .45 AUTO	660	-	-	77	61	50	0
MFS .45 AUTO	bila	35	88	125	178	75	0
MFS .45 AUTO	470	24	90	216	83	75	0
MFS .45 AUTO	560	20	102	70	10	75	25
MFS .45 AUTO	660	22	95	90	8	75	0
9mm Luger	bila	-	-	102	64	50	0
9mm Luger	470	-	-	114	125	50	0
9mm Luger	560	-	-	71	4	25	25
9mm Luger	660	-	-	89	60	50	50