Posudek oponenta doktorské dizertační práce

Název dizertační práce:	Analýza rozptylových obrazců zplodin výstřelu z expanzní pistole pro odhad vzdálenosti střelby
Autor práce:	Ing. Michal Gracla
Oponent:	prof. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
Pracoviště posuzovatele:	UTB ve Zlíně
Akademický rok:	2024/2025

1. Aktuálnost zvoleného tématu:

Aktuálnost zvoleného tématu je zřejmá nejenom z rešeršní části předložené práce, kdy publikace z dané oblasti uvedené v databázích Web of Science a Scopus lze napočítat na prstech jedné ruky. Důležitost tématu také plyne z požadavků soudních znalců a z diskusí s pracovníky z praxe. Zatímco ostatním typům zbraní je věnována dlouhodobá pozornost, což je jistě zcela pochopitelné, zbraním studovaným zde se zabývá pouze málo autorů. Tím nemyslím důležitost jednotlivých zbraní z hlediska použití v trestné činnosti, ale pouze fakt, že zde vznikla poměrně malá oblast, která nebyla doposud prozkoumána. Pouhá konstatování, že zde jsou jevy obdobné, obvykle nejsou podloženy reálnými argumenty. Autor předložené práce si právě těchto konstatování bez argumentů všiml a rozhodl se, po dohodě se školitelem, věnovat tomuto tématu. To lze hodnotit pouze kladně.

2. Cíle doktorské dizertační práce:

Cíle doktorské disertace jsou deklarovány jasně a srozumitelně na straně 47. Je to dáno jednak jasným aplikačním zacílením práce, ale je také vidět zaměření autora práce spíše na praktické problémy, které mu zřetelně vyhovují více než základní výzkum. Tento dojem prochází celou předloženou disertační prací.

3. Zvolené metody zpracování dizertační práce a její formální úroveň:

Základními metodami disertace jsou experimentální práce a analýza naměřených dat. Autor musel sestavit měřicí aparaturu sestávající nejenom z vytvoření střeleckého pracoviště, ale musel zvládnout i vytvoření počítačově řízeného měřicího systému mikrováhového senzoru (kmitající krystal) umožňující měření nanogramových hmotností a také postupy vědecké fotografie při přípravě dat pro následné zpracování obrazu. Jedná se o komplexní laboratorní práce, které vyžadují nejenom vyčtené znalosti, ale také trpělivost a pracovitost při realizaci jednotlivých měření.

Velmi kladně hodnotím uvádění odhadů nejistot měření v rámci celé disertace, na což se velmi často zapomíná.

V práci se nevyskytuje mnoho překlepů a čte se dobře. Jednotlivé kapitoly logicky navazují a směřují k zadanému cíli práce. Grafy mají obvyklou úroveň požadovanou v tomto typu prací, jsou přehledné. Pouze u některých obrázků mi připadá jejich velikost poněkud nadbytečná.

4. Výsledky dizertační práce (nové poznatky, celkový přínos):

Za základní výsledek lze považovat srovnání výsledků zahraničních prací obr.15 a obr.16 s vlastními výsledky obr.40-45. Otázkou je, která funkce (mocninná nebo exponenciální) je vhodnější pro popis měřených veličin. Autor jednoznačně upřednostňuje funkci exponenciální, ale bez výraznější argumentace, což mi v práce chybí. Tímto výběrem použité funkce autor v podstatě plní zadání práce, takže by bylo vhodné se touto otázkou zabývat s větší intenzitou.

Pokud porovnáme výsledky předložené v kapitole 7. na stranách 58 až 78 se zadáním, mohu pouze konstatovat, že se autor až úzkostlivě snažil držet zadání a to také splnil. Je otázkou, zda tento přístup lze nazvat tvůrčím, což je otázka míněna do diskuze, nicméně lze konstatovat, že zadané cíle byly splněny.

Otázka zní, jaké nové otazníky či náměty předložená práce nastiňuje k dalšímu zkoumání.

Zajímavých výsledků je zde ale více, i když se zadaným tématem korespondují spíše nepřímo. Analýza složí pomocí metody SEM-EDX může pomoci k identifikaci výrobce jednotlivých typů nábojek. Použití mikrováhového senzoru je zřetelně užitečné a zajímavé pro laboratorní měření mapování sedimentace částic nejen v této oblasti.

5. Připomínky a dotazy na uchazeče:

Práce si klade za cíl vytvořit matematický model ke stanovení vzdálenosti střelby z vybrané expanzní pistole na základě rozptylových zplodin výstřelu zachycených na záchytovém materiálu. Samotnému modelu je v práci věnován velmi malý prostor, zcela postrádám ověření tohoto modelu.

a) U měření množství spadených částic na záchytový materiál používáte relativně dlouhý čas, tedy 60 minut. Jsou takto „zdlouhavá" měření v praxi použitelná?

b) U obr.27 až obr.34 jsou uvedeny spady částic pro různé typy nábojek. Měření bylo provedeno vždy 1x nebo se měření opakovala vícekrát? Je zaručena opakovatelnost měření při ne zcela homogenních podmínkách (mírný průvan, odlišné teplotní podmínky atd.)?

c) Odhadujete vzdálenost na základě četnosti pixelů v celkovém obrazu, co když budete mít jenom jeho část, třeba pouze část obr.36 c) a zbytek bude zastíněn nějakým předmětem?

d) Čím vysvětlujete strukturu rozptylových obrazců uvedených na obr.35 případně 37?

e) Úplně jsem nepochopil použití skenování (300 DPI) ve vztahu s fotografováním, uvádíte (24 Mpx) bez další specifikace, jak je to posouzením vhodnosti jednotlivých technik?

6. Celkové zhodnocení dizertační práce a závěr:

Přes výše uvedené připomínky, a jsou uvedeny pouze některé, jsem dospěl k názoru, že předložená disertační práce prokazuje schopnost Ing. Michala Gracly k tvůrčí vědecké práci a proto konstatuji že doktorand Ing. Michal Gracla, prokázal schopnost samostatné tvůrčí vědecké práce a doporučuji proto, aby ve smyslu ustanovení § 47 zákona č. 111/98 Sb. o vysokých školách byla jmenovanému umožněna obhajoba předložené disertační práce a na základě její úspěšné obhajoby navrhuji udělit jmenovanému akademický titul philosophiae doktor (Ph.D.).

Ve Zlíně dne 3. 11. 2024

Prof. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Posudek oponenta doktorské dizertační práce

Název dizertační práce: Analýza rozptylových obrazců zplodin výstřelu z expanzní pistole pro odhad vzdálenosti střelby.

Autor práce: Ing. Michal Gracla

Oponent: prof. Ing. Ludvík Juříček, Ph.D.

Pracoviště posuzovatele: Katedra manažmentu a ekonómie, Vysoká škola DTI Dubnica nad Váhom, Sládkovičova 533/20, 018041 Dubnica nad Váhom, Slovenská republika.

Akademický rok: 2023/2024

Předložený oponentní posudek se týká přepracované doktorské dizertační práce (DDP) uchazeče *Ing. Michala Gracly* z roku 2023. Kromě změny původního názvu práce, který lépe vystihuje odborné zaměření práce, student provedl určité změny v obsahu, ale také formální úpravě téměř všech kapitol DDP. Oceňuji provedení změn v použité odborné terminologii uchazečem, které vychází z aktuální české normy *ČSN 39 5002 Civilní střelné zbraně a střelivo – Terminologie,* platné od 8/2023. Pozitivní je rovněž skutečnost, že student aktualizoval uváděné statistické údaje s ohledem na časový posun 1 rok mezi jednotlivými verzemi DDP.

Hodnocení závěrů protokolu o originalitě a výsledků posouzení míry shody textu posuzované práce s databází originálních textů vyhovuje stanoveným požadavkům na dizertační práci. Předložená DDP *Ing. Michala Gracly* je zpracována ve výrazně vylepšené formální úpravě, která odpovídá požadavkům kladeným na kvalifikační práce této úrovně. Práce obsahuje 110 stran textu, který je logicky řazen, mimo úvodu a závěru, do osmi relativně samostatných kapitol, seznamu použité literatury, obrázků, tabulek, použitých symbolů a zkratek a dvou příloh.

1. Aktuálnost zvoleného tématu:

Doktorand si ve své doktorské dizertační práci (DDP) spadající do studijního oboru Inženýrská informatika (3902V023) stanovil náročné, nicméně však vysoce společensky aktuální téma zaměřené do problematiky odhadu vzdálenosti střelby z expanzní pistole založeném na analýze rozptylových obrazců zplodin výstřelu. Uvedená problematika není v teoretické ani experimentální oblasti dostatečně řešena a publikovaná v odborné literatuře, a to nejen v České republice (ČR), ale ani v podmínkách renomovaných zahraničních odborných pracovišť. Podle aktuální verze zákona č. 119/2002 Sb. (zákona o zbraních), platné po 30. 1. 2021, jsou posuzované expanzní zbraně řazeny do kategorie „ostatní zbraně" (zbraně kategorie „C-I", § 6a, dříve kategorie „D") se specifickým systémem jejich nabývání a držení. Především snadnost jejich nabytí a specifický balistický výkon z nich tvoří zbraně poměrně rozšířené a v podmínkách ČR společensky vysoce nebezpečné. V současné době se ČR nachází v období přípravy novely tohoto zákona s předpokládanou platností od 1. 1. 2026.

Při vyšetřování a objasňování násilné trestné činnosti v případech použití expanzní palné zbraně proti člověku, a to i v případech sebevražd, je zjišťování vzdálenosti střelby ze

zbraně vyšetřovatelem nebo soudním znalcem z oboru střelivo a výbušniny, pro účely prokázání případného protiprávního použití zbraně zásadní.

2. Cíle doktorské dizertační práce:

S ohledem na odborné zaměření DDP a vlastního výzkumu orientovaného na ústní projev expanzní zbraně, který spadá do oblasti přechodové balistiky, zformuloval uchazeč hlavní cíl dizertační práce:

- Návrh matematického modelu ke stanovení odhadu vzdálenosti střelby z vybrané expanzní pistole na základě experimentálně získaných rozptylových obrazců zplodin výstřelu vzniklých na záchytovém materiálu.

K dosažení hlavního cíle DDP doktorand vymezil tyto dílčí cíle:

- zhodnocení současného stavu v dané oblasti,
- provedení série experimentálních měření,
- zpracování výsledků z experimentálních měření,
- analýza a vyhodnocení získaných dat a
- vytvoření návrhu matematického modelu ke stanovení odhadu vzdálenosti střelby z expanzní pistole.

Pro vlastní řešení výše uvedených cílů DDP existují v experimentální části přijaté limity a omezení, které vychází z existence **laboratorních podmínek** (zanedbání vnějších vlivů při střelbě v reálných klimatických a povětrnostních podmínkách laboratoře forenzních věd), **expanzní zbraně** (experimenty byly realizovány pouze jeden typ expanzní pistole Atak Zoraki 917 v ráži 9 mm P.A.K. turecké společnosti Atak Arms), **nábojek** (použito 5 druhů akustických nábojek shodné ráže. Chemické nábojky s účinnou látkou nebyly podrobeny experimentálnímu zkoumání), **vzdálenosti střelby** (experimentálně ověřené maximální rozpětí vzdáleností střelby od 3 cm do 18 cm pro spolehlivé rozpoznání rozptylových obrazců), **úhlu střelby** (střelecký experiment byl realizován při kolmém směru střelby, kdy podélná osa vývrtu hlavně je v okamžiku výstřelu kolmá na plochu záchytového materiálu), **záchytových materiálů** (v experimentu byl použit jeden předem definovaný materiál – homogenní kreslící bílý karton, jednobarevný, bez vzorů a znečištění).

3. Zvolené metody zpracování dizertační práce:

Při zpracování DDP byly uchazečem, pro splnění stanovených cílů, použity vybrané metody inženýrské informatiky s důrazem na experimentální měření, jeho vyhodnocení a zřízení databáze výsledků a jejich elektronické archivace. Z obecných vědeckých metod práce využil uchazeč především rešerši, analýzu, syntézu, indukci, komparaci a dedukci. Z poměrně rozsáhlé škály vědeckých metod využil autor ke zpracování experimentálně získaných dat rozptylových obrazců speciální SW Wolfram Mathematica nebo další speciální forenzní SW (SW LUCIA Forensic a tabulkový procesor SW Microsoft Excel) použitelné pro měření v digitálních obrazech v 2D nebo 3 D rozměrech fotografií GSR obrazců a provádění výpočtů, analýzy dat a tvorby grafických reprezentací dat, včetně použití 3 D skenovací

platformy. Z dostupných metod experimentální balistiky uchazeč vhodně uplatnil metodu střeleckých zkoušek realizovaných s využitím vlastního měřícího řetězce navrženého speciálně pro tento druh balistického experimentu. V realizovaných střeleckých experimentech byl reálný cíl (člověk) zastoupen vhodně zvoleným záchytovým materiálem.

4. Výsledky dizertační práce (nové poznatky, celkový přínos):

Hlavní výsledky dizertační práce uchazeč uvádí v kapitole *7. Výsledky měření a jejich výsledky* na str. 58–74. Úsilí doktoranda bylo zaměřeno na oblast odhadu vzdálenosti střelby ze zvolené expanzní zbraně *Atak Zoraki 917* ráže *9 mm P.A.K.* na základě hodnocení získaných rozptylových obrazců zplodin výstřelu pěti akustických nábojek ráže 9 mm P.A.K. od různých výrobců (Walther, Pobjeda, Fiocchi, Sellier & Bellot a TITAN).

K získání relevantních výsledků uchazeč provedl řadu vlastních střeleckých experimentů, které realizoval v podmínkách laboratoře forenzních věd školícího pracoviště FAI UTB ve Zlíně. Pro jejich zajištění využil dostupný materiál, přístroje a pomůcky nutné k přípravě a realizaci jednotlivých experimentů, včetně SW nástrojů ke zpracování, hodnocení a archivaci experimentálně získaných výsledků.

Popis realizovaných experimentů je obsahem podkap. 6.6 na str. 57 až 60. Na rozdíl od verze DDP z roku 2023 zde byla uchazečem potlačena *Analýza prvkového složení GSR metodou SEM-EDX* (podkap. 6.5.2, str. 54). Výsledky měření a jejich diskuze uvádí 7. kapitola na str. 61 až 78.

- **Stanovení hmotností výmetných náplní vybraných nábojek**

  Pro každý typ nábojky bylo postupně provedeno 5 měření. Z naměřených hodnot byly vypočítány aritmetické průměry zjištěné hmotnosti výmetné náplně a kombinovaná standardní nejistota měření. Z provedených měření vyplývá, že jednotlivé typy nábojek se svojí hmotností vzájemně liší, což může mít zásadní vliv na množství zplodin výstřelu, ale i částic GSR. Tato skutečnost může ovlivňovat hodnoty naměřené mikrováhovým senzorem při analýze spadu zplodin výstřelu nebo morfologii rozptylových obrazců vzniklých na záchytovém materiálu.

- **Analýza spadu částic GSR v závislosti na vzdálenosti a času**

  Analýza spadu částic GSR realizovaná dvěma samostatnými přístupy, a to:

  - *Měření spadu zplodin výstřelu v přímém směru střelby.* Využití 3 různých akustických nábojek ráže 9 mm P.A.K. (Walther, Fiocchi a Pobjeda). Odpočet spadu částic (plošné hustoty) v $ng.cm^{-2}$ ve vzdálenosti 200, 500 a 1 000 mm s časovým vzorkováním 10, 20, 30, 40, 50 a 60 minut. Záznam a hodnocení časového spadu částic GSR uchazeč pečlivě a správně zdůvodnil rozdíly v pohybu a distribuci částic, které jsou ovlivněny kvalitou procesu hoření prachové náplně se vznikem méně hmotných částic.

  - *Měření spadu zplodin výstřelu v maticovém rozmístění.* Realizace experimentu probíhala v maticovém (šachovnicovém) rozmístění mikrováhového senzoru v prostoru před ústím hlavně expanzní pistole. Ke střelbě a měření byly využity zbylé akustické nábojky ráže 9 mm P.A.K. (Sellier & Bellot a TITAN). U obou nábojek byly mikrováhovým senzorem zaznamenány

nejvyšší hodnoty plošné hustoty částic GSR po 60 minutách od výstřelu v ose střelby ve vzdálenosti 250 mm od ústí expanzní pistole (Sellier & Bellot – 89 ± 9 $ng.cm^{-2}$, TITAN – 36 ± 9 $ng.cm^{-2}$). Spad částic GSR tvoří rozevírající se vějíř se zvýšeným spadem vpravo od výstřelné roviny. Tuto skutečnost doktorand na str. 30 (podkap. 2.5.2) správně vysvětlil přítomností výhozného okénka na pravé straně těla pistole.

Obě výše popsané metody analýzy spadu částic GSR a jejich distribuce v prostoru před ústím hlavně expanzní zbraně se tak mohou stát vhodnými doplňkovými (pomocnými) metodami pro odhad vzdálenosti střelby.

- **Srovnání rozptylových obrazců zplodin výstřelu**

Cílem tohoto střeleckého experimentu bylo porovnat rozptylové obrazce vzniklých střelbou z KKZ (expanzní pistole GLOCK 17) na záchytový materiál (kreslící bílý karton) ze stejné vzdálenosti střelby X = 30 mm a X = 180 mm klasickým pistolovým nábojem standardní konstrukce ráže 9 mm Luger (FMJ) relativně vysokého balistického výkonu a expanzními nábojkami 9 mm P.A.K. (Walther) a 9 x 19 mm (Fiocchi). Již pilotní experiment potvrdil dosažení lepších výsledků střelby na kreslící karton, protože rozptylové obrazce vzniklé na fóliích byly výrazně méně viditelné ve srovnání s obrazci částic GSR na kreslícím kartonu. **Získané výsledky tohoto experimentu mají pouze doplňkový charakter.**

Při popisu dosažených výsledků srovnávacího experimentu byla na tomto místě (podkap. 7.3, str. 68-71) doktorandem správně zdůrazněna skutečnost, že v tomto případě při porovnání účinků výstřelu (charakter rozptylového obrazce) expanzních nábojek s účinkem pistolového náboje standardní konstrukce, tedy ostrého náboje s letálním účinkem se účinky výrazně liší. Při slovním hodnocení účinku expanzní nábojky 9 mm P.A.K. (Walther) na kratší vzdálenost střelby X = 30 mm (obr. 35, str. 69) stále přetrvává absence označení výrobce nábojů použitých v experimentu. Toto lze ale považovat pouze za dílčí administrativní nedostatek formálního charakteru.

Oponent na tomto místě oceňuje doplnění hodnocení příčin vzniklých rozdílů v morfologii a celkovém uspořádání rozptylových obrazců zplodin výstřelu na záchytovém materiálu (kreslící karton) při střelbě na vzdálenost 30 mm posuzovanými náboji. Proč jsou účinky ostrého pistolového náboje ráže 9 mm Luger (FMJ) diametrálně odlišné od účinků expanzní nábojky 9 mm P.A.K. (Walther) při střelbě ze vzdálenosti 30 mm uchazeč správně hodnotí tuto skutečnost na základě diametrálně rozdílného balistického výkonu náboje 9 mm Luger (FMJ) oproti výše zmíněným nábojkám 9x19 mm (Fiocchi) a P.A.K. (Walther). Tento rozdíl je na vzdálenost střelby X = 180 mm ještě markantnější, a to také mezi oběma expanzními nábojkami 9 mm P.A.K. (Walther) a 9x19 mm (Fiocchi), který doktorand na tomto místě (obr. 36, str. 70) pečlivě popsal. Navíc byl přidán obr. 37 na str. 71 v němž jsou porovnány rozptylové obrazce zplodin výstřelu z expanzní pistole nábojkou P.A.K. (Walther), a to na vzdálenosti střelby 30 mm a 180 mm.

- **Výsledky ze SW Wolfram Mathematica:**

Automatická analýza digitálních fotografií rozptylových obrazců zplodin výstřelu (podkap. 6.6.3, str. 58-60). Přínosem doktoranda je vytvoření vlastního algoritmu (obr. 38, str. 72) v prostředí SW Wolfram Mathematica. Experiment je založen na komparací digitálních fotografií prázdných záchytových materiálů (referenční vzorky)

s digitálními fotografiemi rozptylových obrazců získanými střelbou kolmo na záchytový materiál na vzdálenosti střelby X = 30, 60, 90 a 120 mm expanzní nábojkou 9 mm P.A.K. (Walther), Pobjeda a TITAN. Naměřené hodnoty pro vzdálenosti střelby X = 150 a 180 mm nebyly použity z důvodu nízké rozlišitelnosti kontur obrazců. Poté byly následně automaticky binarizovány použitým algoritmem. Matematický vztah byl vytvořen na základě datové analýzy relativní četnosti pixelů odpovídající zplodinám výstřelu v rozptylových obrazcích zplodin výstřelu v závislosti na vzdálenosti střelby.

Uchazeč ve svém hodnocení dosažených výsledků správně uvádí, že optimálních výsledků bylo dosaženo pro vzdálenosti střelby X = 30–120 mm při snímkování s osvětlením třemi světly s hodnotou spolehlivosti R^2 téměř 100 % (R^2 = 0,999).

5. Splnění sledovaných cílů dizertační práce:

Doktorand si je dobře vědom, že nebylo v jeho silách předložit v daném čase a fázi doktorského studia komplexní řešení odborně velmi náročné problematiky související s odhadem vzdálenosti střelby z expanzní pistole na základě provedené analýzy rozptylových obrazců zplodin výstřelu.

Představené řešení a jeho výsledky jsou především platné pro laboratorní podmínky realizovaných experimentů. **Proto si oponent dovolí tvrdit, že dizertační práce představuje první, ale velmi důležitý krok na složité a dlouhé cestě vědy, kterou se *Ing. Michal Gracla* vydal.** Škoda, že doktorand ve své DDP více nenaznačil možnosti a perspektivy dalšího výzkumu v této společensky vysoce aktuální problematice.

Jako oponent předložené doktorské dizertační práce *Ing. Michala Gracly* přesto vyjadřuji své přesvědčení, že stanovené cíle byly uchazečem splněny, a že předložená dizertační práce představuje dobrý základ pro další teoretický a experimentální výzkum.

6. Význam pro společenskou praxi a další rozvoj vědy:

Přínos výsledků dizertační práce lze spatřovat nejen v teoretické rovině, ale především v návrhu a přípravě vlastních experimentů důležitých pro úspěšné řešení složitého problému odhadu vzdálenosti střelby z expanzní zbraně. Výsledky, ke kterým doktorand dospěl v případě hodnocení účinků krátké expanzní zbraně (pistole a revolvery), jsou dobře využitelné i pro dlouhé expanzní zbraně (pušky). Důležitost dosažených výsledků oponent spatřuje v několika hlavních směrech, které souvisí s použitím palných zbraní. Jedná se o oblasti profesní obrany a sebeobrany, forenzních disciplín a oblast legislativní činnosti.

Význam předložené a mnou oponované doktorské dizertační práce *Ing. Michala Gracly* je pro společenskou praxi a další rozvoj vědy ve studijním oboru inženýrská informatika zcela zásadní. Doporučuji, aby doktorand výsledky svých analýz a experimentů prezentovaných v dizertační práci zveřejnil formou, jednak odborně zaměřené publikace, ale také po vhodné úpravě jako příspěvek ve vhodném odborném časopise.

Zde uvedené závěry a výsledky výzkumu jsou velmi cenné nejen pro rozvoj metodologie aplikovaného výzkumu v této oblasti, ale z důvodu výrazné absence podobně tematicky zaměřených prací doma i v zahraničí, jsou přínosné pro širokou odbornou komunitu tvořenou balistiky, soudními znalci, orgány činnými v TŘ, výrobci zbraní a střeliva, ale také

legálními držiteli zbraní. Své si zde najdou také zanícení laici, kteří se zajímají o otázky efektivního použití ruční palné zbraně. V neposlední řadě jsou výsledky předložené práce velmi cenným materiálem pro rozšíření a celkové obohacení výuky studentů studujících v bezpečnostně právních studijních oborech.

7. Připomínky a dotazy na uchazeče:

Doktorand *Ing. Michal Gracla* předložil svoji dizertační práci v podobě ucelené odborné práce, a to jak po stránce obsahového zaměření, tak po stránce metodologického zpracování zvolené problematiky. Připomínky mám k identickým názvům podkapitol 6.6.1 (str. 57) a 7.1 (str. 61). Stejný problém nastává u podkapitol 6.6.2 (str. 57) a 7.2 (str. 61), ačkoliv v obou případech se jedná o části DDP, které patří z hlediska svého zaměření do obsahově zcela odlišných kapitol *6.6 Popis experimentů* a *7 Výsledky z měření a experimentů a jejich diskuze.* Ostatní formální připomínky se váží spíše k několika málo překlepům nebo stylisticky nejednoznačným formulacím. V práci se vyskytuje několik méně přesných nebo chybějících formulací odborných pojmů spadajících do oboru *civilní střelné zbraně a střelivo* nebo *ranivá balistika* v souvislosti s pojmovým aparátem vztahujícím se k charakteristice vzdálenosti střelby (střelba s přiložením, relativní blízkost nebo střední vzdálenost střelby). Zjištěné formální nepřesnosti v textu dizertační práce ovšem nijak nesnižují celkovou úroveň a význam předložené DDP, která splňuje poměrně přísné požadavky kladené na kvalifikační práce této úrovně.

Na tomto místě si dovolím vyjádřit značné uspokojení nad vývojem úrovně písemného projevu doktoranda, který zaznamenal za uplynulý rok od zpracování první verze DDP (2023). Vysoce kladně hodnotím také výrazně zlepšenou formální a grafickou úroveň předloženého obrazového materiálu.

Dizertační práce je srozumitelná, logicky řazená do relativně samostatných kapitol, výrazově obsažná, s velmi slušnou grafickou úpravou. Výsledky a závěry autora jsou logické a přesvědčivé. Velmi cenné jsou výsledky plynoucí z přípravy, provedení a vyhodnocení střeleckých experimentů s dostatečným analytickým zpracováním získaných výsledků, realizovaných na odborném školícím pracovišti uchazeče. Výsledky výzkumu realizovaného v laboratorních podmínkách lze považovat za jednoznačný přínos práce doktoranda.

Dovolím si doktorandovi položit dvě otázky:

1. *Jaký rozdíl v úsťovém projevu expanzní pistole při výstřelu akustické nábojky lze očekávat ve volném prostoru (v reálných povětrnostních podmínkách) a v uzavřeném prostoru?*

2. *Jaký má podle Vás vliv ráže (balistický výkon) expanzní pistole v případě výstřelu akustické nábojky na úsťový projev zbraně?*

8. Závěr:

Doktorand *Ing. Michal Gracla* mě předloženou doktorskou disertační prací přesvědčil o tom, že je schopen správně uchopit odborný problém, zvolit vhodné metody řešení, a to s ohledem na praktické potřeby studijního oboru. Na základě svého hodnocení konstatuji, že doktorand vypracoval dizertační práci na velmi dobré odborné úrovni. Jeho dizertační

práce splňuje základní kritéria kladená na samostatné kvalifikační práce této úrovně. Uchazeč prokázal schopnost týmového přístupu k práci na řešení problému majícího výrazný interdisciplinární přesah. Prokázal schopnost uplatnit vědecký přístup k řešení vlastního návrhu matematického modelu ke stanovení odhadu vzdálenosti střelby z expanzní pistole.

Doktorand *Ing. Michal Gracla,* prokázal schopnost samostatné tvůrčí vědecké práce a doporučuji proto, aby ve smyslu ustanovení § 47 zákona č. 111/98 Sb. o vysokých školách byla jmenovanému umožněna obhajoba předložené disertační práce a na základě její úspěšné obhajoby navrhuji udělit jmenovanému akademický titul philosophiae doctor (Ph.D.).

V Brně dne 9. října 2024

prof. Ing. Ludvík Juříček, Ph.D.
Katedra manažmentu a ekonómie
Vysoká škola DTI v Dubnici nad Váhom

Oponentní posudek disertační práce

autora

Ing. Michala Gracla
doktoranda studijního programu Inženýrská informatika (P3902) Fakulty aplikované informatiky
Univerzity Tomáše Bati Zlín

Název disertační práce:
Analýza rozptylových obrazců zplodin výstřelů z expanzní pistole pro odhad vzdálenosti střelby

Posudek zpracoval:
prof. Ing. Martin Macko, CSc.
Fakulta vojenských technologií
Univerzita obrany v Brně

Téma disertační práce bylo náročné, protože podstatou práce je vytvoření matematického modelu, kde vstupní parametry jsou značně proměnlivé. Analýzou rozptylových obrazců zplodin výstřelů se zabývá hodně autorů, většina z nich je uvedena v přehledu použité literatury. Tady je nutné ocenit úsilí doktoranda při prováděné rešerši, na použitou literaturu se odkazuje v postupně v celé disertaci. Autor konstatuje, že je málo publikací týkajících se pouze expanzních zbraní, avšak u řady publikací, které autor uvádí, jsou použité metody, které lze úspěšně aplikovat i na expanzní pistole pro odhad vzdálenosti střelby, což v podstatě autor i provedl, podobný přístup k matematickému popisu pomocí exponenciální funkce zvolil i Zapata, F. at all v práci „Multi-spectral imaging for the estimation of shooting distance, FSI, 2018".

Disertaci zpracoval Ing. Michal Gracla velmi přehledně, avšak, jak je uvedeno níže, disertace se v úvodní části spíše přibližuje učebnímu textu než vědecké studii. Ani v abstraktu ani v úvodní části původní kapitole nelze rozeznat cíl práce, v podstatě nelze zjistit důvod, proč tato práce byla zpracovaná a v případě, že disertaci bude číst čtenář, který nepracuje v oboru, nepochopí okamžitě smysl této práce. Ten se dozvídáme až teprve na straně 32, kde je popsáno ve stručném a velmi obecném odstavci, jaký má význam posuzování otázek balistických stop v případě přítomnosti střelce na místě činu. Je opravdu otázkou, jakým způsobem lze vyhodnotit a přistoupit k posuzování nebezpečnosti expanzních zbraní, protože autor neuvádí počet trestných činů provedených pomocí expanzní zbraně, v souhrnné tabulce jsou jednotlivé zbraně uvedeny podle jednotlivých kategorií, což neznamená, že trestné činy dané kategorie byly provedeny pomocí expanzní zbraně.

Úvodní část, která má cca 33 stránek, je v podstatě učebnicovým shrnutím oboru a je možné říci, že se vlastně ani nejedná o popis problémů v oboru, je to v podstatě přehled jak balistických znalostí, tak názvosloví nebo částečně popis expanzních zbraní, nábojů a dalších skutečností. V úvodní části by podle mého názoru měla být zpracována rešerše prací, které se věnovali tématu práce z různých databází časopisů, studií a to takovým způsobem, aby z ní vyplynulo slabé místo různých metod anebo nastupující trend, který je právě v disertaci autora uspokojivě vyřešen. Autor opomenul moderní bezkontaktní metody pro analýzu prostoru a látek, např. hyperspektrální snímání. Nepovažuji tuto úvodní kapitolu jako vhodnou pro uvedení do disertační práce. Disertační práce by měla prokazovat, že doktorand je schopen provádět analýzu různých přístupů k problému, analýzu způsobů měření a různých způsobů vyhodnocení výsledků experimentů, ukázat všechny současné možnosti digitálního zpracování

dat a zejména problémy a postupy při zpracování rozptylových obrazů. Na druhé straně je pravdou, že tuto část ocení odborníci z jiných vědních oborů.

Myslím, že bylo vhodné soustředit se pouze na expanzní zbraně a vyhodnotit efektivnost použitých metod. Částečně je to popsáno od strany 33 do strany 40, tady se autor odkazuje na práce jiných autorů, avšak bylo vhodné uvést komplexnější matematické modely zpracování obrazu, protože autor považuje za hlavní cíl práce návrh matematického modelu ke stanovení odhadu vzdálenosti střelby. Matematický model v této disertační práci je v podstatě pouze funkční vztah pro křivku, která charakterizuje počet černých pixelů v oblasti v závislosti na vzdálenosti střelby (na ose x). Toto nelze uvádět jako matematický model, v podstatě jde o experimentální vyhodnocení a převedení tohoto zjištění do nějakého matematického vztahu pomocí exponenciální rovnice. Různých algoritmů pro zpracování plošného obrazce je poměrně hodně v různých oborech, které mohou být pro tuto úlohu nevhodné, ale s podobnými obrazy (např. digitální zpracování snímků povrchu v geografii nebo v lékařských oborech se přibližují v práci uvedeným rozptylovým obrazcům) a vhodnou úpravou algoritmu lze provést aplikaci na tento problém v balistice.

V šesté kapitole jsou popsaný podmínky, za kterých byl proveden experiment. Je vyfocená laboratorní střelnice, proveden její podrobný popis, jsou popsány další podmínky a jsou popsané softwarové nástroje, které byly použity. Dále byly popsané náboje, které byly použité pro vyhodnocení rozptylu zplodin výstřelu. Tato část experimentu přináší zajímavé výsledky, lze tuto kapitolu vyhodnotit velmi kladně a autor ve své disertační práci opravdu neopomněl podrobně popsat podmínky průběhu experimentů a provedený postup, čímž je splněna podmínka opakovatelnosti. Bylo střileno pět druhů náboje od různých výrobců, kde se průměrná hmotnost výmetné náplně lišila řádově až v desetinách a setinách gramů a toto (jak sám autor zmiňuje) opravdu může mít zásadní vliv na množství zplodin i rozptylové charakteristiky. Zdá se, že bylo vhodné zjistit závislost geometrických charakteristik rozptylového obrazce na struktuře a hmotnosti a k tomu využít algoritmy zpracování obrazu. Kapitolu 7.2, kde byla provedena analýza spadu zplodin výstřelu v závislosti na vzdálenosti a čase, lze považovat taky za hodnotnou, avšak je otázkou do jaké míry má vliv atmosféra, která byla v daném časovém intervalu v laboratoři, neboť tyto výsledky jsou velmi závislé na podmínkách prostředí. Dalo by se to pojmenovat jako přesné zmapování nepřesných hodnot, což sám autor připouští, kdy v kapitole 7.2.3 uvádí, že výsledné hodnoty měření jsou natolik malé, že mohou být ovlivněné jakýmkoliv sebemenším vlivem, například prouděním vzduchu.

V kapitole 7.3 je provedeno srovnání rozptylových obrazců zplodiny výstřelů. Při hodnocení této kapitoly není jasné, kolik provedl výstřelů, ani není zcela jasné vyhodnocení výsledků. U tohoto typu experimentu je předpokládáno provedení minimálně 10 výstřelů jednou zbraní, jedním typem náboje a provedení statistického vyhodnocení geometrických charakteristik zplodin výstřelů. Autor v této části práce potvrdil, že dokáže vyhodnotit experiment, dokáže přistoupit k problému správně, avšak výsledky jsou diskutabilní a sám tady uvádí, že existují rozdíly při použití různého střeliva, s různou hmotností a různými tlaky.

V kapitole 7.4 uvádí použití software Wolfram Mathematica, uvádí tady vývojový diagram pro automatizovanou analýzu rozptylových obrazců a uvádí provedený postup. S postupem lze souhlasit, dosáhl výsledky, dokáže rozeznat pomocí tohoto algoritmu rozdíly při střelbou různými náboji. S čím lze diskutovat, je použity scanner, kde použil v podstatě jenom rozlišení 300 dpi, který má opravdu základní rozlišení používané pro kancelářskou práci, ale ne pro přesné laboratorní vyhodnocení. Dokázal pomocí softwaru najít matematický vztah pro tři nábojky Walther, Pobjeda i Titan, zjistil, že mají různé závislosti, přičemž matematický vztah, který je ve tvaru exponenciální funkce s nějakým součinitelem pro každou nábojku zobecňuje a popisuje jako matematický model. Tento jeho závěr je velmi diskutabilní, nelze ho zobecnit s t akto získanými výsledky. Platí pouze pro konkrétní zbraně a konkrétní náboje. Cenné je, že autor ukázal postup při provádění experimentu, avšak výsledek nelze považovat za obecný, bylo

by nutné provést desítky až stovky experimentů pro jednotlivé zbraně, abychom mohli určit pro každou kombinaci náboje a zbraně vhodné součinitele.

Závěrem lze konstatovat, že výše popsaná negativa nemají zásadní vliv na celkové zpracování disertační práce a že disertační práce je napsaná velmi přehledně, metodickým způsobem a ukazuje na to, že autor je schopen sám vědecký pracovat, je schopen sám publikovat, dokáže připravit experiment, vyhodnotit experiment a prezentovat výsledky práce. Dále lze konstatovat, že autor je připraven pro samostatnou vědeckou práci, což je cílem doktorského studia.

Disertační práce splňuje všechny podmínky, které jsou kladeny na disertační práce jak podle zákona o vysokých školách, tak podle vnitřních předpisů, které jsou stanoveny univerzitou a fakultou v daném studijním programu. Doporučuji disertační práci k obhajobě a v případě její úspěšné obhajoby, doporučuji doktorandovi udělení titulu PhD.

Otázka k obhajobě: Popište možnosti využití hyperspektrálního snímání pro analýzu rozptylových obrazců zplodin výstřelu a zplodin výstřelu na místě trestného činu.

V Brně dne 21. října 2024

prof. Ing. Martin Macko, CSc.