

## Oponentský posudek disertační práce

Student: **Ing. Jiří ŠEVČÍK**  
Název práce: **Rekonstrukce trestného činu ve virtuální realitě**  
Studijní program: Inženýrská informatika  
Školitel: doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

### 1. Aktuálnost tématu disertační práce

Vzhledem k významnému rozvoji virtuální reality a zavádění do každodenního života lze považovat téma disertační práce za vysoce aktuální s potenciálem přispět k zásadnímu rozšíření aplikací i do dalších oblastí, jako je v práci zmiňovaná kriminalisticko-taktická technika při vyšetřování a rekonstrukcích trestných činů. Tvorba 3D modelů a jejich přenos do virtuální reality v různých vědních oborech představuje současnou oblast zájmu, což dokládá obsáhlá rešerše stavu poznání, která je součástí první kapitoly disertační práce.

### 2. Cíle disertační práce a jejich splnění

Disertační práce má stanoveny dva základní cíle, které jsou dále rozpracovány do celkem sedmi dílčích celků, jejichž postupné řešení v rámci zpracování disertační práce a provedení experimentů by mělo vést k naplnění těchto základních. Stanovení cílů logicky vyplývá z předcházející rešerše současného stavu poznání. Všechny dílčí kroky byly v práci postupně prezentovány, byla dostatečně vysvětlena jejich provázanost a ve výsledku vedly k přehlednému postupu/návodu k 3D rekonstrukci modelových scén trestných činů. Zde bych si pouze dovolila upozornit na spíše formální nedostatek označení výstupu prvního cíle, kterým dle autora je zpracování metodiky. Domnívám se, že se v tomto případě nejedná o metodiku, která by podléhala autorizaci či certifikaci, ale o nastínění metodického postupu či návodu, jak v případě konkrétních scén trestných činů postupovat při výběru vhodných nástrojů.

### 3. Formální úprava práce

Předkládaná disertační práce má celkem 104 stran a je členěna mimo úvodu a závěru do osmi stěžejních kapitol. Samostatnou část tvoří seznam vlastních publikací autora a přehled dalších aktivit (účast na konferencích, vedení závěrečných prací i řešení projektů) v rámci Curriculum vitae. Součástí práce je jediná doplňující příloha v podobě tabulky doporučených zařízení pro 3D skenování.

Struktura práce a rozdělení na kapitoly a podkapitoly je vhodná a jednotlivé části jsou po obsahové stránce vyvážené. Obsáhla je část citovaných literárních zdrojů, zcela zásadní podíl mají zahraniční publikace.

Předložená práce je napsána velmi srozumitelně a čtivě, je doplněna velkým množstvím precizně zpracovaných obrázků, tabulek, fotografií a jejich komentářů.

Disertační práce obsahuje menší množství gramatických chyb, vyskytuje se tam však také několik formálních nedostatků, a to v podobě odkazů na neexistující kapitoly a podkapitoly, které však žádným způsobem nesnižují kvalitu a správnost dosažených výsledků, pouze zhoršují orientaci v textu. Stejným způsobem drobně komplikují čtení textu odkazy na některé obrázky, které jsou poněkud nelogicky v jiném pořadí, než je jejich umístění.

#### 4. Postup řešení problému a konkrétní výsledky

Autor se v prvních čtyřech kapitolách určeným teoretickým základům detailně věnuje popisu skenovacích technik, 3D modelování a možnosti rekonstrukce, charakterizuje softwarové nástroje a vývojové prostředí, včetně jejich aplikace v různých vědních disciplínách spadajících do oboru forenzních věd. Tato část představuje zhruba polovinu disertační práce, ale již zde autor definuje metodické, taktické a technické limity a řadu proměnných, které zahrnují jak konkrétní trestné činy, tak požadavky na technické vybavení, efektivitu metodických postupů, podmínky využití vybrané kriminalisticko-taktické metody a finální kvalitu výstupu.

Navazující pátá kapitola přibližuje pracovní postup 3D rekonstrukce scénářů trestných činů v prostředí virtuální reality, a to s oddělením operační a výpočetní části. Autor hodnotí možnosti snímání scén s ohledem na základní kategorie zohledňující vnitřní či venkovní prostory, mobilitu a velikost snímání objektů či osob, čímž současně poukazuje na zásadní odlišnosti v jednotlivých metodách snímání, rekonstrukce i interpretace. Velmi precizně jsou zpracovány dvě navazující kapitoly, které představují konkrétní aplikaci navržených postupů na dvou experimentech A a B. Toto označení v prvních částech textu je trošku zavádějící, neboť si čtenář představuje aplikaci na dva různé trestné činy resp. na dvě významně odlišné modelové scény. Zde se jedná v experimentu A o využití fotogrammetrie a terestriálního laserového skenování na snímání interiérového prostoru, a to ve dvou režimech: standardním a zrychleným přístupem s následnou 3D rekonstrukcí a srovnáním jednotlivých modelů. Protože se v prostorech trestných činů často vyskytují předměty se zrcadlovými a lesklými povrchy, představuje autor možnosti ošetření těchto ploch pro jejich kvalitní nasnímání. Pokud bychom tento krok zahrnuli do aplikace v kriminalistice, vždy by se v daném prostoru při použití křídového či sublimačního spreje zasáhlo do scény její kontaminací. Z textu není zřejmé, jak by autor navrhoval postupovat, aby k narušení scény tímto způsobem nedošlo.

Získaný komplexní 3D model snímaného prostoru v experimentu A je následně výchozím bodem pro navazující experiment B, který představuje poloautomatickou metodu retopologie polygonální sítě.

#### 5. Přínosy pro vědní obor a pro praxi, publikační činnost autora

Autor prokázal schopnost orientovat se v celé řadě experimentálních technik a identifikovat výhody a vhodnost aplikovaných experimentálních postupů.

Publikační činnost autora je na skvělé úrovni a zahrnuje tři prvoautorské publikace u článků v databázích web of Science i Scopus, tak řadu dalších publikací, u kterých je členem autorského kolektivu. V těchto databázích má ing. Ševčík také příspěvky ve sbornících z mezinárodních konferencí. Velmi důležitým výstupem tvůrčí činnosti autora je také podíl na národním patentu. U jednotlivých publikací by bylo vhodné doplnit mentální podíl autora na daných výsledcích. Velmi kladně hodnotím kontakt autora s praxí (konzultace s Policií ČR a Kriminalistickým ústavem ČR) a následné řešení projektu Rekonstrukce scénáře bezpečnostního incidentu v prostředí virtuální reality v programu Impakt Bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra ČR.

## 6. Připomínky k disertační práci

Některé z připomínek již byly součástí hodnocení v předchozích bodech, a to zejména chybné číslování některých odkazů na kapitoly, které v práci nejsou uvedeny. Autor se v textu nevyvaroval drobných překlepů či lehce slangových výrazů z vývojového prostředí, v části balistiky používá termín kulka, nikoliv obecnější výraz střela, do hlavních nadpisů umísťuje řadu zkratk apod.

Žádná z těchto připomínek nesnižuje autorův přínos a úroveň předložené disertační práce.

## 7. Otázky na autora disertační práce

Jaká spatřujete hlavní omezení použití této metody v kriminalistické praxi?

Jakým způsobem budete ve virtuální realitě řešit trajektorii střel, jak budete vyhodnocovat vliv okolních objektů na změnu jejich trajektorie (odraz střely)?

Jakým způsobem budou prezentovány výsledné modely v průběhu soudního řízení v jednacích síních?

Jaké mohou být největší překážky uplatnění rekonstrukce trestného činu ve virtuální realitě v praxi?

V jakých dalších vědních disciplínách uvažujete o možnosti využití výsledků disertační práce?

## 8. Závěrečné zhodnocení

Na základě výše uvedeného lze konstatovat, že předložená disertační práce splňuje požadavky kladené na disertační práce, a to jak po stránce formální, tak i obsahové.

Doktorand Ing. Jiří Ševčík prokázal schopnost samostatně vědecky pracovat, což dokládá i jeho publikační činnost a řešení grantových projektů.

Předloženou práci vřele **doporučuji k obhajobě**.

V Ostravě, 4. 12. 2022

doc. RNDr. Karla Barčová, Ph.D.

Fakulta bezpečnostního inženýrství  
VŠB – Technická univerzita Ostrava

## Posudok dizertačnej práce

**Názov práce:** Rekonstrukce trestného činu ve virtuální realitě

**Predkladateľ:** Ing. Jiří Ševčík

**Oponent:** prof. Ing. Tomáš Loveček, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva

**Študijný odbor/program:** Inženýrská informatika

Cieľom dizertačnej práce bolo navrhnúť a prakticky overiť metodický postup tvorby digitálnej 3D rekonštrukcie objektov potenciálne súvisiacich s vyšetrovaním trestného činu a následne špecifikovať možnosti ich využitia v interaktívnom prostredí virtuálnej reality. Ako autor uvádza, nejedná sa o návrh úplne novej kriminalisticko-taktické metódy, ale o špecifikáciu a overenie technických možností aplikácie moderných technológií snímania, spracovania a zobrazenia strojovo získaných informácií v nadväznosti na dokazovanie trestného činu.

Práca je tvorená ôsmimi kapitolami:

1. V úvodnej kapitole sa autor zameriava predovšetkým na predstavenie a opis dotknutých výskumných oblastí (informatika a kriminológia).
2. Druhá kapitola obsahuje ciele dizertačnej práce.
3. Tretia kapitola sa zameriava na špecifikáciu metód a zariadení, ktoré sú využité na dosiahnutie cieľov.
4. V štvrtej kapitole sú predstavené zásady spracovania 3D rekonštrukcie miesta trestného činu vo virtuálnej realite.
5. V piatej kapitole je špecifikovaný pracovný postup 3D rekonštrukcie scenára TČ v prostredí VR.
6. Posledné dve kapitoly (6. a 7.) sú venované experimentom.

V prvej kapitole autor uvádza: „Posledné vedecké práce experimentujú s možnosťami interpretácie a interakcie forenzných dát prostredníctvom virtuálnej reality“, pričom tieto zdroje sú datované do rokov 2018 a 2019. Bolo asi vhodnejšie sa odvolať na aktuálnejšie poznatky vo výskume využitia virtuálnej reality v kriminológii. Predstavuje ucelený state-of-art vo svete 3D „scanovacích“ technológií a dáva dobré predpoklady na formulovanie cieľov dizertačnej práce. I keď pri popise súčasného stavu

poznania danej problematiky sa autor mohol zamerať na novšie publikované výstupy po roku 2020. Posúdeniu relevantnosti identifikovaných 3D technológií vhodných na rekonštrukcie kriminalisticky významných miest a objektov bráni skutočnosť, že v tejto časti práce absentuje detailnejší pojmový aparát z kriminalistiky. Z práce napríklad nie je jasné čo pod pojmom „rekonštrukcia trestného činu“ autor rozumie. Nie sú špecifikované základné požiadavky kladené na využiteľnosť uvedenej technológie z hľadiska zabezpečenia objektívnosti zaisteného obrazu pre proces dokazovania.

V druhej kapitole si autor kladie za cieľ práce posúdiť možnosti digitalizácia a následne navrhnuť postup 3D rekonštrukcie miesta trestného činu s jeho overením na modelovom príklade. 3D rekonštrukcia prostredia trestného činu predstavuje z finančného ale hlavne aj z časového hľadiska náročný proces. V práci by bolo vhodné stanoviť aj čiastkový cieľ, do akej miery by aplikácia virtuálnej reality pomohla objektívnejšie objasniť konkrétny trestný čin viac, ako doteraz používané metódy. Čím by sa preukázala efektívnosť vynaložených zdrojov.

V tretej kapitole sú vhodne navrhnuté metódy, postupy a nástroje na dosiahnutie cieľa dizertačnej práce.

V štvrtej kapitole autor uvádza, že jej obsahom sú zásady spracovania 3D rekonštrukcie miesta činu vo virtuálnej realite, avšak výsledok nekomparuje s požiadavkami trestného konania. Autor sa len okrajovo zmieňuje o jej „nepriamom vplyve“ na kriminalisticko-taktickú časť objasňovania. Takýto postoj autora je z trestnoprávneho i kriminalistického hľadiska nie úplne akceptovateľný.

V piatej kapitole autor definujúcej pracovný postup 3D rekonštrukcie scenára trestnej činnosti, ktorý delí do troch základných častí (operačná, výpočtová, kriminalisticko-taktická). V kapitole 5.1.2 sú uvedené techniky skenovania objektov, ktoré bolo vhodné spracovať v 1. kapitole.

Autor v kap. 6.3 Skenování zrcadlových a lesklých povrchů (str.70) uvádza spoločnú indispozíciu metód bezkontaktného reflexívneho skenovania. Týka sa nespôsobilosti správneho vyhodnotenia geometrických súradníc a následného zobrazenia zrkadlových a lesklých povrchov. Táto neschopnosť potenciálne vylučuje ich využitie v rámci zaisťovacích úkonov.

Po formálnej stránke sú v texte odvolávky na kapitoly, ktoré neexistujú, pravdepodobne v predchádzajúcej verzii bolo celkovo osem kapitol, ktoré tvorili jadro práce, pričom v súčasnosti je ich sedem.

Záver práce ako i prínosy pre teóriu a prax mohli byť viac rozpracované.

Predložená práca má nesporný teoretický ako aj praktický prínos pre daný odbor. Uchádzač preukázal schopnosť a pripravenosť na samostatnú vedeckú a tvorivú činnosť v oblasti výskumu alebo vývoja a je schopný získané vedomosti aplikovať tvorivým spôsobom v praxi.

Na základe vyššie uvedeného musím skonštatovať, že **predložená práca spĺňa požiadavky kladené na dizertačnú prácu a preto ju odporúčam na obhajobu.**

V Žiline dňa 28.11.2022

prof. Ing. Tomáš Lověček, PhD.



## OPONENTSKÝ POSUDOK dizertačnej práce

Autor: **Ing. Jiří Ševčík**

Názov: **Rekonstrukce trestného činu ve virtuální realitě**

Študijný program: **Inžénýrská informatika (P3902)**

Študijný odbor: **Inžénýrská informatika (3902V023)**

Školiace pracovisko: **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky**

Školiteľ: **doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.**

### 1. AKTUÁLNOSŤ ZVOLENEJ TÉMY DIZERTAČNEJ PRÁCE:

V oblasti aplikovanej informatiky má v súčasnosti významný podiel rozvoj virtuálnej, doplnkovej a zmiešanej reality, pričom existuje stále veľký priestor pre tvorbu nových metódik pre využitie týchto technológií v rôznych oblastiach nasadenia, či už sa jedná o priemyselnú oblasť alebo iné príbuzné oblasti.

Téma dizertačnej práce z oblasti tvorby 3D modelov na báze rekonštrukcie scény trestného činu s prenesením modelu do virtuálnej reality pre účely využitia v oblasti kriminalistiky jednoznačne spĺňa požiadavku na vysokú aktuálnosť dizertačnej práce. V zvolenej oblasti tvorby 3D virtuálnych modelov sú dostatočné možnosti skúmania nových metódik a algoritmov resp. porovnávania výsledkov v rámci prípadových štúdií s možnosťou uplatnenia výsledkov dizertačnej práce aj do nových oblastí nasadenia a tvorby univerzálnej metodiky, ktorá by bola využiteľná aj pre iné oblasti ako je kriminalistika.

Z technického hľadiska sa dizertačná práca zaoberá princípmi tvorby scény vo virtuálnej realite, pričom využíva princípy prenosu a rekonštrukcie existujúceho prostredia skenovaním, čo spadá do študijného programu ako aj odboru Inžinierska informatika.

### 2. ŠTRUKTÚRA, VEDECKÁ A DIDAKTICKÁ ÚROVEŇ:

Dizertačná práca je spracovaná na 104 stranách a je rozdelená do 8-ich kapitol vrátane úvodu a záveru práce.

Podstatná časť dizertačnej práce je zameraná na súčasný stav v oblasti skenovania a rekonštrukcie 3D scény s prevodom do virtuálnej reality, ktorá poskytuje vstupné informácie pre samotný návrh metodiky riešenia a jej následné overenie na prípadových štúdiách.

Predložená metodika poskytuje výbornú východziu pozíciu pre návrh nasadenia riešených technológií aj pre iné príbuzné resp. podobné úlohy.

Hlavným vedeckým prínosom je metodika návrhu tvorby rekonštrukcie scény ako aj metodika prevodu dát do virtuálnej reality.





### 3. GRAFICKÁ ÚROVEŇ PRÁCE:

Grafická úroveň je na veľmi dobrej úrovni, väčšina obrázkov je v dostatočnom rozlíšení, to isté platí pre zverejnené tabuľky. Popis obrázkov prevzatých z cudzojazyčnej literatúry je vhodne preložený a dobre čitateľný.

### 4. METÓDY SPRACOVANIA DIZERTAČNEJ PRÁCE:

Práca je vhodne metodicky rozčlenená na teoretickú časť s popisom základných metód bezkontaktného snímania prostredia, prevodu dát na 3D modely a základným popisom kriminalistických metód, kde sa dané technológie môžu využívať. V logickej nadväznosti pokračuje praktická časť a rieši po zhrnutí súčasného stavu a identifikácii motivácie výskumu jednotlivé stanovené ciele dizertačnej práce.

Teoretická časť, a to hlavne popis súčasného stavu v oblasti skenovania a rekonštrukcie 3D modelov, ktorý je spracovaný veľmi podrobne, je výborným podkladom pre samotné riešenie problematiky dizertačnej práce, ako aj pre ďalší výskum v predmetnej oblasti.

Praktická časť je taktiež spracovaná na veľmi dobrej úrovni a vychádza z prehľadu súčasného stavu a výberu vhodných technológií pre skenovanie ako aj rekonštrukciu scény s následným návrhom metodiky a ukázkou implementácie v prípadových štúdiách.

### 5. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY

V rámci teoretickej časti bol vytvorený súhrnný prehľad súčasného stavu danej problematiky ako ucelená rešerš.

V práci je využívaný potenciál syntézy niekoľkých vedecko-technických oblastí za účelom navrhnutí a overiť metodiku prípravy rekonštrukcie scenáre trestného činu v prostredí virtuálnej reality na báze bezkontaktného skenovania a 3D rekonštrukcie aj s 3D textúrami.

Hlavným účelom dizertačnej práce bolo zníženie neurčitosti v procese dokazovania pre oblasť kriminalistiky, čo aj bolo dosiahnuté.

V rámci merateľných výsledkov bola vytvorená metodika tvorby modelov pre virtuálnu realitu využiteľná v kriminalistickej oblasti a na overenie navrhovanej metodiky boli spracované dve prípadové štúdie.

### 6. PRÍNOS PRE ĎALŠÍ ROZVOJ VEDY A TECHNIKY:

Výborný prehľad súčasného stavu v oblasti skenovania prostredia ako aj rekonštrukcie 3D modelov môže byť využitý pre ďalšie nadväzujúce výskumné činnosti aj v rámci ďalších dizertačných prác, resp. použitý vo výučbe predmetov z oblasti aplikovanej informatiky.

Prípadové štúdie skenovania malých a rozmerných objektov môžu slúžiť ako vstupná dokumentácia pre iné reálne úlohy, napr. pre tvorbu digitálnych dvojčiat pre priemyselné využitie alebo vzdialený prístup k laboratóriám cez virtuálnu realitu, napr. pri zdieľaní technológií medzi domácimi alebo zahraničnými výskumnými inštitúciami.







## 7. PRIPOMIENKY A POZNÁMKY K DIZERTAČNEJ PRÁCI:

V práci sa vyskytuje niekoľko formálnych nedostatkov, ktoré však podstatne neznižujú veľmi dobú kvalitu práce:

- Kapitola 1.1 a 1.2 mohla obsahovať k danému textu aspoň schematické obrázky jednotlivých popisovaných princípov skenovania objektov, podobne aj kapitola 1.4.
- V niektorej časti práce mohli byť porovnané viaceré prístroje na skenovanie prostredia na základe viacerých parametrov,
- V kapitole s uvedením času spracovania modelu nie je jasné, či uvedený čas je vypočítavaný na cloud alebo konkrétnom hardvéri,
- V práci nie je jasné, v akom formáte bol model implementovaný do Unreal Engine 4, tiež ktoré snímky sú ukážky z daného softvéru a v akom VR zariadení by ho bolo možné spúšťať.

## 8. OTÁZKY K RIEŠENEJ PROBLEMATIKE:

- Ako sa zmení presnosť scény po prenose modelu do virtuálnej reality, sú definované nejaké požiadavky na presnosť 3D modelu využiteľného v kriminalistike?
- Bolo by možné preniesť 3D model do konštrukčného softvéru, kde by bolo možné overiť rozmery daného modelu v rámci výkresovej dokumentácie resp. priamo meraním v 3D prostredí?
- Existujú už nejaké komerčné plne automatizované riešenie skenovania prostredia mobilným robotom alebo dronom?

## 9. SPLNENIE SLEDOVANÝCH CIEĽOV DIZERTAČNEJ PRÁCE:

V predloženej dizertačnej práci boli stanovené dva základné hlavné ciele a viaceré parciálne úlohy na základe prieskumu súčasného stavu problematiky.

Všetky sledované ciele a úlohy boli dostatočne spracované a splnené v rozsahu požadovanom pre daný typ práce.

## 10. CELKOVÉ ZHODNOTENIE DIZERTAČNEJ PRÁCE A ZÁVER:

Predložená dizertačná práca v dostatočnej miere analyzuje súčasný stav riešenej problematiky s vhodne definovanými tézami, ktoré boli v rámci práce naplnené a overené na vybraných prípadových štúdiách.

Dizertačná práca spĺňa požiadavky pre tento typ práce a preto dávam kladné stanovisko pre následnú obhajobu a po úspešnom obhájení odporúčam udelenie vedecko-pedagogického titulu Ph.D.

V Prešove: 28.11.2022

Podpis  
doc. Ing. Kamil Židek, PhD.

