



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

**ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ**

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

**OPRAVOVÁNÍ DEFECTŮ FOTOGRAMMETRICKÉ 3D  
REKONSTRUKCE S VYUŽITÍM STROJOVÉHO UČENÍ**

REPAIRING PHOTOGRAMMETRIC 3D RECONSTRUCTION DEFECTS USING MACHINE LEARNING

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**MATĚJ KŘENEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. MICHAL ŠPANĚL, Ph.D.**

**BRNO 2026**

## Zadání bakalářské práce



171491

Ústav: Ústav počítačové grafiky a multimédií (UPGM)  
Student: **Křenek Matěj**  
Program: Informační technologie  
Název: **Opravování defektů fotogrammetrické 3D rekonstrukce s využitím strojového učení**  
Kategorie: Počítačové vidění  
Akademický rok: 2025/26

### Zadání:

1. Seznamte se s problematikou fotogrammetrické rekonstrukce (též Multi-View Stereo Reconstruction) a typickými chybami, které při rekonstrukci vznikají.
2. Zorientujte se v současných technikách reprezentace 3D dat (polygonální sítě, mračna bodů, volumetrická reprezentace) a metodách hlubokého učení pro analýzu a doplnění 3D tvarů.
3. Navrhněte metodu pro opravování zvolených typů chyb ve 3D datech získaných z fotogrammetrické rekonstrukce využívající hlubokého učení a předtrénování na databázi 3D modelů.
4. Připravte datovou sadu pro vlastní experimenty.
5. Metodu implementujte pomocí vybraných knihoven pro modelování a trénování sítí.
6. Experimentujte s vaší metodou a na vhodných metrikách vyhodnoťte dosažené výsledky. Diskutujte možná rozšíření a kroky pro zlepšení výsledků.
7. Prezentujte vaši práci (její cíle, navrženou metodu a dosažené výsledky) formou plakátu nebo videa.

### Literatura:

- Shi Z. et al., *3D Generative Models: A Survey*, 2023 (<https://arxiv.org/pdf/2210.15663>).
- Shuzhe Wang et al., *DUST3R: Geometric 3D Vision Made Easy*, CVPR, 2024 (<https://europe.naverlabs.com/research/publications/dust3r-geometric-3d-vision-made-easy/>).
- Yatian Pang et al., *Masked Autoencoders for Point Cloud Self-supervised Learning*, ECCV, 2022 (<https://github.com/Pang-Yatian/Point-MAE>).
- Xumin Yu et al., *Point-BERT: Pre-training 3D Point Cloud Transformers with Masked Point Modeling*, CVPR, 2022 (<https://arxiv.org/abs/2111.14819>).

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:

- Splnění prvních tří bodů zadání a částečně body 4 a 5.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Španěl Michal, doc. Ing., Ph.D.**

Vedoucí ústavu: Černocký Jan, prof. Dr. Ing.

Datum zadání: 1.11.2025

Termín pro odevzdání: 13.5.2026

Datum schválení: 13.11.2025

## Abstrakt

Do tohoto odstavce bude zapsán výtah (abstrakt) práce v českém (slovenském) jazyce.

## Abstract

Do tohoto odstavce bude zapsán výtah (abstrakt) práce v anglickém jazyce.

## Klíčová slova

Sem budou zapsána jednotlivá klíčová slova v českém (slovenském) jazyce, oddělená čárkami.

## Keywords

Sem budou zapsána jednotlivá klíčová slova v anglickém jazyce, oddělená čárkami.

## Citace

KŘENEK, Matěj. *Opravování defektů fotogrammetrické 3D rekonstrukce s využitím strojového učení*. Brno, 2026. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce doc. Ing. Michal Španěl, Ph.D.

# Opravování defektů fotogrammetrické 3D rekonstrukce s využitím strojového učení

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana X... Další informace mi poskytli... Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal. Pro jazykovou revizi technické zprávy jsem použil(a) nástroj ChatGPT. Při tvorbě odevzdaného programového kódu jsem využíval nástroj Github Copilot. [konkretizujte a upravte podle skutečnosti].

.....

Matěj Křenek

22. ledna 2026

## Poděkování

V této sekci je možno uvést poděkování vedoucímu práce a těm, kteří poskytli odbornou pomoc (externí zadavatel, konzultant apod.).

# Obsah

1 Úvod	3
Literatura	4

# Seznam obrázků

# Kapitola 1

## Úvod

Fotogrammetrická rekonstrukce je v dnešní době téměř jedinou spolehlivou a neodmyslitelnou součástí moderního 3D modelování reálného světa. Díky rozšířené dostupnosti kvalitních snímacích zařízení se uplatňuje v široké škále odvětví od dokumentace kulturního dědictví, průmyslovou kontrolu, 3D tisk až po herní průmysl. Častým výstupem fotogrammetrického procesu je bodové mračno, které reprezentuje povrch rekonstruovaného objektu pomocí diskrétní množiny bodů v prostoru.

Kvalita výsledné rekonstrukce je silně závislá na kvalitě vstupních dat i na podmínkách snímání. V praxi často dochází ke vzniku různých defektů, mezi které patří zejména úplně chybějící části objektu, lokální díry v datech, nerovnoměrné hustota rozložení bodů nebo jak povrchový tak okolní šum. Přítomnost takovýchto defektů výrazně omezuje další využití dat ať už pro vizualizaci nebo pro další zpracování například při převodu na topologickou reprezentaci objektu typicky do polygonální sítě.

Oprava defektů v bodových mračnech je tradičně řešena pomocí geometrických a statistických metod, které využívají lokální informace o tvaru povrchu. Tyto přístupy však zpravidla selhávají v případech, kdy chybí větší souvislé oblasti dat nebo kdy je geometrie objektu složitá a nelze ji spolehlivě odvodit pouze z okolních bodů. V posledních letech se proto do popředí zájmu dostávají metody založené na hlubokém učení, které umožňují modelovat globální strukturu objektů a využívat znalosti získané z rozsáhlých datových sad trojrozměrných tvarů.

Tato práce se zaměřuje na automatickou opravu defektů bodových mračen vzniklých při fotogrammetrické rekonstrukci s využitím hlubokého učení. Navržené řešení je založeno na neuronové síti pracující přímo s bodovými mračky, jejímž cílem je rekonstruovat chybějící části objektu a potlačit nežádoucí artefakty ve vstupních datech. Model je trénován na synteticky degradovaných datech vytvořených z databáze čistých 3D modelů, což umožňuje řízeně simulovat různé typy defektů a objektivně hodnotit kvalitu opravy vůči referenčním datům.

Součástí práce je rovněž porovnání navrženého přístupu s vybranými klasickými metodami a experimentální vyhodnocení dosažených výsledků pomocí vhodných metrik. Funkčnost řešení je ověřena jak na syntetických datech, tak na reálných výstupech fotogrammetrické rekonstrukce. Cílem práce je ověřit použitelnost hlubokého učení pro opravu bodových mračen a navrhnout postup, který může sloužit jako základ pro další výzkum nebo praktické nasazení v oblasti zpracování 3D dat.

# Literatura