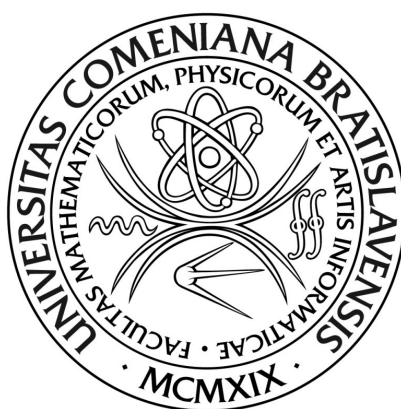


COMENIUS UNIVERSITY BRATISLAVA  
FACULTY OF MATHEMATICS, PHYSICS AND  
INFORMATICS



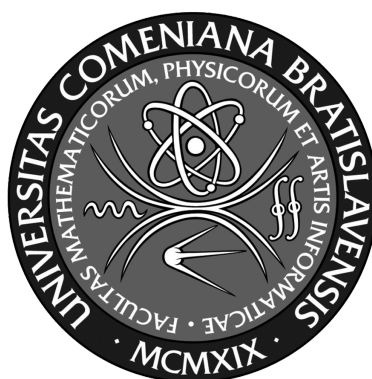
GENERATION OF SYNTHETIC 2D  
IMAGES AND 3D DATA FOR DEEP  
LEARNING-BASED INSTANCE  
SEGMENTATION OF TEETH AND  
ANALYSIS

Diploma Thesis

2023

Bc. Dária Čárska

**COMENIUS UNIVERSITY BRATISLAVA**  
**FACULTY OF MATHEMATICS, PHYSICS AND**  
**INFORMATICS**



**GENERATION OF SYNTHETIC 2D  
IMAGES AND 3D DATA FOR DEEP  
LEARNING-BASED INSTANCE  
SEGMENTATION OF TEETH AND  
ANALYSIS**

Diploma Thesis

Study programme: mAIN/k - Applied Computer Science (Conversion Programme)

Field of Study: Computer Science

Department: FMFI.KAI Department of Applied Informatics

Supervisor: RNDr. Martin Madaras, PhD.

Bratislava, 2022

Bc. Dária Čárska

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



# GENEROVANIE SYNTETICKÝCH 2D OBRÁZKOV A 3D DÁT PRE INŠTANČNÚ SEGMENTÁCIU A ANALÝZA ZUBOV POUŽITÍM TECHNÍK HLBOKÉHO UČENIA

Diplomová práca

Študijný program: mAIN/k - Aplikovaná informatika (konverzný program)  
Študijný odbor: 9.2.9 Aplikovaná informatika, 18. Informatika  
Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky  
Školiteľ: RNDr. Martin Madaras, PhD.

Bratislava, 2022

Bc. Dária Čárska



Comenius University Bratislava  
Faculty of Mathematics, Physics and Informatics

## THESIS ASSIGNMENT

**Name and Surname:** Bc. Dária Čárska  
**Study programme:** Applied Computer Science (Conversion Programme) (Single degree study, master II. deg., full time form)  
**Field of Study:** Computer Science  
**Type of Thesis:** Diploma Thesis  
**Language of Thesis:** English  
**Secondary language:** Slovak

**Title:** Generation of Synthetic 2D Images and 3D Data for Deep Learning-based Instance Segmentation of Teeth and Analysis

**Annotation:** Robust training of neural networks is based on access to the training datasets. A convolutional neural network can be trained in a deep learning manner using synthetic or real annotated data to perform instance segmentation of objects or advanced analysis of object properties and relationships between object instances. If there is no available real annotated training dataset a synthetic one can be used. We would like to use this approach to examine the possibilities of machine learning-based image processing for teeth analysis. The training dataset would be a set of synthetically rendered images or virtual 3D scans of teeth. The main scope of the thesis would be to propose either a parametric 3D model of teeth or another generative approach for rendering virtual images and scans. The generated data will be used to train a neural network for instance segmentation of individual teeth and analysis of teeth properties according to visual or geometrical information contained in the generated data.

**Aim:**

- Study relevant papers concerning the synthetic data generation with existing parametric 3D models and reconstruction of human teeth
- Study relevant papers concerning the convolutional neural networks (U-net, encoder-decoder, etc.), deep learning techniques for image processing, and generative adversarial network for images, 3D model, and 3D scan generation
- Propose a system for synthetic teeth data generation and use it for the training of a neural network
- Generate training data, train the network, and focus on quantitative evaluation and thesis writing

**Literature:** From 2D to 3D: Construction of a 3D Parametric Model for Detection of Dental Roots Shape and Position from a Panoramic Radiograph—A Preliminary Report, Mazzotta et al. 2013, <https://doi.org/10.1155/2013/964631>

Three-dimensional modeling of the human jaw/teeth using optics and statistics, Aly Saber Abdelrahim 2014, <https://doi.org/10.18297/etd/3>

TSegNet: An Efficient and Accurate Tooth Segmentation Network on 3D Dental Model,  
Zhiming Cui et al, 2021



Univerzita Komenského v Bratislave  
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

## ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

**Meno a priezvisko študenta:** Bc. Dária Čárska  
**Študijný program:** aplikovaná informatika (konverzný program)  
(Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)  
**Študijný odbor:** informatika  
**Typ záverečnej práce:** diplomová  
**Jazyk záverečnej práce:** anglický  
**Sekundárny jazyk:** slovenský

**Názov:** Generation of Synthetic 2D Images and 3D Data for Deep Learning-based Instance Segmentation of Teeth and Analysis

*Generovanie syntetických 2D obrázkov a 3D dát pre inštančnú segmentáciu a analýzu zubov použitím techník hlbokého učenia*

**Anotácia:** Robustné tréningovanie neurónových sietí je založené na prístupe k tréningovému datasetu. Konvolučná neurónová sieť môže byť natrénovaná metódami hlbokého učenia s použitím syntetických alebo reálnych anotovaných dát na úlohy inštančnej segmentácie alebo pokročilej analýzy vlastností objektov a vzťahov medzi objektami. Pokiaľ nie je dostupný reálny anotovaný tréningový dataset, tak vieme použiť syntetické dáta. Chceli by sme použiť takýto prístup a preskúmať možnosti spracovania obrazu pomocou strojového učenia na analýzu zubov. Tréningový dataset budú tvoriť synteticky renderované obrázky, alebo virtuálne 3D skeny zubov. Hlavný zámer práce je navrhnúť parametrický 3D model zubov alebo iný generatívny prístup na renderovanie virtuálnych obrázkov a skenov. Generované dáta budú použité na tréning neurónovej siete pre inštančnú segmentáciu jednotlivých zubov a analýzu vlastností zubov podľa vizuálnej alebo geometrickej informácie zahrnutej vo vygenerovaných dátach.

**Cieľ:**

- Naštudovať relevantné články ku generovaniu syntetických dát pomocou parametrického 3D modelu a rekonštrukcie ľudských zubov
- Naštudovať relevantné články ku konvolučným neurónovým sieťam (U-net, encoder-decoder, etc.), spracovaniu obrazu pomocou hlbokého učenia a GAN pre generovanie obrázkov, 3D modelov a skenov zubov
- Navrhnúť systém na generovanie syntetických dát a použitie dát pre tréningovanie neurónovej siete
- Vygenerovať tréningové dáta, natrénovať sieť a zamerať sa na kvantitatívne vyhodnotenie a písanie práce

**Literatúra:** From 2D to 3D: Construction of a 3D Parametric Model for Detection of Dental Roots Shape and Position from a Panoramic Radiograph—A Preliminary Report, Mazzotta et al. 2013, <https://doi.org/10.1155/2013/964631>

Three-dimensional modeling of the human jaw/teeth using optics and statistics, Aly Saber Abdelrahim 2014, <https://doi.org/10.18297/etd/3>

TSecNet: An Efficient and Accurate Teeth Segmentation Network on 3D

Čestne prehlasujem, že túto diplomovú prácu som vypracovala samostatne len s použitím uvedenej literatúry a za pomoci konzultácií s mojim školiteľom a konzultantom.

Bratislava, 2023

.....

Bc. Dária Čárska

# Pod'akovanie

# Abstract

Key words: Synthetic data, data generation, parametric model, neural network, instance segmentation



# Abstrakt

Kľúčové slová: Syntetické dáta, generovanie dát, parametrický model, neurónové siete, inštančná segmentácia

# Bibliography

- [1] Kazuma Kokomoto, Rena Okawa, Kazuhiko Nakano, and Kazunori Nozaki. Intraoral image generation by progressive growing of generative adversarial network and evaluation of generated image quality by dentists. *Scientific reports*, 11(1):1–10, 2021.
- [2] Walter YH Lam, Richard TC Hsung, Leo YY Cheng, and Edmond HN Pow. Mapping intraoral photographs on virtual teeth model. *Journal of dentistry*, 79:107–110, 2018.

## List of Figures