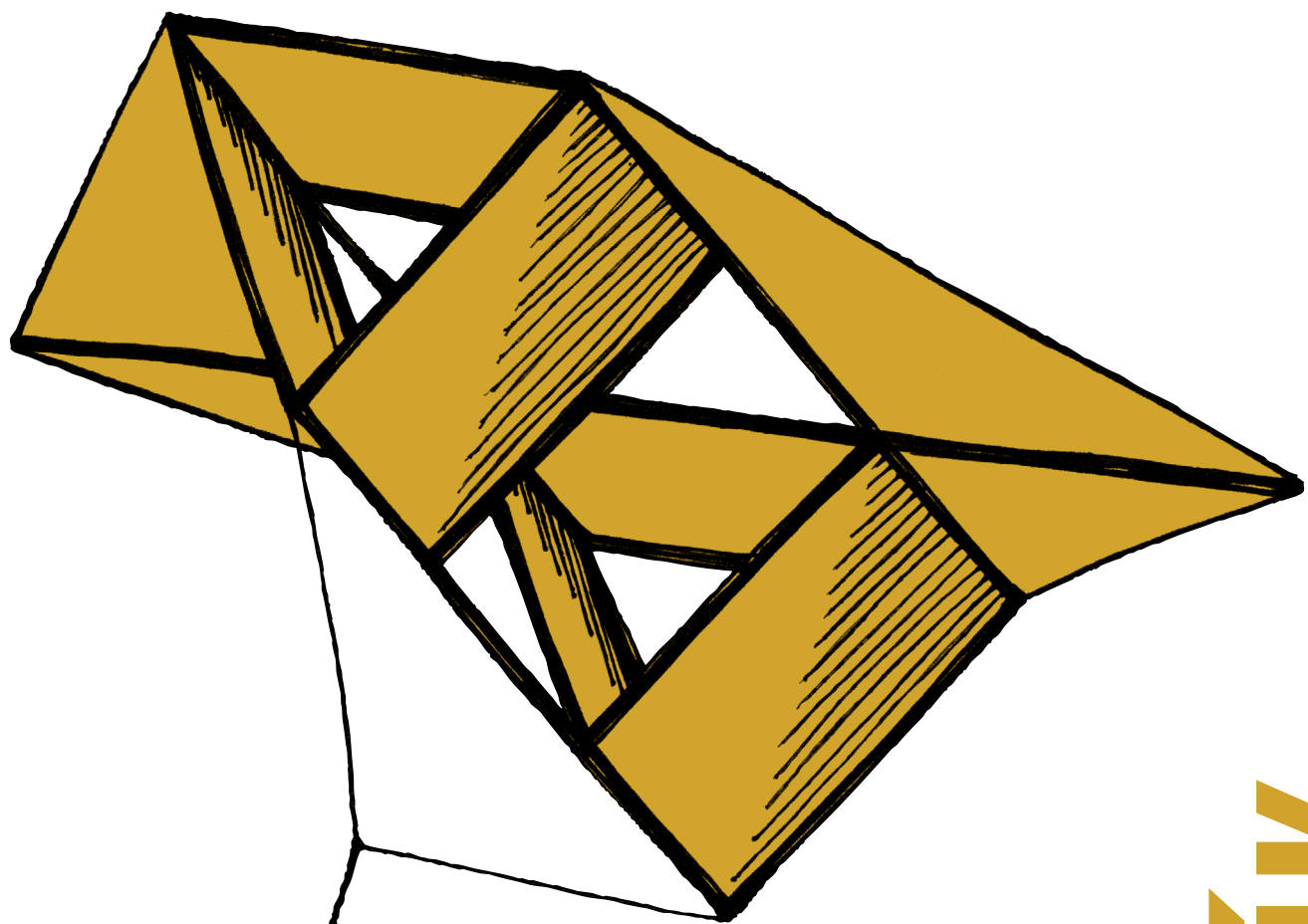
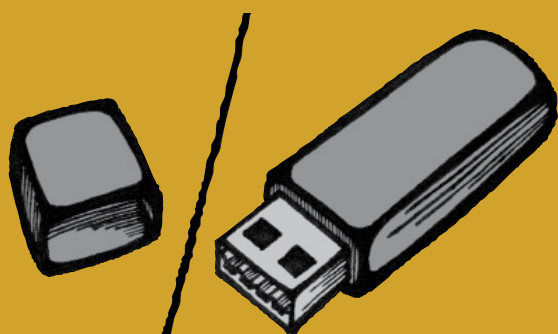




FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI

SBORNÍK

STUDENTSKÁ VĚDECKÁ KONFERENCE



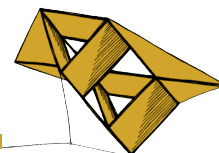
**BAKALÁŘSKÉ
STUDIJNÍ PROGRAMY**

22.5.2025



FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI

STUDENTSKÁ
VĚDECKÁ KONFERENCE **2025**



Bakalářské studijní programy

Sborník rozšířených abstraktů

Název: SVK FAV 2025 – bakalářské studijní programy

Editor: Jan Rendl

Ilustrace na obálce: Jana Trávníčková

Vydavatel: Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

Datum vydání: květen 2025

ISBN 978-80-261-1301-0

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou.

Sponzoři konference



Obsah

Sekce – Fyzika, matematika, geomatika, mechanika

Duhové vlastnosti hranově obarvených grafů

Benešová Elena

6

Fučíkovo spektrum pro diskrétní okrajové úlohy s tlumením

Černý Jan

8

Modelování chemických procesů v kardiovaskulární biomechanice

Pekár Šimon

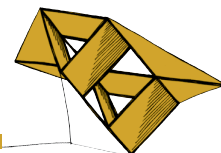
10

The methods of analyzing motor imagery data Bártík Miroslav	13
Automatic Recognition of Celestial Objects Buzuk Aliaksandra	15
Využití možností nástrojů umělé inteligence pro zpracování samostatných prací z předmětu KIV/OKS Černý Miroslav	17
Odhad konzistentní konektivity časově proměnlivých povrchů Hajšman Václav	19
Open–Source Spoken Dialogue Assistant for macOS Ivannikov Viacheslav	21
Klasifikace hudebního nástroje a výšky tónu z audio nahrávky Kaupe Radek	23
Virtuální model antropomorfního manipulátoru protetické ruky Kosek Matěj	25
Detekce chirurgických akcí pomocí strojového učení Král David	27
Knihovna pro obecný sekvenční a paralelní genetický algoritmus Křenek Filip	29
Algoritmus nejmenší opsané kružnice v E^2 a nejmenší koule v E^3 Longinov Alexandr	31
Kolekce miniher založené na metabolickém modelu Milota Břetislav	33
Nástroj pro automatickou analýzu sloupcových grafů Mladý Matěj	35
Symetrie ve výstupu buněčných automatů Stuchl David	37
Zaplňování děr v terénním modelu tvořeném množinou bodů Třesohlavý Jiří	39
Kompresce trojúhelníkových sítí na základě vektorové kvantizace predikčních reziduí Vladan Trhlík	41

POSEIDON: Pose–Optimized Stable Diffusion based and Hand refiner Enhanced Image generation with Deep transformer preprocessor and ControlNets	
Vlček Vojtěch	43
Automatic Analysis of Relations between Scientific Publications using Large Language Models	
Vodička Daniel	45
Registrace volumetrických dat	
Zetek Josef	47

Sekce

Fyzika, geomatika, matematika, mechanika



Duhové vlastnosti hranově obarvených grafů

Elena Benešová¹

1 Úvod

Tato práce se věnuje duhovému barvení hran v teorii grafů, jehož vznik a následný výzkum byl motivován potřebou zvýšit bezpečnost komunikačních struktur po teroristických útocích z 11. září 2001. Proběhlé události totiž ukázaly zásadní slabiny v propojení informačních systémů a schopnosti efektivně sdílet klíčové údaje mezi různými agenturami. Jak poznamenal Ericksen (2007), orgány činné v trestním řízení a zpravodajské agentury spolu v této kritické situaci nemohly komunikovat běžnými kanály od radiových systémů až po databáze, protože používané technologie byly oddělené a znemožňovaly sdílený přístup. To znamenalo, že neexistoval způsob, jak mezi různými organizacemi ověřovat informace.

Vyvstala tedy zásadní otázka. Jak zajistit, aby bylo možné sdílet citlivé údaje mezi různými institucemi, ale provést to tak, aby byla data dostatečně chráněna před neoprávněným přístupem?

Tento problém lze vyjádřit pomocí teorie grafů. Vrcholy zde představují jednotlivé agentury a hrany zabezpečené spojení mezi nimi. Každé spojení je pak chráněno přístupovým prvkem, například heslem či šifrovacím protokolem. Tyto přístupové prvky jsou v grafu reprezentovány pomocí barev přiřazených hranám. Problém tedy přirozeně vede na určitý typ hranového barvení.

Pokud dvě agentury nemají přímé spojení, je žádoucí, aby bylo možné si informace předat přes zprostředkovatele, tedy jiné agentury. To v řeči teorie grafů znamená, že graf musí být souvislý, tedy, že mezi každými dvěma agenturami musí existovat alespoň jedna cesta, kterou lze informace předat. Z hlediska bezpečnosti je navíc žádoucí, aby mezi každými dvěma agenturami existovala cesta, na které se neopakují hesla a minimalizovalo se tak riziko kompromitace. V řeči teorie grafů se taková cesta nazývá duhová.

To nás dostává ke konceptu hranového duhového barvení grafů, které poprvé zavedl Chartrand et al. (2008). Duhová cesta je zde definována jako cesta, na níž žádným dvěma hranám není přiřazena stejná barva. Graf označujeme za duhově souvislý, jestliže mezi každými dvěma vrcholy existuje alespoň jedna duhová cesta.

2 Výsledky práce

V práci se zaměřujeme především na výzkum v oblasti silné duhové souvislosti orientovaných grafů. Nechť G je orientovaný hranově obarvený graf. Každou cestu z vrcholu u do vrcholu v , která má délku $d(u, v)$, nazvěme uv -geodetikou. Jestliže každá hrana uv -geodetiky je obarvena jinou barvou, pak mluvíme o duhové uv -geodetice. Říkáme, že graf G je silně duhově souvislý, jestliže existuje duhová uv -geodetika pro každé dva vrcholy $u, v \in V(G)$. Minimální počet barev, kterými je možné obarvit graf G tak, aby byl silně duhově souvislý, nazýváme silné duhové číslo souvislosti grafu G a značíme ho $s\vec{rc}(G)$.

¹ studentka bakalářského studijního programu Matematika a její aplikace, e-mail: elena@students.zcu.cz

Sidorowicz a Sopena (2018) dokázali následující větu a na jejím základě formulovali domněnku, která se stala motivací k této práci.

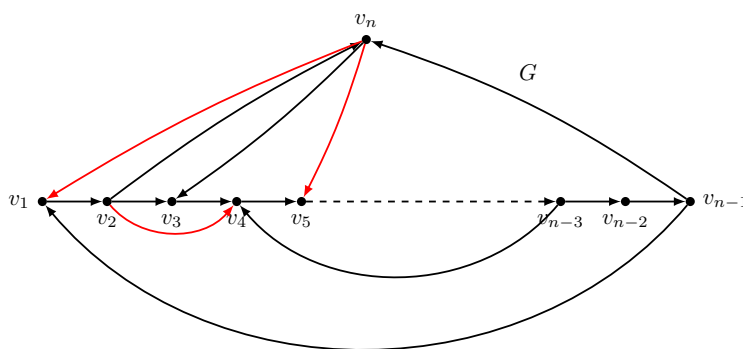
Věta 1. *Nechť G je silně souvislý orientovaný graf řádu n . Jestliže G není hamiltonovský a $\text{diam}(G) = n - 1$, pak $\text{sřc}(G) \leq n - 1$.*

Domněnka 1. *Nechť G je silně souvislý orientovaný graf řádu n . Jestliže G není hamiltonovský, pak $\text{sřc}(G) \leq n - 1$.*

V naší práci se podařilo dokázat tvrzení, které rozšiřuje platnost Věty 1 i pro grafy, které mají průměr $n - 2$. Lze jej tedy chápat jako další krok k prokázání pravdivosti Domněnky 1. Jedná se o následující větu:

Věta 2. *Nechť G je silně souvislý orientovaný graf řádu n . Jestliže G není hamiltonovský a $\text{diam}(G) = n - 2$, pak $\text{sřc}(G) \leq n - 1$.*

Na Obrázku 1 je ilustrována struktura grafu G splňujícího předpoklady Věty 2. Vrcholy ležící na průměrové cestě délky $\text{diam}(G) = n - 2$ jsou zde označeny jako $v_1, \dots, v_{n-1}$, vrchol ležící mimo tuto průměrovou cestu jako v_n . Graf G je vykreslený černě. Hrany vykreslené červeně označují hrany, které z předpokladů nemohou v grafu existovat, pokud již graf obsahuje ty hrany, které jsou vykresleny černě.



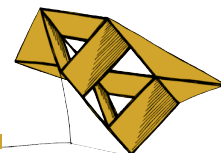
Obrázek 1: Příklad struktury grafu G

Předpokládáme, že algoritmus obarvení grafu G , který jsme sestrojili pro důkaz Věty 2, by bylo možné částečně využít i pro důkaz tvrzení platícího pro širší skupinu grafů. Na základě toho uvádíme následující domněnku, jejíž potvrzení by mohlo být dalším krokem k potvrzení pravdivosti Domněnky 1.

Domněnka 2. *Nechť G je silně souvislý orientovaný graf řádu n , který není hamiltonovský. Jestliže existuje úplný orientovaný podgraf grafu G indukovaný množinou S , kde $S = \{u \in V(G) : u \notin V(P)\}$ a P je cesta délky $\text{diam}(G) \leq n - 4$, pak $\text{sřc}(G) \leq n - 1$.*

Literatura

- G. Chartrand, G. L. Johns, K. A. McKeon, P. Zhang, Rainbow connection in graphs, *Mathematica Bohemica*, 133 (2008), No. 1, 85–98.
- A. Ericksen, A matter of security, *Graduating Engineer & Computer Careers* (2007), 24–28.
- E. Sidorowicz, É. Sopena, Strong rainbow connection in digraphs, *Discrete Applied Mathematics* 238 (2018), 133–143.



Fučíkovo spektrum pro diskrétní okrajové úlohy s tlumením

Jan Černý¹

1 Úvod

Tato práce je zaměřena na Fučíkovo spektrum diferenční okrajové úlohy s Dirichletovými okrajovými podmínkami. Téma navazuje na vědecké články Looseová, Nečesal (2018), Nečesal, Sobotková (2021) a Robinson, Yang (2012). Tvar okrajové úlohy je následující:

$$\begin{cases} \Delta^2 u(k-1) + \delta \Delta u(k) + \alpha u^+(k) - \beta u^-(k) = 0, & k \in \mathbb{T}, \\ u(0) = u(n+1) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

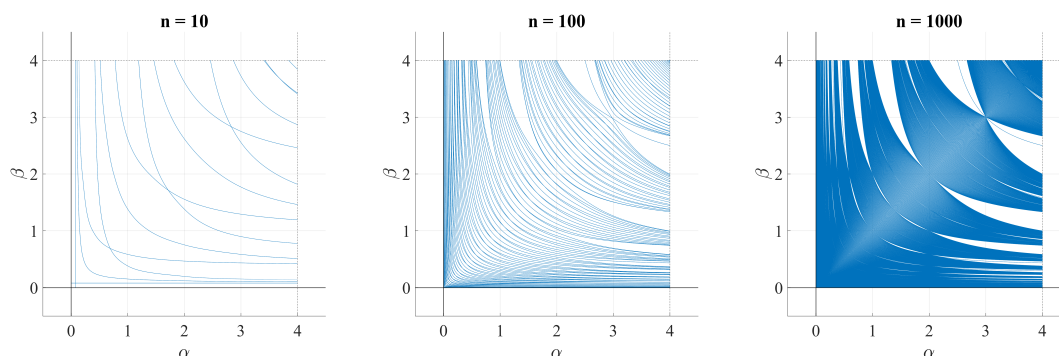
kde $u : \hat{\mathbb{T}} \rightarrow \mathbb{R}$, $\hat{\mathbb{T}} := \{0, 1, \dots, n, n+1\}$, $\mathbb{T} := \{1, \dots, n\}$, $n \in \mathbb{N}$ a kde $\delta \in \mathbb{R}$ je tzv. koeficient tlumení. Dále u^+ a u^- znamenají kladné a záporné části vektoru u , $\Delta^2 u(k-1)$, resp. $\Delta u(k)$, značí druhou, resp. první, dopřednou diferenci:

$$\Delta^2 u(k-1) := u(k+1) - 2u(k) + u(k-1), \quad (2)$$

$$\Delta u(k) := u(k+1) - u(k). \quad (3)$$

Potom Fučíkovo spektrum je množina všech uspořádaných dvojic $(\alpha, \beta) \in \mathbb{R}^2$, pro které má úloha (1) netriviální řešení u .

Jedním z cílů práce je představit metodologii a algoritmy vhodné pro numerickou aproximaci a vizualizaci Fučíkova spektra vyšších řádů n , tj. spektra odpovídajícího stovkám vlastních čísel. Díky velkému množství křivek, které se s rostoucím řádem zahušťují, lze odhalit nové charakteristiky, například oblasti, kde se spektrum nevyskytuje. Tyto poznatky mohou přispět k hlubšímu porozumění struktuře Fučíkova spektra diskrétního Dirichletova operátoru.



Obrázek 1: Ukázka zahušťování Fučíkova spektra na čtverci $\langle 0, 4 \rangle \times \langle 0, 4 \rangle$

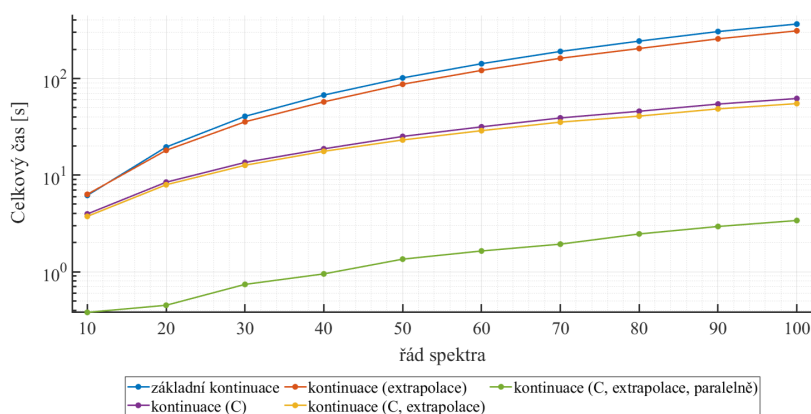
Vzhledem ke složitosti problému bylo nutné vyvinout numerickou metodu, která by splňovala požadavky na rychlost a přesnost aproximace spektra. Účinná se ukázala být metoda kontinuace, pro kterou bylo vytvořeno několik verzí.

¹ student bakalářského studijního programu Matematika a její aplikace, obor Matematika, e-mail: j4nc3rny@students.zcu.cz

2 Metoda kontinuity

Každá křivka Fučíkova spektra prochází v $\alpha\beta$ -rovině vlastním číslem $\lambda = \alpha = \beta$. Od těchto vlastních čísel lze, v pravidelných krocích $\Delta\alpha$ hledat hodnotu β na základě znaménka posledního prvku vektoru u , tj. $u(n+1)$. Dvojice (α, β) , pro kterou platí, že $u(n+1) = 0$, patří do Fučíkova spektra. Metoda kontinuity tedy pomocí nalezených bodů vyhledává další body, až do určitého limitu. Pro naše účely tento limit byl nastaven na čtverec $\langle 0, 4 \rangle \times \langle 0, 4 \rangle$ v $\alpha\beta$ -rovině.

V rámci práce bylo vytvořeno několik verzí metody kontinuity, kde každá přinesla jisté vylepšení té předchozí. Některé změny se týkaly zmenšení počtu volání pomocných metod (např. byla zavedena extrapolace), a jiné se týkaly rychlosti algoritmu, jako např. paralelizace výpočtu a využití jazyka C namísto jazyka MATLAB. Níže lze vidět graf, který popisuje závislost času výpočtu aproximace spektra na základě řádu n Fučíkova spektra pro jednotlivé verze metody kontinuity.



Obrázek 2: Porovnání celkového času všech verzí metody kontinuity

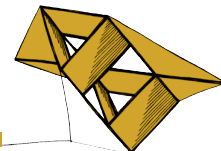
Problém numerické aproximace je obecně složitosti $O(n^2)$ a tedy je převážná část článků na toto téma zaměřená na řády jednotek, až nižších desítek. Tato práce představuje metodologii, jak hledat spektra vyšších řádů a tím napomůže k objevení nových vlastností spektra. Nejvyšší řád, pro které bylo nalezeno Fučíkovo spektrum během experimentů, byl $n = 1500$.

Literatura

Iveta Looseová and Petr Nečesal, 2018, The Fučík spectrum of the discrete Dirichlet operator, *Linear Algebra and its Applications*, Volume 553, pp. 58-103. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024379518302118>

Petr Nečesal and Iveta Sobotková, 2021, Localization of Fučík curves for the second order discrete Dirichlet operator, *Bulletin des Sciences Mathématiques*, Volume 171. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007449721000701>

Stephen B. Robinson and Yilin Yang, 2012, Discrete nonlinear equations and the Fučík Spectrum, *Linear Algebra and its Applications*, Volume 437, pp. 917-931, Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024379512002479>.



Modelování chemických procesů v kardiovaskulární biomechanice

Šimon Pekár¹, Alena Jonášová², Jan Vimmr²

1 Úvod

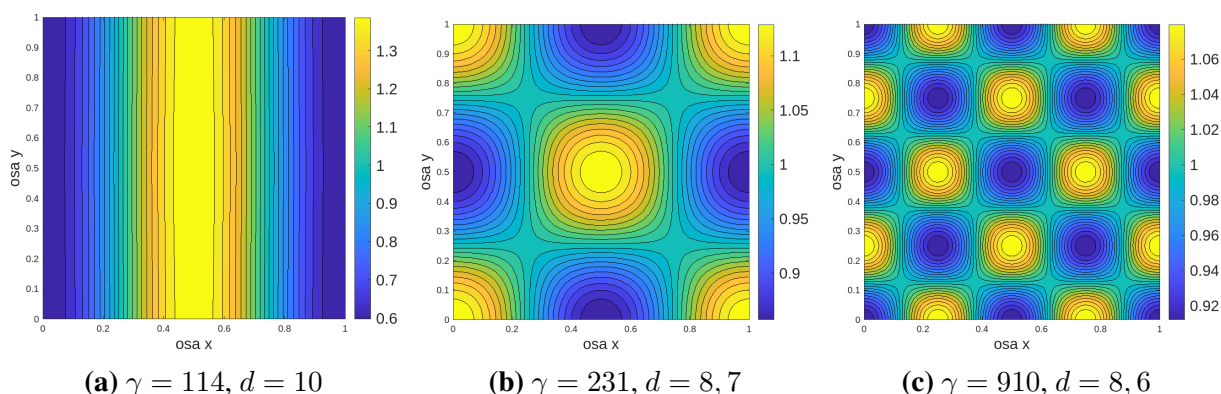
Hlavní příčinou akutních a často život ohrožujících stavů u kardiovaskulárních chorob (např. infarkt myokardu a mozková mrtvice) bývá vznik krevních sraženin uvnitř cévy. Pro lepší pochopení faktorů spjatých s touto patologií, která probíhá jak na biologické, tak biochemické úrovni a je navíc vystavena účinkům protékající krve, je vhodné využít nástrojů matematického modelování – konkrétně makroskopický popis založený na konvekčně-difúzně-reakčních (CDR) rovnicích popisujících časoprostorový vývoj koncentrace látek v proudícím médiu. V rámci této práce byl jednak uchopen jeden ze základních modelů chemické interakce, na němž lze dobře ilustrovat úskalí spojená s řešením tohoto typu rovnic, a jednak výchozí model srážení krve, který tvoří základ tzv. koagulační kaskády.

2 Schnakenbergův model chemické interakce

Tento základní model, poprvé publikovaný ve Schnakenberg (1979), je schopný matematicky popsat vznik tzv. Turingových obrazců vznikajících např. na kůži některých živočichů. Pro časoprostorový vývoj koncentrace látek u a v ho lze v bezrozměrovém tvaru zapsat jako

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla u - \nabla^2 u = \gamma(a - u + u^2v), \quad \frac{\partial v}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla v - d\nabla^2 v = \gamma(b - u^2v),$$

kde a, b, γ, d jsou volné parametry modelu a $\mathbf{V}$ je vektor rychlosti protékajícího média. Příklady řešení Schnakenbergova modelu ve 2D pomocí metody konečných diferencí pro zvolené hodnoty parametrů a při zanedbání vlivu konvekce (tj. dominanci reakčních členů) jsou znázorněny na obr. 1. Z něj je patrný vznik složitých heterogenních struktur připomínajících zvířecí skvrny.



Obrázek 1: Koncentrace látky u ve Schnakenbergově modelu ($a = 0, 1; b = 0, 9; \mathbf{V} = \mathbf{0}$)

¹ student bakalářského studijního programu Počítačové modelování v mechanice, e-mail: simonkou@students.zcu.cz

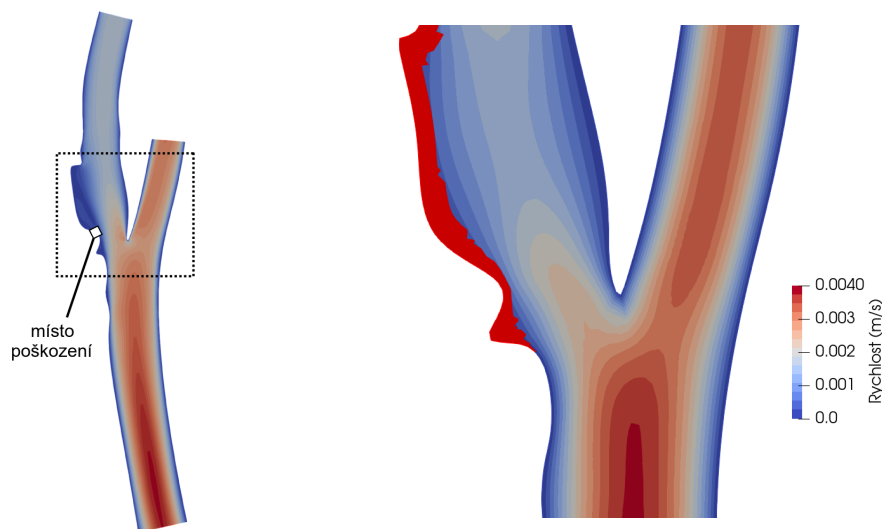
² Katedra mechaniky, Fakulta aplikovaných věd, e-mail: jonasova@kme.zcu.cz, jvimmr@kme.zcu.cz

3 Makroskopický model srážení krve

Model uvedený v Jimoh-Taiwo et al. (2022) popisuje časoprostorový vývoj koncentrací tří klíčových koagulačních faktorů – trombinu, fibrinogenu a fibrinu. Jako spouštěč srážení předpokládá časově proměnné uvolňování trombinu v předepsané oblasti na cévní stěně (místo poškození), přičemž trombin ($[FIIa]$) je zde přímým enzymatickým katalyzátorem aktivace fibrinogenu ($[FI]$) na finální krevní sraženinu reprezentovanou koncentrovaným fibrinem ($[FIIa]$)

$$\begin{aligned}\frac{\partial [FIIa]}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{v}[FIIa] - D_{[FIIa]}\nabla[FIIa]) &= 0, \\ \frac{\partial [FI]}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{v}[FI] - D_{[FI]}\nabla[FI]) &= -\frac{k_{cat}[FIIa][FI]}{K_m + [FI]}, \\ \frac{\partial [FIIa]}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{v}[FIIa] - D_{[FIIa]}\nabla[FIIa]) &= \frac{k_{cat}[FIIa][FI]}{K_m + [FI]},\end{aligned}$$

kde K_M , k_{cat} , $D_{[FIIa]}$, $D_{[FI]}$ a $D_{[FIIa]}$ jsou parametry modelu a $\mathbf{v}$ je vektor rychlosti protékající krve. Ve vlastní implementaci byl dále zahrnut i vliv vznikající sraženiny na proudové pole pomocí modifikovaného systému Navierových-Stokesových rovnic doplněného o Brinkmannův člen, který podle koncentrace fibrinu ovlivňoval lokální permeabilitu. S ohledem na složitost modelu bylo jeho numerické řešení provedeno v komerčním softwaru ANSYS Fluent a aplikováno pro případ reálné cévní geometrie – karotické bifurkace s lokálním poškozením cévní stěny, obr. 2 (vlevo). Podoba vzniklé krevní sraženiny je znázorněna na obr. 2 (vpravo).



Obrázek 2: Geometrie karotické bifurkace (vlevo) s detailním pohledem na oblast s krevní sraženinou (červeně) v čase $t = 200$ s od spuštění simulace (vpravo)

Poděkování

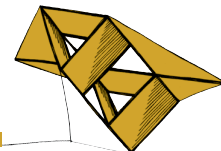
Příspěvek byl podpořen interním grantem SGS-2025-015 ZČU v Plzni.

Literatura

- Jimoh-Taiwo, Q., Haffeejee, R., a Ngoepe, M. (2022) A mechano-chemical computational model of deep vein thrombosis. *Frontiers in Physics*, Volume 10, article No. 886193.
- Schnakenberg, J. (1979) Simple chemical reaction systems with limit cycle behaviour. *Journal of Theoretical Biology*, Volume 81(3), pp. 389–400.

Sekce

Informatika, kybernetika



The methods of analyzing motor imagery data

Miroslav Bártík¹

1 Introduction

In today's world, there are multiple ways to interact with computers, from typing with fingers to using voice commands or even gestures. However, one of the most advanced methods emerging is the Brain-Computer Interface (BCI). BCI is a system that records brain activity and translates neural signals into commands that a computer or external device can interpret. Several paradigms are used in BCI systems, one of which is motor imagery (MI). MI involves the imagination of specific body movements, such as moving a hand or foot, without actual physical motion.

This work examines state-of-the-art MI datasets and deep-learning methods for classifying motor imagery data and proposes a novel deep-learning architecture based on a Temporal Convolutional Neural Network (TCN) and a Transformer encoder, capable of real-time classification.

2 Methodology

For the development of a new architecture, it was crucial to choose data that would be used for testing. Five different datasets were compared, and three of them were selected for further use in this work. They are presented in Table 1.

Dataset	Trials	Recording time
Shuqfa-103	37080	41 hours
Brunner-9	5184	13 hours
Kodera-29	870	7 hours

Table 1: Selected datasets

Several deep learning models were evaluated on the selected datasets, serving as inspiration for the development of a novel architecture. This proposed architecture combines a Temporal Convolutional Neural Network (TCN) and a Transformer encoder. In this hybrid approach, the TCN first processes the input sequence to extract the features. These features are then passed through the interface layer to match the dimensionality requirements of the Transformer. The Transformer encoder further refines these representations by modeling global dependencies. Finally, a Global Average Pooling layer aggregates the sequence information before classification through a softmax activation layer.

¹ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Computer Science and Engineering, e-mail: mbartik@students.zcu.cz

3 Results

The classification results of the TCN-Transformer model are presented in Table 2. The model achieved its best performance on the Shuqfa-103 dataset, with an accuracy of 84.84% for 2-class classification and 64.57% for 4-class classification. This superior performance may be attributed to the larger size of the Shuqfa-103 dataset compared to the other two datasets.

The model was tested separately on motor imagery (MI) and motor execution (ME) data using the Shuqfa-103 dataset. The results are presented in Table 3. In both classification scenarios, the model achieved better performance on ME data, suggesting that motor execution signals tend to be stronger and more distinct than those generated during motor imagery.

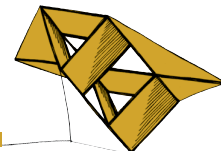
The model was also tested in a real-world scenario within the workflow of the neuroinformatics laboratory. Its integration into the laboratory’s system was successful from a technical standpoint. The model operated without errors and was capable of continuously processing incoming data in real time. These results demonstrate that the model is technically robust and suitable for deployment within the existing workflow infrastructure.

Dataset	Scenario	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
Shuqfa-103	4-class	64.57	64.91	64.59	64.67
Shuqfa-103	2-class	84.84	84.91	84.84	84.84
Brunner-9	4-class	44.89	44.41	44.86	43.97
Kodera-29	3-class	56.25	56.30	56.17	56.20
Kodera-29	2-class	77.73	77.78	77.73	77.72

Table 2: Classification results of the proposed TCN-Transformer model.

Scenario	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
ME 4-class	66.74	66.78	66.74	66.74
MI 4-class	63.84	66.62	63.80	64.22
ME 2-class	82.61	82.68	82.61	82.59
MI 2-class	82.15	82.58	82.15	82.09

Table 3: Classification results of the proposed TCN-Transformer model on MI and ME data separately, evaluated using the Shuqfa-103 dataset.



Automatic Recognition of Celestial Objects

Aliaksandra Buzuk¹

1 Introduction

This work is focused on investigation of the effectiveness and applicability of machine learning/deep learning (ML/DL) approaches for the automatic classification and recognition of celestial objects through diverse astronomical datasets. The increasing interest in astronomy, and availability of astronomical data formats give new challenges for AI applications, especially in Computer Vision and pattern recognition. The work aims to contribute to the research of models capable of interpreting such data automatically and effectively. The exploration covers both traditional approaches and DL architectures, carefully applied to tabular and image-based data modalities.

2 Methodology

Two datasets were selected for experiments: SDSS17, a tabular dataset containing astrophysical parameters and classification labels for stars, quasars, and galaxies; and Galaxy10 DECals, an image-based dataset labeled by galaxy morphology, containing ten distinct classes with varying representation, provided with contextual information such as redshift, ID, etc.

For the tabular data, traditional supervised models such as Logistic Regression, Decision Trees, Random Forests, Gradient Boosting, Support Vector Machines (SVM), K-Nearest Neighbors (KNN), and Multi-layer Perceptrons (MLPs) were implemented. Hyperparameter fine-tuning was carried out using the Weights and Biases framework. Models were evaluated using accuracy as the main metric.

In contrast, the image-based dataset required more complex architectures. Pretrained models, including ResNet18, ResNet34 [2], DenseNet121 [1], and Vision Transformers ViT-B/16 were trained on Galaxy10 DECals.

3 Results

The results showed that tree-based models such as Random Forest and Gradient Boosting performed robustly with minimal tuning on the tabular dataset (up to 97–99% accuracy). In the context of the image dataset, the best-performing model was DenseNet121. Classes such as "Round Smooth Galaxies" and "In-between Round Smooth Galaxies" were predicted with 99% and 100% accuracy, respectively. However, misclassifications remained in labels such as "Cigar Shaped" or "Merging Galaxies," showing the challenges of DL for visually ambiguous categories.

¹ student of the bachelor degree program Cybernetics and Control Engineering, field of study Artificial Intelligence and Automation, e-mail: abuzuk@students.zcu.cz

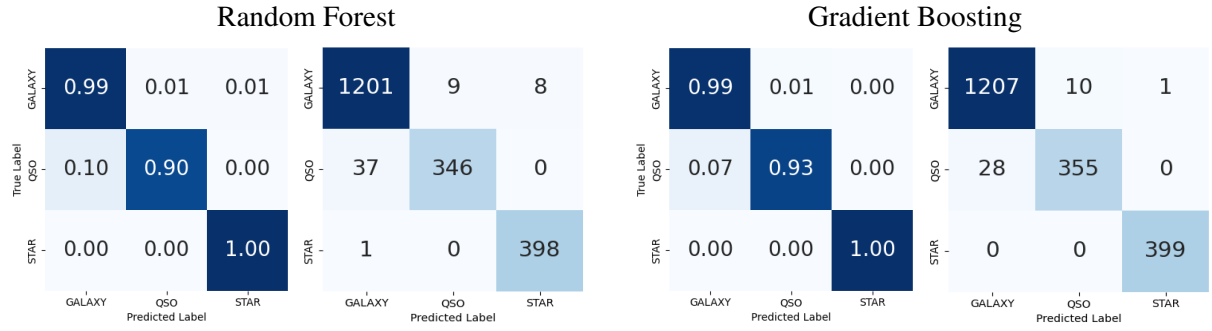


Figure 1: Comparison of normalized versus unnormalized data for Random Forest and Gradient Boosting.

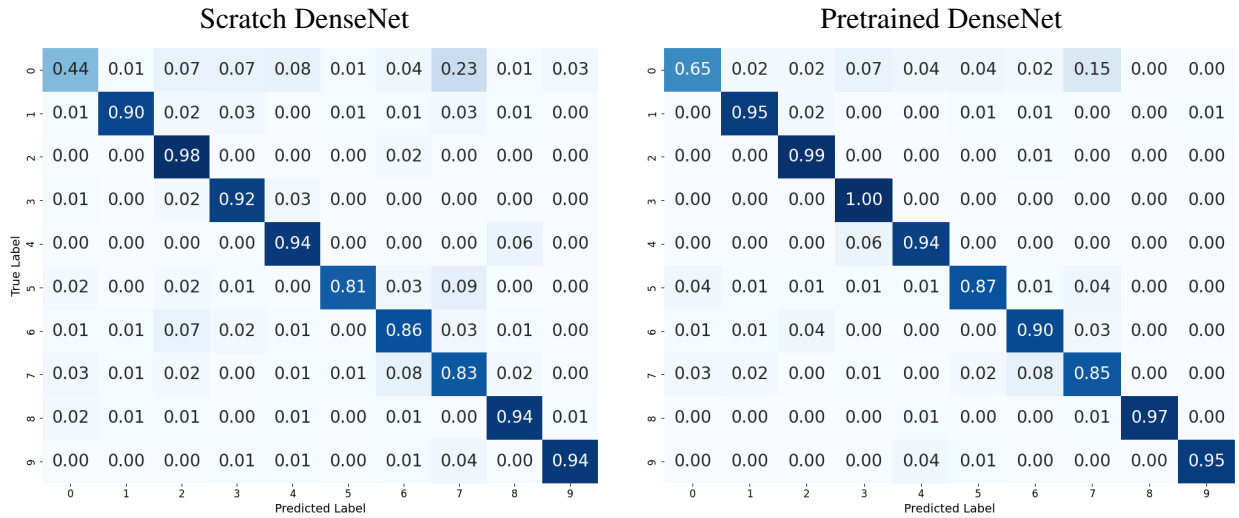


Figure 2: Confusion matrices of DenseNet121 trained from scratch and fine-tuned from ImageNet.

4 Conclusion

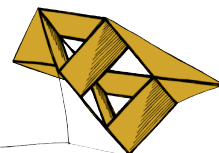
In summary, this thesis serves as a technical study on ML/DL applications in astronomy. It presents experimentation, model comparison, and interpretation for celestial object classification using diverse data modalities. By integrating ML into real astronomical data, the work contributes to the intersection of astrophysics and AI, providing a foundation for advanced research in the field.

Acknowledgement

I would like to express my sincere gratitude to my advisor, Ing. Lukáš Pícek, Ph.D.

References

- [1] Wuyu Hui et al. “Galaxy morphology classification with densenet”. In: *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 2402. 1. IOP Publishing. 2022, p. 012009.
- [2] Jaykumar Patel. “Classifying Galaxy Images Using Improved Residual Networks”. MA thesis. University of Windsor (Canada), 2023.



Využití možností nástrojů umělé inteligence pro zpracování samostatných prací z předmětu KIV/OKS

Miroslav Černý¹

1 Úvod

Umělá inteligence je v současnosti jedno z nejdiskutovanějších témat v oblasti technologií. Nástroje využívající umělou inteligenci se stávají stále dostupnějšími pro širokou veřejnost a jejich využití v různých oblastech, včetně vzdělávání, je stále častější. Vývoj je tak rychlý, že je náročné udržet s ním krok a ve školství se objevují otázky, zda by měly být tyto nástroje povolovány nebo regulovány.

Od akademického roku 2024/2025 studenti předmětu KIV/OKS řeší úlohy související s testováním webových aplikací, které paralelně vytvářejí v předmětu KIV/WEB. Samostatná práce je rozdělena do deseti postupně navazujících činností, které se mohou lišit dle vytvářených aplikací. Všechny úlohy mají dané formáty, které je nutné dodržet kvůli poloautomatickému hodnocení řešení. Pro úlohy existují také vzorová řešení, které lze použít pro inspiraci. Úlohy jsou až na výjimky poměrně různorodé a poskytují tak dobrý podklad pro vyzkoušení možností řešení pomocí nástrojů umělé inteligence.

Cílem této práce bylo vybrat jeden nejvíce vyhovující nástroj umělé inteligence, a pomocí tohoto nástroje zpracovávat řešení jednotlivých úloh samostatné práce předmětu KIV/OKS. Při řešení každé úlohy byla zaznamenávána řada metrik, které měly za cíl poskytnout pohled na náročnost jednotlivých úloh a jejich řešení s pomocí umělé inteligence.

2 Výběr nástroje a metrik

Na začátku bylo nutné vybrat jeden z dostupných nástrojů umělé inteligence, který byl následně použit pro řešení jednotlivých úloh. Rozhodovalo se mezi nástroji ChatGPT, Claude, Google Gemini a Microsoft Copilot. Pro výběr byla použita vícekritériální analýza, která zohledňovala několik kritérií jako například kvalitu odpovědí, rychlost generování, cenu či limity nástrojů. Na základě této analýzy byl vybrán nástroj ChatGPT.

Následně byly definovány metriky, které byly následně sledovány a zaznamenávány při zpracování úloh. Tyto metriky měly za cíl poskytnout pohled na náročnost vypracování jednotlivých úloh s využitím nástroje umělé inteligence. Mezi metriky byl zahrnut například čas řešení úlohy, který mohl být následně porovnán s časem studentů. Dále byly také zaznamenávány třeba počty promptů a počty slov v promptech zadaných nástroji, což může poskytnout informace o objemu informací zaslaných pro vyřešení úlohy a tedy i o náročnosti úlohy.

Po zvolení nástroje a metrik bylo možné přistoupit ke zpracování jednotlivých úloh.

¹ student bakalářského studijního programu Informatika a výpočetní technika, obor Informatika, e-mail: cernymr@students.zcu.cz

3 Průběh zpracování úloh a výsledky

Úlohy byly zpracovány ve dvou kolech. V obou kolech byla použita webová aplikace ChatGPT s jazykovým modelem GPT-4o. Cílem prvního kola bylo vyzkoušet možnosti zpracování úloh pomocí nástroje umělé inteligence. Po vyhodnocení výsledků bylo rozhodnuto o zpracování druhého kola, jehož cílem bylo zjistit, zda získané zkušenosti z prvního kola povedou k efektivnějšímu zpracování úloh.

V prvním kole pokusů bylo zjištěno, že s nástrojem umělé inteligence bylo možné zpracovat téměř všechny úlohy bez větších problémů a nutnosti manuálních zásahů. Výraznější manuální zásah byl potřeba pouze u jedné úlohy kvůli rozsáhlejšímu řešení, se kterým nástroj nedokázal správně pracovat. Celkově se ukázalo, že řešení úloh s nástrojem bylo efektivnější, než se na začátku očekávalo. Porovnání celkového času stráveného řešením úloh v prvním kole s orientačními časy vyplněnými studenty (viz tabulka 1) naznačilo, že použití nástroje mohlo vést k výrazné časové úspoře.

Tabulka 1: Porovnání časů řešení úloh

Popis	Autor	Studenti MIN	Studenti MEDIÁN
Součet časů (celé hodiny)	15	22	48

Ve druhém kole bylo cílem zjistit, zda získané zkušenosti povedou k efektivnějšímu zpracování úloh. Z výsledků vyplývá, že se podařilo dosáhnout lepších časových výsledků, především ale u prvních několika úloh. Částečně lze ale toto zlepšení přičíst také lepší znalosti zadání úloh a jejich struktury. Výraznější rozdíl je sledovatelný v počtu promptů zaslaných nástroji (viz tabulka 2), které byly v druhém kole výrazně nižší než v prvním kole. Rozdíl v součtu slov je oproti rozdílu počtu promptů ale mnohem menší, což naznačuje, že v druhém kole bylo zasíláno sice méně promptů, ale byly počtem slov delší.

Tabulka 2: Porovnání vybraných metrik

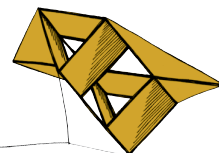
Popis	První kolo	Druhé kolo
Součet časů (hh:mm:ss)	14:36:37	11:07:32
Součet promptů	130	87
Součet slov	6309	6058

4 Závěr

V prvním kole řešení úloh bylo docíleno výsledků, ze kterých vyplývá, že s pomocí nástroje šlo zpracovat téměř všechny úlohy bez nutnosti větších manuálních zásahů do řešení. Výsledky druhého kola pak naznačily možnost, že zkušenosti z prvního kola vedly ke změně přístupu ke komunikaci s nástrojem ve druhém kole. Dle subjektivního hodnocení autora pak bylo řešení úloh v druhém kole většinou efektivnější a vedlo ke kvalitativně lepším výsledkům, protože bylo možné se vyvarovat některých chyb, které se vyskytly v prvním kole.

V obou kolech bylo nicméně potřeba při řešení častokrát s nástrojem aktivně komunikovat a přemýšlet nad zasílanými informacemi, nešlo jen o jednoduché zaslání zadání úlohy a čekání na výstup. Řešení tak stále vyžaduje aktivní přístup uživatele, a častokrát se hodí i odborné znalosti, kterými je možné nástroj správně nasměrovat.

Z práce tak vyplývá, že je s nástroji umělé inteligence nutné počítat nejen v technickém vzdělání, protože se ukazuje, že dokáže výrazně pomoci při řešení různorodých úloh.



Odhad konzistentní konektivity časově proměnlivých povrchů

Václav Hajšman¹

1 Úvod

Reprezentace a zpracování povrchů hrají klíčovou roli v mnoha oblastech počítačové grafiky, jako jsou výpočetní geometrie, vizualizace a simulace objektů. V současné chvíli jsou trojúhelníkové sítě nejčastěji využívaným způsobem vizualizace dat v počítačové grafice. S rostoucími požadavky na přesnost a výpočetní výkon se trojúhelníkové sítě používají i pro reprezentaci časově proměnlivých povrchů, tedy objektů, jejichž tvar se mění v čase. Pro tento účel se využívají dynamické a časově proměnlivé sítě. Dynamické trojúhelníkové sítě mají konstantní konektivitu, přičemž se mění pouze souřadnice vrcholů. Časově proměnlivé sítě (Time-Varying meshes, TVM) umožňují změny konektivity během času, což napomáhá věrnému zachycení topologických změn objektů. Tato flexibilita však přináší výzvy spojené s vyšší výpočetní náročností, složitější správou dat a obtížnější analýzou povrchové korespondence.

Cílem této práce je navrhnout metodu pro odhad časově konzistentní konektivity v sekvencích časově proměnlivých trojúhelníkových sítí. Tato metoda by měla zajistit konzistenci mezi jednotlivými snímky, čímž umožní stabilní a smysluplnou analýzu deformujících se objektů v čase. Využití konzistentní konektivity může vést k lepší interpolaci mezi snímky, efektivnějším metodám komprese dat a přesnější vizualizaci dynamických povrchů v řadě aplikací.

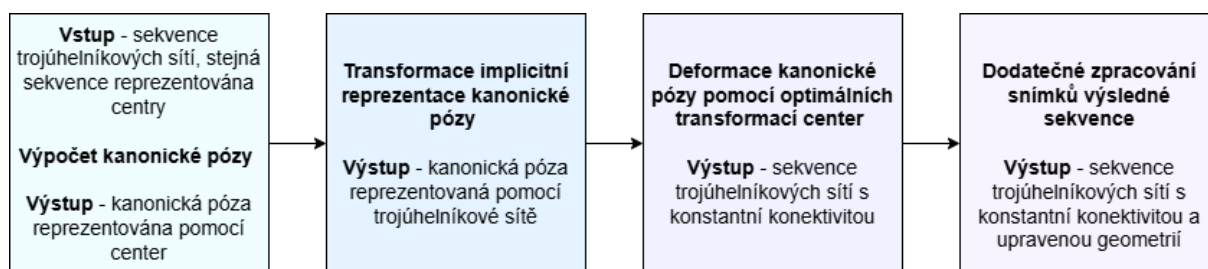
2 Princip fungování a popis metody

Přístup zvolený v této práci vychází z metody sledování objemu časově proměnlivých trojúhelníkových sítí Dvořák et al. (2023). Tato metoda umožňuje vytvořit reprezentaci jednotlivých snímků sekvence trojúhelníkových sítí pomocí center, která reprezentují malé objemové elementy uvnitř objektu. Každé centrum se dynamicky přizpůsobuje tvaru a deformacím povrchu v čase, čímž zajišťuje pokrytí všech částí objektu v jednotlivých snímcích a zároveň poskytuje robustní základ pro sledování prostorových korespondencí.

V kontextu této práce je zmíněná metoda vhodná pro nahrazení jednotlivých snímků zobrazovaných trojúhelníkovými sítěmi. Hlavní výhodou práce s centry je to, že je známá jejich temporální korespondence (na rozdíl od vrcholů trojúhelníkových sítí), a navíc jsou vždy bijektivní. Díky tomu je možné využít jiné, často výpočetně jednodušší a stabilnější algoritmy. Zároveň lze lépe reagovat na změny konektivity a topologie zpracovávaného objektu. Cílem této práce by tedy mělo být využít temporální korespondenci u center pro odhad a výpočet temporální korespondence u celé sekvence vstupních trojúhelníkových sítí.

Samotná vyvinutá metoda lze rozdělit do několika úloh (viz obrázek 1). Prvotní problém, který metoda řeší, je nalezení kanonické pózy (referenční konfigurace) zpracovávaného objektu. Následně je tato implicitní reprezentace kanonické pózy pomocí center transformována na trojúhelníkovou síť algoritmem Marching cubes. Ta je v dalším kroku deformována apli-

¹ student bakalářského studijního programu Informatika a výpočetní technika, obor Informatika, e-mail: hajšman2@students.zcu.cz

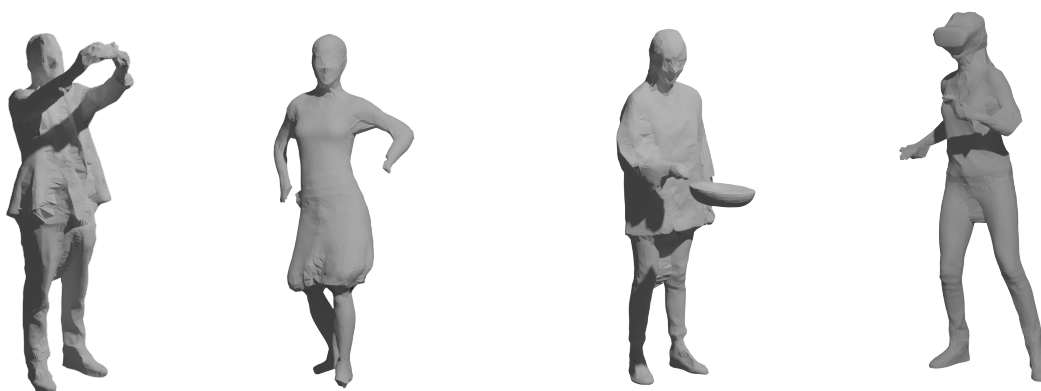


Obrázek 1: Schéma jednotlivých kroků zpracování v metodě.

kací transformací center v kanonické póze a center v původní sekvenci, což má za následek vznik nové sekvence trojúhelníkových sítí s konstantní konektivitou a obdobnou topologií jako ve vstupní sekvenci. Na závěr jsou tyto snímky dále zpracovávány, aby jejich geometrie co nejvíce odpovídala geometrii snímků s proměnlivou konektivitou ve vstupních datech. Toho je docíleno zjemněním teselace sítí subdivizním Loopovým algoritmem a následnou projekcí vrcholů získané sekvence na povrch sítí v původní sekvenci.

3 Dosažené výsledky

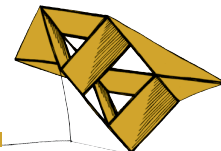
Podařilo se vyvinout metodu, jež na reálných datech dosahuje přesvědčivých výsledků ve formě vizuálně kvalitních sekvencí sítí s konstantní konektivitou (viz obrázek 2). Výsledné snímky mohou být zatíženy ať již ztrátou detailu v oblastech s očekávanými jemnými strukturami, nebo také různými artefakty, které jsou do značné míry způsobeny chybami ve vstupních datech. Tyto problémy by byly potenciálně adresovány v budoucí práci na této metodě, a bylo by možné je odstranit vylepšením dodatečného zpracování výsledných sítí. Zřejmou výhodou zvoleného přístupu ve srovnání s jinými existujícími metodami, jež jsou obvykle založeny na neuronových sítích, je jeho deterministická povaha, která umožňuje lepší ladění a transparentnější analýzu výsledků.



Obrázek 2: Snímky z výsledných sekvencí s konstantní konektivitou pro různá vstupní data.

Literatura

Dvořák, J., Hácha, F. and Váša, L., 2023. Global Optimisation for Improved Volume Tracking of Time-Varying Meshes. *Computational Science – ICCS 2023*. Cham: Springer Nature Switzerland, pp. 113–127. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36027-5_9.



Open-Source Spoken Dialogue Assistant for macOS

Viacheslav Ivannikov¹

1 Introduction

This work details the development of an open-source, locally-processed spoken dialogue assistant for macOS. The primary objective was to create a privacy-respecting and responsive desktop assistant capable of natural language understanding, executing system commands via function calling, and retrieving online information, all operating on-device. The project explores the integration of modern AI components, including Automatic Speech Recognition (ASR), Large Language Models (LLM) with tool use, Retrieval-Augmented Generation (RAG), and Text-to-Speech (TTS), to achieve a functional and extensible intelligent assistant.

2 Assistant Architecture

The assistant employs a client-server architecture. The frontend, a native SwiftUI application, handles user interaction and display. It communicates via WebSockets with a Python-based backend server. This backend integrates core AI modules: OpenAI Whisper[2] for ASR, an LLM for natural language understanding and response generation, Coqui TTS[1] for speech synthesis, and a custom RAG pipeline for online information retrieval. A key component is the Function Calling Module, enabling the LLM to interact with local computer resources (e.g., application management, system controls) and external services through a predefined set of tools.

3 Model Training

A significant aspect involved experimental fine-tuning of a reasoning-oriented LLM (DeepSeek-R1-Distill-Qwen-7B) specifically for function calling tasks on macOS. The process utilized publicly available datasets, which were parsed and merged. A custom prompt template encouraging Chain-of-Thought (CoT) reasoning (using `<think>` tags) was designed. Parameter-Efficient Fine-Tuning (PEFT) techniques, specifically QLoRA, were employed to make training feasible on available hardware. Training progress, monitored by tracking the loss function (Fig. 1), showed stable convergence with the custom template and merged dataset. The resulting adapters were merged and the model converted to GGUF format for efficient local inference.

4 Results

Evaluation was conducted using both the pre-trained *meetkai/functionary-small-v2.5* model and the custom fine-tuned model. Testing on M1 and M3-based MacBook Airs assessed functionality, responsiveness, and resource consumption. The assistant successfully executed tasks like online information retrieval, application management, and calendar event creation. Re-

¹ student of the bachelor degree program Cybernetics and Control Engineering, field of study Artificial Intelligence and Automation, e-mail: neonsecr@students.zcu.cz

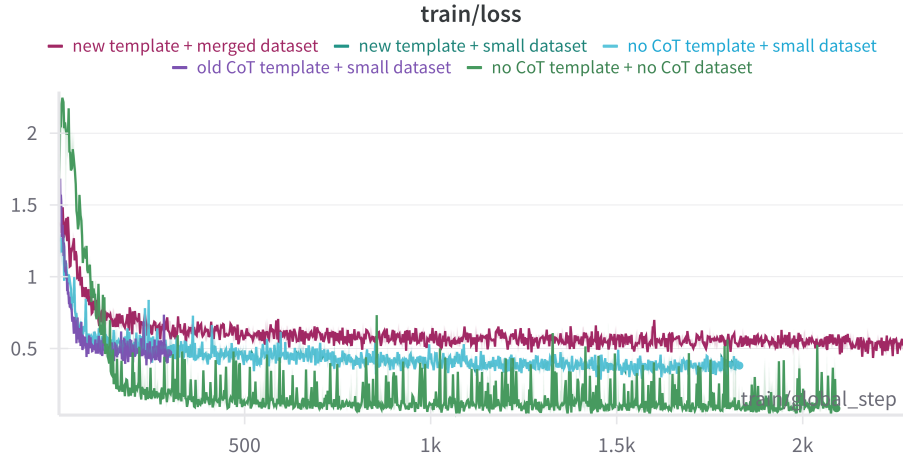


Figure 1: Training loss comparison across different configurations.

sponse latency was acceptable on newer M3 hardware (16GB RAM) but significantly higher on older M1 systems (8GB RAM), underscoring the demands of local LLM inference. The custom fine-tuned R1 model showed notable improvement over its baseline in function calling benchmarks. Idle resource consumption was minimal, a key factor for practical usability.

5 Conclusion

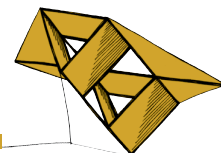
This thesis successfully demonstrated a practical approach to building an intelligent AI assistant operating locally on macOS. It contributed a working prototype and offered insights into model selection, fine-tuning for specialized tasks like function calling, and balancing performance with resource constraints on consumer hardware. The experimental fine-tuning of a reasoning LLM using QLoRA provided valuable experience in customizing models for specific assistant capabilities. The work establishes a foundation for more sophisticated and personalized desktop AI experiences, with potential for further model optimization and functional expansion.

Acknowledgement

The author thanks Ing. Adam Frémund for supervision. Computational resources were supplied by metacentrum.cz.

References

- [1] Edresson Casanova, Kelly Davis, Eren Gölge, Görkem Gökner, Iulian Gulea, Logan Hart, Aya Aljafari, Joshua Meyer, Reuben Morais, Samuel Olayemi, and Julian Weber. Xtts: a massively multilingual zero-shot text-to-speech model, 2024.
- [2] Alec Radford, Jong Wook Kim, Tao Xu, Greg Brockman, Christine McLeavey, and Ilya Sutskever. Robust speech recognition via large-scale weak supervision, 2022.



Klasifikace hudebního nástroje a výšky tónu z audio nahrávky

Radek Kaupe¹

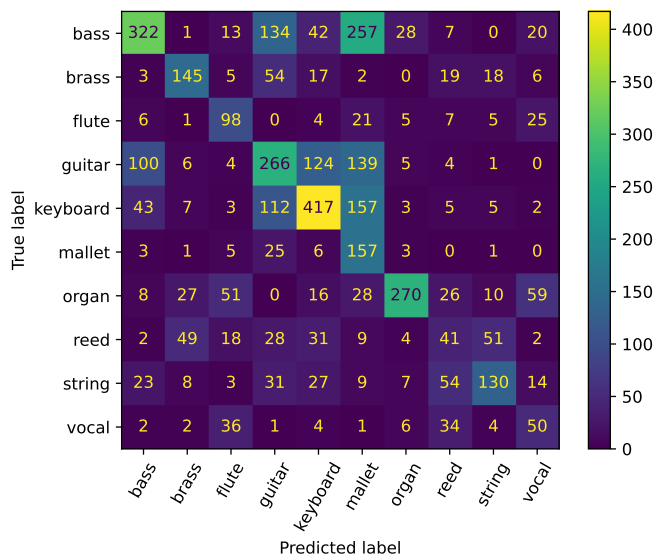
1 Úvod

Standardní zápisy hudby se soustředí na jednoduchost převodu ze zápisu na melodii, přepis opačným směrem však zůstává otevřenou problematikou. Tato práce navrhuje framework pro rychlé trénování neuronových sítí se snadno vyměnitelným způsobem přípravy dat, přepínáním architektur mezi experimenty a možností tyto pokusy automatizovat pro získání lepšího porozumění celé úloze. Dále byl navržen jednoduchý program pro implementaci takto získaných sítí na úlohu rozpoznávání hudebních nástrojů a tónu v reálném čase.

Pro dokončený framework byly následně navrženy experimenty pro porovnání několika možných metod klasifikace zvuku za využití datasetu NSynth (Engel et al. (2017)). Díky nim byla zároveň navržena stupnice rozeznatelnosti hudebních nástrojů a jejich pořadí. Nakonec byla navržena architektura neuronové sítě schopná hudební nástroje klasifikovat rychle a přesně za podmínky relativně čistých nahrávek. Podobně pak byla navržena neuronová síť pro rozpoznání tónu.

Tato práce pokládá základy k dalšímu výzkumu této problematiky a poskytuje možnost jednoduše a rychle vyzkoušet nové přístupy k jejímu řešení.

Nástroj	Skóre
Vokály	41
Palička	40
Basa	35
Klávesy	33
Flétna	25
Píšťala	23
Struny	21
Kytara	17
Tuba	16
Varhany	16



(a) Pořadí nástrojů podle rozpoznatelnosti zjištěné navrženou metodou

(b) Matice záměn pro klasifikaci všech nástrojů

Obrázek 1: Výsledky experimentů

¹ student bakalářského studijního programu Kybernetika a řídicí technika, obor Kybernetika, specializace Umělá inteligence a automatizace, e-mail: kauperad@students.zcu.cz

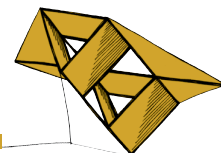
Největší částí celé práce je samotný framework pro trénování sítí, který umožňuje rychlé navrhování a automatizaci experimentů pomocí konfiguračních souborů, což přináší možnost vyhnout se přímé interakci s kódem. Jeho struktura je k vidění v Obrázku 2.

```
graph TD
    NačteníKonfig[Načtení konfigurace] --> NačteníDataset[Načtení datasetu]
    NačteníDataset --> VytvořeníSlovníků[Vytvoření pomocných slovníků pro překlady]
    VytvořeníSlovníků --> ExistujíJSON{Existují příslušné JSON soubory?}
    ExistujíJSON -- Ne --> VytvořeníJSON[Vytvoření JSON souborů z dat]
    ExistujíJSON -- Ano --> Předzpracování[Předzpracování vzorků]
    VytvořeníJSON -- Data --> Předzpracování
    Předzpracování --> Zapnutí[Zapnutí opakovatelné části]
    Zapnutí --> NačteníSekce[Načtení sekce dat do správného formátu]
    NačteníSekce --> NačteníModelu[Načtení modelu]
    NačteníModelu --> Natřénování[Natřénování a otestování modelu]
    Natřénování --> Výpis[Výpis výsledků]
    Dataset([Dataset]) -.-> NačteníDataset
    Slovníky([Slovníky]) -.-> VytvořeníSlovníků
    JSON([JSON soubory]) -.-> VytvořeníJSON
    Data([Data]) -.-> VytvořeníJSON
    Data -.-> Předzpracování
    Metadata([Metadata]) -.-> Předzpracování
    Vzorky([Vzorky pro klasifikaci]) -.-> Předzpracování
    Konfig([Konfigurace]) -.-> NačteníKonfig
    Konfig -.-> Zapnutí
    Vzorky -.-> Zapnutí
    Vstupy([Vstupy sítě]) -.-> NačteníSekce
    Konfig -.-> NačteníModelu
    Vstupy -.-> Natřénování
    Konfig -.-> Natřénování
    Model([Model]) -.-> Natřénování
    Slovníky -.-> Výpis
    NeuronováSít([Neuronová síť]) -.-> Natřénování
```

Poděkování

Literatura

24



Virtuální model antropomorfního manipulátoru protetické ruky

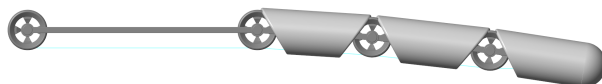
Matěj Kosek¹

1 Úvod

V posledních letech dochází k rychlému rozvoji robotiky a protetiky, přičemž důraz je kladen na zjednodušení konstrukcí a zefektivnění řízení. Podaktuované systémy, kde počet akčních členů je menší než počet stupňů volnosti, představují zajímavý kompromis mezi funkčností a konstrukční jednoduchostí. Typickým příkladem je model prstu ruky poháněný jedním motorem, který umožňuje koordinovaný pohyb více kloubů pomocí mechanických vazeb, jako jsou kladky a pružiny.

2 Sestavení modelu

Model byl navržen v prostředí Simscape Multibody. Každý prst je reprezentován jako soustava tří článků spojených rotačními klouby. Flexe je realizována pomocí kladkového systému, který rozděluje sílu od jednoho motoru do všech kloubů současně, zatímco extenze je pasivně zajištěna torzními pružinami. Pomocí bloků Pulley, Belt-Cable Spool a Revolute Joint byly v prostředí simulace vytvořeny vazby reprezentující realistické mechanické chování prstu.



Obrázek 1: Schéma podaktuovaného prstu

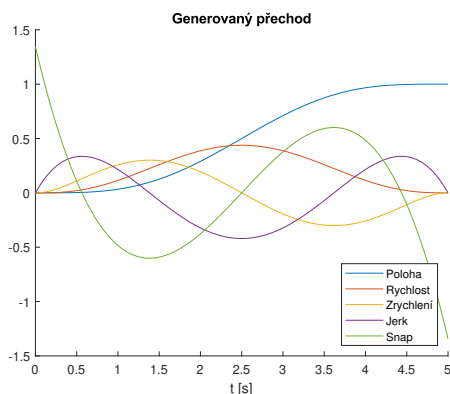
3 Přejíhové trajektorie

Při přechodech mezi definovanými gesty (například ze sevření do otevřené dlaně) je nutné zajistit plynulý přechod mezi polohami. Pro tento účel byl implementován generátor trajektorií založený na interpolaci polynomy sedmého řádu:

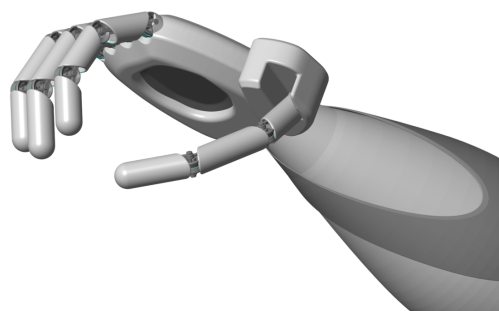
$$x(\tau) = x_0 + (\Delta x)(-20\tau^7 + 70\tau^6 - 84\tau^5 + 35\tau^4), \quad (1)$$

který zaručuje spojitost a nulové krajní hodnoty až do třetí derivace (rychlost, zrychlení a jerk) viz. Obrázek 2. To umožňuje pohyb bez náhlých změn a minimalizuje riziko mechanického rázu v systému. Tvar trajektorie je plně určen počáteční a koncovou polohou včetně trvání přechodu. Tento přístup byl aplikován jak při individuálním pohybu jednoho prstu, tak při synchronizovaném pohybu celé ruky. Příklad jednoho konkrétního definovaného gesta ukazuje Obrázek 3.

¹ student bakalářského studijního programu Kybernetika a řídicí technika, specializace Automatické řízení a robotika, e-mail: mkosek@students.zcu.cz



Obrázek 2: Generovaný přechod



Obrázek 3: Úchop

4 Regulace

Řízení bylo realizováno na základě vztahu mezi rotací cívky (aktuátoru) a výsledným natočením distálního článku. Závislost byla ověřena simulacemi a aproximována lineární funkcí. Na základě tohoto modelu byl navržen jednoduchý zpětnovazební regulátor (PI), který sleduje požadovanou trajektorii. Díky pasivnímu návratu pomocí pružin bylo možné řízení zjednodušit pouze na směr flexe. Pro přesnější návrh řízení byla identifikována sada lineárních přenosů pro každý prst zvlášť. Na základě těchto modelů byly dále navrženy robustní regulátory metodou H_∞ , která umožňuje robustní řízení s ohledem na nejistoty modelu a zaručuje stabilitu i při změnách parametrů systému. Metoda je formulována tak, aby zajistila:

$$\|S(s)\|_\infty < \gamma, \quad (2)$$

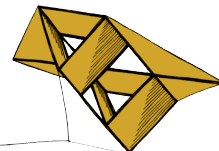
kde $S(s)$ je citlivostní funkce uzavřené regulační smyčky a γ je maximální hodnota M_s , tedy maximální amplituda citlivostní funkce. Tímto způsobem je zároveň vynucena disková bezpečnost.

5 Výsledky

Simulace prokázaly, že navržený model dokáže plynule realizovat přechody mezi definovanými gesty a přesně sledovat požadovanou trajektorii. PI regulátor zajistil stabilní řízení všech prstů, zatímco H_∞ regulace dále zvýšila robustnost vůči změnám dynamiky a parametrů. Model je v rámci uvažovaných zjednodušení plně funkční a připravený k dalšímu rozšíření jako základ pro návrh reálného zařízení.

Literatura

- Cosenza, Chiara; Niola, Vincenzo; Savino, Sergio. *A mechanical hand for prosthetic applications: multibody model and contact simulation*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine. 2018, roč. 232.
- Baril, Mathieu; Laliberté, Thierry; Gosselin, Clément; Routhier, François. *On the Design of Mechanically Programmable Underactuated Anthropomorphic Robotic and Prosthetic Grippers*. IDETC/CIE, 2012.



Detekce chirurgických akcí pomocí strojového učení

David Král¹

1 Úvod

Tato práce se zabývá využitím metod strojového učení pro detekci a klasifikaci klíčových událostí ve videích chirurgického šití. Cílem je vytvořit systém, který automaticky rozpozná jednotlivé fáze šicí procedury s cílem podpořit objektivní hodnocení výkonu studentů medicíny. Práce vznikla ve spolupráci s Universitätsklinikum Jena, kde probíhá výuka chirurgického šití prostřednictvím online kurzu pod vedením profesorky Uty Dahmen.

2 Použité metody

Byly navrženy a testovány tři přístupy:

- **YOLO11 Detection:** detekce chirurgických akcí v jednotlivých snímcích pomocí ohraničovacích rámečků,
- **YOLO11 Classification:** klasifikace typu akce na základě jednoho snímku,
- **3D CNN:** klasifikace celé video sekvence pomocí 3D konvolučních neuronových sítí.

Datasety byly vytvořeny z reálných videí studentů. Detekční a klasifikační přístupy využívaly modely YOLO11, které byly trénovány na předzpracovaných datech. Pro 3D CNN byly navrženy a implementovány tři varianty, z nichž nejlépe si vedla odlehčená síť LiteRes3DNet.

3 Výsledky

Detekční model YOLO11 dosáhl na testovacích datech **mAP@50 = 94,7%**, zatímco klasifikační model vykázal **Top-1 přesnost 98,5%**. Výsledky 3D CNN byly nižší (přesnost kolem 39%), což je přisuzováno menšímu množství trénovacích dat a absenci předtrénování.

4 Závěr

Závěry práce ukazují, že modely YOLO11 poskytují vysokou přesnost a efektivitu v detekci a klasifikaci chirurgických akcí. Naproti tomu 3D konvoluční sítě vyžadují více dat a ladění. Práce ukazuje potenciál automatizace hodnocení chirurgických dovedností a otevírá možnosti pro využití v medicínském vzdělávání.

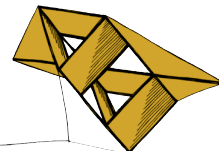
Poděkování

Tato práce byla podpořena spoluprací s Universitätsklinikum Jena. Poděkování patří Ing. Miroslavu Jiříkovi, Ph.D. za vedení práce a profesorce Utě Dahmen za poskytnutí videí.

¹ student bakalářského studijního programu Kybernetika a řídicí technika, obor Kybernetika a řídicí technika, specializace Umělá Inteligence a Automatizace, e-mail: davekral@students.zcu.cz

Literatura

- D’Ettorre, C., Mariani, A., Stilli, A., Rodriguez y Baena, F., Valdastrì, P., Deguet, A., Kazanzides, P., Taylor, R.H., Fischer, G.S., DiMaio, S.P., et al. (2021) Accelerating surgical robotics research: A review of 10 years with the da vinci research kit. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 28(4), 56–78.
- Garg, A., a Mago, V. (2021) Role of machine learning in medical research: A survey. *Computer Science Review*, 40. Elsevier. DOI: 10.1016/j.cosrev.2021.100370.
- Jocher, G., a Qiu, J. (2024) *Ultralytics YOLO11* [software], verze 11.0.0. Dostupné z: <https://github.com/ultralytics/ultralytics> [přístup 18. května 2025].
- Khanam, R., a Hussain, M. (2024) YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements. *arXiv preprint arXiv:2410.17725*. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/2410.17725> [přístup 18. května 2025].
- Kondratyuk, D., Yuan, L., Li, Y., Zhang, L., Tan, M., Brown, M., a Gong, B. (2021) MoViNets: Mobile Video Networks for Efficient Video Recognition. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. IEEE. Dostupné z: https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2021/html/Kondratyuk_MoViNets_Mobile_Video_Networks_for_Efficient_Video_Recognition_CVPR_2021_paper.html [přístup 18. května 2025].



Knihovna pro obecný sekvenční a paralelní genetický algoritmus

Filip Křenek¹

1 Úvod

Genetické algoritmy představují jednu z významných metod optimalizace inspirovanou přírodou, konkrétně evolučními procesy. Díky své schopnosti vyhledávat řešení složitých problémů, které by konvenční algoritmy řešily obtížně nebo s vysokými nároky na výpočetní výkon, jsou genetické algoritmy využívány v mnoha výzkumných oblastech především k řešení optimalizačních problémů.

Cílem této práce bylo vytvořit univerzální knihovnu pro genetické algoritmy, která by mohla být využívána pro široké spektrum optimalizačních problémů. Tato knihovna umožňuje snadné využití genetických algoritmů s možností výběru jednotlivých genetických operátorů a dalších nastavení tak, aby bylo možné snadno implementovat specifický genetický algoritmus pro řešení konkrétního problému. Knihovna rovněž umožňuje paralelní běh výpočtu fitness funkce, což je hlavní část genetického algoritmu spojujícího s konkrétním řešeným problémem a často může být velmi náročná na výpočet.

2 Genetické algoritmy

Genetické algoritmy (GA) jsou optimalizační a vyhledávací metody inspirované přírodní evolucí. Pracují s populací kandidátních řešení, která se postupně vyvíjí pomocí operací jako selekce, křížení a mutace (genetické operátory). Jedinci s vyšší kvalitou (fitness) mají větší šanci předat své vlastnosti do dalších generací, čímž se populace postupně přibližuje k optimálnímu řešení daného problému.

Jednotlivé kroky algoritmu jsou:

1. Inicializace populace: Náhodné vytvoření počáteční populace jedinců.
2. Hodnocení fitness: Výpočet fitness každého jedince.
3. Selekce rodičů: Výběr rodičů na základě jejich fitness.
4. Křížení: Kombinace genetické informace rodičů pro vytvoření potomků.
5. Mutace: Náhodné úpravy genetické informace pro udržení diverzity.
6. Vytvoření nové populace: Sestavení nové generace z potomků.
7. Kontrola ukončovací podmínky: Pokud je splněna podmínka (např. počet generací), algoritmus končí, jinak se vrací k bodu 2 (Alam et. al (2020)).

¹ student bakalářského studijního programu Informatika a výpočetní technika, specializace Informatika, e-mail: krenkf@students.zcu.cz

3 Implementace knihovny

3.1 Požadavky

Před návrhem knihovny byly analyzovány existující řešení, zejména knihovny Jenetics a JGAP. Přestože obě nabízí široké možnosti konfigurace, obsahují také nedostatky. Knihovna Jenetics je velmi složitá na používání, což může odradit méně zkušené uživatele, zatímco JGAP postrádá podporu vícevláknového zpracování, které je klíčové pro efektivní výpočty náročných fitness funkcí. Cílem vyvíjené knihovny, která se jmenuje GAL4J (Genetic Algorithm Library for Java¹), bylo vytvořit jednodušší, přehlednější a snadno rozšiřitelné rozhraní, jež by umožnilo rychlou implementaci genetických algoritmů. Důraz byl kladen hlavně na širokou volbu genetických operátorů, které umožňují různé přístupy k řešení optimalizačních problémů. Součástí knihovny je také podpora jak sekvenčního, tak paralelního výpočtu fitness, což výrazně zvyšuje efektivitu a zkracuje dobu běhu algoritmu v případech s složitou fitness funkcí.

3.2 Struktura knihovny

Knihovna GAL4J je rozdělena do několika podadresářů podle funkční odpovědnosti. Balík `algorithm` obsahuje jádro knihovny s řízením běhu algoritmu, správou populace a výpočtem fitness. Reprezentaci řešení zajišťuje balík `chromosome` s třídami pro práci s chromozomy a podporou generických typů. Genetické operátory jsou rozděleny do balíků `selection`, `crossover` a `mutation`, které implementují výběr rodičů, křížení a mutace. Pro paralelní výpočty fitness na vícejádrových procesorech slouží balík `multithread`. Balík `utils` pak nabízí pomocné nástroje pro vizualizaci a kontrolu konfigurace.

4 Testování knihovny

Knihovna GAL4J byla důkladně otestována na dvou klasických problémech genetických algoritmů – problému batohu (knapsack problem) a problému optimalizace obchodního cestujícího (Traveling Salesman Problem). Testování bylo zaměřeno na ověření celkové funkčnosti knihovny včetně implementace všech genetických operátorů a rychlosti sekvenčního a paralelního výpočtu fitness hodnot. Pro problém batohu byla navíc provedeno srovnání výkonu GAL4J s dalšími dvěma knihovnami, Jenetics a JGAP. Výsledky v tab. 1 ukazují, že GAL4J dosahuje podobných fitness hodnot jako ostatní knihovny, ale výrazně lepších časových výsledků v řešení batohu. Díky tomu se jeví jako efektivní a lehká alternativa zejména pro úlohy, kde je klíčová rychlost výpočtu.

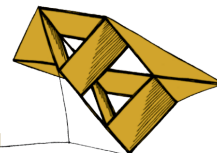
Knihovna	Čas [ms]	Fitness
Jenetics	427	377
JGAP	1649	380
GAL4J	98	378

Tabulka 1: Porovnání výkonu knihoven na problému batohu

Literatura

Alam, T., Qamar, S., Dixit, A. a Benaida, M., 2020. Genetic Algorithm: Reviews, Implementations, and Applications. *CoRR*.

¹Knihovna je volně dostupná ke stažení na adrese <https://github.com/FildaKrenku/GAL4J>



Algoritmus nejmenší opsané kružnice v E^2 a nejmenší koule v E^3

Alexandr Longinov¹

1 Úvod

Optimalizace výpočtu nejmenší opsané sféry (SES) v E^2 a E^3 představuje významnou výzvu ve výpočetní geometrii. Cílem je nalézt nejmenší kružnici nebo kouli obklopující zadanou množinu bodů. Ačkoli existují algoritmy s téměř lineární složitostí, jejich praktická použitelnost je omezena výpočetními nároky u rozsáhlých datových sad.

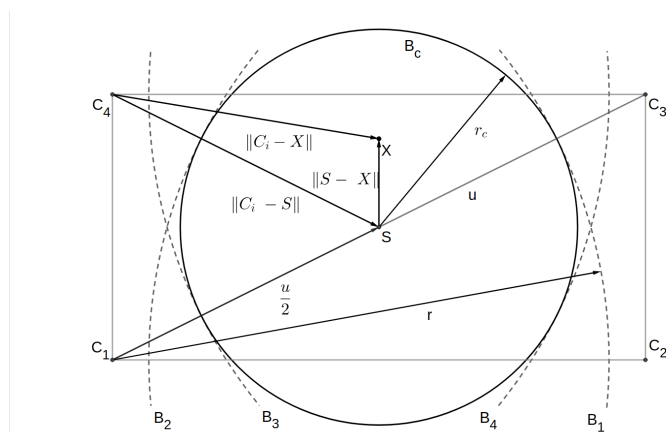
Tato práce navrhuje metodu předzpracování, která zvyšuje výpočetní efektivitu při zachování přesnosti výsledku.

2 Navržená metoda

Výpočet SES úzce souvisí s geometrií konvexní obálky, zejména s jejím diametrem. Přesný výpočet obálky je však náročný a pro účely SES postačí její aproximace formou redukce bodů.

Vycházíme z postupu dle Skala (2020), kde se využívá 4 kružnic v E^2 (resp. 8 koulí v E^3) se středy v rozích AABBoxu a poloměrem, který je roven odhadu diametru obálky. Body ležící uvnitř průniku těchto sfér jsou odstraněny.

Navržená metoda redukci urychluje pomocí vepsané kružnice/koule uvnitř průniku, body uvnitř této kružnice/koule se odstraní. Navíc je použita dvoufázová redukce - rychlá přibližná filtrace s AABBoxem vytvořeným z náhodného podvzorku bodů, následná přesná redukce s AABBoxem nad celou množinou.



Obrázek 1: Centrální kružnice B_c vepsaná průniku 4 kružnic B_1, B_2, B_3, B_4 se středy v bodech C_1, C_2, C_3, C_4 . Poloměr r je odhad diametru konvexní obálky.

Po této redukci je spuštěn algoritmus MSW, převzatý ze Skala (2022).

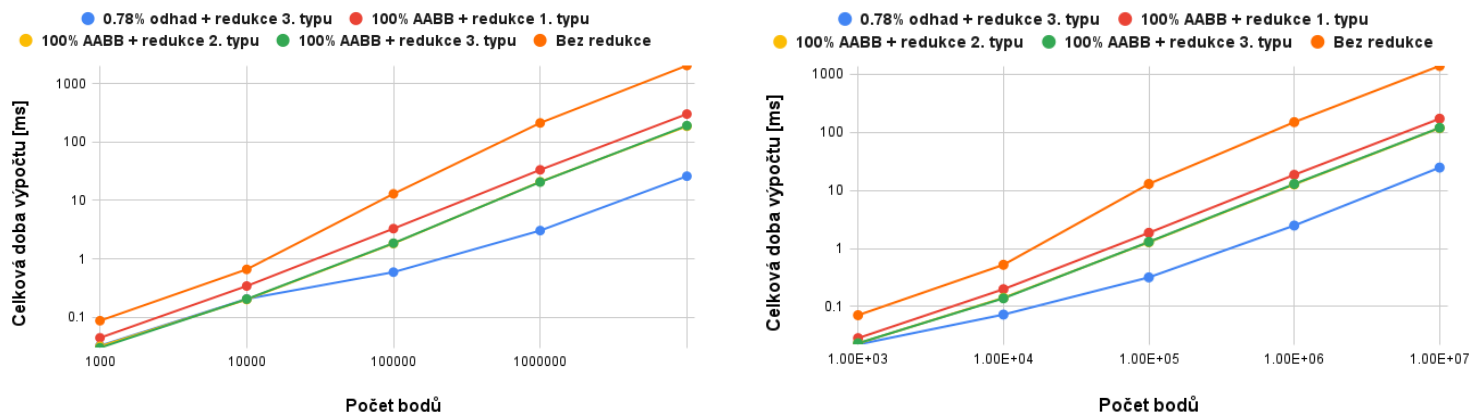
Výsledky a porovnání

Navržený algoritmus byl otestován na sadě bodů o velikosti $10^3 \leq N \leq 10^7$. Cílem testování bylo jak porovnání různých přístupů k předzpracování dat, včetně čistého

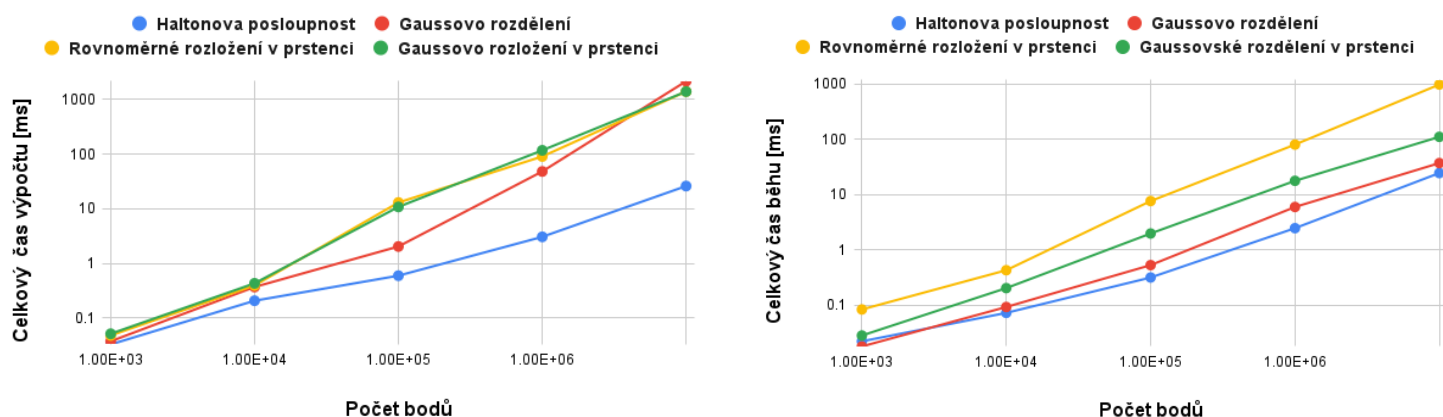
¹ student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Informatika, specializace Informatika a výpočetní technika, e-mail: longinov@students.zcu.cz

algoritmu MSW, tak i zhodnocení vlivu různých prostorových rozložení bodů na efektivitu algoritmu.

Pro srovnání mezi variantami předzpracování byla použita deterministická Haltonova sekvence, které poskytuje rovnoměrně rozložené body. Naopak pro analýzu chování algoritmu při různých rozložení byl použit klasický generátor pseudonáhodných čísel.



Obrázek 2: Porovnání různých metod redukce (3D vlevo, 2D vpravo)



Obrázek 3: Porovnání rozložení bodů (3D vlevo, 2D vpravo)

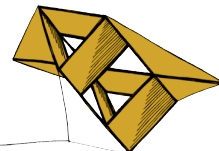
Závěr

Navržená redukce je pro 10^6 bodů až **59.7×** rychlejší v E^2 a až **69.6×** rychlejší v E^3 oproti čistému algoritmu MSW. Dále bylo zjištěno, že pokud je rozložení bodů ve tvaru prstence, tak je redukce méně efektivní a její rychlost se blíží rychlosti čistého algoritmu MSW.

Literatura

Skala, V. (2020). *Diameter and Convex Hull of Points Using Space Subdivision in E^2 and E^3* . Lecture Notes in Computer Science, (12249 LNCS), 286 – 295. 10.1007/978-3-030-58799-4_21soci

Skala, V., Černý, M., & Yassin, S. J. (2022). *Simple and Efficient Acceleration of the Smallest Enclosing Ball for Large Data Sets in E^2 : Analysis and Comparative Results*. Lecture Notes in Computer Science, (13350 LNCS), 720 – 733. 10.1007/978-3-031-08751-6_52



Kolekce miniher založené na metabolickém modelu

Břetislav Milota¹

1 Úvod

Tato práce se zabývá návrhem a implementací sady čtyř seriózních miniher v enginu Godot, které využívají metabolický model systému SmartCGMS. Tento model umožňuje simulaci příjmu sacharidů a dávkování inzulínu. Cílem projektu je prostřednictvím herních prvků generovat úlohy, které budou simulovat reálné výzvy spojené s léčbou diabetu. Hráč bude minihry ovládat, aniž by si byl vědom, že interaguje s metabolickým modelem.

2 Minihry

V minihrách je aktuální hodnota hladiny glukózy v krvi získávána ze simulace systému SmartCGMS. Tento systém představuje softwarovou platformu navrženou pro vývoj a testování pokročilých systémů pro monitorování a řízení hladiny glukózy (Ubl a Koutny (2019)). Získaná hodnota je následně transformována na zvolený stav hry, který je reprezentován konkrétními herními prvky. Tento stav lze pak dalšími herními prvky ovlivňovat tak, aby chování hry odpovídalo reálným případům (přijímání potravin, pohyb...). Tyto herní prvky a interakce hráče s nimi mohou ovlivnit hladinu glukózy, buď jako příjem sacharidů nebo jednotek inzulínu. Simulace je pro hráče skrytá, aby nezkrasovala jeho rozhodnutí v minihře (Dörner et al. (2016)). Data simulace jsou na konci minihry odesílána na vzdálený server, kde mohou pak být analyzována. Analýza získaných dat je mimo rámec této práce.

Hráčovým cílem je držet rovnováhu mezi příjmem sacharidů a jednotek inzulínu oproti tradičním hrám, kde se hráč snaží např. neztratit všechny body zdraví.

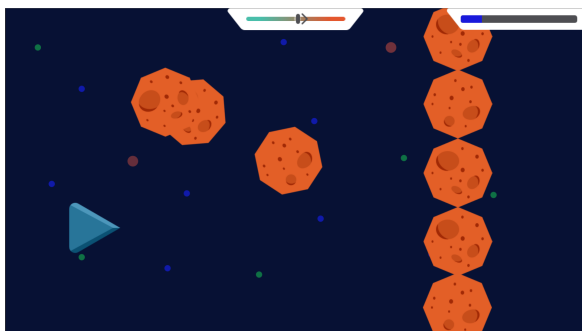
V první minihře, Spaceship (obrázek 1 vlevo nahoře), hráč ovládá raketu, která se musí vyhýbat asteroidům letícím zprava. Objevují se oranžové a modré asteroidy a také pásma asteroidů, jimž nelze uniknout. Podle kolize s asteroidem nebo pásmem asteroidů je buď simulován příjem sacharidů nebo jednotek inzulínu.

Ve druhé minihře, Tower Defense (obrázek 1 vpravo nahoře), hráč ovládá věž s kanónem umístěnou uprostřed herního pole. Z okolí se přibližují nepřátelská šídla, která je potřeba sestřelit v optimální vzdálenosti mezi dvěma bílými kruhy. Podle vzdálenosti, ve které bylo nepřátelské šídlo sestřeleno, je buď simulován příjem sacharidů nebo jednotek inzulínu.

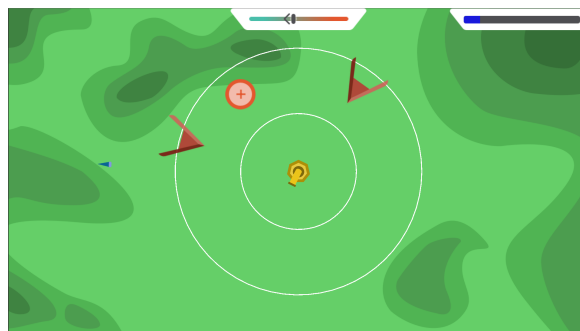
Třetí minihra, Button Clicker (obrázek 1 vlevo dole), vyžaduje od hráče správné načasování. Na čtvercové mřížce se náhodně objevují červená tlačítka s ukazatelem průběhu, který se postupně naplňuje. Hráč musí stisknout tlačítko v optimálním intervalu. Stisknutí tlačítka mimo tento interval simuluje příjem sacharidů nebo jednotek inzulínu.

Poslední minihra, Ufo Jumper (obrázek 1 vpravo dole), připomíná herní princip známý z titulu Flappy Bird. Hráč ovládá skákající ufo, které musí proskakovat mezi rourami. Na trase se navíc nachází nevyhnutelné lasery oranžové a modré barvy. Kolize s těmito objekty simuluje

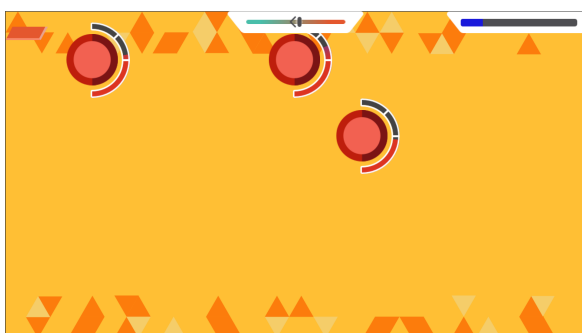
¹ student bakalářského studijního programu Informatika a výpočetní technika, obor Informatika, e-mail: bmi-lota@students.zcu.cz



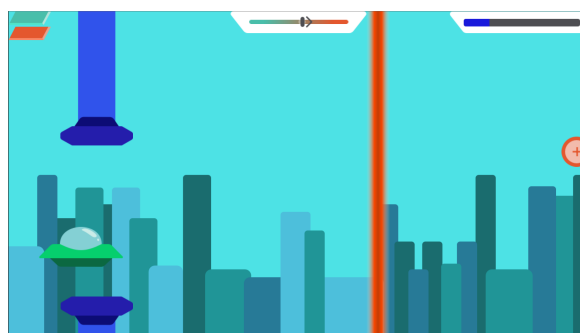
Spaceship



Tower Defense



Button Clicker



Ufo Jumper

Obrázek 1: Ukázky čtyř snímků obrazovek daných miniher

příjem sacharidů nebo jednotek inzulinu.

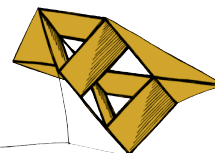
3 Shrnutí

Byly navrženy a implementovány čtyři v základu odlišné minihry. Každá z nich je založena na jiných mechanikách simulování příjmu sacharidů a inzulinu, ale všechny sdílejí společný rámec. To zajišťuje vzájemnou návaznost a podobnost jak na úrovni dat, tak i logiky simulace. Herní mechaniky dále úspěšně skrývají ponětí o simulaci, aby nezkreslovaly hráči průběh minihrou.

Aplikace také úspěšně zasílá získaná data simulace na vzdálený webový server. Tato data bude možné následnou analýzou využít k identifikaci opakujících se vzorců chování a odezvy modelu, což může potenciálně přispět k návrhu lepších léčebných strategií nebo k optimalizaci algoritmů řízení diabetu. Samotná analýza těchto dat však přesahuje rozsah této práce a představuje možný směr pro budoucí výzkum.

Literatura

- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., a Wiemeyer, J. (2016) *Serious Games: Foundations, Concepts and Practice*. Available from DOI, Volume 10, Number 1007, pp. 978–3.
- Ubl, M., a Koutny, T. (2019) SmartCGMS as an Environment for an Insulin-Pump Development with FDA-Accepted In-Silico Pre-Clinical Trials. *Procedia Computer Science*, Volume 160, pp. 322–329. The 9th International Conference on Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare (ICTH-2019)



Nástroj pro automatickou analýzu sloupcových grafů

Matěj Mladý¹

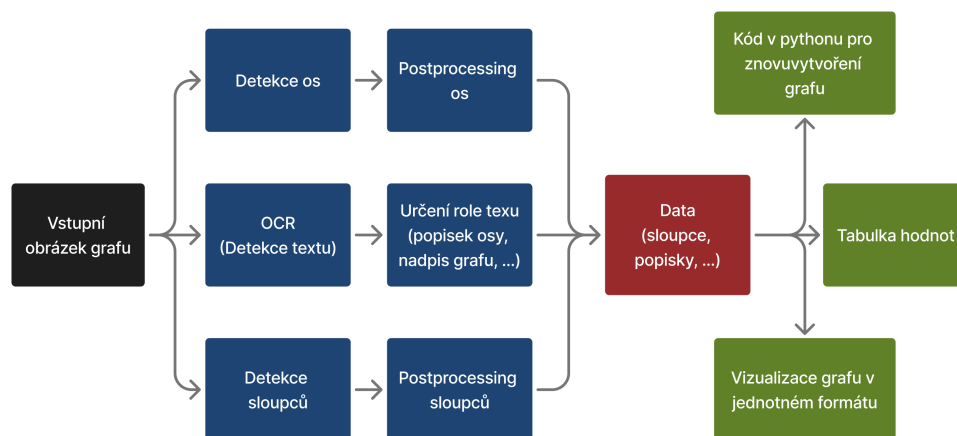
1 Úvod

Grafy (angl. *charts*) jsou nedílnou součástí našeho života. Setkáváme se s nimi téměř každý den. Ať už jsou to grafy teplot v předpovědi počasí, grafy našeho srdečního tepu změřeného chytrým náramkem nebo přehled příjmů a výdajů v bankovní aplikaci v chytrém telefonu.

Problémem je, že většinu grafů máme k dispozici pouze v podobě obrázku a to je pro provádění různých analýz a dalších zpracování nevhodné. V rámci této práce byl proto vytvořen nástroj, který převádí rastrový obrázek vertikálního sloupcového grafu na zdrojová data, ze kterých byl graf vytvořen.

2 Analýza obrázků sloupcového grafů

Proces převodu obrázku sloupcového grafu zpět na jeho zdrojová data zahrnuje několik kroků. Základ tvoří detekce sloupců, detekce os a rozpoznávání textových prvků. Každý krok je následován postprocessingem, jehož cílem je zpřesnit výsledky a připravit data pro další použití.



Obrázek 1: Schéma řešení

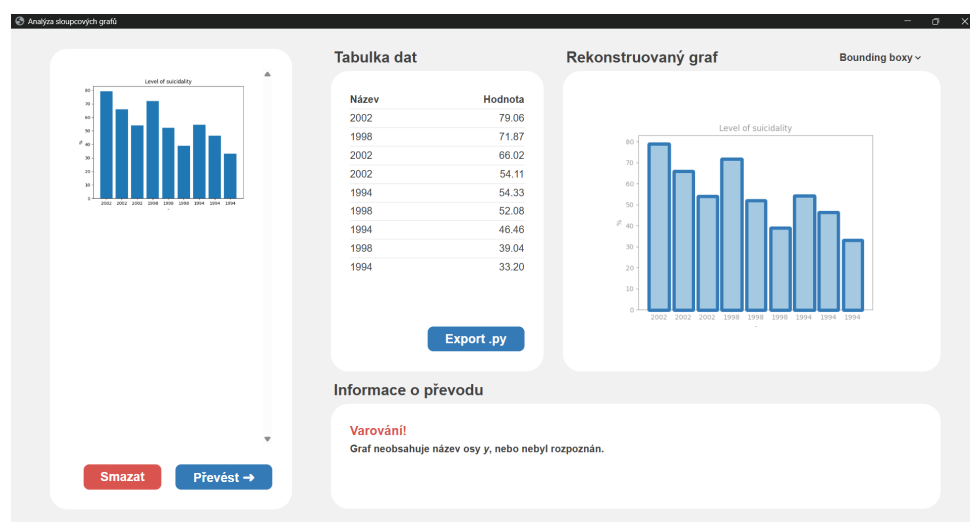
Základ celého řešení tvoří detekce os a sloupců, pro kterou byla natrénována konvoluční neuronová síť typu U-Net, která dokázala efektivně generalizovat a poskytl kvalitní predikce i na dosud neviděných datech. Výstupem této sítě je rastrová maska, kde intenzita pixelů odpovídá pravděpodobnosti příslušnosti k danému prvku (osa nebo sloupec). Z této masky jsou následně extrahovány samotné souřadnice sloupců a os v obrázku.

Textové prvky jsou rozpoznávány pomocí nástroje *Tesseract OCR* a poté probíhá určení

¹ student bakalářského studijního programu Informační systémy, e-mail: mladym@students.zcu.cz

jejich rolí v grafu (např. popisky os a sloupců, nadpis apod.). Pro výpočet skutečných hodnot sloupců se využívá regresní model odvozený ze známých hodnot z osy y a jejich pixelových souřadnic v obrázku. Výsledkem je funkce, která umožní převést libovolnou výšku detekovaného sloupce (v pixelech) na reálnou číselnou hodnotu.

Součástí práce je také jednoduché uživatelské rozhraní, které umožňuje nahrát obrázek grafu a spustit nad ním celou analýzu. Výstupem je přehledná tabulka s extrahovanými daty, přegenerovaný graf odpovídající původnímu obrázku a možnost zobrazení detekovaných bounding boxů sloupečků a souřadnicových os přímo v náhledu obrázku.



Obrázek 2: Ukázka uživatelského rozhraní se zobrazením detekovaných sloupců

3 Výsledky

Testování bylo provedeno na podmnožině vertikálních sloupcových grafů z oficiálního datasetu ICPR (2022) Chart-Infographics. Výsledky shrnuje následující tabulka:

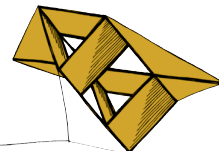
Metrika	Hodnota
Průměrná úspěšnost rozpoznání jednotlivých sloupců v grafu	68 %
Medián úspěšnosti rozpoznání sloupců v grafu	75 %
Podíl grafů v datasetu rozpoznaných zcela správně	30 %

Tabulka 1: Výsledky testování na vybraných grafech

Z výsledků vyplývá, že nástroj dosahuje velmi dobrých výsledků u jednodušších grafů se standardním rozvržením a dobře čitelnými popisky. Naopak u složitějších nebo netypicky zpracovaných grafů úspěšnost výrazně klesá, zejména kvůli nepřesnostem v rozpoznávání textu, které představují nejslabší článek celého procesu.

Literatura

Competition on Harvesting Raw Tables from Infographics (2022) *Tools and Data*. Available from: https://chartinfo.github.io/toolsanddata_2022.html [Accessed 5th October 2024].



Symetrie ve výstupu buněčných automatů

David Stuchl¹

Úvod

Buněčné automaty představují diskrétní modely dynamických systémů, v nichž se složité globální vzory vyvíjejí z jednoduchých lokálních pravidel. Podle Garcíi-Moralese (2012) symetrické vzory, jež jsou často výsledkem deterministických i stochastických pravidel, poskytují cenné informace o vnitřní struktuře a chování takovýchto systémů.

Cílem této práce je využití algoritmu Stochastic Diffusion Search (SDS) k efektivní detekci jak globálních, tak lokálních symetrií v mřížkách generovaných buněčnými automaty. V první fázi je implementována původní verze SDS dle článku Javid et al. (2017), následně je algoritmus ověřen na symetrických mřížkách. K ověření robustnosti navržené metody byly implementovány způsoby umělého porušení mřížek. Dále byly navrženy nové úpravy algoritmu za účelem zlepšení jeho možnosti detekovat lokální symetrie v mřížce.

Algoritmus Stochastic Diffusion Search

Algoritmus Stochastic Diffusion Search (SDS) je metaheuristický postup inspirovaný kolektivní inteligencí. Každý agent v populaci reprezentuje hypotézu o poloze „symetrické buňky“ ve dvourozměrné mřížce. Počáteční populace o velikosti $p = \frac{s^2}{4}$ agentů (kde s je šířka čtvercové mřížky) je náhodně rozprostřena, přičemž agenti mohou sdílet pozice. Algoritmus probíhá opakovaně v následujících krocích:

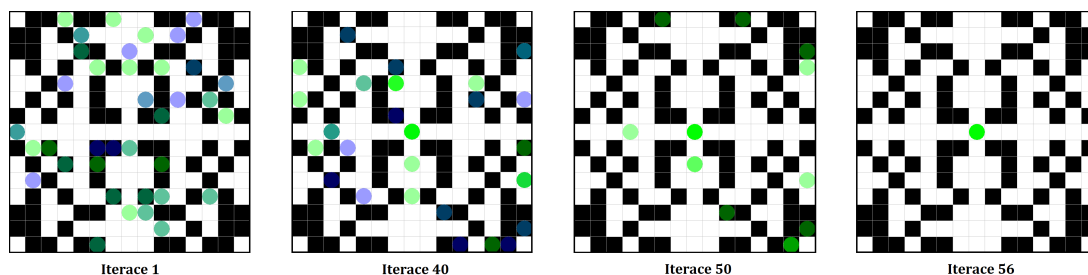
1. *Částečné vyhodnocení*: Každý agent testuje svou hypotézu na malé množině dvojic buněk (mikrorysy) vzdálených stejně od zkoumané buňky. Pokud je identita stavů v těchto párech zachována, agent zůstává *aktivní*, jinak se stává *neaktivním*.
2. *Difúze znalostí*: Aktivní agenti předávají své úspěšné hypotézy neaktivním kolegům, kteří je následně přijímají a testují v dalších iteracích.
3. *Reinicializace*: Agentům, kteří během difúze nepřebírají žádnou úspěšnou hypotézu, je náhodně přiřazena nová pozice, čímž se udržuje explorační prostor řešení a zabraňuje se uvíznutí v lokálním optimu.

Tento cyklus se opakuje po předem stanovený počet iterací (desítky, stovky, tisíce dle vstupní mřížky), přičemž konvergence je sledována pomocí grafické reprezentaci agentů rozprostřených po mřížce a též pomocí grafu procentuálního zastoupení aktivních agentů ve vybrané referenční buňce. Javid et al. (2017) tvrdí, že použití mikrorysů k částečnému vyhodnocení SDS snižuje výpočetní náročnost oproti úplnému porovnání vzorů a zároveň zachovává odolnost vůči šumu a neúplným datům.

¹ student bakalářského studijního programu Informatika a výpočetní technika, specializace Informatika, e-mail: stuchld@students.zcu.cz

Výsledky

Testování algoritmu probíhalo na symetrických mřížkách různé velikosti, na nichž byly simulovány dva základní režimy difúze: *pasivní* a *kontextově závislá*. U pasivní difúze se agenti shlukovali do centrální buňky, přičemž více než 50 % populace aktivních agentů signalizovalo správné určení buňky symetrie. Výsledky odpovídaly průběhu uvedenému autory, kdy počet aktivních agentů po počátečních oscilacích rychle konverguje k 100 % v řešení. Jeden z možných výstupů implementovaného programu lze pozorovat na obrázku 1. V něm je možné vidět 4 mřížky obsazené agenty, kde s postupujícími iteracemi probíhá aglomerace agentů v centrální buňce mřížky, v níž se protínají všechny 4 osy symetrie, které lze v mřížce nalézt.



Obrázek 1: Jeden z možných výstupů programu. Dvoustavová mřížka s kruhy značící agenty (zelený = aktivní, modrý = neaktivní) – okupující buňku své hypotézy.

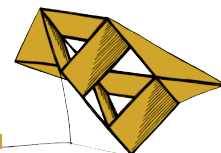
Pro ověření odolnosti pasivní difúze vůči chybám bylo zavedeno náhodné binární poškození daného podílu mřížky. Pasivní difúze spolehlivě identifikovala referenční buňku až do 14 % poškození, při 15 % již kritérium konvergence nebylo splněno. Dále byl testován „šedotónový režim“, kdy se buňky v porušené části mřížky modifikují na šedé odstíny a porovnání se provádí s nastavitelnou tolerancí. Experimenty ukázaly, že optimální tolerance kolem 0,3–0,5 umožňuje opětovné dosažení více než 80 % aktivních agentů ve středu i při 15 % šedotónovém poškození, čímž se výrazně zlepšuje odolnost SDS vůči jemným odchylkám.

Kontextově závislá difúze neprokázala schopnost detekovat parciální symetrie, jak bylo uvedeno ve výchozím článku. Agenti totiž příliš rychle opouštěli správné hypotézy, což zamezilo dlouhodobému shlukování agentů v buňkách symetrie. Pro zlepšení detekce lokálních symetrií byla k základní pasivní difúzi přidána jednoduchá strategie uzamykání: jakmile buňka dosáhla stanoveného podílu aktivních agentů, byla z dalšího průběhu simulace vyřazena a agenti ji již nevyhodnocovali jako kandidátní řešení. Po jejich reinicializaci se tak jejich pozornost přesunula k dalším oblastem mřížky, kde bylo možné najít buňku lokální symetrie. Hlavní nevýhodou je však sekvenční zamykání buněk – buňky jsou uzamykány jedna po druhé – takže na rozdíl od původně zamýšlené kontextově závislé difúze, která měla detekovat všechny parciální symetrie najednou, výrazně roste doba trvání algoritmu.

Literatura

Javid, M. A. J., Alghamdi, W., Ursyn, A. a další (2017) Swarmic approach for symmetry detection of cellular automata behaviour. *Soft Computing*, 21(17), pp. 5585–5599. doi:10.1007/s00500-017-2752-y. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-017-2752-y> [cit. 2025-05-11].

García-Morales, V. (2012) Symmetry analysis of cellular automata. *Physics Letters A*, [online]. Dostupné z: https://www.uv.es/garmovla/2013_PLA_Symmetry.pdf [cit. 2025-05-11].



Zaplňování děr v terénním modelu tvořeném množinou bodů

Jiří Třesohlavý¹

1 Úvod

Množina bodů (též bodová mračna) jsou důležitým nástrojem pro prostorové vnímání v oblastech jako robotika, AR/VR nebo medicína. Kvůli fyzikálním omezením senzorů (LiDAR) však často vznikají díry – chybějící části dat, způsobené například odrazivostí povrchů. Tyto díry poté negativně ovlivňují úlohy, jako je např. navigace robota.

Cílem této práce bylo pro metodu zaplňování děr v terénním modelu tvořeném bodovým mračnem **navrhnout, implementovat a otestovat** metody interpolace výšky v místech s chybějící hodnotou z .

2 Použité metody

V rámci této práce byly implementovány čtyři tradiční metody pro zaplňování děr v bodových mračnecích: lineární interpolace založená na algoritmu k -nejbližších sousedů (k -NN), vážená lineární interpolace s využitím inverzní vzdálenosti, kubické Bézierovy trojúhelníkové pláty a diskretní Coonsovy pláty dle Farin a Hansford (1999).

K identifikaci oblastí s nízkou hustotou bodů byla využita *centroidní Voroného teselace* (CVT), která sloužila k vygenerování pozic bodů s chybějící hodnotou z . Tyto pozice byly následně doplněny výškovou souřadnicí pomocí některé z implementovaných metod. CVT byla využita výhradně k určení vhodného rozmístění chybějících bodů, zatímco samotné dopočítání z -souřadnice probíhalo pomocí zvolené metody.

Základem řešení je pracovní postup, kde je vstupem bodové mračno s dírou a sada bodů (z CVT) s chybějící hodnotou z . Na tyto body je následně aplikována vybraná metoda, jejímž cílem je určit chybějící hodnoty souřadnice z . Výsledkem je kompletní bodové mračno bez přítomnosti děr.

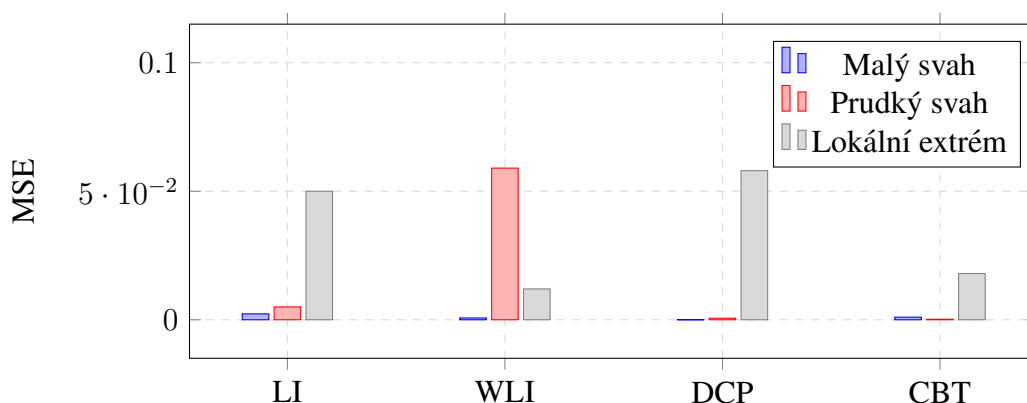
3 Experimenty a výsledky

Všechny čtyři metody byly testovány jak na umělých datech vytvořených vzorkováním funkcí o dvou neznámých, tak na reálných datech s ručně vytvořenými děrami. Umělé díry měly tvar trojúhelníku, kruhu a pravidelného čtyřúhelníku a byly vkládány do různě složitých povrchů. Výsledky byly hodnoceny pomocí metriky střední kvadratické chyby (MSE) a prezentovány graficky i textově.

Metody byly testovány na uměle vytvořených datech, která simulovala tři typy terénních útvarů: malý svah, prudký svah a lokální extrém. Malý svah představoval plynulý povrch s mírným sklonem, prudký svah modeloval oblast s větší změnou sklonu a lokální extrém obsahoval minimum nebo maximum (lze si představit jako vrchol nějaké hory). Do každé z těchto scén byly vloženy trojúhelníkové díry o konstantní velikosti plochy a na jejich doplnění byly apli-

¹ student bakalářského studijního programu Informatika, e-mail: jirtres@students.zcu.cz

kovány jednotlivé metody. K hodnocení výsledků byla použita *MSE*, jejíž hodnoty jsou vynešeny v grafu v **Obrázku 1**.



Obrázek 1: *MSE* hodnoty pro jednotlivé metody (*LI* = Lineární interpolace, *WLI* = Vážená lineární interpolace, *DCP* = Diskrétní Coonsův plát, *CBT* = Kubický Bézierův trojúhelníkový plát) při testování na různých typech terénu.

Metody byly dále testovány na reálných datech. V rámci experimentu byly do těchto dat uměle vloženy chybějící oblasti různých tvarů, přičemž se dbalo na to, aby zasahovaly do míst s odlišnou topografií – včetně rovinatých úseků, svahů i oblastí s náhlými výškovými změnami. Výsledky ukázaly, že lineární a vážená lineární interpolace poskytují stabilní a přirozené doplnění v komplexnějším terénu. Naopak plošné metody – kubický Bézierův trojúhelníkový plát a diskrétní Coonsův plát – se lépe uplatnily v případech, kdy byla topografie chybějící oblasti plynulejší.

4 Budoucí vývoj

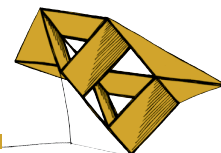
Projekt bude dále rozvíjen v rámci studentského grantového výzkumu, který se zaměří na prohloubení a rozšíření navrženého řešení. Základní implementace tradičních metod zaplňování děr vytvořila pevný rámec, na který bude možné navázat pokročilejšími metodami.

Poděkování

Rád bych poděkoval své vedoucí práce prof. Dr. Ing. Ivaně Kolingerové za bezproblémové a vstřícné vedení tohoto projektu, za její cenné rady, odborné připomínky a podporu během celého řešení. Poděkování patří také Ing. Alexi Königovi za poskytnutí dat vygenerovaných pomocí *CVT* a za jeho podnětné konzultace, které výrazně přispěly ke kvalitě výsledného řešení.

Literatura

Farin, G., a Hansford, D. (1999) *Discrete Coons Patches*. Computer Aided Geometric Design. Volume 16, Issue 7, pp. 691–700.



Kompresí trojúhelníkových sítí na základě vektorové kvantizace predikčních reziduí

Vladan Trhlík¹

1 Úvod

Trojrozměrné modely jsou široce rozšířeny v mnoha průmyslových odvětvích. Pro jejich popis se používají trojúhelníkové sítě tvořené vrcholy ležícími na povrchu objektu. Samotný povrch je tvořen trojúhelníky, které tyto body propojují. Se zvyšující se složitostí modelů roste i paměťová náročnost na jejich uložení, a je proto nutné trojúhelníkové sítě komprimovat.

Tato práce se zabývá vektorovou kvantizací, která se využívá pro kompresi souřadnic vrcholů a odchylek od jejich predikcí. Cílem je implementovat vektorovou kvantizaci do kompresního algoritmu založeného na průchodu sítí a experimentovat s různými tvary kvantizačních buněk s cílem snížení datového toku a zlepšení kvality komprese.

2 Definice problému

Kompresní algoritmus Edgebreaker (Rossignac (1999)), který je založený na průchodu sítí využívá data o konektivitě k postupnému procházení a rekonstrukci sítě. Při rekonstrukci je pozice dalšího vrcholu nejdříve predikována pomocí rovnoběžníku zkoustruovaného ze sousedního trojúhelníku a do komprimovaného souboru se ukládají pouze odchylky (predikční rezidua) od této predikce. Tyto odchylky jsou zpravidla krátké vektory, na které lze aplikovat **vektorovou kvantizaci**.

Při vektorové kvantizaci je vícerozměrný prostor vstupních dat rozdělen na tzv. **kvantizační buňky** a jejich představitele (např. středy) – **kvantizační vektory**. Při kvantizaci vektoru se zjistí, ve které buňce vektor leží a jako výsledný kód slouží index dané buňky. Pro rekonstrukci se v dekodéru následovně použije střed dané buňky. Vlivem vektorové kvantizace se nebudou kvantizované odchylky shodovat s původními odchylkami – jedná se tedy o ztrátovou kompresi.

Jednou z nejběžnějších metod vektorové kvantizace je kvantizace na uniformní mřížku. Kvantizační buňky mají tvar krychle a míra komprese je ovládána délkou hrany těchto krychlí. Vektor je kvantizovaný na střed krychle, ve které leží, a jeho výslednou pozici lze vyjádřit třemi celými čísly – pozicí krychle v mřížce.

Pro zhodnocení kvality komprese se v této práci se využívá metrika RMSE a percepční metrika DAME (Váša, Rus (2012)). DAME narozdíl RMSE bere v potaz lidské vnímání povrchu a snaží se lépe měřit kvalitu komprese pomocí dihedrálních úhlů. Těmito metrikami je změřena kvalita komprese při různých nastaveních kvantizačních metod a výsledná data se vizualizují jako závislost hodnoty dané metriky na počtu bitů na jeden vrchol (BPV). Vzniklé křivky se nazývají **RD-křivky** (rate distortion curve). Při porovnávání dvou a více RD-křivek je nejlepší ta, která je "vlevo dole", tedy při stejném datovém toku jsou výsledky metriky menší.

¹ student bakalářského studijního programu Informatika a výpočetní technika, specializace Informatika, e-mail: trhlikv@students.zcu.cz

3 Navrhované metody

Pro vylepšení uniformní mřížky je potřeba využít jiný tvar kvantizační buňky, ve které by docházelo k menší chybě při zachování stejného objemu.

Pokud bychom kvantizovali vektory v rovině, využívala by se čtvercová mřížka s konstantním krokem. Ta by se dala nahradit např. šestiúhelníkovou mřížkou se stejným obsahem jednotlivých buněk. Maximální odchylka v šestiúhelníkové buňce o stejném obsahu jako čtvercová mřížka je o přibližně 11 % menší, díky čemuž by měly být výsledky komprese lepší při zachování podobného datového toku.

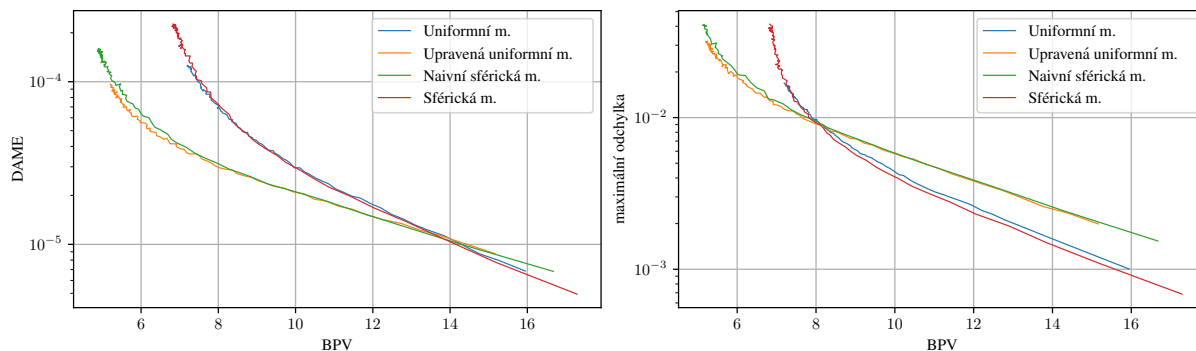
Navrhovaná metoda využívá tzv. close-packing stejně velkých koulí, který se snaží vyplnit prostor koulemi tak, aby byl nezaplněný prostor co nejmenší. Středů těchto koulí pak slouží jako kvantizační vektory.

Byly implementovány dvě verze této metody – první naivní verze je jednodušší na výpočet, ale zvolená buňka se nachází blíže k počátku souřadného systému než buňka, ve které se vektor doopravdy nachází. Druhá verze zvolí kvantizační buňku, ve které se vektor opravdu nachází.

Pro porovnání dvou metod založených na sférické mřížce s kvantizací na uniformní mřížku byla vytvořena i upravená verze uniformní kvantizace, která by měla být obdobou naivní metody kvantizace na sférickou mřížku. Tato metoda místo středu krychle zvolí vrchol krychle, který je nejbližší k počátku souřadného systému.

4 Výsledky experimentů

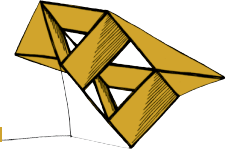
Z naměřených RD-křivek na obr. 1 jde vidět, že naivní metoda sférické mřížky a upravená verze uniformní mřížky dosahují nejlepších výsledků. Díky větší pravděpodobnosti krátkých vektorů při kvantizaci predikčních reziduí dochází ke kvantizaci na pravděpodobnější (kratší) vektory, než v ostatních metodách. Výsledky maximální odchylky potvrzují, že sférická mřížka dosahuje nižší maximální odchylky než uniformní mřížka při stejném datovém toku.



Obrázek 1: Výsledky měření metriky DAME a maximální odchylky

Literatura

- Váša, Libor; Rus, Jan. (2012) Dihedral Angle Mesh Error: A fast perception correlated distortion measure for fixed connectivity triangle meshes. Computer Graphics Forum. 2012, Volume 31, pp. 1715-1724.
- Rossignac, J. (1999) Edgebreaker: Connectivity compression for triangle meshes. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 1999, roč. 5, č. 1, pp 47–61.



POSEIDON: Pose-Optimized Stable Diffusion based and Hand refiner Enhanced Image generation with Deep transformer preprocessor and ControlNets

Vojtěch Vlček¹

1 Introduction

The boom the Deep Learning field experienced in the last few years led to immense improvement in most areas utilizing neural networks. Large language models achieved unprecedented results, and the outputs these models were able to generate moved to an entirely different level. Similar improvements could be observed with image generation models, such as the Stable Diffusion [Rombach et al. (2022)] model family. Despite these impressive advances, the task of sign language synthesis remains largely unsolved. In reaction to this observation, we present a novel pipeline, based on Stable Diffusion, able to generate people in specific poses, conditioned on points depicting the target pose.

2 Approach summary

Taking inspiration from Cheong et al. (2022) who introduced an encoder model that encodes pose points directly instead of relying on a visual pose rendering mechanisms as common when utilizing ControlNets [Zhang et al. (2023)] for this task, we introduce a Transformer model [Vaswani et al. (2017)] trained to reconstruct a given human pose with the aim of using its last hidden state as conditioning for Stable Diffusion.

We then utilize this trained Transformer model to fine-tune Stable Diffusion. First, we only target the cross-attention layers in the U-Net and keep the rest of the model frozen. This approach aims to train the U-Net to understand the new form of conditioning while keeping its image generation capabilities intact. Secondly, we fine-tune the entire U-Net model to shift its learned distribution and allow it to focus on generating people.

After this first phase achieves satisfactory results, two ControlNet models are added and trained in the second phase. The first model receives an image of the person we are trying to generate to help preserve their identity in the final output. The second fine-tunes a pre-trained HandRefiner [Lu et al. (2024)] ControlNet to help improve the quality and structure of generated hands.

3 First Results

Despite using Stable Diffusion 1.4 in the first experiments, which is an archaic version according to today's standards, and the fact that this pipeline still requires more research and improvement, the models trained in the first experiments already show promising results and confirm the potential of this approach.

¹ Student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Informatics, email: vvlcek@students.zcu.cz

3.1 Pose reconstruction

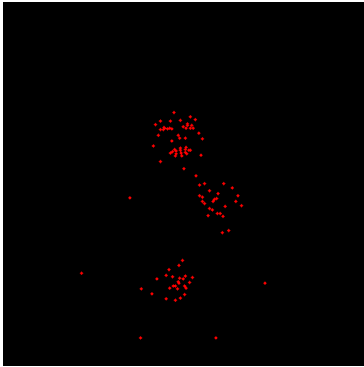


Figure 1: Target pose

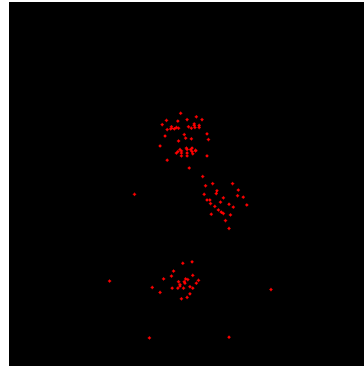


Figure 2: Predicted pose

3.2 Image predictions

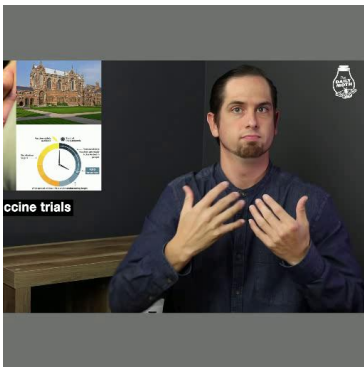


Figure 3: Target image

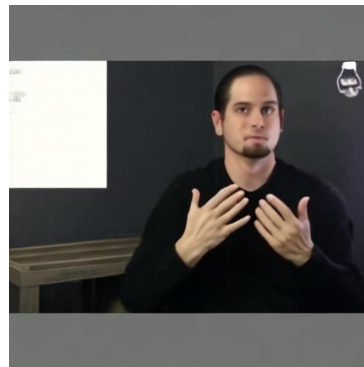
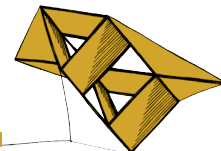


Figure 4: Prediction

References

- Cheong, S. Y., Mustafa, A., and Gilbert, A. (2022). Kpe: Keypoint pose encoding for transformer-based image generation. *arXiv preprint arXiv:2203.04907*.
- Lu, W., Xu, Y., Zhang, J., Wang, C., and Tao, D. (2024). Handrefiner: Refining malformed hands in generated images by diffusion-based conditional inpainting. In *Proceedings of the 32nd ACM International Conference on Multimedia*, pages 7085–7093.
- Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., and Ommer, B. (2022). High-resolution image synthesis with latent diffusion models. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, pages 10684–10695.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., and Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 30.
- Zhang, L., Rao, A., and Agrawala, M. (2023). Adding conditional control to text-to-image diffusion models. In *Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision*, pages 3836–3847.



Automatic Analysis of Relations between Scientific Publications using Large Language Models

Daniel Vodička¹

1 Introduction

The volume of scientific publications is growing at an unprecedented rate, making it challenging to navigate through vast sea of literature, identify relevant works, and understand the relationships between publications. Citations serve as crucial indicators of these relationships, yet their significance extends beyond simple reference counting. What truly matters is understanding not just that a work has been cited, but how (context) and why (purpose) it has been cited.

This work explores the application of large language models (LLMs) for automatic analysis of relationships between scientific publications, with a specific focus on citation classification. While traditional citation analysis relies on quantitative metrics, our approach aims to extract qualitative information about the nature and purpose of citations. By automatically classifying citations according to their function (e.g., background information, methodology usage, comparison of results), we can enhance understanding of scientific knowledge development.

2 Methods

Our methodology began with a comprehensive survey of scientific publication datasets and citation classification schemes as suggested in Zhang et al. (2025). We analyzed datasets such as ACL-ARC, SciCite, ACT, and ACT2, but also developed a novel dataset - ArXiv Citation Classification Corpus (AC³) - with an expanded classification taxonomy capturing more nuanced citation relationships using seven categories: Criticizing, Compliment, Comparison, Use, Substantiating, Contradiction, and Basis.

For citation context extraction, we tested various approaches with different scopes of context surrounding each citation, ranging from entire paragraphs to specific sentence patterns containing the reference. The context extraction strategy proved critical to classification performance, as different models responded differently to various context windows.

As shown in Figure 1, our system prototype processes citation contexts through a pipeline that includes pre-processing, context extraction, and citation classification using various LLM approaches. We implemented and evaluated five pre-trained language models (Mistral 7B, Orca 2-7B, LLaMA 3.1-8B, Falcon 7B, and SciBERT) using approaches like zero-shot prompting, few-shot prompting and fine-tuning.

3 Results

Our experimental evaluation revealed significant variations in model performance across datasets and prompting techniques. The performance gap between datasets suggests fundamen-

¹ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Computer Science and Engineering, e-mail: vodickad@students.zcu.cz

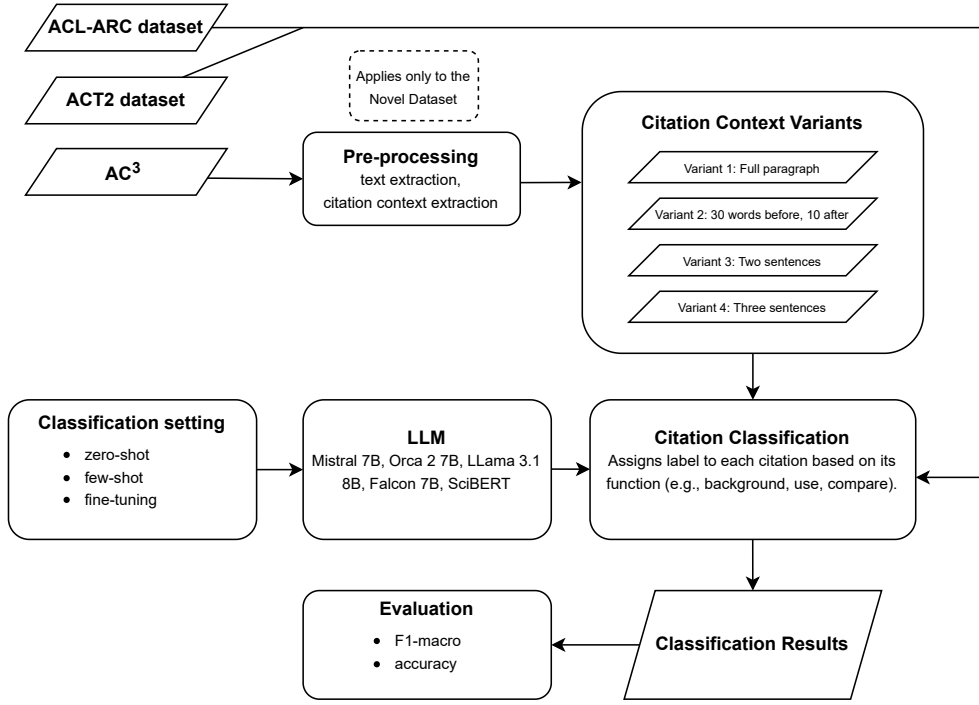


Figure 1: System architecture for citation classification using LLMs.

tal differences in complexity and annotation quality rather than limitations in model capabilities.

Our novel dataset experiments revealed that the optimal citation context extraction strategy varies by model rather than being universal. This finding challenges the assumption that a single approach to context extraction would be optimal across different LLMs.

A critical limitation observed across all models was their tendency to misclassify or completely overlook rare citation classes such as "compliment" and "contradiction." This pattern is particularly problematic since these categories, though infrequent, often carry greater significance in scientific discourse by indicating strong scholarly positions. This phenomenon points to a fundamental challenge in citation classification: the most informative citation types tend to be the most difficult to automatically detect. Not only due to their scarcity in training data but also because they are more specific and often fall under broader categories such as use or basis.

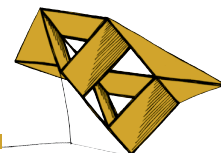
Moreover, while citation classification is often treated as a single-label task, it may be worthwhile to explore a multi-label classification, as the problem naturally exhibits characteristics that align with such an approach.

Acknowledgement

I would like to express my sincere gratitude to my thesis advisor, Doc. Ing. Pavel Král, Ph.D., for his invaluable guidance, patience, and continuous support.

References

Zhang, Y. et al. (2025) Deep learning meets bibliometrics: A survey of citation function classification. *Journal of Informetrics*, Volume 19, Issue 1, p. 101608.



Registrace volumetrických dat

Josef Zetek¹

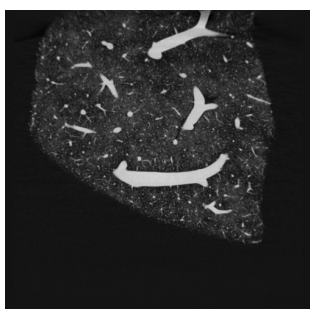
1 Úvod

Tato práce se zabývá registračními algoritmy. Registrace je proces, jehož cílem je zrovnání dvou nebo více datových objektů. Takovými objekty mohou být například obrázky, trojúhelníkové sítě nebo v tomto případě volumetrická data. Volumetrická data jsou uspořádané body v trojrozměrném prostoru, kde každý bod má přiřazenou hodnotu, podobně jako to je u běžných rastrových obrázků ve 2D.

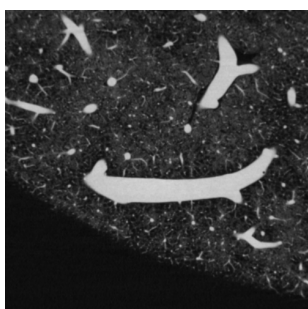
Motivací práce je rigidní registrace párů volumetrických dat pocházejících z různých modalit (každá data byla pořízena jiným přístrojem, mají tedy potenciálně rozdílné rozlišení i rozsah hodnot). Účelem je nalezení transformace umožňující překrytí 3D objektů s následným využitím například v lékařství pro výpočetní tomografii. Výsledný překrytý objekt by pak lékařům dodával kontext a ulehčoval interpretaci nasnímaných dat. V této práci byla nicméně úloha pouze registrace dat z jednoho zdroje, registrace z více zdrojů je možným pokračováním projektu.

Pro úlohu rigidní registrace byl na Fakultě aplikovaných věd navržen algoritmus, který byl zpracovaný v rámci bakalářské práce Registrace volumetrických dat pořízených heterogenními technikami Vítová (2020). Součástí prezentace je představení všech původních modulů a jejich vylepšení včetně testů pro jednotlivé moduly.

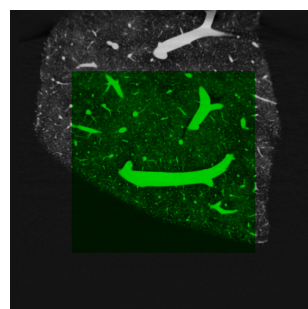
Pro ilustraci je níže ukázka správného výstupu registrace dvou objektů.



(a) Průřez prvními daty



(b) Průřez druhými daty



(c) Výsledek registrace

Obrázek 1: Průřezy jater v prvním a druhém objektu a registrovaná data

2 Výsledky

Výstupní transformace algoritmu T byla porovnána se správnou transformací pomocí metriky, kterou navrhli Hrudá et al. (2019). Test byl proveden pro 3 objekty, každý s pěti transformacemi. Algoritmus vzorkuje body, pro každý z nich vypočítá vektor hodnot reprezentující

¹ student bakalářského studijního programu Informatika a výpočetní technika, specializace Informatika, e-mail: jzetek24@students.zcu.cz

charakteristické vlastnosti, na základě kterých jsou nalezeny jednotlivé bodové korespondence. Test níže zahrnuje i variantu s výpočtem ideálních vlastností, tj. takové, které jsou unikátní pro bod a potažmo jeho okolí. Tato varianta ukazuje potenciální limity navržené metody a možnosti budoucího zlepšení.

Název dat	Původní	Ideální <i>Feature computer</i>	<i>Feature computer</i> křivosti
Játra 1	0,01178	0,00000	0,00641
Játra 2	0,01283	0,00146	0,01282
Játra 3	0,01384	0,00049	0,01644
Játra 4	0,01484	0,00091	0,00959
Játra 5	0,01076	0,00094	0,00475
Trup 1	0,17889	0,03570	0,11783
Trup 2	0,45660	0,04809	0,15223
Trup 3	0,19765	0,01736	0,18638
Trup 4	0,31606	0,01752	0,16175
Trup 5	0,27702	0,03642	0,14533
Elipsoid 1	0,92864	0,06215	0,70300
Elipsoid 2	0,60216	0,00178	0,06714
Elipsoid 3	0,64508	0,03538	0,09059
Elipsoid 4	0,79653	0,12218	0,70464
Elipsoid 5	1,00000	0,06505	0,80943

Tabulka 1: Tabulka vzdáleností výstupní transformace od správné transformace

Z výsledků lze usuzovat, že došlo ke zlepšení. Zároveň je patrné, že všechny ostatní moduly fungují korektně a při nalezení vhodné sady vlastností, které jsou pro bod unikátní a invariantní vůči rotaci a translaci, jsou výsledky relativně přesné.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Liboru Vášovi, Ph.D. za vedení a pomoc při zpracování této bakalářské práce. Chtěl bych také poděkovat Ing. Natálii Vítové, M.Sc. za poskytnutí původní verze programu a seznámení s projektem.

Literatura

- Hruda, L., Dvořák, J. a Váša, L. (2019) On evaluating consensus in RANSAC surface registration. *Computer Graphics Forum*, 38(5), pp. 175–186.
- Vítová, N. (2020) *Registrace volumetrických dat pořázených heterogenními technikami*. Bakalářská práce. Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni.