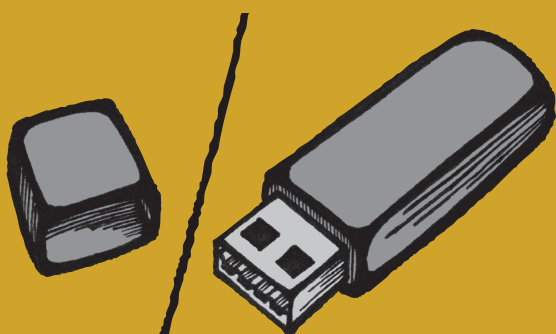


FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI

SBORNÍK

STUDENTSKÁ VĚDECKÁ KONFERENCE



BAKALÁŘSKÉ
STUDIJNÍ PROGRAMY

4.6.2026

Studentská vědecká konference FAV

Bakalářské studijní programy

Sborník rozšířených abstraktů

Organizátor konference

Fakulta aplikovaných věd
Západočeská univerzita v Plzni



**FACULTY OF APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF WEST BOHEMIA
IN PILSEN**

Organizační výbor

Pavel Novák
Petra Bláhová
Zuzana Majdišová
Tomáš Potužák
Jan Rendl
Jiří Rezek
Vladimír Švígler
Jaroslav Toninger
Lucie Zajícová

Partneři konference

ABB s.r.o.
ČEPS, a.s.
GK Software Czech Republic s.r.o.
Unicorn a.s.
ZF Engineering Plzeň s.r.o.

Název: SVK FAV 2026 – bakalářské studijní programy

Editor: Jan Rendl

Ilustrace: Jana Trávníčková

Vydavatel: Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 2732/8, 301 00 Plzeň

Datum vydání: Červen 2026

ISBN 978-80-261-1369-0

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou.

Partneři konference



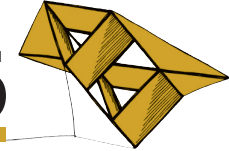
a Fujitsu company



Obsah

Braessův paradox <i>Bárta Jan</i>	1
Porovnání existujících modelů mikrosimulace dopravy <i>Hladký Michael</i>	3
Predikce tranzitu elektrické energie z otevřených datových zdrojů <i>Horešovský Martin</i>	5
Vibration of Multistable Mechanical Systems <i>Horáček Patrik</i>	7
Srovnání současných bezztrátových algoritmů komprese obrazu <i>Joska Jiří</i>	9
Hry o výběru lokace <i>Karez Tomáš</i>	11
Using AI to Reveal Meal Composition According to Its Description <i>Knížek Ondřej</i>	13
Intepretabilita velkých jazykových modelů pro klasifikaci termostability proteinů <i>Kolínek Michal</i>	15
A new approach to graph burning <i>Kopčíl Jakub</i>	17
Multimodální identifikace osoby v reálném čase pro robotické platformy <i>Kovářík Filip</i>	19
Experimental determination of the emissivity coefficient <i>Kussainov Jangir</i>	21
Aplikace pro průběžné monitorování a vyhodnocování srdeční aktivity <i>Marx Matyáš</i>	23
Automatizovaná tvorba personalizovaných muskuloskeletálních modelů z medicínských snímků <i>Mrnka Patrik</i>	25
Diagnostická sonda pro PCB <i>Schöpp Petr</i>	27
Řízení a monitorování IoT systému pomocí velkého jazykového modelu <i>Tencerová Natália</i>	29
Rigorous Evaluation of Large Language Models in University Mathematics <i>Tichota Kristian</i>	31

Automatická kontrola semestrálních prací z textových a tabulkových procesorů	
<i>Vaněček Adam</i>	33
Samoorganizovaná kritikalita modelu hromady písku na náhodných grafech	
<i>Vokoun Jakub</i>	35
Využití LLM k extrakci strukturované informace z textů lékařských zpráv	
<i>Wimmer David</i>	37



Braessův paradox

Jan Bárta¹

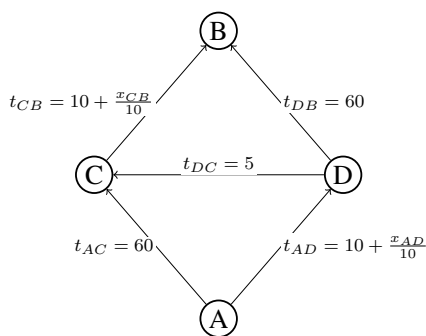
1 Úvod

Braessův paradox označuje situaci, kdy přidání nové komunikace do dopravní sítě prodlouží cestovní doby v rovnovážném chování řidičů. Dopravní síť je v práci modelována jako orientovaný graf se třemi trasami mezi vrcholy A a B : C -cestou ($A \rightarrow C \rightarrow B$), D -cestou ($A \rightarrow D \rightarrow B$) a po přidání silnice $D \rightarrow C$ také S -cestou ($A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B$). Individuální chování řidičů je popsáno pomocí Nashovy rovnováhy, zatímco dopad na všechny řidiče je hodnocen pomocí společenské ceny, což je součet průjezdových dob všech řidičů. Cílem práce je určit, kdy paradox nastává, jak silně se projeví a jak závisí na parametrech sítě.

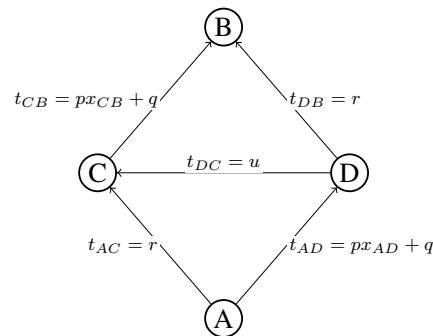
2 Základní případ

V základním modelu je uvažováno 400 řidičů. V síti na Obrázku 1a se doprava v Nashově rovnováze rozdělí rovnoměrně mezi C - a D -cestu, tedy $(c, d) = (200, 200)$, a doba průjezdu činí 90 minut. Po přidání nové silnice $D \rightarrow C$ však všichni řidiči přejdou na S -cestu a výsledná doba průjezdu vzroste na 105 minut. Přidání nové hrany tedy v tomto případě zhorší situaci o 15 minut na řidiče.

Rozdíl mezi Nashovou rovnováhou a společenským optimem je v tomto příkladu dobře viditelný. Pro síť se třemi trasami vychází společenské optimum jako rozdělení $(c, d, s) = (175, 175, 50)$, zatímco Nashova rovnováha odpovídá stavu $(c, d, s) = (0, 0, 400)$. Společenská cena optima je 35 875 minut, kdežto v Nashově rovnováze činí 42 000 minut.



(a) Základní dopravní síť



(b) Síť s obecnými lineárními průjezdovými funkcemi

Obrázek 1: Uvažované dopravní sítě: (a) základní konfigurace Braessova paradoxu, (b) síť s obecnými lineárními průjezdovými funkcemi

¹ student bakalářského studijního programu Matematika a finanční studia, e-mail: janbarta@students.zcu.cz

3 Lineární průjezdové funkce

Základní síť je dále zobecněna do podoby na Obrázku 1b. Klíčovou roli zde hraje koeficient sítě

$$k = \frac{r - u - q}{p}, \quad (1)$$

který určuje zlomové body v chování řidičů. Nashova rovnováha má tři režimy: pro $n \leq k$ všichni řidiči využívají jen S -cestu, pro $k < n < 2k$ nastává využití všech cest a pro $n \geq 2k$ se provoz přesune pouze na C - a D -cestu. Společenské optimum se mění dříve, první zlom nastává již při $n = k/2$ a přechod na čisté využití C - a D -cesty při $n > k$.

Citlivostní analýza dále ukazuje, že parametry p , q , r a u ovlivňují jak šířku paradoxní oblasti, tak velikost rozdílu mezi společenským optimem a Nashovou rovnováhou.

4 Nelineární průjezdové funkce

V další části práce je analyzován model s nelineárními průjezdovými funkcemi typu BPR na silnicích $C \rightarrow B$ a $A \rightarrow D$

$$t(x) = t_{ff} \left(1 + \alpha \left(\frac{x}{x_{pc}} \right)^\beta \right), \quad (2)$$

kde t_{ff} je čas průjezdu prázdnou silnicí, x_{pc} je částečná kapacita komunikace a α, β jsou modelové parametry. Zde se Braessův paradox stále vyskytuje, jeho výskyt závisí na dvou koeficientech sítě

$$r = x_{pc}^\beta \sqrt[\beta]{\frac{r - u - t_{ff}}{\alpha t_{ff}}}, \quad b = x_{pc}^\beta \sqrt[\beta]{\frac{r - u - t_{ff}}{\alpha(\beta + 1)t_{ff}}}, \quad (3)$$

r a $2r$ určují změny v Nashově rovnováze, b a $2b$ určují změny ve společenském optimu.

5 Maximální zhoršení průjezdových časů

Dále bylo zkoumáno nejhorší možné zvýšení průjezdových časů v Nashově rovnováze oproti společenskému optimu. V případě s BPR funkcemi je největší možné zhoršení společenské ceny v Nashově rovnováze maximálně $(\beta + 1)$ násobek společenské ceny společenského optima. Toto zhoršení platí i v lineárním případě, kde $\beta = 1$.

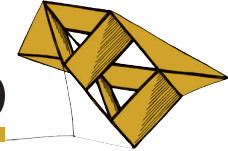
Literatura

Braess, Dietrich; Nagurney, Anna; Wakolbinger, Tina. On a Paradox of Traffic Planning. *Transportation Science*. 2005, vol. 39, no. 4, s. 446–450. ISSN 0041-1655, 1526-5447. DOI: 10.1287/trsc.1050.0127.

Easley, David; Kleinberg, Jon. *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. DOI: 10.1017/CBO9780511761942.

Eriksson, Kimmo; Eliasson, Jonas. The Chicken Braess Paradox. *Mathematics Magazine*. 2019, roč. 92, č. 3, s. 213–221. ISSN 0025-570X. DOI: 10.1080/0025570X.2019.1571375.

Public Roads, United States. Bureau of. *Traffic Assignment Manual for Application with a Large, High Speed Computer*. U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Office of Planning, Urban Planning Division, 1964. Č. sv. 37.



Porovnání existujících modelů mikrosimulace dopravy

Michael Hladký¹

1 Úvod

Tato práce srovnává modely pro pohyb vpřed a změnu pruhu v dopravní mikrosimulaci. Hlavním cílem je zhodnotit jejich charakteristiky a následně tyto výstupy porovnat s reálnými dopravními daty. Pro simulace a sběr dat bude vyvinuta Java aplikace, která umožní úpravu silniční sítě a paralelní běh simulací v grafickém i konzolovém režimu.

2 Aplikace

Vyvinutá aplikace umožňuje tvorbu a úpravu XML map, běh simulací (v grafickém i konzolovém rozhraní) a sběr statistik z simulace. Díky využití reflexe lze do programu dynamicky načítat a simulovat i vlastní uživatelské modely. Nástroj podporuje oba hlavní přístupy dopravní mikrosimulace: spojitě modely i celulární automaty (Tian et al., 2011). Celkem bylo implementováno 10 modelů pro pohyb vpřed (Zhang et al., 2024) a 6 modelů pro změnu pruhu (Rahman et al., 2013; Chowdhury et al., 1996), které pokrývají oba zmíněné přístupy.

3 Výsledky

Propustnost se liší dle konkrétních modelů i jejich základních typů (spojitě vs. celulární automaty). Nejvyšších hodnot dosahují spojitě modely s rychlým rozjezdem (FVDM, Hellyho model, OVM), zatímco spojitě modely s postupným rozjezdem (IDM, Gippsův model) mají propustnost nejnižší. Modely celulárních automatů se v propustnosti řadí přesně mezi tyto dvě skupiny spojitých modelů (viz Tab. 1).

Tabulka 1: Počet projetých aut za 1000 kroků.

Typ	Model	Průjezdnost
S	OVM	241
S	FVDM	242
S	Hellyho model	240
S	Gippsův model	155
S	IDM	170
C	Nagel-Schreckenbergův model	212
C	JUTS	187
C	KKW-lineární	184
C	KKW-kvadratický	182
C	Pravidlo 184	193

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

Porovnání vůči reálnému provozu proběhla na vybraných silničních úsecích v Plzni. Jak ukazuje Tab. 2 (data z ulice Ukrajinská u hlavního nádraží), spojité modely s postupným rozjezdem (IDM a Gippsův model) nejpřesněji replikují tvorbu kolon před světelným signalizačním zařízením, avšak s nižší přesností celkové propustnosti. Naopak modely s rychlým rozjezdem (FVDM, OVM, Hellyho model) lépe predikují propustnost na úkor přesnosti modelování kolon. Modely založené na celulárním automatu i v tomto případě představují střední cestu mezi těmito dvěma skupinami.

Tabulka 2: Porovnání reálného provozu s modely na Ukrajinské ulici.

Typ	Model	Průjezdnost	Prům. délka fronty
R	Naměřený provoz	203	5,25
S	OVM	191	4,58
S	FVDM	188	4,30
S	Hellyho model	189	4,73
S	Gippsův model	130	5,80
S	IDM	140	5,28
C	Nagel-Schreckenbergův model	172	4,86
C	JUTS	158	4,59
C	KKW-lineární	155	4,64
C	KKW-kvadratický	154	4,63
C	Pravidlo 184	174	4,97

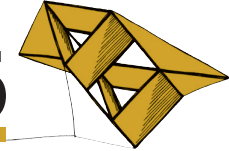
4 Shrnutí

Byla vytvořena aplikace umožňující provádění simulací dopravy nad různými modely. Aplikace umožňuje vytvářet/upravovat mapové soubory a hromadný sběr statistických dat o výsledcích simulace. Dále aplikace umožňuje uživateli implementaci vlastních modelů.

Vzájemné srovnání prokázalo, že z hlediska propustnosti komunikace dosahují nejnižších hodnot modely IDM a Gippsův model, zatímco nejvyšší propustnost vykazují modely FVDM, OVM a Hellyho model. Při porovnání s naměřenými daty z reálného silničního provozu dokázaly modely IDM a Gippsův model nejpřesněji predikovat délku kolon před semaforem. V přesnosti modelování celkové propustnosti naopak dominovaly modely FVDM, OVM a Hellyho model.

Literatura

- Tian, J.-F., Jia, B., and Li, X.-G., 2011. A New Car Following Model: Comprehensive Optimal Velocity Model. *Communications in Theoretical Physics*, 55, 1119-1126.
- T. T. Zhang, P. J. Jin, S. T. McQuade, A. Bayen and B. Piccoli. Car-Following Models: A Multidisciplinary Review. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 10, 92-116.
- Chowdhury, D., Wolf, D. E., and Schreckenberg, M., 1996. Particle hopping models for two-lane traffic with two kinds of vehicles: Effects of lane-changing rules. *Physica A*, 235, 417-439.
- Rahman M., Chowdhury M., 2013. Review of Microscopic Lane-Changing Models and Future Research Opportunities. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 14, 1942-1956.



Predikce tranzitu elektrické energie z otevřených datových zdrojů

Martin Horešovský¹

1 Úvod

Současná energetika prochází transformací k decentralizaci a zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie (OZE), což způsobuje volatilitu v přenosových soustavách, viz Boldiš (2013); Petrovich (2026). Česká republika čelí jako tranzitní uzel neplánovaným tranzitním tokům elektřiny. Tyto toky se šíří na základě Kirchhoffových fyzikálních zákonů nezávisle na sjednaných kontraktech, jak píše Helbich (2018).

Neplánované toky fyzicky zatěžují síť a zvyšují riziko poruch. Cílem práce bylo navrhnout a implementovat výpočetní systém pro predikci tranzitních toků přes hranice ČR s využitím metod strojového učení a otevřených dat. Predikce toků přispívá k bezpečnosti sítě a ekonomické efektivitě dispečerského řízení.

2 Metodika a data

Vstupní data pocházejí z platformy ENTSO-E Transparency a meteorologického API Open-Meteo. Cílovou proměnnou regresní úlohy je fyzikální tok na hraničních profilech ČR (s Rakouskem, Německem, Polskem a Slovenskem) a celková tranzitní bilance v časovém rozlišení 15 minut.

Vstupní příznaky byly rozděleny do osmi kategorií: zpožděné hodnoty, autoregresní hodnoty, meteorologická data, plánovaná lokální, sousední a zahraniční energetika, časové cyklické příznaky a speciální hodnoty. Testovány byly regresní modely Lineární regrese, Lasso, Ridge, ElasticNet, LinearSVR, SGDRRegressor a HistGradientBoostingRegressor. Přesnost predikce byla vyhodnocena metrikami MAE, MAPE, RMSE a R^2 .

3 Výsledky

Vyhodnocení modelů probíhalo nad 2^8 (256) kombinacemi příznakových sad. Tabulka 1 shrnuje nejvýkonnější modely pro jednotlivé hranice a celkovou bilanci na testovacích datech z roku 2025.

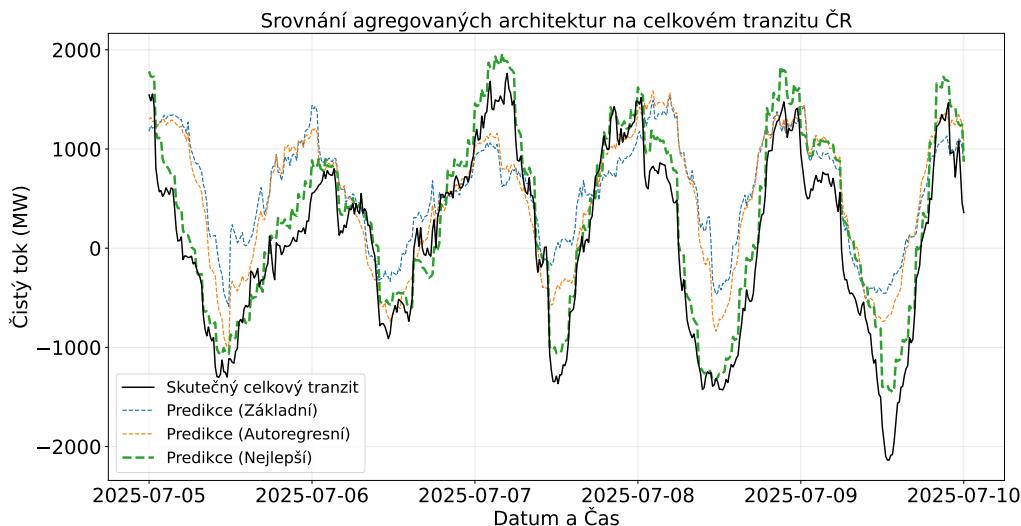
Agregovaný model pro celkový tranzit ČR dosáhl koeficientu determinace $R^2 = 0,9589$ a průměrné absolutní chyby 173,52 MW (viz Obr. 1).

Navržený systém byl nasazen v reálném provozu po dobu tří týdnů (duben - květen 2026). I přes pokles přesnosti vůči validačním datům (celkový tranzit dosáhl $R^2 = 0,7613$) model zachytil trend reálných toků. Analýza marginálního přínosu potvrdila, že statisticky nejvýznamnějším prediktorem jsou plánované obchodní výměny, zatímco meteorologická data primárně zvyšují robustnost modelů.

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

Profil	Nejlepší model	MAE [MW]	R^2 [-]
CZ → AT	ElasticNet	204,77	0,7854
CZ → DE_LU	SGDRegressor	312,29	0,8630
CZ → PL	LinearSVR	188,95	0,8617
CZ → SK	Lasso	207,54	0,8674
\sum CZ (Celkový)	Agregace modelů	173,52	0,9589

Tabulka 1: Parametry nejlepších modelů pro jednotlivé hraniční profily



Obrázek 1: Srovnání predikcí celkového tranzitu ČR

4 Závěr

Výsledky ukazují, že datově orientované modely představují alternativu k fyzikálním modelům přenosové soustavy. Bez znalosti topologie sítě dokážou algoritmy strojového učení aproximovat fyzikální chování soustavy na základě historických dat a plánů z denního trhu. Vyvinutý systém je automatizovaný a vykazuje potenciál pro uplatnění v reálném nasazení.

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce, panu Ing. Janu Švecovi, Ph.D. a konzultantovi, panu Ing. Petru Součkovi z organizace ČEPS za konzultace.

Literatura

- Boldiš, Z. (2013) Czech electricity grid challenged by German wind. *Europhysics News*, Volume 44, Issue 4, pp. 16–18.
- Helbich, J. (2018) *Dispečerské řízení*. ČEPS, a.s. Available from: https://home.zcu.cz/~nohac/E2/Dispecerske_rizeni_CEPS_ZCU-ProStudenty.pdf.
- Petrovich, B. (2026) *European Electricity Review 2026*. Ember. Available from: <https://ember-energy.org/app/uploads/2026/01/EMBER-Report-European-Electricity-Review-2026.pdf>.

Vibration of Multistable Mechanical Systems

Patrik Horáček¹

1 Introduction

This work focuses on the vibration of multistable mechanical systems and their applications in the field of energy harvesting, which in recent years gained attention from academia as well as industry, because of the demand for clean and autonomous energy sources (Li et al., 2023). The main aim of this work is to develop and analyse a mathematical model of a piezoelectric energy harvester utilising vortex-induced vibrations and multistability. This type of harvester may provide a broad operational bandwidth due to the frequency lock-in phenomenon and strongly nonlinear restoring force, enabling a wide range of applications (Hussain et al., 2024).

2 Description of Mathematical Models

Let us consider a cylinder coupled to a fixed frame using two elastic cantilever beams, and to one of the beams, the piezoelectric patch is bonded as shown in Figure 1. Only the first normal bending mode of the beam structure is considered, so it can be modelled as a linear harmonic oscillator with displacement x . The structure is immersed in a fluid flow. When the flow meets certain criteria, vortices are shed in the wake of the cylinder, creating alternating pressure fields, described by the generalised coordinate φ , that result in a periodic lift force acting on the cylinder. The reference model of a linearly coupled cylinder in a fluid flow was modified by adding nonlinear coupling, such as von Mises coupling, magnetic coupling, or mutual connection between two cylinders. These couplings were introduced to create bistability. In general, the models are described by the following system of differential equations

$$\begin{cases} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{K}\mathbf{q} = \mathbf{f}, \\ C_p \dot{V} + \frac{V}{R_p} + \lambda \dot{x} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

where the first equation describes the fluid-structure interaction using a vector of generalised coordinates $\mathbf{q} = [x \ \varphi]^T$. The second one describes the voltage V in the piezopatch. Both equations are coupled by the terms with the coefficient λ .

3 Results

The mathematical models were analysed with respect to usage in the field of energy harvesting. The influence of geometric parameters on equilibrium solutions and their stability was studied using bifurcation diagrams. The presented diagrams demonstrated the influence of parameters on the equilibrium solutions, including the existence of equilibrium solutions.

The dynamic behaviour of fluid-structure interaction was studied using modal analysis.

¹ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Mechanics, e-mail: horacekp@students.zcu.cz

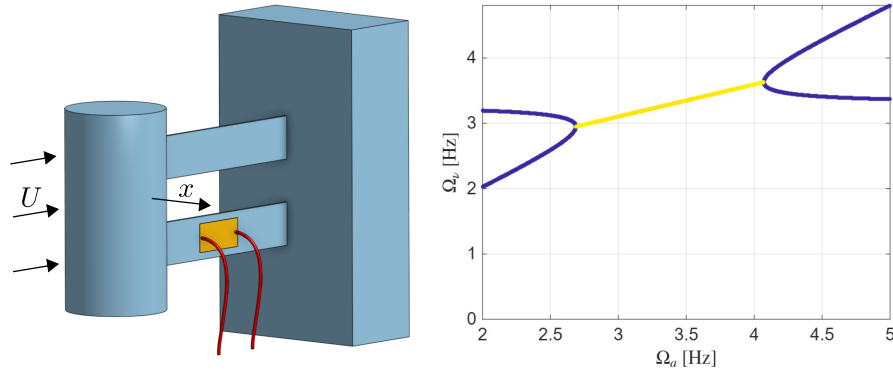


Figure 1: Geometric view of a cylinder coupled using cantilever beams in fluid-flow (left) and enhanced Campbell diagram visualising the frequency lock-in effect (right)

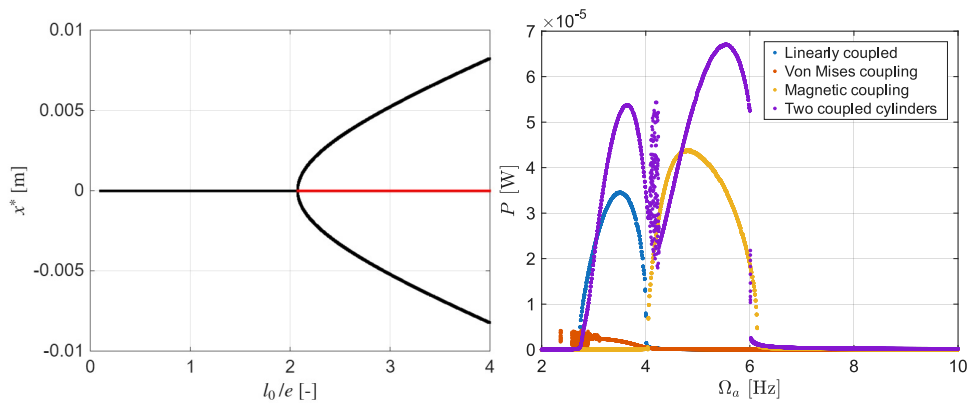


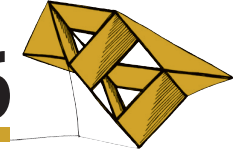
Figure 2: Bifurcation diagram of equilibrium solutions demonstrating multistability (left) and Power spectra comparison between the selected couplings (right)

The dependence on the vortex shedding frequency was visualised using enhanced Campbell diagrams, which revealed the synchronisation phenomenon known as frequency lock-in.

The influence of excitation frequency on dynamic phenomena was further studied using Poincaré sections. Bifurcation diagrams of local extremes of displacement under the influence of excitation frequency were compared across the models, and bifurcation diagrams of power output of rectified electric current under the influence of excitation frequency were compared across the models. The diagrams have a similar shape, and they are related. Therefore, both can be used for determining the potential for energy harvesting. The results demonstrated a positive effect of frequency lock-in and multistable couplings on both power output and the operational bandwidth. All proposed harvesters achieved sufficient power outputs.

References

- Hussain et al. (2024) Numerical analysis and experimental validation of nonlinear broadband monostable and bistable energy harvesters. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, Volume 131, pp. 107808. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2023.107808>.
- Li, Z. et al. (2023) Piezoelectric energy harvesting from extremely low-frequency vibrations via gravity induced self-excited resonance. *Renewable Energy*, Volume 204, pp. 546–555. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.12.107>.



Srovnání současných bezztrátových algoritmů komprese obrazu

Jiří Joska¹

1 Úvod

S rostoucím objemem digitálních dat a stále vyššími nároky na ukládání a přenos dat je komprese dat nezbytnou součástí moderních informačních systémů. Bezztrátová komprese obrazu je zvláště důležitá například v oblasti lékařského zobrazování, vědeckého zpracování dat a počítačové grafiky Sayood (2017).

Cílem této práce bylo prozkoumat a porovnat vybrané současné algoritmy bezztrátové komprese statického obrazu z hlediska kompresního poměru, rychlosti kódování a dekodování a využití systémových prostředků. Za tímto účelem byl v jazyce Python navržen a implementován benchmarkingový systém s grafickým uživatelským rozhraním.

2 Testované implementace

V této studii bylo hodnoceno několik implementací bezztrátové komprese obrazu v různých formátech. CharLS pro JPEG-LS; nástroje založené na PNG, konkrétně LibPNG, OptiPNG a OxiPNG; QOI; WebP Lossless; a knihovna Pillow zajišťující zpracování obrazu ve více formátech. Každá implementace byla testována ve třech konfiguračních režimech. FASTEST (upřednostňující rychlost kódování), BALANCED (vyvažující rychlost a kompresní poměr) a BEST (maximalizující kompresní poměr).

3 Metodika měření

Každá konfigurace byla měřena celkem sedmkrát. Jedno úvodní zahřívací spuštění následované šesti měřenými běhy. Nejpomalejší z šesti měřených běhů byl vyřazen a zbývající pět bylo zprůměrováno. Všechny vstupní obrazy byly zbaveny metadat (EXIF, XMP, ICC), aby rozdíl ve velikosti odrážely pouze efektivitu komprese. Testování se provádělo na třech testovacích sadách – Kodak Lossless True Color Image Suite (fotografie), syntetické obrazy se smíšeným obsahem a obrazy škálované podle rozlišení (1–12 MP).

4 Výsledky

4.1 Kompresní poměr

Pro fotografický obsah (datová sada Kodak) dosáhly obě implementace WebP Lossless nejlepšího kompresního poměru $CR = 2,57$, což odpovídá přibližně 60 % úspoře místa. Mezi řešeními založenými na PNG dosáhl nejlepšího výsledku OxiPNG ($CR = 1,97$), následovaný OptiPNG ($CR = 1,89$). Oba optimalizátory překonaly jednoduchodové kodéry, jako jsou libpng ($CR = 1,80$) a Pillow-PNG ($CR = 1,83$), avšak za cenu výrazně delší doby kódování.

CharLS (JPEG-LS) dosáhl kompresního poměru $CR = 1,88$ a to díky efektivnímu kon-

¹ student bakalářského studijního programu Softwarové inženýrství, e-mail: jjoska@students.zcu.cz

textovému modelování predikčních reziduí.

Na syntetické datové sadě se smíšeným obsahem se výsledky podstatně lišily. WebP Lossless dosáhl kompresního poměru přibližně 10,0 díky prediktivní transformaci a efektivní reprezentaci barev.

PNG optimalizátory dosáhly hodnot CR v rozsahu 5,5–5,7, zatímco CharLS dosáhl CR = 4,6, protože algoritmus LOCO-I není primárně optimalizován pro vysoce homogenní oblasti. Pillow-TIFF v režimu BALANCED (s kompresí LZW) nedosáhl prakticky žádné komprese (CR = 1,0), čímž se potvrdila omezená vhodnost LZW jak pro fotografická, tak pro data se smíšeným obsahem.

4.2 Rychlost komprese a dekomprese

Referenční implementace QOI dosáhla nejvyšší rychlosti komprese ve všech testech (265–425 MB/s), a to především díky svému jednoduššímu návrhu s časovou složitostí $O(n)$, bez slovníkových vyhledávání. Naproti tomu PNG optimalizátory vykazovaly nejnižší výkon. OptiPNG dosáhl 0,1–0,2 MB/s a OxiPNG 0,4–0,6 MB/s.

Dekomprese byla u většiny algoritmů výrazně rychlejší než komprese. Výjimkou byl CharLS, u něž byly rychlosti komprese a dekomprese téměř symetrické (přibližně 6–13 MB/s), což odráží podobnou výpočetní náročnost kódování i dekódování v algoritmu LOCO-I. Implementace založené na PNG sdílejí stejný dekompresní stroj Inflate, a proto dosahovaly srovnatelných rychlostí dekomprese v rozsahu 23–58 MB/s.

5 Závěr

Výsledky ukazují, že žádný algoritmus není univerzálně optimální. Volba závisí na zamýšlené aplikaci a prioritách výkonu.

WebP Lossless poskytuje nejlepší kompresní poměry (CR \approx 2,6 pro fotografie a až 10,0 pro syntetický obsah).

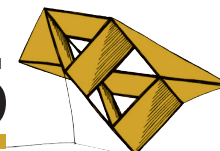
QOI dosahuje nejvyšší propustnosti (265–425 MB/s), avšak s nižší kompresní účinností. **Pillow-PNG** a **libpng** nabízejí vyvážený kompromis pro fotografická data (CR = 1,80–1,83, 8–12 MB/s).

CharLS (JPEG-LS) dosahuje kompresních poměrů srovnatelných s PNG kodéry při zachování symetrického výkonu kódování i dekódování, to jej činí vhodným pro aplikace vyžadující vyrovnané nároky na zpracování.

Vyvinutý benchmarkingový nástroj je volně dostupný a zahrnuje architekturu založenou na plugin modulech, grafické uživatelské rozhraní, vizualizační moduly a podporu exportu do formátů JSON/CSV a PDF/SVG.

Literatura

Sayood, K. (2017) *Introduction to Data Compression*. 5. vyd. San Francisco: Morgan Kaufmann.



Hry o výběru lokace

Tomáš Karez¹

1 Úvod

Problematika rozhodování v konkurenčním prostředí patří mezi základní témata teorie her. Klasické modely konkurence popisují chování obchodníků primárně prostřednictvím výše ceny, za kterou je prodáváno zboží. Tyto modely však typicky předpokládají, že zákazníci vždy volí nejvýhodnější nabídku pouze ve smyslu ceny. Zásadní změnu přinesl model, který formuloval Hotelling (1929) v článku *Stability in Competition*. Jeho základní myšlenka spočívá v tom, že konkurence neprobíhá pouze v rámci volby cen, ale také volby pozice na trhu. Cílem této práce tedy bylo prozkoumat hry inspirované Hotellingovým modelem v několika různých variantách a určit jejich rovnovážné stavy.

2 Struktura práce

Výchozím bodem práce byl klasický model se spojitou množinou možných pozic na trhu, jehož analýza sloužila především k pochopení základních principů a formulaci problému. Zásadní bylo prozkoumání podhry původního modelu, u které jsme zanedbali cenovou konkurenci a zaměřili se pouze na poziční složku hry. Z této podhry jsme pak vycházeli dále v práci a pokoušeli jsme se zjistit, zda se podobné výsledky jako u poziční hry objevují i u složitějších modelů. Dále následovala analýza prostorově diskrétních modelů, ve kterých jsou možné strategie hráčů omezeny na konečný počet bodů. U těchto modelů bylo třeba zjistit, zda změna struktury strategií povede k odlišnému chování hráčů.

V další části práce byla pozměněna struktura samotného trhu. Trh jsme zde chápali jako graf, kde vrcholy představují jednak možné pozice pro obchodníky, ale také se v nich soustřeďují samotní zákazníci. Zaměřili jsme se na několik vybraných tříd grafů, konkrétně cestu, strom, kružnici a pozornost jsme věnovali také obecným grafům.

3 Výsledky

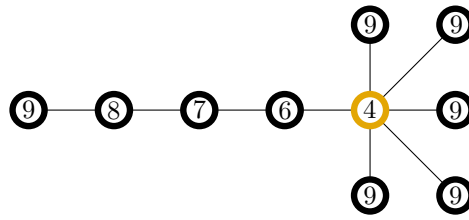
Hlavním poznatkem práce je, že bez ohledu na konkrétní strukturu uvažovaného prostoru mají hráči v těchto modelech tendenci umisťovat své strategie do středu trhu. Tento jev se objevuje napříč různými modely, přičemž rozdíl spočívá především v tom, jak je tento střed definován.

V jednodušších případech střed odpovídá geometrickému středu množiny pozic. U modelů na stromech už ale vyvstává otázka, co je vlastně „střed“ trhu s takovou strukturou. Jako metriku pro hledání středu stromu jsme využili tzv. *branch weight* vrcholu. Ta je definována jako počet hran v největším podgrafu, který obsahuje daný vrchol jako list. Námi hledaný střed bude vrchol grafu s nejmenší *branch weight*, který se nazývá *centroid* grafu.

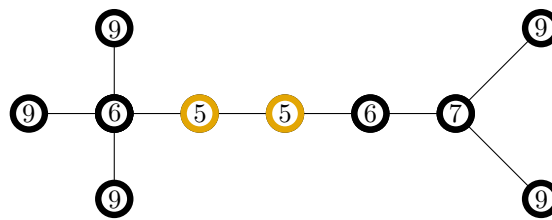
Na obrázcích 1 a 2 jsou znázorněny dva jednoduché příklady ilustrující koncept cent-

¹ student bakalářského studijního programu Matematika a finanční studia, email: karez@students.zcu.cz

roidu stromu. Hodnoty vepsané ve vrcholech odpovídají branch weight jednotlivých vrcholů, zatímco zvýrazněné vrcholy představují centroidy. Na obrázku 1 vidíme případ stromu s jediným centroidem, naproti tomu na obrázku 2 nastává situace, kdy minimální hodnoty dosahují dva sousední vrcholy, a strom proto obsahuje centroidy dva.



Obrázek 1: Strom s vyznačeným jedním centroidem



Obrázek 2: Strom s vyznačenými dvěma centroidy

Je ukázáno, že platí následující věta o rovnovážných stavech her na stromech.

Věta 1 *Nechť T je strom o n vrcholech. Uvažujme hru dvou hráčů, v níž si hráči současně volí vrcholy $a, b \in V$. Nechť $C(T) \subseteq V$ je množina centroidů stromu T . Potom platí*

- *Je-li $C(T) = \{c\}$ jednoprvková množina, pak hra má právě jednu čistou Nashovu rovnováhu (c, c) .*
- *Je-li $C(T) = \{c_1, c_2\}$ dvouprvková množina (nutně $c_1, c_2 \in E$), pak množina čistých Nashových rovnováh je právě*

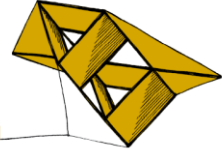
$$\{(c_1, c_1), (c_1, c_2), (c_2, c_1), (c_2, c_2)\}.$$

Množina smíšených Nashových rovnováh je pak množinou všech kombinací smíšených strategií (σ_A, σ_B) s nosičem $\{c_1, c_2\}$.

Při přechodu k obecným grafům se však situace výrazně zkomplikovala. Na rozdíl od stromů již nelze rovnovážné stavy charakterizovat pomocí jediného centrálního vrcholu. V práci proto uvádíme výsledky ke kterým dospěl autor Gur et al. (2018), které ukazují, že při hledání Nashových rovnováh mohou hrát důležitou roli složitější centrální struktury grafu. Tyto výsledky naznačují, že vhodná identifikace takových struktur může výrazně zúžit množinu kandidátů na rovnovážné pozice hráčů a usnadnit následnou analýzu hry.

Literatura

- Hotelling, H., 1929. Stability in Competition. *The Economic Journal*, 39(153), pp.41–57.
- Gur, Y., Saban, D., and Stier-Moses, N.E., 2018. Technical Note—The Competitive Facility Location Problem in a Duopoly: Advances Beyond Trees. *Operations Research*, 66(4), pp.1058–1067.



Using AI to Reveal Meal Composition According to Its Description

Ondřej Knížek¹

1 Introduction and Problem Statement

Up-to-date research indicates that Type 1 diabetes cannot be reliably simulated if only carbohydrates are considered. According to Koutny and Ubl (2025), we can significantly enhance the accuracy of glucose simulations in response to meals, medication, and physical activity by accounting for complete meal composition. In other words, not only carbohydrates and insulin, but also proteins, fats and fibre should be considered while simulating the metabolism. With rising awareness of this inaccuracy in today's in-silico models, there is a growing tendency toward using Large Language Models (LLMs) instead of analytical calculations.

A major issue is the lack of quantification of individual components of meals suitable for people with diabetes. To overcome this, we are developing software that aims to automatically quantify individual meal components – proteins, fats, carbohydrates, and fibre.

Once fully developed, the program will be able to reveal the composition of a meal based solely on its description. Furthermore, it will even predict what food a person might have eaten based on carbohydrate intake, heart rate and the time of day. For example, it is more likely that a food containing 20 grams of carbohydrates that was eaten at 9:00 PM while the heart rate was 80 BPM is a glass of wine rather than a protein bar – the bar would probably be eaten sometime in the afternoon after workout, so the heart rate would be higher.

2 Methodology and Findings

The software processes an initial dataset comprised of various food descriptions. It extracts unique items and merges similar ones, which reduces typos and standardizes slightly different descriptions of the same food (e.g., orange juice = glass of orange juice). Next, the software assigns attributes such as “meal” or “drink”, which is crucial for accurately determining food composition. Following this preprocessing, an LLM starts generating the content of individual nutrition values. Currently, we are evaluating several LLMs to identify the most accurate one that provides a food composition most similar to the one provided by a human diabetes specialist.

3 Conclusion

To conclude, a specific diet is essential for individuals with diabetes to maintain their health. To better understand their specific dietary needs, our software automates the process of revealing the nutritional values of meals from simple text. Additionally, to raise not only public awareness but also that of medical professionals of how specific foods are digested in the human body, a metabolic simulator has been made available at www.diabetes.zcu.cz.

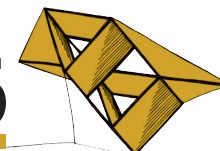
¹ student of the bachelor degree program Cybernetics and Control Engineering, specialization Artificial Intelligence and Automation, e-mail: knizeko@students.zcu.cz

Acknowledgement

The author would like to thank Tomáš Koutný for his valuable guidance, support, and constructive feedback during the development of this work.

References

- Koutny, T. and Ubl, M. (2025) Online Simulation of a Diabetic-Patient Metabolism and a Realistic Meal Composition. *Proceedings, 2025 IEEE 38th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)*. Madrid, IEEE Xplore Conference Publishing, pp. 329-334. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/11058844> [Accessed 28th May 2026].
- SmartCGMS Platform (2026) *Portal diabetes.zcu.cz*. Available from: <https://diabetes.zcu.cz/> [Accessed 28th May 2026].



Intepretabilita velkých jazykových modelů pro klasifikaci termostability proteinů

Michal Kolínek¹

1 Úvod

Tato práce řeší interpretabilitu velkých jazykových modelů v bioinformatice, konkrétně modelu pro klasifikaci termostability proteinů založeného na ESM-2. Ačkoliv ESM modely vykazují vysokou přesnost, fungují jako „black box“. Pro proteinové inženýrství je přitom klíčové identifikovat aminokyselinová rezidua odpovědná za predikci. Cílem práce je vývoj metody sémantické interpretability výstupů Integrated Gradients (IG) popsané v práci Sundararajan et al. (2017), neboli atribučních vektorů. Tyto vektory se běžně redukují sumou absolutních hodnot, viz Sanyal and Ren (2021), což vede ke ztrátě nelineárních vztahů v embeddingu. Práce navrhuje nahradit statické agregace učeným sekundárním prediktorem, který ve vektorech rozpozná komplexní vzory a mapuje je na vliv reziduí.

2 Mutační algoritmus a příprava dat

Propojením databází TEMPURA, UniRef50 a Pfam vznikl dataset proteinových rodin s jejich optimální teplotou Sato et al. (2020); Suzek et al. (2015); Finn et al. (2010). Kvůli absenci anotovaných dat byl implementován dvoufázový naivní mutační algoritmus využívající ESM-2 klasifikátor jako ohodnocovací funkci. Fáze *Bulk* generuje náhodné mutace pro zvýšení pravděpodobnosti hypertermofilní třídy ($P_{hyper} > 85\%$). Fáze *Cut* odstraňuje nadbytečné mutace zpětnou záměnou, dokud $P_{hyper} \geq 75\%$. Vzniklo 9 000 syntetických párů domén s průměrně 7% mutací. Rozdílová rezidua u mutantů byla označena 1, u originálů 0 (shodná vynechána). Vyvážený dataset (244 488 vzorků) byl rozdělen v poměru 6 : 2 : 2 na trénovací, validační a testovací část.

3 Architektury prediktoru

Prediktor mapuje výstupy IG na interval $\langle 0, 1 \rangle$ vyjadřující sémantický vliv rezidua. Testované architektury: 1) *Jeden neuron*: lineární vážený součet, selhává u nelineárních vztahů a extrémních délek sekvencí. 2) *Jeden neuron s příznakem délky*: přidává vlastnost reprezentující délku sekvence (*length feature*) pro korekci dlouhých řetězců. 3) *Modely se skrytými vrstvami* (1 až 3 vrstvy, 16 až 64 neuronů): zachycují nelineární vztahy a aminokyselinová specifika v embeddingu. 4) *Prediktor se vstupem pro všechny třídy*: rozměr 5120 spojuje atribuční vektory čtyř teplotních tříd, čímž lépe interpretuje nízké výchozí P_{hyper} . Modely byly trénovány optimalizátorem Adam s BCEWithLogitsLoss a *early stoppingem*.

¹ student bakalářského studijního programu Aplikované vědy, obor kybernetika, e-mail: kolínek@students.zcu.cz

4 Výsledky

Statické agregace (suma, suma absolutních hodnot, L_2 norma) byly na binární klasifikaci převedeny pomocí rozhodovacího prahu (mediánu) a aplikací sigmoid funkce. Úspěšnost (accuracy) na testovacích datech uvádí tabulka 1.

Architektura / Metoda predikce	Accuracy (%)
Suma	65,3
Suma absolutních hodnot (Baseline)	71,6
L_2 norma	69,8
Jeden neuron	91,6
Jeden neuron s příznakem délky sekvence	92,2
Jedna skrytá vrstva (16 neuronů)	94,0
Dvě skryté vrstvy (64 a 16 neuronů)	94,9
Tři skryté vrstvy (64, 32 a 16 neuronů)	94,7
Jedna skrytá vrstva (16 neuronů) s příznakem délky	94,0
Prediktor se vstupem pro všechny třídy	95,7

Tabulka 1: Porovnání metod sémantické interpretace podle celkové přesnosti

Výsledky potvrzují převahu učených modelů. Baseline (suma absolutních hodnot) dosahuje přesnosti 71,6 %, zatímco samotný jeden neuron 91,6 %. Skryté vrstvy odstranily nekonzistence u různých aminokyselin. Maximální přesnosti 95,7 % dosáhla architektura pro všechny třídy. Jako optimální inženýrské řešení však vychází model se dvěma skrytými vrstvami (94,9 %), který nevyžaduje náročný čtyřnásobný výpočet IG.

Literatura

- Finn, R. D., Mistry, J., Tate, J., Coghill, P., Heger, A. et al., 2010. The Pfam protein families database. *Nucleic Acids Research*, Volume 38, Database issue, pp. D211–D222. Dataset dostupný z: https://ftp.ebi.ac.uk/pub/databases/Pfam/current_release/.
- Sanyal, S. and Ren, X., 2021. *Discretized Integrated Gradients for Explaining Language Models*. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/2108.13654>.
- Sato, Y., Okano, K., Kimura, H. and Honda, K., 2020. TEMPURA: Database of Growth Temperatures of Usual and RARE Prokaryotes. *Microbes and Environments*, Volume 35, pp. ME20074. Dataset dostupný z: <https://togodb.org/db/tempura>.
- Sundararajan, M., Taly, A. and Yan, Q., 2017. *Axiomatic Attribution for Deep Networks*. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/1703.01365>.
- Suzek, B. E., Wang, Y., Huang, H., McGarvey, P. B., Wu, C. H. and the UniProt Consortium, 2015. UniRef clusters: a comprehensive and scalable alternative for improving sequence similarity searches. *Bioinformatics*, Volume 31, Number 6, pp. 926–932. Dataset dostupný z: https://ftp.uniprot.org/pub/databases/uniprot/current_release/uniref/uniref50/.

New Approach to Graph Burning

Jakub Kopčil¹

1 Introduction

Graph burning is a discrete-time process on a simple graph Bonato et al. (2016). It concerns one player who selects a new vertex at every turn which is marked as burning. Afterwards, all vertices adjacent to a burning vertex become burning as well. The goal of the player is to minimize the number of turns needed to burn the graph, that is for every vertex in the graph to be marked as burning. This process is known to be NP-hard in general Hiller et al. (2021). A well-known conjecture states that every connected graph on k^2 vertices can be burned in k turns Bonato et al. (2016). Firstly, it suffices to show this holds for all trees, as the addition of edges can only decrease the burning number. There are many existing results on this topic, such as the conjecture holding asymptotically Norin and Turcotte (2024), the conjecture holding for all 2-caterpillars Hiller et al. (2021) (graphs where there exists a path such that all nodes' distance from this path is at most 2), and that the conjecture holds for all X -caterpillars on at least X^4 nodes Bastide et al. (2023). We improve these results by showing the conjecture holds for all 3-caterpillars and introducing a framework with which one can improve the other result from X^4 to X^3 .

2 The Framework

In this framework, we first reformulate the problem as a covering of the graph by spheres of increasing radii. We then approach the problem as a game, or even a grammar of sorts, where we define a state and 3 basic moves (or rules) which are not all deterministic. The goal of the player is to combine these rules to transform the state into a trivial one with certainty (regardless of the result of each move). We then derive three combined moves, with which we finally prove our main result. We also sketch a second result, which was not included in our thesis due to insufficient time for proper formalization.

To be more exact, we first present a lemma with which we just need to find the order of the radii to use, we need not find the node on which to place the given ball.

Then we define a state as a triplet of:

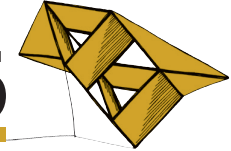
- A specific set representation of the graph (a tree) we are attempting to burn.
- A set of all radii we have not yet used to burn the tree.
- A set of usability statements which tell us how many nodes each radius would burn if we were to use it now.

¹ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Mathematics, e-mail: gavlna@students.zcu.cz

Two out of the 3 basic moves we have then allow us to create and improve usability statements, hopefully getting us a statement that some radius r can cover $2r - 1$ nodes. When this is achieved, the last basic move allows us to use this radius and get rid of the given number of nodes. We then repeat this until we have no more radii left, hopefully getting rid of all nodes as well.

References

- Bonato, A., Janssen, J., and Roshanbin, E., 2016. How to burn a graph. *Internet Mathematics*, 12(1-2), pp. 85–100.
- Hiller, M., Koster, A.M.C.A., and Triesch, E., 2021. On the burning number of p -caterpillars. *Graphs and combinatorial optimization: from theory to applications—CTW2020 proceedings*, 5, pp. 145–156. Springer, Cham.
- Norin, S. and Turcotte, J., 2024. The burning number conjecture holds asymptotically. *Journal of Combinatorial Theory, Series B*, 168, pp. 208–235.
- Bastide, P., Bonamy, M., Bonato, A., Charbit, P., Kamali, S., Pierron, T., and Rabie, M., 2023. Improved pyrotechnics: closer to the burning number conjecture. *Electronic Journal of Combinatorics*, 30(4), Paper No. 4.2, 12.



Multimodální identifikace osoby v reálném čase pro robotické platformy

Filip Kovářik¹

1 Úvod a architektura systému

Spolehlivá interakce mezi člověkem a servisním robotem vyžaduje robustní identifikaci uživatelů. Tradiční unimodální systémy (využívající pouze obraz nebo pouze hlas) v reálném provozu často selhávají kvůli nepříznivému osvětlení či okolnímu hluku. Tato práce představuje multimodální biometrický systém, který asynchronně fúzuje data z kamery a mikrofonu s minimální výpočetní latencí, což je kritické pro nasazení na hardwarově omezených robotických platformách.

Navržená architektura se skládá ze tří nezávislých pilířů. Vizuální modul zpracovává snímky z webové kamery pomocí detektoru MediaPipe a knihovny *face_recognition* pro rychlou extrakci obličejových rysů (embeddingů). Akustický modul běží asynchronně a zachycuje zvuková okna, ze kterých je pro generování vektorové reprezentace mluvčího využit otevřený model od Resemble AI (2019). Správa identit probíhá nad optimalizovaným vektorovým indexem FAISS. Při příchodu nových dat systém bleskově vypočítá kosinovou podobnost a vrátí normalizovanou skóre s_f pro tvář a s_v pro hlas.

2 Asynchronní pozdní fúze a stavové řízení

Klíčovým přínosem práce je implementace asynchronní pozdní fúze na úrovni rozhodovacích skóre dle studie Alharbi et al. (2023), která překonává limity rané fúze (tzv. *early fusion*) při výpadech senzorů. Fúzní mechanismus je řízen stavovým automatem reagujícím na aktuální dostupnost modalit:

1. *Dostupnost obou modalit*: Pokud uživatel mluví a je detekována jeho tvář, vypočítá se průměrné skóre pro každou identitu i podle vztahu:

$$S_{final}(i) = \frac{s_f(i) + s_v(i)}{2}. \quad (1)$$

V této fázi probíhá kontrola proti podvrhu (tzv. *anti-spoofing*). Pokud se nejlepší identita pro tvář a hlas neshodují ($\arg \max s_f \neq \arg \max s_v$) a obě skóre přesahují hodnotu 0.6, systém vyhlásí konflikt (NESHODA).

2. *Dostupnost jedné modality*: Pokud uživatel mlčí, systém hodnotí pouze vizuální skóre s_f (stav OSOBA MLČÍ). Pokud odejde ze záběru, ale stále mluví, identifikace plynule přejde na akustické skóre s_v (stav MIMO OBRAZ).

¹ student bakalářského studijního programu Kybernetika a řídicí technika, specializace Umělá inteligence a automatizace, Katedra kybernetiky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: fkovarik@students.zcu.cz

Pro definitivní potvrzení identity musí vítězné skóre vždy překročit globální práh spolehlivosti 0.65. Rozhodovací logika je shrnuta v Tab. 1.

Provozní stav	Vstupní data	Rozhodovací kritérium
Plná fúze	Obraz i hlas	Výpočet fúzovaného skóre S_{final}
Osoba MLČÍ	Pouze obraz	Evaluační na základě vizuálního skóre s_f
MIMO OBRAZ	Pouze hlas	Evaluační na základě akustického skóre s_v
NESHODA	Rozpor identit	Vyhlášení konfliktu (anti-spoofing)

Tabulka 1: Logika stavového řízení v reálném čase

3 Experimentální vyhodnocení a závěr

Kvantitativní ověření proběhlo na syntetizovaném datasetu čítajícím až 540 identit. Experimenty jasně potvrdily, že asynchronní pozdní fúze vykazuje výrazně vyšší stabilitu než fúze raná, a to zejména při asymetrii dat či akustickém zašumění. Přesný vliv rozsahu databáze na úspěšnost klasifikace u jednotlivých samostatných modalit je dokumentován v Tab. 2.

Metoda / Počet identit	10	100	540 (MAX)
<i>face_recognition</i> (Vizuální)	99,1 %	95,2 %	93,0 %
Resemblyzer (Akustická)	100,0 %	96,4 %	92,2 %
Raná fúze (Multimodální)	96,4 %	81,3 %	77,8 %

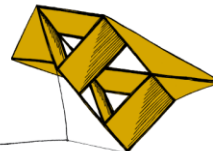
Tabulka 2: Srovnání úspěšnosti identifikace (metrika Recall@1) unimodálních modulů a rané fúze při rostoucí velikosti databáze

Pro funkční ověření konceptu v reálném čase byl vytvořen demonstrační skript v jazyce Python využívající vícevláknové zpracování. Testování ukázalo velmi nízkou latenci samotné vizuální větve (0.05–0.06 s). Výpočet akustických embeddingů pomocí modelu Resemblyzer sice vykazuje řádově vyšší výpočetní náročnost, což je však v navržené architektuře úspěšně kompenzováno právě asynchronním oddělením obou zpracovatelských vláken. Skript úspěšně demonstroval schopnost systému správně přepínat mezi definovanými provozními stavy a bezpečně reagovat na změny v prostředí, včetně spolehlivé detekce audiovizuálních konfliktů. Navržené řešení představuje funkční metodický základ pro multimodální interakci, přičemž budoucí vývoj se zaměří na další hardwarovou optimalizaci akustické větve a integraci celého řešení na mobilní robotickou platformu.

Literatura

Alharbi, B., Almakky, A., a Alwan, A. (2023) Face-voice based multimodal biometric authentication. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Volume 35, Issue 8, doi: 10.1016/j.jksuci.2023.10403184.

Resemble AI (2019) *Resemblyzer: A python library for speaker verification using deep learning*. Dostupné z: <https://github.com/resemble-ai/Resemblyzer>



Experimental determination of the emissivity coefficient

Jangir Kussainov¹

1 Introduction

Emissivity is an important photo-thermal parameter of a material. It is essential for accurate, non-contact temperature measurements using thermal imagers, for accurate heat transfer calculations in engineering, for the scientific study of new materials, and much more. Emissivity depends on the temperature of the material, so its measurement must be conducted at different temperatures. The aim of this research is to measure the emissivity of a material in the mid-infrared spectrum.

2 Emissivity coefficient

Emissivity (ϵ) is a characteristic of a body related to the transfer of energy by radiation. This parameter directly affects the amount of radiation emitted across all light spectra and varies for each material. Consequently, infrared radiation is directly dependent on the body's emissivity. Non-contact temperature sensors cannot accurately measure body temperature without considering the body's emissivity. To accurately measure temperature with a non-contact heat sensors, it is critical to know the emissivity coefficient of the material.

Many factors influence the body's emissivity. The main factors are the body's material (metal, semiconductor, dielectric, etc.) and the body's surface (geometry, finishing, homogeneity, etc.). Also, body temperature, polarization, wavelength, and radiation angle also play a role. In the case of a heterogeneous material or a body of complex shape, different emissivity is possible at each point of the body. Depending on the thermal equilibrium, emissivity can be uniform or pulsed.

Emissivity is a coefficient (dimensionless quantity). To set the emissivity coefficient, a perfect black body is used. It has the maximum possible radiation (emissivity), which is taken as 1. Therefore, emissivity can be defined as the ratio of the radiation flux of a body to the radiation flux of a perfect black body. Other materials have a coefficient from 0 to 1.

3 Measurements

In this work, emissivity coefficient was measured at room (20 °C) and high temperatures (300 °C). Pure tungsten was used as the measurement sample, shown in Fig.1. The SNHRRT method was used to measure emissivity at room temperature, and the SNEHT method was used for high-temperature measurements. All measurements were performed to analyze infrared radiation for the MIR spectrum range (2,5-20 μm). For both methods, calibration was performed against a standard. To exclude sample anisotropy, 5 measurements were taken at different angles (0 °, 45 °, 90 °, 135 °, 180 °), and the average value was taken for the results.

SNHRRT (Spectral Normal Hemispherical Reflectance at Room Temperature) is a method for measuring the emissivity and reflectivity of a body at room temperatures. The method is a direct method for measuring the reflectivity of a body; for measuring emissivity or

¹ student of the bachelor degree program Applied Physics and Physical Engineering, field of study Physics, e-mail: jangir@fst.zcu.cz

absorptivity, it is an indirect method. It is a radiometric method. The setup for conducting SNHRRT consists of a spectrophotometer, an integrating sphere, and a calibrated reflectance standard. The method allows working with transparent and opaque materials or coatings.

SNEHT (Spectral Normal Emittance at High Temperature) is a direct method for measuring the emissivity of a body at high temperatures (250-1000°C). The setup consists of a Fourier transform infrared (FTIR) spectrometer, a laboratory blackbody, a laser system for heating samples, and a system for contact and non-contact measurement of the sample surface temperature. This method is classified as radiometric because it involves comparing the body's emissivity with the standard emissivity of perfect black body.



Figure 1: Pure tungsten sample

4 Results

The measurement results are shown in Fig. 2.

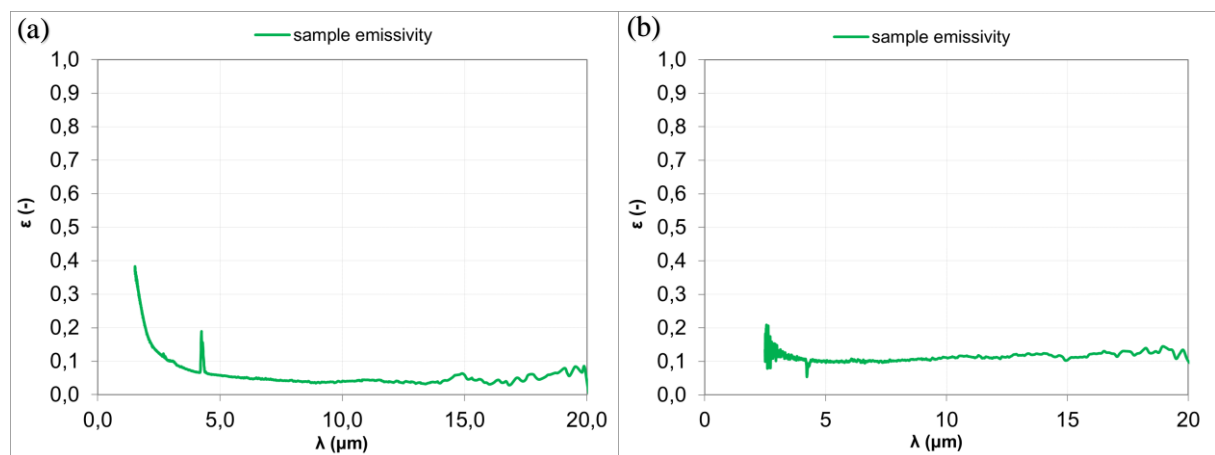


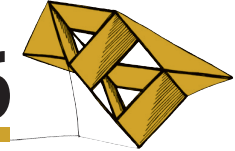
Figure 2: Dependence of emissivity on wavelength (a) at room and (b) high temperatures

Acknowledgement

I would like to express my sincere gratitude to my supervisor, Ing. Zdeněk Veselý, Ph.D.

References

- Litoš, Pavel. *Měření emisivity a teplotních polí ve fyzikálních technologiích*. Dissertation. Pilsen: University of West Bohemia in Pilsen, The Faculty of Applied Sciences. 2006.
- Tesař, Jiří. *Termografie v plazmových a laserových technologiích*. Dissertation. Pilsen: University of West Bohemia in Pilsen, The Faculty of Applied Sciences. 2014.



Aplikace pro průběžné monitorování a vyhodnocování srdeční aktivity

Matyáš Marx¹

1 Úvod

Tato práce popisuje návrh a realizaci cenově dostupného systému pro dlouhodobé sledování srdeční aktivity. Srdeční arytmie představují závažná zdravotní rizika, avšak běžná klinická zařízení (např. Holterovy monitory) jsou pro každodenní nošení nepohodlná a neposkytují pacientům okamžitou zpětnou vazbu. Navržené řešení propojuje mobilní aplikaci pro sběr dat ze senzoru, server pro jejich bezpečné uložení a analýzu a webové rozhraní pro vizualizaci výsledků.

2 Návrh systému a zpracování signálu

Pro spolehlivou detekci anomálií v signálu EKG snímaném hrudním pásem je zásadní splnění Nyquist-Shannonova vzorkovacího teorému:

$$f_s > 2f_{\max} \quad (1)$$

Většina diagnosticky významných složek signálu se nachází ve frekvenčním pásmu do 50 Hz (Sörnmo a Laguna, 2005), což udává teoretické minimum pro vzorkovací frekvenci 100 Hz. Zvolený senzor Polar H10 vzorkuje frekvencí 130 Hz.

Celé řešení se skládá ze tří částí. Mobilní aplikace zajišťuje sběr dat ze senzoru, lokální ukládání a jejich následnou synchronizaci se serverem. Server slouží jako úložiště a v případě připojení mobilní aplikace k internetu na něm probíhá samotná analýza signálu EKG. Webové rozhraní pak uživateli nabízí podrobnější statistické přehledy a umožňuje prohlížení EKG křivek u jednotlivých epizod. Uživatelské rozhraní vyvinuté platformy (webová i mobilní část) je znázorněno na obrázku 1.

3 Detekce arytmiických epizod

Vyhodnocení signálu probíhá po dvouminutových částech, které jsou rozděleny na desetisekundová okna s pětisekundovým překryvem. V každém okně analytický modul počítá pět charakteristických metrik. Průměrná tepová frekvence slouží k identifikaci bradykardie a tachykardie. Celkovou nepravidelnost rytmu popisuje variační koeficient RR intervalů (poměr směrodatné odchylky k jejich průměru). Krátkodobé změny variability srdeční frekvence pak zachycují ukazatele RMSSD a pNN50. Posledním ukazatelem je morfologická variance QRS komplexu, která pomocí Pearsonova korelačního koeficientu porovnává tvar jednotlivých stahů s průměrnou šablonou záznamu (Sörnmo a Laguna, 2005).

Hodnota každé metriky se pomocí sigmoidální funkce převede na normalizované skóre $s_i \in [0, 1]$. Výsledné skóre okna je dáno průměrem těchto hodnot. Abychom předešli falešným

¹ student bakalářského studijního programu Informační systémy, Katedra informatiky a výpočetní techniky, e-mail: mmarx@students.zcu.cz

detekcím způsobeným šumem nebo pohybem pacienta, je průměrné skóre váženo indexem kvality signálu $Q \in [0, 1]$ vypočteným pro každé okno:

$$S = Q \cdot \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 s_i \quad (2)$$

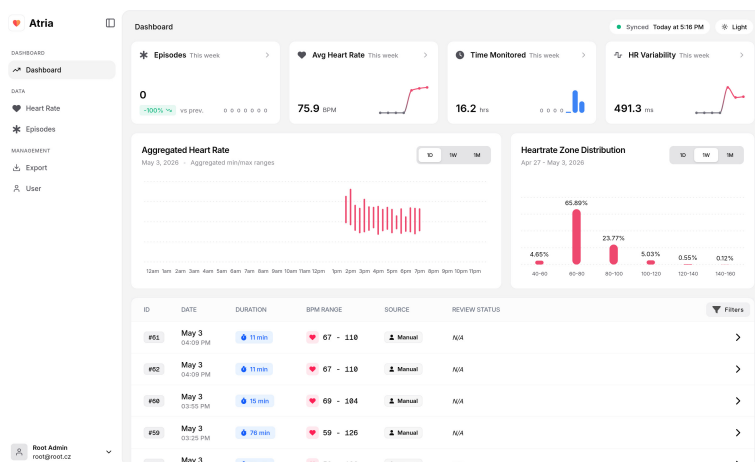
Pokud skóre S překročí práh 0,35, je okno označeno za arytmiické. Celý záznam o délce dvou minut je klasifikován jako abnormální, pokud nadpoloviční většina jeho oken vykazuje arytmiu.

4 Dosažené výsledky a validace

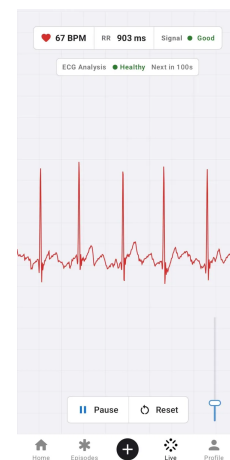
Algoritmus byl validován na 2400 desetisekundových úsecích signálu EKG z databáze MIT-BIH (Moody a Mark, 1992) s rovnoměrným zastoupením normálních a arytmiických stavů. Výsledky klasifikace shrnuje tabulka 1. Při nastavení prahu na 0,20 dosáhl systém úspěšnosti 72 %. Pro praktické nasazení s nositelnou elektronikou se však kvůli šumu ukázal jako vhodnější práh 0,35, který výrazně snižuje množství falešných detekcí.

Tabulka 1: Výsledky klasifikace na datasetu MIT-BIH.

Třída	Přesnost	Citlivost	F1 skóre	Četnost
Normální	0,75	0,66	0,70	1175
Abnormální	0,71	0,79	0,74	1225
Celkově	0,73	0,72	0,72	2400



(a) Hlavní přehled webového rozhraní.



(b) Mobilní graf EKG.

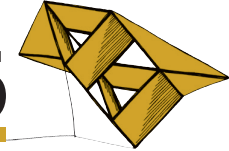
Obrázek 1: Uživatelské rozhraní vyvinuté platformy.

Literatura

Makowski, D., a další (2021) NeuroKit2: A Python toolbox for neurophysiological signal processing. *Behavior Research Methods*, 53, s. 1689–1696.

Moody, G.B., a Mark, R.G. (1992) MIT-BIH Arrhythmia Database. *PhysioNet*. Dostupné z: <https://physionet.org/content/mitdb/>

Sörnmo, L., a Laguna, P. (2005) *Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications*. Elsevier Academic Press.



Automatizovaná tvorba personalizovaných muskuloskeletálních modelů z medicínských snímků

Patrik Mrnka¹

1 Úvod a cíl práce

Muskuloskeletální (MSK) modelování představuje klíčový nástroj pro odhad vnitřního zatížení pohybového aparátu, které nelze přímo kvantifikovat na živém člověku. Tradiční aproximace svalů pomocí 1D linií však může často vést k nerealistickým penetracím do kostí. Tuto limitaci řeší projekt Muscle Wrapping 2.0 (MW2), vyvíjený na KIV ZČU, který dekomponuje polygonové síť svalů na izolovaná svalová vlákna a simuluje jejich deformaci. Manuální příprava dat pro tyto MSK modely je však časově náročná a dle Modenese a Renault (2021) může trvat až 10 hodin na jednotlivého pacienta. Cílem této práce je navrhnout a implementovat automatizovanou *pipeline*, která integruje moderní segmentační nástroje s projektem MW2 a zredukuje nezbytnou expertní intervenci na minimum.

2 Návrh a implementace

Navržená *pipeline* zpracovává CT nebo MRI snímky, ze kterých nejprve segmentuje kosterní a svalové tkáně dolní končetiny pomocí modelů hlubokého učení `TotalSegmentator` a `MuscleMap`. Voxelové masky jsou následně morfologicky vyčištěny a transformovány na polygonální povrchové síť pomocí algoritmu *Flying Edges* z knihovny VTK. Pro potlačení diskretizačních artefaktů je aplikováno vyhlazení s kompenzací objemového smrštění, následované kvadratickou decimací pro optimalizaci výpočetní náročnosti geometrie.

Dalším krokem je extrakce svalových úponů, pro kterou byly implementovány tři různé metody: `ATLAS_BASED` (registrace referenčního modelu LHDL na geometrii pacienta pomocí algoritmu CPD a přenos expertních úponů pomocí transformační matice), `PROXIMITY_BASED` (geometrický přístup, který detekuje vrcholy svalové sítě v těsné blízkosti od povrchu příslušné kosti) a `OWN_ATTACHMENTS` (manuální definice úponů autorem práce na základě referenčních dat z LHDL).

Zpracované povrchové síť kostí jsou integrovány do nástroje `msk-STAPLE`, který automaticky definuje kloubní osy včetně souřadnicových systémů a generuje kinematický kosterní model ve formátu OpenSim. Závěrečná fáze syntetizuje dílčí výstupy do XML konfiguračního souboru pro MW2, v němž je definován kosterní model, svalové struktury s úponovými oblastmi a metoda simulace deformace.

3 Validace a výsledky

Výsledkem práce je funkční *pipeline*, validovaná na referenčních datech datasetu LHDL, jelikož již byl dříve manuálně zpracován a slouží jako ground-truth. Validace probíhala kine-

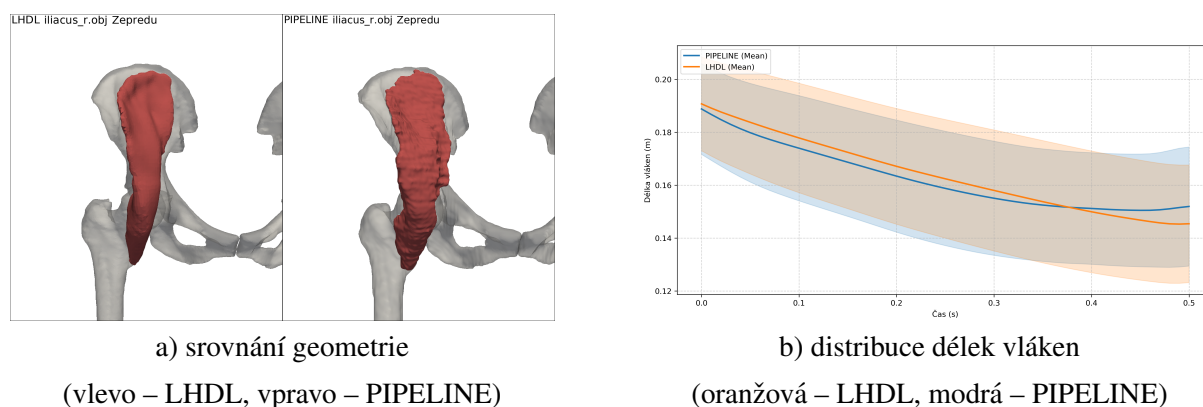
¹ student bakalářského studijního programu Softwarové inženýrství, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: patmrnka@students.zcu.cz

matickou analýzou změn délek svalových vláken při flexi v kyčelním kloubu, přičemž jako nejrobustnější pro extrakci úponů se ukázal přístup `ATLAS_BASED`.

Zásadním zjištěním je absence šlachové komponenty svalu v segmentovaných datech. To může být způsobeno skutečností, že nástroj `MuscleMap` segmentuje primárně svalová bříška, a také nízkým rozlišením snímků datasetu `LHDL`, což je dáno jejich stářím (přibližně 20 let). Výsledná polygonální síť svalu proto často končí v prostoru daleko od skutečného úponu.

Dopad této neúplné geometrie byl posouzen pro dva simulační přístupy. U geometrického algoritmu `Luca2018`, který popsali Modenese a Kohout (2020), nepředstavuje absence šlachy zásadní problém – metoda zůstává stabilní a poskytuje výsledky srovnatelné s referenční segmentací. Naproti tomu pro fyzikálně založený (`XPBD`) algoritmus `Havlicek2024`, který navrhl Havlíček (2024), jenž je citlivý na topologickou kvalitu povrchové sítě, se jedná o zásadní omezení. U svalů s výrazným podílem šlachové komponenty (např. *m. adductor brevis*) dochází při vzájemných kolizích vícero svalů k numerické nestabilitě.

U svalů s dominantním svalovým bříškem, kde je vliv chybějící šlachy minimální, dosahuje metodika vysoké shody s referenční segmentací ($RMSE \leq 5$ mm, Pearson $> 0,94$). Kyčelní sval *iliacus* vykazuje i pro fyzikálně založenou kombinaci algoritmu `Havlicek2024` a metody `ATLAS_BASED` vysokou přesnost ($RMSE \leq 3,06$ mm, Pearson $> 0,999$). Obrázek č. 1 ilustruje vysokou shodu referenční a segmentové geometrie i distribuce délek vláken.



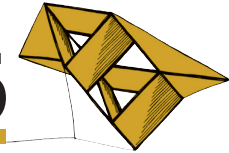
Obrázek 1: Validace výsledků *pipeline* na *m. iliacus*

4 Závěr

Práce představuje funkční *proof-of-concept* automatizované *pipeline* s dobou zpracování cca 18 minut na pracovní stanici s podporou CUDA. Hlavní překážkou širšího využití je absence šlachové komponenty, což omezuje nasazení fyzikálně založených simulací. Slibným směrem dalšího vývoje je proto segmentace na moderních snímcích s vyšším rozlišením, která by ideálně zahrnovala celé svalově-šlachové jednotky (MTU).

Literatura

- Havlíček, O. (2024) *Muscle interaction in the context of muscle deformation modelling by a Position Based Dynamics method*. Západočeská univerzita v Plzni.
- Modenese, L. a Kohout, J. (2020) Automated Generation of Three-Dimensional Complex Muscle Geometries for Use in Personalised Musculoskeletal Models. *Annals of Biomedical Engineering*, Vol. 48, s. 1793–1804.
- Modenese, L. a Renault, J.-B. (2021) Automatic generation of personalised skeletal models of the lower limb from three-dimensional bone geometries. *Journal of Biomechanics*, Vol. 116.



Diagnostická sonda pro PCB

Petr Schöpp¹

1 Úvod

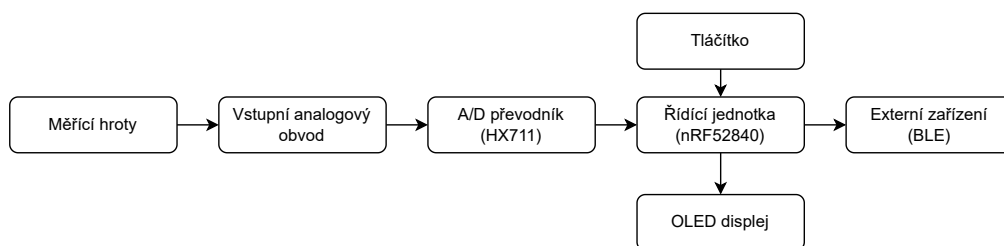
Diagnostika desek plošných spojů je při vývoji a ožívování elektronických zařízení často založena na rychlém ověření stavu vybraných uzlů. Běžné multimetry umožňují přesné měření napětí nebo odporu, ale při opakované kontrole logických stavů nejsou vždy dostatečně pohodové. Samostatné logické sondy poskytují rychlejší indikaci, většinou však pracují pouze s pevně nastavenými rozhodovacími úrovněmi (1). U slabě buzených nebo plovoucích uzlů je navíc nutné zohlednit stav vysoké impedance, kdy napětí měřeného bodu nemusí být jednoznačně definováno (2).

Cílem práce bylo navrhnout a realizovat přenosnou diagnostickou sondu pro PCB, která kombinuje funkci logické sondy, orientační měření malých odporů a podporu při lokalizaci zkratů. Zařízení zároveň umožňuje lokální zobrazení výsledků a jejich bezdrátový přenos do externí aplikace.

2 Návrh zařízení

Navržené zařízení je založeno na mikrokontroléru nRF52840, který zajišťuje řízení měření, obsluhu uživatelského rozhraní a komunikaci prostřednictvím Bluetooth Low Energy. Pro digitalizaci měřených signálů je použit převodník HX711. Vstupní analogový obvod převádí měřené napětí na malé diferenční napětí vhodné pro vstup převodníku a současně omezuje zatížení měřeného uzlu.

Základní struktura zařízení je znázorněna na obr. 1. Sonda obsahuje měřicí hroty, vstupní analogový obvod, A/D převodník, řídicí jednotku, OLED displej, ovládací tlačítko a bezdrátové rozhraní pro přenos dat do externí aplikace.



Obrázek 1: Blokové schéma diagnostické sondy

Firmware zařízení implementuje tři hlavní měřicí režimy. V režimu logické sondy není vyhodnocována pouze okamžitá napěťová úroveň měřeného uzlu, ale také jeho odezva na definované buzení. Díky tomu lze rozlišit logickou nulu, logickou jedničku, stav vysoké impedance a uzly s pull-up nebo pull-down charakterem. Další režim slouží pro orientační měření malých

¹ student bakalářského studijního programu Softwarové inženýrství, e-mail: schopp@students.zcu.cz

odporů. Třetí režim je určen pro lokalizaci zkratu, kde zařízení sleduje trend změny měřené hodnoty při postupném přikládání sondy na jednotlivé body vodivé cesty.

Součástí systému je také externí aplikace pro desktopové prostředí a mobilní zařízení se systémem Android. Aplikace přijímá textové zprávy přenášené přes BLE UART, zobrazuje aktuální měřicí režim, naměřené hodnoty a poskytuje hlasovou zpětnou vazbu.

3 Ověření funkce

Funkce zařízení byla ověřena na prototypu realizovaném na nepájivém poli. V režimu logické sondy bylo testováno rozlišení tvrdě buzených logických úrovní, stavu vysoké impedance a slabě buzených uzlů vytvořených pomocí pull-up a pull-down rezistorů. V odporovém režimu byly ověřeny hodnoty v nízkém rozsahu odporů a v režimu lokalizace zkratu byla sledována změna měřené hodnoty při pohybu sondy po odporovém řetězci.

Tabulka 1: Shrnutí vybraných výsledků ověření

Ověřovaná vlastnost	Výsledek
Odhad pull-up/pull-down rezistorů	max. odchylka 1.20 %
Měření odporů 2 Ω až 150 Ω	odchylka do 1.5 %
Měření odporu 1 Ω	odchylka 3.4 %
Praktický spodní limit odporového režimu	přibližně 1 Ω
Rozlišení bodů při lokalizaci zkratu	560 až 620 kódů/ Ω
Odezva logické sondy	přibližně 0.5 s
Odezva měření odporu	přibližně 0.8 s
Odezva lokalizace zkratu	přibližně 0.3 s
Spotřeba v aktivních režimech	14.9 až 17.2 mA
Orientační výdrž s baterií 500 mAh	29 až 34 h

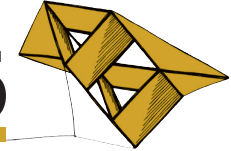
4 Závěr

V rámci práce byl navržen a realizován funkční prototyp diagnostické sondy pro PCB. Zařízení kombinuje vyhodnocování logických stavů, rozpoznání vysoké impedance, orientační měření malých odporů, podporu při lokalizaci zkratu a bezdrátovou vizualizaci dat v externí aplikaci.

Provedené testy ukázaly, že dosažená přesnost a rychlost odezvy jsou pro orientační servisní použití dostačující. Hlavním omezením realizovaného prototypu je provedení na nepájivém poli, které zvyšuje vliv přechodových odporů, délky vodičů a mechanické nestability kontaktů. Další vývoj by proto měl být zaměřen především na návrh vlastní desky plošných spojů, stabilnější mechanické provedení sond a ověření zařízení ve finálním konstrukčním provedení.

Reference

- [1] Texas Instruments. *Understanding Digital Logic Input and Output Levels*. Application Report. Dostupné z: <https://www.ti.com/lit/an/sdya009c/sdya009c.pdf>.
- [2] Texas Instruments. *Implications of Floating CMOS Inputs*. Application Report, 2016. Dostupné z: <https://www.ti.com/lit/an/scba004/scba004.pdf>.



Řízení a monitorování IoT systému pomocí velkého jazykového modelu

Natália Tencerová¹

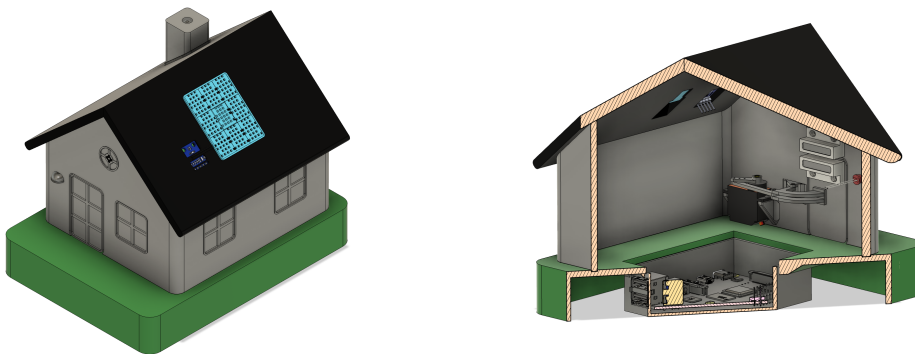
1 Úvod

Systémy internetu věcí umožňují sledovat stav okolního prostředí a ovládat fyzická zařízení pomocí senzorů a akčních členů. Jejich běžné ovládání však často vyžaduje znalost konkrétních aplikací, příkazů nebo technických rozhraní. To může být nepraktické v situacích, kdy uživatel nechce pracovat přímo s jednotlivými zařízeními, ale chce systém ovládat přirozeným způsobem, například jednoduchým dotazem nebo požadavkem.

Cílem práce bylo navrhnout a ověřit prototyp IoT systému, který umožňuje monitorování a ovládání vybraných hardwarových prvků prostřednictvím přirozeného jazyka. Navržený systém využívá velký jazykový model k interpretaci uživatelských dotazů, výběru vhodných nástrojů a formulaci výsledné odpovědi. Tento přístup odpovídá současnému směru využití jazykových modelů v IoT systémech, kde LLM slouží jako prostředník mezi uživatelským požadavkem a konkrétními akcemi připojených zařízení Cui et al. (2025).

2 Navržený systém

Navržený prototyp byl realizován na jednodeskovém počítači Raspberry Pi, ke kterému byly připojeny senzory teploty, relativní vlhkosti, intenzity osvětlení a stavu dveří. Výstupní část systému tvoří signalizační LED a servomotor použitý pro simulaci otevření a zavření dveří. Součástí systému je také kamerový modul umožňující pořízení snímku prostředí a jeho následnou analýzu. Vnější a vnitřní uspořádání navrženého 3D modelu je ukázáno na obrázku 1.



Obrázek 1: Vnější a vnitřní pohled na 3D model navrženého IoT systému.

Uživatel komunikuje se systémem prostřednictvím vlastního konzolového rozhraní nebo konverzačního rozhraní realizovaného v platformě Slack. Dotaz je předán velkému jazykovému modelu prostřednictvím OpenAI API. Pro hlavní konverzační logiku a výběr vhodných nástrojů

¹ studentka bakalářského studijního programu, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, e-mail: natalia7@students.zcu.cz

byl použit model GPT-5 OpenAI (2025). Jazykový model nepřistupuje k hardwaru přímo, ale využívá nástrojovou vrstvu pro čtení sensorických dat, ovládání akčních členů, práci s kamerou a analýzu obrazu.

3 Ukázky chování systému

Praktické chování systému je ukázáno na vybraných scénářích. Ty pokrývají kombinované dotazy, reakci systému na stav prostředí, obrazovou analýzu a práci s krátkodobým konverzačním kontextem.

Tabulka 1: Vybrané scénáře ukazující chování navrženého systému

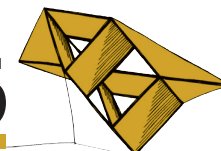
Typ scénáře	Zkrácený průběh scénáře
Kombinovaný dotaz	User: Jsou dveře otevřené a je světlo? System: Ano, dveře jsou otevřené. Intenzita osvětlení je 456 lx, což odpovídá osvětlenému prostředí.
Reakce na stav prostředí	User: Zkontroluj stav a případně reaguj. System: Systém zjistil teplotu 25,5 °C, relativní vlhkost 29 %, osvětlení 490 lx a zavřené dveře. Kvůli nízké relativní vlhkosti upozornil uživatele bliknutím červené LED a doplnil doporučení pro zvýšení vlhkosti.
Obrazová analýza scény	User: Popiš scénu. System: Na snímku je interiér připomínající kancelář nebo administrativní prostor. Dveře jsou otevřené a vedou do další místnosti nebo chodby. Vpravo na zdi je ovládací panel, na věšáku visí modrá bunda a prostor je dobře osvětlený.
Konverzační kontext a obrazová analýza	User: jaká je teplota? System: Aktuální teplota je 25,6 °C. User: to je málo? System: Ne, hodnota je spíše vyšší pro běžné vnitřní prostředí. O jaké prostředí se jedná? User: podívej se System: Podle fotografie jde o kancelář; teplota je pro kancelář lehce nad komfortem.

4 Experimentální ověření a závěr

Funkčnost systému byla ověřena pomocí 135 experimentálních scénářů zaměřených na čtení sensorických dat, ovládání akčních členů, kombinované požadavky, analýzu obrazu a práci s krátkodobým konverzačním kontextem. Vyhodnocení scénářů bylo provedeno ručně na základě předem definovaných kritérií, přičemž jako úspěšných bylo vyhodnoceno 128 scénářů. Nejvyšší spolehlivosti systém dosáhl u přímých požadavků na senzory, akční členy a kombinované scénáře. Neúspěšné případy se objevily zejména u obrazové analýzy a u přesného využití předchozího kontextu. Výsledky ukazují, že propojení velkého jazykového modelu s nástrojovou vrstvou je použitelné pro řízení a monitorování jednoduchého IoT systému pomocí přirozeného jazyka.

Literatura

- Cui, H.; Du, Y.; Yang, Q.; Shao, Y.; Liew, S. C. *LLMind: Orchestrating AI and IoT with LLM for Complex Task Execution*. IEEE Communications Magazine, 2025, roč. 63, č. 4, s. 214–220. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.002.2400106>.
- OpenAI. *Introducing GPT-5* [online]. 2025. Dostupné z: <https://openai.com/index/introducing-gpt-5/> [cit. 2026-05-26].



Rigorous Evaluation of Large Language Models in University Mathematics

Kristian Tichota¹, František Kýn², Andy Wendler³, Adam Uher⁴, Tomáš Havlíček⁵,
Elena Benešová⁶, Ondřej Šimek⁷, Kristýna Vítková⁸, Jonáš Jiří Koňářík⁹, Jiří Cellárik¹⁰

Introduction

As large language models (LLMs) increasingly saturate standard mathematical benchmarks, such as the AIME 2025 benchmark (Petrov et al. (2025)), the reliance on automated final-answer string-matching evaluation metrics may obscure deficiencies in automated reasoning (Agarwal et al. (2024)). This paper presents an empirical, human-in-the-loop evaluation of both high-parameter proprietary models (Gemini 2.5 Pro, GPT-5 with Reasoning) and low-parameter open-weights models (Magistral Small 1.2 (Unsloth (2025b)), gpt-oss-20b (Unsloth (2025a))) within the domains of undergraduate real analysis and discrete mathematics.

Our approach focuses on the logical soundness and elegance of the intermediate argumentation. Our findings indicate a prevalence of superficial coherence: high-parameter models frequently arrive at correct conclusions despite deeply flawed intermediate logic. We highlight the severe pedagogical risks of these subtle hallucinations (Szmyd and Mitera (2025)).

Preliminary Results

An analysis of the evaluated responses reveals a notable distinction in the failure modes between different model architectures. Low-parameter models exhibit significant failures in university-level mathematical reasoning. Common deficiencies include inefficient deductive pathways that frequently exhaust predefined token limits, as well as generative processes that

¹ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Mathematics and its Applications, e-mail: tichkr@students.zcu.cz

² student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Software Engineering, e-mail: kynfr@students.zcu.cz

³ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Software Engineering, e-mail: wendan@students.zcu.cz

⁴ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Cybernetics and Control Engineering, e-mail: uherad@students.zcu.cz

⁵ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Mathematics for Business Studies, e-mail: tomashav@students.zcu.cz

⁶ student of the master degree program Applied Sciences, field of study Mathematics and its Applications, e-mail: elena@students.zcu.cz

⁷ student of the master degree program Applied Sciences, field of study Mathematics and its Applications, e-mail: osimek@students.zcu.cz

⁸ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Mathematics and its Applications, e-mail: kristvit@students.zcu.cz

⁹ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Mathematics and its Applications, e-mail: jkonarik@students.zcu.cz

¹⁰ student of the bachelor degree program Applied Sciences, field of study Mathematics and its Applications, e-mail: cellarik@students.zcu.cz

collapse into non-terminating circular reasoning loops. A representative case study involving uniform convergence demonstrated that while a low-parameter model correctly concluded the sequence did not converge uniformly, it justified this conclusion with an incoherent statement regarding the supremum.

Conversely, high-parameter architectures are consistently correct in their final answers but may err significantly in their reasoning. These models demonstrate a tendency to arrive at the correct solution despite hallucinating intermediate steps. For instance, in a task regarding orderings, a high-parameter model correctly identified that a given set was not a lattice, but provided a flawed argument stating that the infimum of elements was their intersection.

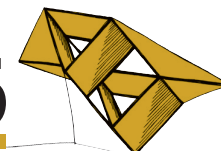
These findings indicate that high-parameter models may generate correct solutions based on fabrications. Consequently, standard benchmarks may overstate the actual capabilities of large language models within the domain of university mathematics, posing risks if LLMs are unquestioningly deployed in educational settings based on these metrics.

Acknowledgement

This work was developed as a student team project, supported by the internal project *New Era of Mathematics: How LLMs Will Affect Teaching and Research* (Internal AI Mini-projects 2025) at the University of West Bohemia.

References

- Agarwal, C., Tanneru, S.H., and Lakkaraju, H. (2024) *Faithfulness vs. Plausibility: On the (Un)Reliability of Explanations from Large Language Models*. Available from: <http://arxiv.org/abs/2402.04614> [Accessed 20th April 2026].
- Petrov, I., Dekoninck, J., Baltadzhiev, L., Drencheva, M., Minchev, K., Balunović, M., Jovanović, N., and Vechev, M. (2025) *Proof or Bluff? Evaluating LLMs on 2025 USA Math Olympiad*. Available from: <http://arxiv.org/abs/2503.21934> [Accessed 20th April 2026].
- Szmyd, K., and Mitera, E. (2025) The Impact of Artificial Intelligence on the Development of Critical Thinking Skills in Students. *European Research Studies*, Volume XXVII, pp. 1022–1039. Available from: <https://ersj.eu/journal/3876> [Accessed 20th April 2026].
- Unsloth (2025a) *gpt-oss-20b-GGUF (gpt-oss-20b-UD-Q8_K_XL.gguf)*. Hugging Face. Available from: https://huggingface.co/unsloth/gpt-oss-20b-GGUF/blob/main/gpt-oss-20b-UD-Q8_K_XL.gguf [Accessed 20th April 2026].
- Unsloth (2025b) *Magistral-Small-2509-GGUF (Magistral-Small-2509-UD-Q4_K_XL.gguf)*. Hugging Face. Available from: https://huggingface.co/unsloth/Magistral-Small-2509-GGUF/blob/main/Magistral-Small-2509-UD-Q4_K_XL.gguf [Accessed 20th April 2026].



Automatická kontrola semestrálních prací z textových a tabulkových procesorů

Adam Vaněček¹

1 Úvod

Katedra informatiky a výpočetní techniky (KIV) zajišťuje výuku vybraných IT předmětů i pro studenty jiných fakult, například Fakulty zdravotnických studií. Tyto kurzy se zaměřují mimo jiné na práci s textovými editory a tabulkovými procesory. Studenti v nich vytvářejí dokumenty, u kterých je nutné kontrolovat splnění formálních i technických požadavků, například použití stylů, vložených objektů, odkazů, vzorců, formátování buněk nebo grafů.

Pro podporu výuky vytvořil M. Turek v roce 2025 webovou aplikaci pro generování individuálních zadání semestrálních a zápočtových prací a jejich strojově čitelného popisu. Kontrola odevzdaných prací však stále vyžaduje ruční ověření jednotlivých požadavků, což je při větším počtu studentů časově náročné.

Bakalářská práce se proto zaměřuje na rozšíření existující webové aplikace o funkce pro automatickou kontrolu odevzdaných prací. Cílem je navrhnout a implementovat řešení, které umožní automatizované získávání údajů pro validaci z textových a tabulkových dokumentů, jejich vyhodnocení podle strojového popisu zadání a zpřístupnění automatického hodnocení ve webovém rozhraní.

2 Návrh a implementace řešení

Navržené řešení představuje validační nástroj implementovaný v jazyce Python. Následně byla provedena integrace do webové aplikace. Webová část zajišťuje odevzdávání prací, konfiguraci kontrol, zobrazení výsledků a export hodnocení.

Validační nástroj podporuje formáty DOCX, ODT, XLSX a ODS. Formáty DOCX a XLSX vycházejí ze specifikace Office Open XML, zatímco formáty ODT a ODS ze specifikace OpenDocument. Obě skupiny formátů ukládají obsah dokumentu do sady XML souborů zabalených v archivu ZIP, a lze je programově číst.

Proces kontroly začíná převzetím odevzdaného souboru. Pokud je práce odevzdána jako archiv, nástroj nejprve vyhledá podporovaný kancelářský dokument. Následně určí typ dokumentu, načte odpovídající reprezentaci a spustí kontroly aktivované v konfiguraci zadání. Výstupem je report ve formátu TXT nebo JSON, přičemž JSON je využíván zejména pro napojení na webovou aplikaci.

Každá kontrola je implementována jako samostatná komponenta se společným rozhraním. Výsledkem kontroly je informace o úspěchu či neúspěchu, textová zpráva a bodová penalizace.

¹ student bakalářského studijního programu Softwarové inženýrství, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: vanecek@students.zcu.cz

3 Integrace a testování

Webová aplikace byla rozšířena tak, aby bylo možné automatickou kontrolu spouštět po odevzdání práce a zobrazovat výsledky v detailu odevzdání. Vyučující může pracovat s nalezenými chybami, vybrané položky označit jako ignorované a využít report při výsledném hodnocení. Součástí řešení je také export hodnocení do CSV souboru určeného pro import do informačního systému IS/STAG.

Pro ověření funkčnosti validační části bylo vytvořeno 364 referenčních dokumentů a 392 jednotkových testů jednotlivých kontrol. Ověřeny byly hlavní scénáře webové aplikace, například odevzdání práce, spuštění automatické kontroly, zobrazení reportu, konfigurace aktivních kontrol, práce s primárním odevzdáním, ignorování vybraných chyb a export výsledků. Testování potvrdilo, že řešení dokáže zpracovat podporované formáty dokumentů, aplikovat pravidla a vytvořit report použitelný pro další hodnocení.

Byly identifikovány limity vyplývající z rozdílné interní reprezentace kancelářských dokumentů. Nástroj například neprovádí analýzu obsahu vložených obrázků, a proto graf vložený jako statický snímek nelze vyhodnotit stejně jako nativní grafický objekt.

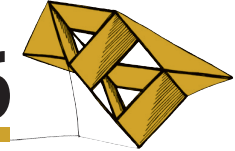
4 Závěr

Výsledkem práce je rozšíření existující webové aplikace o modul automatické kontroly odevzdaných studentských prací. Navržený systém zpracovává dokumenty ve formátech DOCX, ODT, XLSX a ODS, vyhodnocuje je podle strojově čitelného popisu zadání a poskytuje reporty ve formátech TXT a JSON.

Do budoucna lze systém rozšířit například o pokročilejší vizualizaci výsledků, asynchronní zpracování větších dávek souborů nebo podporu automatické kontroly prezentací.

Literatura

Turek, M. (2025) *Systém pro podporu tvorby zadání semestrálních prací*. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra informatiky a výpočetní techniky.



Samoorganizovaná kritikalita modelu hromady písku na náhodných grafech

Jakub Vokoun¹

1 Úvod

Model hromady písku (*Sandpile model*) poprvé zmíněný v práci Bak et al. (1987) zkoumá dynamické chování na mřížce. V průběhu simulace dopadají na mřížku náhodně jednotlivá zrnka písku, pokud je na jednom poli mřížky čtyři nebo více zrněk, věž ze zrněk přestane být stabilní a spustí lavinu; čtyři zrnka se rozsypou na čtyři přilehlá pole mřížky nebo spadnou z mřížky pryč.

Klasický *Sandpile model* vykazuje samoorganizovanou kritikalitu (*self-organized criticality*), tedy kritikalita je inherentní vlastností systému, bez ohledu na jeho konkrétní parametry. Systémy v kritickém stavu jsou nepředvídatelné, malou změnou se mohou významně změnit, ovlivněné mohou být i části systému velmi vzdálené od místa změny.

Jako příklad systému, který není v kritickém stavu, může posloužit hladina jezera a oblázky. Malá změna v systému, vržení oblázku do jezera, se projeví pouze lokálně, v oblasti dopadu oblázku se vytvoří kruhy, které záhy zmizí. Lesní požáry jsou příkladem kritického systému, lokální událost, blesk, odhozený nedopalek, špatně uhašený oheň, může způsobit jak malou odezvu, kdy požár ani nevznikne, případně jen malý, ale i odezvu velkou, požár schvacující oblasti velikostí srovnatelné s menšími státy, v závislosti na hustotě lesa.

Systém lesních požárů je, stejně jako model hromady písku, systém s vlastností samoorganizované kritikalitě, jak ukázal Malamud et al. (1998). Mnohé systémy mohou být do kritického stavu přivedeny vhodnou volbou parametrů, například pro konkrétní tlak a teplotu je u kapaliny dosaženo kritického stavu a mizí rozdíl mezi kapalinou a plynem. U *Sandpile modelu* se kritikalita projevuje na rozdělení velikostí lavin, které mohou být velmi malé i velké, což je zachyceno v mocninném rozdělení (*power-law* popisuje Clauset et al. (2009)), které velikosti lavin modelu vykazují.

2 Práce

Zkoumáno bylo chování modelu na jiných grafech než mřížce, přičemž hlavním kritériem bylo rozdělení velikosti lavin, zda jde o *power-law*. Systém v kritickém stavu má významně jiné vlastnosti než normální systémy, extrémní výkyvy jsou výrazně pravděpodobnější. Jestliže kritikalita samoorganizovaně vzniká i na jiných typech grafu než mřížce, mohli bychom aplikovat tyto poznatky z modelu hromady písku na konkrétní úlohy, které se tak dají modelovat.

Zobecnění *Sandpile modelu* z mřížky na jiné typy grafů vyžaduje zavedení disipačních pravidel; pokud by zrnka písku nemohla opustit graf, nastalo by přehlcení a celý systém by zůstal v nekonečné lavině. Pro mřížku je okraj grafu implicitně určen jeho krajními vrcholy, obecné grafy ale toto nemají a zavádí se speciální odtokový vrchol (*sink vertex*), který se může

¹ student bakalářského studijního programu Informatika, specializace Počítačové vědy, e-mail: javok@students.zcu.cz

i vícekrát připojit k ostatním vrcholům a jež nemůže způsobit lavinu bez ohledu na to, kolik zrněk obsahuje. Pro účely práce byla zavedena disipační pravidla *Fill to N*, *Fill Up*, *As Many As Neighbours* a *All Once*.

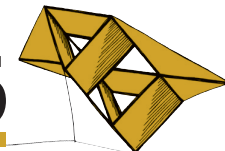
Model hromady písku byl aplikován na tři různé modely náhodných grafů; *Erdős–Rényi*, *Barabási–Albert* a *Watts–Strogatz*, kde každý model představuje jinou skupinu grafů. ER model je zcela náhodný, přičemž všechny potenciální hrany existují se stejnou pravděpodobností p , podle Erdős a Rényi (1960). BA model je preferenční, generování grafu začíná s malým úplným grafem a každý další vrchol se připojuje k existujícím vrcholům s preferencí vrcholů s vyšším stupněm. Rozdělení stupňů vrcholů je *power-law* a tudíž se jedná o tzv. *scale-free* model, podle Barabási a Albert (1999). WS model je tzv. *small-world network*, tedy snaží se udržet vysoké klastrování mřížky a zároveň malé vzdálenosti náhodného grafu. Interpolací parametru $\beta \in \langle 0, 1 \rangle$ lze dosáhnout obou vlastností, podle Watts a Strogatz (1998).

3 Závěr

Provedené experimenty ukázaly, že samoorganizovaná kritikalita, rozdělení velikosti lavin, závisí na volbě disipačního pravidla a typu grafu. Model hromady písku stále vykazuje kritikalitu pro všechny zkoumané grafy kromě náhodného ER modelu. I tam však lze kritikalitu docílit laděním parametrů. Všechna disipační pravidla se ukázala být užitečnými, avšak pravidlo *Fill Up* je stabilnější než ostatní, protože díky němu jsou stupně všech vrcholů stejné, stejně jako v originálním modelu na mřížce.

Literatura

- Bak, P., Tang, C., and Wiesenfeld, K. (1987) *Self-organized criticality: An explanation of the 1/f noise*. *Physical Review Letters*, 59(4), 381–384. DOI: 10.1103/PhysRevLett.59.381.
- Malamud, B.D., Morein, G., and Turcotte, D.L. (1998) *Forest Fires: An Example of Self-Organized Critical Behavior*. *Science*, 281(5384), 1840–1842. DOI: 10.1126/science.281.5384.1840.
- Clauset, A., Shalizi, C.R., and Newman, M.E.J. (2009) *Power-Law Distributions in Empirical Data*. *SIAM Review*, 51(4), 661–703. DOI: 10.1137/070710111.
- Erdős, P. a Rényi, A. (1960) *On random graphs. I*. *Publicationes Mathematicae Debrecen*.
- Barabási, A.-L. a Albert, R. (1999) *Emergence of Scaling in Random Networks*. *Science*, 286(5439), 509–512. DOI: 10.1126/science.286.5439.509.
- Watts, D.J. a Strogatz, S.H. (1998) *Collective dynamics of "small-world" networks*. *Nature*, 393(6684), 440–442. DOI: 10.1038/30918.



Využití LLM k extrakci strukturované informace z textů lékařských zpráv

David Wimmer¹

1 Úvod

České zdravotnictví generuje obrovské množství textových dat ve formě lékařských zpráv a klinických záznamů. Zásadní část těchto informací zůstává ve formě volného textu Kong (2019), přičemž jejich automatická extrakce by snížila administrativní zátěž personálu a otevřela prostor pro sekundární využití ve výzkumu. Velké jazykové modely (LLM) představují perspektivní nástroj díky schopnosti kontextuálního porozumění bez nutnosti rozsáhlých anotovaných dat Wei et al. (2022), avšak jejich využití na českých lékařských zprávách je dosud nedostatečně prozkoumáno. Cílem práce bylo analyzovat schopnosti současných generativních modelů při zpracování českých medicínských textů, navrhnout vhodné metriky hodnocení a porovnat vybrané modely v experimentálním prostředí.

2 Metodika

Vstupní data tvořily anonymizované lékařské zprávy z projektu MRE (KIV FAV ZČU), zahrnující záznamy pacientů s Crohnovou chorobou a cévní mozkovou příhodou. Zprávy jsou psány výhradně v češtině a obsahují odbornou terminologii, latinské názvy, nestandardní zkratky a překlady. Pro experimenty bylo vybráno 15 zpráv (301–4 860 znaků) a testováno sedm modelů přes platformu OpenRouter: claude-sonnet-4.5, gpt-5.2, gemini-3-flash-preview, grok-4, deepseek-V3.2, llama-4-maverick a mixtral-8x22b-instruct.

Bylo navrženo pět variant instrukcí (t1–t5) s postupně rostoucí mírou specifity — od minimalistického požadavku na JSON až po přesně definovaná pravidla pro práci s terminologií a strukturou výstupu — doplněných anglickými ekvivalenty (t1en–t5en) a instrukcí s předem definovaným schématem (t6). Experimenty testovaly vliv různorodosti instrukcí, jazyka promptu, teploty generování, délky vstupního textu a extrakce do předem dané struktury.

Vzhledem k absenci zlatého standardu byly navrženy vlastní metriky: (1) *poměr pokrytí* — podíl unikátních slov ze vstupu zachycených ve výstupu, (2) *počet halucinací* — slova ve výstupu nevyskytující se ve vstupním textu, (3) *počet klíčů* jako ukazatel granularity. Evaluační modul byl vyvinut v prostředí Streamlit propojeném s OpenRouter API.

3 Výsledky

3.1 Vliv instrukcí a jazyka

Nejstručnější instrukce t1 dosahovala nejnižšího pokrytí (67,1 %) a nejvyššího počtu halucinací (průměrně 26,4). S rostoucí mírou specifity se kvalita výstupu zlepšovala. Instrukce t3

¹ student bakalářského studijního programu Softwarové inženýrství, Katedra informatiky a výpočetní techniky, FAV ZČU v Plzni, e-mail: wimmerd@students.zcu.cz

představuje nejlepší kompromis: pokrytí 89,1 % při pouze 2,8 halucinacích a rozumném počtu klíčů. Instrukce t5 dosahuje nejlepšího pokrytí (94,7 %) a minima halucinací (1,2), avšak za cenu nízké granularity — medikace je agregována do textových řetězců místo strukturovaných objektů, což omezuje strojovou zpracovatelnost.

Anglické instrukce nevedly k prokazatelně lepším výsledkům z hlediska pokrytí ani halucinací, způsobovaly však výrazně vyšší sklon překládat výstup do angličtiny (18 případů vs. 3 u českých promptů).

3.2 Vliv teploty a srovnání modelů

Mírné zvýšení parametru *temperature* (0,0 → 0,2) vedlo především ke zvýšení granularity výstupu (průměrný nárůst počtu klíčů o 32 %), nikoli ke zhoršení faktické správnosti.

Model Grok-4 dosáhl nejvyššího pokrytí (97,0 %) a nejnižšího počtu halucinací (0,3), avšak za cenu nejnižší granularity (44,3 klíčů) a nejvyšší latence (průměrně 44,9 s). DeepSeek-V3.2 nabídl vynikající poměr kvality a ceny (0,001 USD/prompt) s pokrytím 91,0 % a 3,0 halucinacemi. GPT-5.2 vynikal nejvyšší granularitou a pokrytím 92,4 %, ale s tendencí doplňovat kontext z vlastní znalostní báze (průměrně 9,6 halucinací). Modely Gemini a Llama vykazovaly výraznější pokles pokrytí u delších textů.

4 Závěr

Velké jazykové modely představují perspektivní nástroj pro extrakci strukturovaných dat z českých lékařských zpráv. Neexistuje universálně nejlepší model — každý přístup představuje jiný kompromis mezi pokrytím, granularitou, halucinacemi a náklady. Pro praktické nasazení se jako nejvhodnější instrukce jeví varianta t3. Bylo rovněž zjištěno, že rozsáhlý preprocesing vstupního textu není nezbytný a klíčovou roli hraje správná formulace instrukcí. Budoucí výzkum by měl zahrnout větší dataset, zpřesnit metriky o sémantickou správnost a zahrnout doménově specifické modely, jejichž dostupnost v době realizace práce byla omezená.

Poděkování

Práce vznikla na Katedře informatiky a výpočetní techniky FAV ZČU v Plzni pod vedením Ing. Martina Kryla. Data poskytl projekt MRE (KIV FAV ZČU).

Literatura

- Kong, H.-J. (2019) Managing Unstructured Big Data in Healthcare System. *Healthcare Informatics Research*, Volume 25, No. 1, pp. 1–2.
- Wei, J., et al. (2022) Emergent Abilities of Large Language Models. *Transactions on Machine Learning Research*. Available from: <https://arxiv.org/abs/2206.07682> [Accessed 22nd April 2026].
- Hirani, R., et al. (2024) Artificial Intelligence and Healthcare. *Life*, Volume 14, No. 5, p. 557.
- Li, J., et al. (2023) Evaluating Large Language Models for Health Data Analytics. *npj Digital Medicine*, Volume 6, No. 1, p. 28.