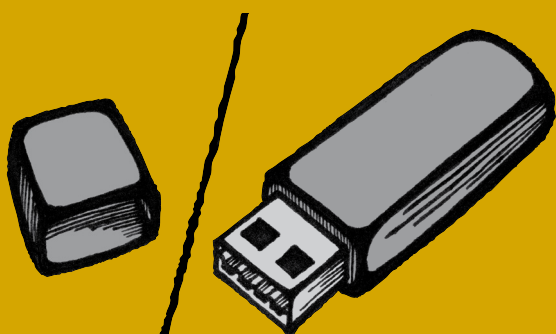


FAKULTA  
APLIKOVANÝCH VĚD  
ZÁPADOČESKÉ  
UNIVERZITY  
V PLZNI

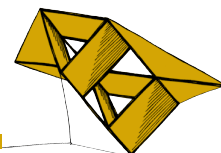
**SBORNÍK**

# STUDENTSKÁ VĚDECKÁ KONFERENCE



BAKALÁŘSKÉ  
STUDIJNÍ PROGRAMY

**31.5.2018**



# Bakalářské studijní programy

## **Sborník rozšířených abstraktů**

Název: SVK FAV 2018 – bakalářské studijní programy

Editor: Jan Rendl

Ilustrace na obálce: Jana Trávníčková

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

Datum vydání: květen 2018

ISBN 978-80-261-0789-7

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou.

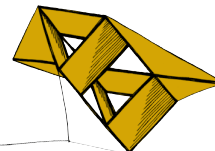
# Obsah

<i>Sekce – Fyzika, matematika, mechanika</i>	5
<b>Matematické modelování procesu srážení krve</b> Dušková Veronika	6
<b>Implementace lattice Boltzmannovy metody pro simulaci nestlačitelných vazkých kapalin</b> Halama Aleš	8
<b>Torzní kmitání vysokorychlostního pohonu kolejového vozidla</b> Halama Pavel	10
<b>Modelování a odhadování výsledků ledního hokeje</b> Hellusová Pavlína	12
<b>Modelování ložisek s naklápěcími segmenty</b> Houdek Václav	14
<b>Šíření elastických nestacionárních vln v 1D heterogenním prostředí</b> Kába Ondřej	16
<b>Simulace střely florbalovou holí</b> Korch Dmytro	18
<b>Modelování vzniku tenké vrstvy CuZr atom po atomu</b> Macháňová Pavla	20
<b>Statistická analýza systémové odchylky v přenosové soustavě elektrické energie</b> Šišková Michaela	22
<b>Kmitání turbinových lopatek v poli odstředivých sil</b> Vladař Patrik	24

<i>Sekce – Informatika, kybernetika</i>	26
<b>Prohledávání dokumentů podle automaticky extrahovaných vzorů</b> Baloun Josef	27
<b>Segmentace textu dle tématu</b> Beneš Jan	29
<b>Identifikace rodného jazyka pisatelů na základě anglicky psaných esejů</b> Brada Robert	31
<b>Měření a vyhodnocení kognitivních evokovaných potenciálů</b> Fricová Simona	33
<b>Informační systém pro Student Support Centre</b> Hácha Filip	35
<b>Ovládání inteligentní domácnosti</b> Hofmann Ota	37
<b>Detekce přízvuků na datech z Russian National Corpus</b> Chizhova Anastasiia	39
<b>Propagace nejistoty v úloze sledování polohy pohybujících se objektů</b> Krejčí Jan	41
<b>Návrh optimálního řízení RC modelu auta pomocí dynamického programování</b> Matoušek Jakub	43
<b>Software pro mobilního klienta a pro operátorskou konzoli systému PocketEAR</b> Pártl František	45
<b>Modelování cévního systému jater</b> Vyskočil Jiří	47
<b>An Algorithm Recreating 3D Triangle Mesh Faces from Its Edges</b> Zábran Marek	49

## *Sekce*

Fyzika, matematika, mechanika



## Matematické modelování procesu srážení krve

Veronika Dušková<sup>1</sup>

### 1 Úvod

Matematické modely popisující proces srážení krve (hemokoagulaci) se vyvíjejí paralelně s biologickými znalostmi o procesu srážení krve a vycházejí ze soudobých vědomostí. Vlastní proces srážení krve je velmi časoprostorově složitý. Jelikož při něm dochází k chemické přeměně velkého množství látek, jsou v mnoha případech přijímána určitá zjednodušení – např. počet a vzájemná interakce hemokoagulačních faktorů. Z hlediska matematického přístupu lze modely hemokoagulace rozdělit do dvou hlavních skupin: 1) modely tvořeny systémem obyčejných diferenciálních rovnic (ODR), které se zabývají jen lokálním časovým vývojem koncentrace jednotlivých látek a jejich vzájemným působením, 2) modely popsané systémem parciálních diferenciálních rovnic (PDR), jež zkoumají vznik a chování krevní sraženiny v prostoru, popř. v důsledku protékající krve.

Tato práce se zabývá matematickým popisem procesu srážení krve a jeho numerickou simulací v prostředí softwaru Matlab. S využitím teorie reakční kinetiky jsou dva vybrané matematické modely odvozeny, popsány a numericky řešeny.

### 2 Základní modely hemokoagulace

Prvním z nejjednodušších modelů srážení krve je model publikovaný autory Ataullakhanov et al. (1998), který se skládá ze soustavy PDR. Jeho základem je matematický popis chemické interakce hlavního aktivátoru (trombinu) a jeho inhibitoru (proteinu C). Výsledkem jejich vzájemného působení je vytvoření nerozpustné fibrinové krevní sraženiny. Model, který ve své podstatě zohledňuje vedle chemické interakce pouze difúzi zmíněných látek do krevního řečiště (tj. zanedbává vliv protékající krve), je dán ve tvaru

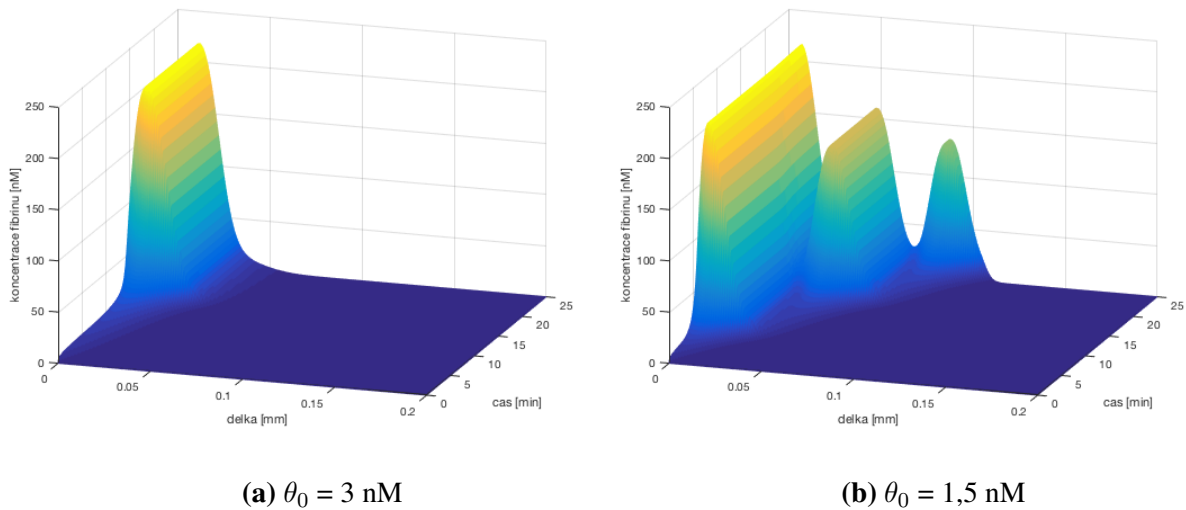
$$\begin{aligned}\frac{\partial \theta}{\partial t} &= \frac{\alpha \theta^2}{\theta + \theta_0} - \kappa_1 \theta - \gamma \theta \varphi + D_1 \Delta \theta, \\ \frac{\partial \varphi}{\partial t} &= \beta \theta \left(1 - \frac{\varphi}{C}\right) \left(1 + \frac{\varphi^2}{\varphi_0^2}\right) - \kappa_2 \varphi + D_2 \Delta \varphi, \\ \frac{\partial \psi}{\partial t} &= \kappa \theta,\end{aligned}\tag{1}$$

kde  $\theta$ ,  $\varphi$ ,  $\psi$  jsou postupně koncentrace trombinu, proteinu C a fibrinu. Koeficienty  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ,  $\theta_0$ ,  $C$ ,  $\varphi_0$  jsou chemické parametry modelu a  $D_1$ ,  $D_2$  difuzní koeficienty.

Při numerickém řešení soustavy (1) se ukazuje, že v závislosti na délce trvání a síle počátečního stimulu (lokální zvýšení koncentrace trombinu) a prahové hodnotě  $\theta_0$  lze pozorovat různé chování systému. V případě, že je délka trvání stimulu příliš krátká či jeho intenzita slabá, je trombin inhibován velmi rychle a případné další šíření sraženiny je potlačeno. Stav, kdy

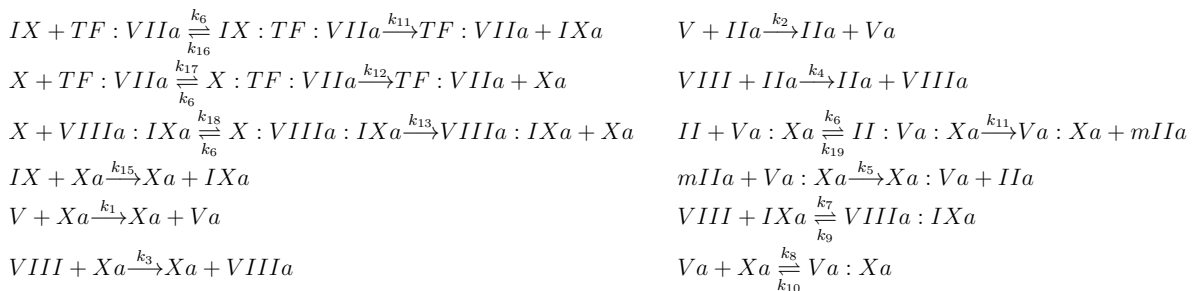
<sup>1</sup> studentka bakalářského studijního programu Počítačové modelování v technice, obor Počítačové modelování, e-mail: duskovav@students.zcu.cz

počáteční koncentrace trombinu není zcela eliminována inhibitorem, ale je pouze omezena na nejbližší okolí, je znázorněn na obr. 1a. Podobně jako u jiných chemických systémů popisujících vzájemnou interakci mezi aktivátorem a inhibitorem, může v případě systému (1) nastat případ charakterizovaný vznikem tzv. autovln, obr. 1b. Jedná se o stav, kdy hladina aktivátoru není inhibitorem zcela potlačena a šíří se dále do prostoru, kde v určitých místech překoná hraniční hodnotu potřebnou pro svou opětovnou aktivaci. Následné potlačení inhibitorem celý proces opakuje, čímž koncentrace obou látek v rámci cévy pravidelně kolísá za vzniku již zmíněných autovln. Existence tohoto jevu, který ve fyziologickém prostředí nenastává, je do značné míry ovlivněná prahovou hodnotou  $\theta_0$ , viz obr. 1.



**Obrázek 1:** Vývoj koncentrace fibrinu v 1D modelu cévy podle (1) v závislosti na  $\theta_0$

Druhý model uvažovaný v této práci a převzatý z článku Biasseti et al. (2012) je navržený tak, aby více zohledňoval chemickou interakci základních hemokoagulačních faktorů:



Vzhledem ke složitosti tohoto modelu je v této práci přístupeno pouze k řešení systému ODR, který popisuje časový vývoj koncentrací příslušných látek bez uvažování vlivu difúze.

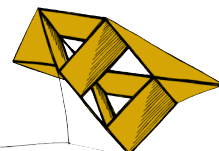
### Poděkování

Příspěvek byl podpořen interním grantem SGS-2016-038 ZČU v Plzni.

### Literatura

- Ataullakhanov, F.I., Guria, G.T., Sarbash, V.I., Volkova, R.I. (1998) Spatiotemporal dynamics of clotting and pattern formation in human blood. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, pp. 453–468.
- Biasetti J., Spazzini P.G., Swedenborg J., Gasser T. (2012) An Integrated Fluid-Chemical Model Toward Modeling the Formation of Intra-Luminal Thrombus in Abdominal Aortic Aneurysms. *Frontiers in Physiology*.





# Implementace lattice Boltzmannovy metody pro simulaci nestlačitelných vazkých kapalin

Aleš Halama<sup>1</sup>

## 1 Úvod

Computational fluid dynamics (CFD) je neodmyslitelnou částí mechaniky. Téměř všechno kolem nás je obklopeno tekutinami, které proudí podle svého charakteru. CFD nachází široké využití v leteckém průmyslu, medicíně, meteorologii a hydrodynamické průmyslu. S rostoucími požadavky klientů se v této době klade důraz na jednoduchost a časovou nenáročnost výpočtů. Takovýmto požadavkům spolehlivě vyhovuje lattice Boltzmannova metoda, která je považována za seriózní alternativu k dnes tradičně používaným metodám jako FVM nebo FEM.

## 2 Stručný popis LBM

Lattice Boltzmannova metoda řeší Boltzmannovu rovnici, která je výrazně jednodušší než Navierovy - Stokesovy rovnice v případě FVM a FEM. Boltzmannova rovnice ve spojitém tvaru popisuje pravděpodobnostní přenos shluku částic tekutiny do nekonečného množství směrů. Popisuje tedy tekutinu na rozhraní mikroškály a makroškály, tzv. mezoškály. Její diskretizaci je myšleno definování směrů, ve kterých se shluk tekutiny může přenášet po mřížce charakterizující simulovanou oblast. Pro řídicí rovnici lattice Boltzmannovy metody podle Bao et al. (2014) platí

$$f_i(\mathbf{r} + \mathbf{c}e_i dt, t + dt) = f_i(\mathbf{r}, t) - \frac{dt}{\tau}(f_i(\mathbf{r}, t) - f_i^{eq}(\mathbf{r}, t)), \quad (1)$$

kde levá strana rovnice reprezentuje přenos shluků částic tekutiny pomocí pravděpodobnostních funkcí  $f_i$  a pravá strana kolizi pravděpodobnostních funkcí moderovanou relaxačním časem  $\tau$ . Vektory  $e_i$  definují směry, ve kterých se shluky částic mohou přenášet po diskretní mřížce.

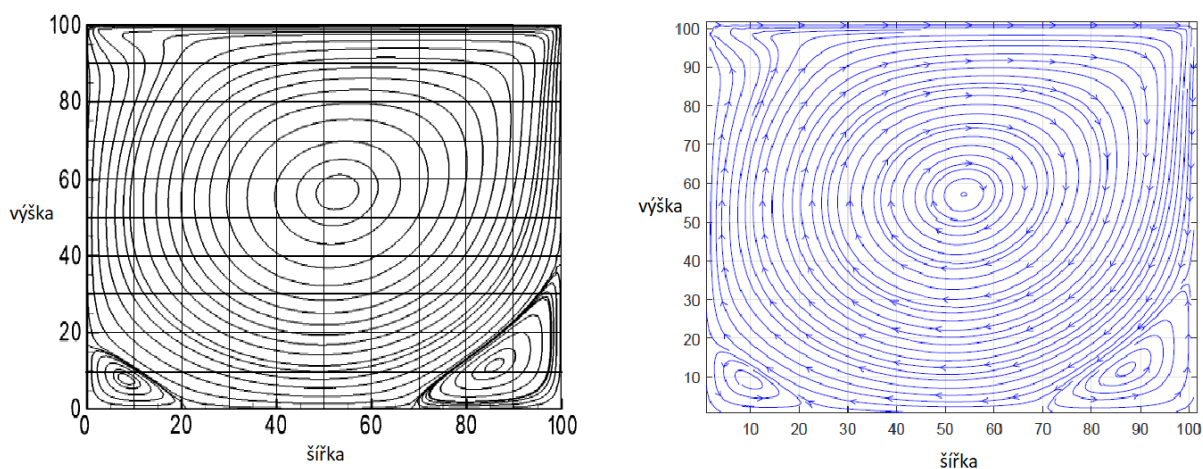
Algoritmus tedy probíhá ve dvou fázích, nejprve dochází ke kolizi distribučních funkcí ve všech uzlech a k jejich následnému přenosu do sousedních uzlů mřížky, kde se spočítají makroskopické veličiny, jako je hustota a rychlost. Tento cyklus se opakuje do té doby, než se přenos tekutiny ustálí. Důležitým aspektem je ošetření okrajových podmínek, které je v této metodě velmi jednoduché. V případě otevřených okrajových podmínek (např. vtok) se využívá vztahů pro makroskopické veličiny k jejich úplnému definování. V případě pevné rovné stěny se využívá prostého odrazu distribuční funkce do směru, odkud se na stěnu přenesla. Tím se zajistí dokonale vazké chování tekutiny na stěně.

## 3 Výsledky

Pomocí LBM je provedena simulace proudění tekutiny uvnitř čtvercové nádoby o výšce 20 cm. Uvnitř nádoby je motorový olej, jehož hladina je uvedena do pohybu rychlostí 6 m/s.

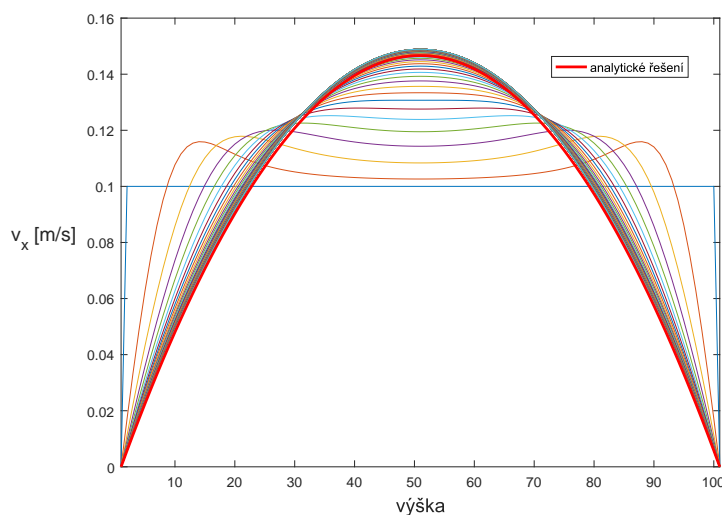
<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Počítačové modelování v technice, obor Počítačové modelování, e-mail: halamaa@rek.zcu.cz

Kvůli čtvercovému tvaru nádoby se uvnitř vytvoří víry (viz Obrázek 1 vpravo). Správnost algoritmu je ověřena podle Mohamad (2011), který provedl simulaci za naprosto stejných podmínek (viz Obrázek 1 vlevo). Dalším simulovaným problémem je proudění mezi dvěma rovnoběžnými



**Obrázek 1:** Proudění ve čtvercové nádobě

deskami vzdálenými od sebe  $1\text{ mm}$ . Mezi desky vtéká voda rychlostí  $0.1\text{ m/s}$ . Obrázek 2 znázorňuje rozvoj rychlostních profilů. Z dané počáteční podmínky se utvářejí parabolické profily se vzrůstající vzdáleností od vstupu. V určitém místě dochází ke zhuštění profilů, což symbolizuje ustálenost proudového pole. Je známo, že plně vyvinutý rychlostní profil má parabolický tvar s maximální rychlostí uprostřed kanálu. K ověření správnosti rozvoje rychlostních profilů je použito známé analytické vyjádření Navierových - Stokesových rovnic pro ustálené jednorozměrné proudění, které je na Obrázku 2 zvýrazněno červeně.

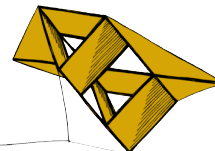


**Obrázek 2:** Proudění mezi rovnoběžnými deskami

## Literatura

Bao, Y., Meskas, J. (2014) *Lattice Boltzmann Method for Fluid Simulations*.

Mohamad, A. A. (2011) *Lattice Boltzmann Method - Fundamentals and Engineering Applications with Computer Codes* London, Springer-Verlag



## Torzní kmitání vysokorychlostního pohonu kolejového vozidla

Pavel Halama<sup>1</sup>

### 1 Úvod

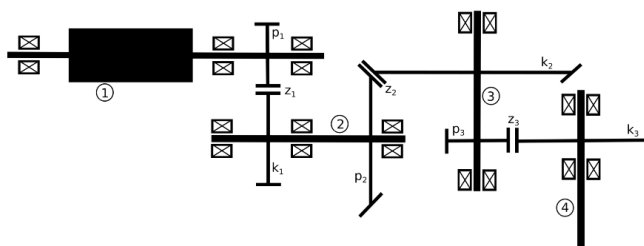
Práce se zabývá modelováním torzního kmitání hřídelových soustav metodou konečných prvků. Předpokládá se stálý záběr ozubených kol bez ztráty kontaktu. Jsou sestaveny dva lineární matematické modely popisující torzní kmity pohonné jednotky  $p$  a pohonné jednotky s kontaktem kolo - kolejnice  $k$ . Matematické modely jsou využity pro stanovení základních dynamických vlastností pohonu a dále je zkoumán vliv kinematických úchylek v ozubení zubových vazeb na torzní dynamiku pohonu.

### 2 Výpočtové modelování pohonné jednotky

Je vytvořen výpočtový model pohonné jednotky, která je vyvíjena na ZČU v Plzni ve spolupráci s firmou Wikov MGI. Fotografie pohonné jednotky a odpovídající kinematické schéma je na obrázku 1, resp. obrázku 2.



Obrázek 1: Fotografie



Obrázek 2: Schéma

Vnitřní rotující vestavba pohonné jednotky je diskretizována metodou konečných prvků. Při předpokladu torzních kmitů lze každou zubovou vazbu nahradit diskrétní visko-elastickou vazbou, matematický model vnitřní rotující vestavby pak lze zapsat ve tvaru

$$\underbrace{\mathbf{M}}_{\mathbf{M}_p} \ddot{\mathbf{q}}_p(t) + \underbrace{(\mathbf{B} + \mathbf{B}_Z)}_{\mathbf{B}_p} \dot{\mathbf{q}}_p(t) + \underbrace{(\mathbf{K} + \mathbf{K}_Z)}_{\mathbf{K}_p} \mathbf{q}_p(t) = \mathbf{f}(t), \quad (1)$$

kde  $\mathbf{q}_p$  je vektor zobecněných souřadnic,  $\mathbf{M}$  je matice hmotnosti,  $\mathbf{B}$  je matice tlumení a  $\mathbf{K}$  je matice tuhosti spojitých i diskretních prvků vnitřní vestavby. Index  $Z$  u matic  $\mathbf{K}_Z$  a  $\mathbf{B}_Z$  představuje matice tuhosti, resp. tlumení zubových vazeb.

Výše zformulovaný matematický model lze dále doplnit o další komponenty. Na výstupní hřídel lze pomocí torzní spojky připojit kolejové kolo s kontaktem kolo - kolejnice a zahrnout také vliv setrvačnosti skříně vozidla, ve které je pohonný systém uložen. Matematický model se tak rozšíří o 2 stupně volnosti a lze ho zapsat ve tvaru

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Počítačové modelování v mechanice, e-mail: halamap@rek.zcu.cz

$$\mathbf{M}_k \ddot{\mathbf{q}}_k(t) + (\mathbf{B}_k + \mathbf{B}_0(s_0, v)) \dot{\mathbf{q}}_k(t) + \mathbf{K}_k \mathbf{q}_k(t) = \mathbf{f}(t), \quad (2)$$

kde matice  $\mathbf{B}_0(s_0, v)$  popisuje vliv momentové charakteristiky motoru a adhezních podmínek ve styku kola s kolejí s linearizovanou adhezní charakteristikou. Tento silně nekonzervativní systém je tedy závislý na provozních parametrech představující relativní skluz  $s_0$  a rychlost vozidla  $v$ .

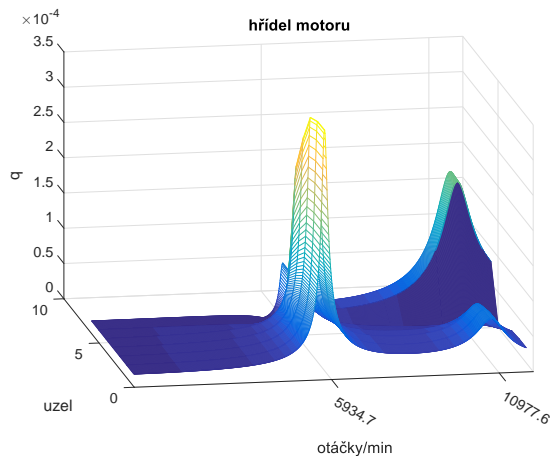
Vnitřní buzení kinematickou úchytkou v ozubení se v matematických modelech projeví ve vektoru pravých stran

$$\mathbf{f}(t) = \sum_{z=1}^3 \left[ k_z \Delta_z(t) + b_z \dot{\Delta}_z(t) \right] \mathbf{c}_z, \quad (3)$$

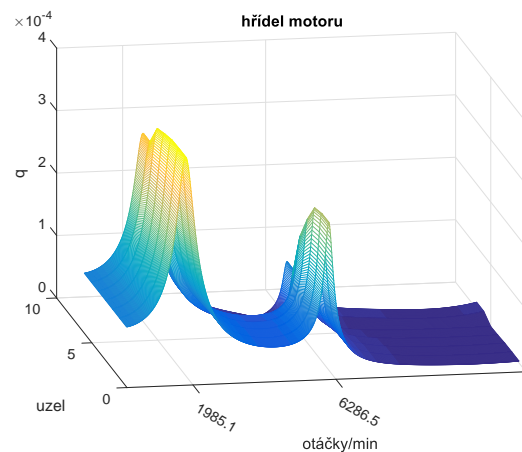
kde  $\Delta_z(t)$  je kinematická úchytkol,  $k_z$  je tuhost ozubení,  $b_z$  je tlumení v ozubení a  $\mathbf{c}_z$  je vektor obsahující poloměry pastorků a kol na odpovídající pozici zubového záběru  $z$ .

### 3 Buzení kinematickou úchytkou v ozubení

Na základě formulovaného matematického modelu kmitání torzní soustavy v různých modifikacích byl sestaven odpovídající výpočtový model v prostředí MATLAB. Byla provedena modální analýza, včetně vizualizace vlastních tvarů kmitání. Dále byla zavedením komplexních amplitud výchylek vypočtena ustálená odezva na vnitřní buzení vlivem kinematické úchytkol. Na obrázku 3 a 4 je ukázka odezvy soustavy na buzení v zubové vazbě  $z_3$  u modelu vnitřní rotující vestavby a pohonné jednotky s kontaktem kolo kolejnice a linearizovanou adhezní charakteristikou. Vykresleny jsou horní efektivní odhady výchylek v uzlech hřídele motoru 1 v závislosti na jeho otáčkách.



Obrázek 3: Vnitřní rotující vestavba

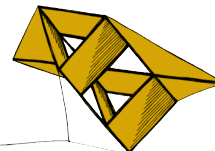


Obrázek 4: Pohonná jednotka s kolem

## Literatura

M. Byrtus, M. Hajžman, V. Zeman (2011), *Dynamika rotujících soustav*, Vydavatelství ZČU v Plzni.

V. Zeman, J. Slavík, V. Stejskal (1997), *Základy dynamiky strojů*, Vydavatelství ČVUT v Praze.



## Modelování a odhadování výsledků ledního hokeje

Pavλίna Hellusová<sup>1</sup>

### 1 Úvod

Hlavním cílem této práce je představit upravený model využívající dvojité Poissonovo rozdělení a porovnat jeho predikční schopnosti s původním modelem, z článku autorů Marka, Šedivé a Āoupala (2014) s využitím dat z české Extraligy.

### 2 Použité modely

#### 2.1 Dvojitý Poissonův model

Ačkoliv v článku autorů Marka, Šedivé a Āoupala (2014) byl jako nejlepší vyhodnocen dvojitý Poissonův model s úpravou prvků na diagonále, pro práci byl vybrán model bez úpravy, kvůli jeho relativní jednoduchosti a téměř stejným predikčním schopnostem.

Předpokladem je, že se počty vstřelených gólů domácích a hostů řídí Poissonovým rozdělením a jsou navzájem nezávislé, pak  $X_{ij} \sim \text{Po}(\lambda_H = \mu\alpha_i\beta_j\gamma)$  a  $Y_{ij} \sim \text{Po}(\lambda_A = \mu\alpha_j\beta_i)$ , kde  $\alpha_i$  je parametr popisující útok,  $\beta_i$  je parametr popisující obranu,  $\mu$  je parametr měřítka a  $\gamma$  zachycuje takzvaný efekt domácího týmu. Parametry  $\alpha_i$  a  $\beta_i$  splňují  $\sum_i \alpha_i = N$  a  $\sum_i \beta_i = N$ , kde  $N$  je počet týmů.

#### 2.2 Upravený dvojitý Poissonův model

Na základě informací z článku autorů Marka a Vávry (2017) byl navržen model, který globální parametr  $\gamma$  upravuje na individuální a zároveň je vhodný pro hokejová data. Poskytuje možnost odlišit hru domácích, ale zároveň zachovává jednoznačnou identifikaci týmů pomocí parametrů  $\alpha_i$  a  $\beta_i$ , které jsou při hře na domácí půdě upravovány.

$X_{ij} \sim \text{Po}(\lambda_H = \mu\alpha_i\gamma_i\gamma\beta_j)$  a  $Y_{ij} \sim \text{Po}(\lambda_A = \mu\alpha_j\beta_i\delta_i\delta)$ , kde  $\gamma_i$  slouží k individualizaci globálního vlivu domácího prostředí a tím pádem dochází k úpravě síly útoku domácího týmu (parametru  $\alpha_i$ ). Parametr  $\delta_i$  upravuje slabost obrany domácího týmu ( $\beta_i$ ). Globální parametry  $\gamma$  a  $\delta$  ve spojení s podmínkou  $\sum \alpha_i = \sum \gamma_i = \sum \beta_i = \sum \delta_i = N$  ( $N$  je počet týmů), zajišťují relativnost parametrů. Podmínky na součet zároveň zaručují jednoznačnou identifikaci parametrů.

### 3 Srovnání modelů

Modely byly porovnávány dvěma způsoby. Prvním z nich bylo vypočítání několika kritérií, díky nimž bylo možné určit kvalitu modelů a druhým bylo ověření účinnosti modelů na fiktivním sázení proti sázkové kanceláři.

---

<sup>1</sup> studentka bakalářského studijního programu Matematika, obor Matematika a finanční studia, e-mail: cervenk4@students.zcu.cz

### 3.1 Srovnání dle kritérií

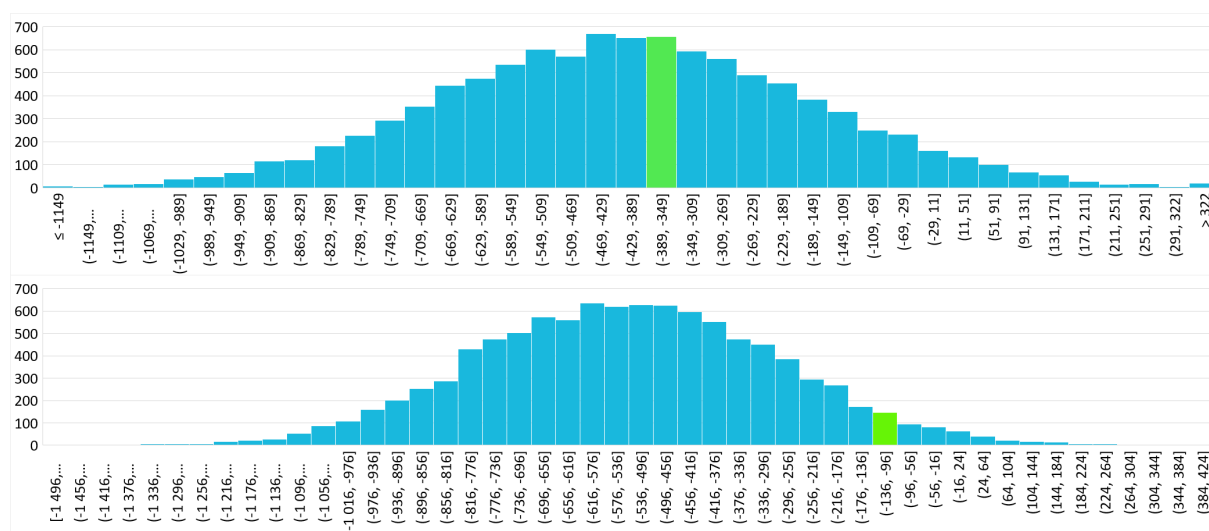
Odhad probíhal od 16. hracího dne (kolo) s využitím parametrů získaných na základě zápasů do předcházejícího kola. Tento postup byl opakován až k poslednímu kolu. V každém z kol byla následně vypočítána pravděpodobnost výhry domácích, výhry hostů a remízy. Hodnotící kritéria jsou *LogLoss* (menší hodnota - lepší), kalibrace *Cal* (blíže 1 - lepší) a přesnost *Ac* (nad 1/3 lepší než náhoda, 1 maximum).

Kritérium	Původní model	Upravený model
<i>LogLoss</i>	1,090	1,121
<i>Cal</i>	1,214	1,212
<i>Ac</i>	0,481	0,484

Tabulka 1: Výsledné hodnoty jednotlivých kritérií pro ověřované modely

### 3.2 Srovnání dle sázení

Předpokládejme „neomezený“ bank a výši sázky  $h = 10$  Kč. Nejprve je definováno kritérium pro vložení sázky  $\varphi = p_m^R \cdot o_m^R$ , kde  $p_m^R, R \in \{H, D, A\}$  je pravděpodobnost výhry domácích, remízy a výhry hostů a  $o_m^R$  je kurz sázkové kanceláře. Pokud je hodnota tohoto kritéria vyšší, než stanovená mez  $L$ , pak dojde k vložení sázky. Vždy musí platit  $L \geq 1$ , aby byla sázka výhodná. V případě, že  $L = 1$  (tedy minimální), je u původního modelu vsazeno na 85,43% zápasů, zatímco u upraveného modelu na 86,09%. Výsledky byly porovnány s naivní metodou náhodných sázek (v obrázku 1 modře).

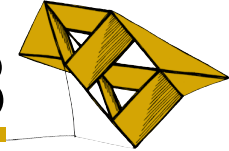


Obrázek 1: Histogramy četností výher/proher v porovnání s původním a upraveným modelem

### Literatura

Marek, P., Šedivá, B., a ěoupal, T., (2014). Modelling and prediction of ice hockey match results. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 357–365, ISSN: 1559-0410.

Marek, P. a Vávra, F. (2017) *Home team advantage in english premier league*. Padova University Press, pp. 244–254.



## Modelování ložisek s naklápěcími segmenty

Václav Houdek<sup>1</sup>

### 1 Úvod

Ložiska s naklápěcími segmenty mají oproti kluzným ložiskům s pevnou geometrií několik výhod. Hlavní výhodou je bezpochyby vyšší obvodová rychlost čepu hřídele. Ložiska s naklápěcími segmenty mohou pracovat při obvodových rychlostech přes 100  $m/s$ . Zároveň mají vysokou tuhost i tlumení. Nevýhodou je jejich konstrukční složitost.

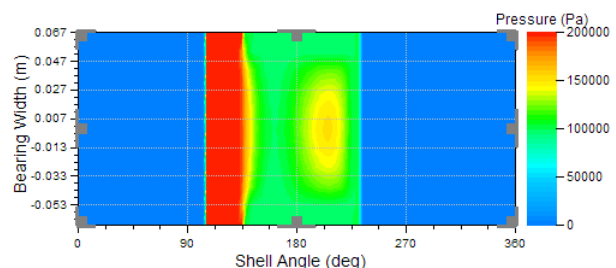
Mezi základní charakteristiky kluzných ložisek patří koeficienty vyjadřující tuhost a tlumení ložiska. Pro jejich výpočet bylo potřeba sestavit komplikované výpočetní modely. Většina dodnes užívaných výpočetních modelů je založena na rovnici sestavené v r. 1886 profesorem Osbournem Reynoldsem.

Tento příspěvek je proto soustředěn na vytvoření metodiky modelování těchto ložisek v multi-body softwaru.

### 2 Multi-body přístup

Matematický model ložiska byl vytvořen v multi-body softwaru AVL Excite. Tento program umožňuje propojit jednotlivá tělesa systému (čep hřídele, segment, ložiskové těleso) nelineárními vazbami (ložisková vazba, pružina, šroub atd.). Při zadání ložiskové vazby lze však uvažovat pouze ložiska s  $2\pi$  olejovým filmem, které nahradí klasické kluzné ložisko s pevnou geometrií. Jednotlivé segmenty mají kratší obvodový úhel (než  $2\pi$ ), a protože se mohou naklápět, je nutné olejový film na každém segmentu uvažovat jako samostatnou vazbu.

Tohoto lze dosáhnout pomocí tlakových okrajových podmínek maziva. Segment je vytvořen jako klasické kluzné ložisko s mazací drážkou, do které neproudí mazivo a která může zaujímat libovolnou výseč v rámci ložiskové pánve. Obr. 1 znázorňuje tlakové okrajové podmínky na jedné  $2\pi$  vazbě, která nahrazuje vazbu mezi segmentem a čepem hřídele. Modře je vyznačena mazací drážka s nulovým tlakem maziva, červeně s tlakem 2 bar (skutečná mazací drážka), zelená část vyznačuje samotný segment.



### 3 Výsledky a porovnání

Nejdůležitějšími charakteristikami ložisek jsou tuhost a tlumení v jednotlivých směrech. Tento příspěvek je zaměřen na identifikaci tuhosti ložiska.

Obrázek 1: Tlakové pole

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Počítačové modelování v technice, obor Počítačové modelování, e-mail: vaclavh@rek.zcu.cz

Pro zjištění všech čtyř koeficientů tuhosti ( $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$ ) byly vytvořeny tři typy zátěžných stavů. V prvním byla simulována odezva ložiska na nominální zatížení 42 570 N. Ve druhém stavu byla připojena síla  $\Delta F_y = 1$  N, která způsobila vychýlení čepu z rovnovážné polohy o  $\Delta_{yy}$  v směru osy  $y$  a o  $\Delta_{yz}$  ve směru osy  $z$ , a ve třetím stavu byla připojena síla  $\Delta F_z = 1$  N, která způsobila vychýlení čepu z rovnovážné polohy o  $\Delta_{zz}$  ve směru osy  $z$  a o  $\Delta_{zy}$  ve směru osy  $y$ . Z tohoto byly zjištěny čtyři výchylky čepu hřídele od nominálního stavu  $d_{yy}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{zy}$  a  $d_{zz}$ , první index značí směr síly druhý směr výchylky.

Koeficienty tuhosti byly zjištěny z této soustavy rovnic

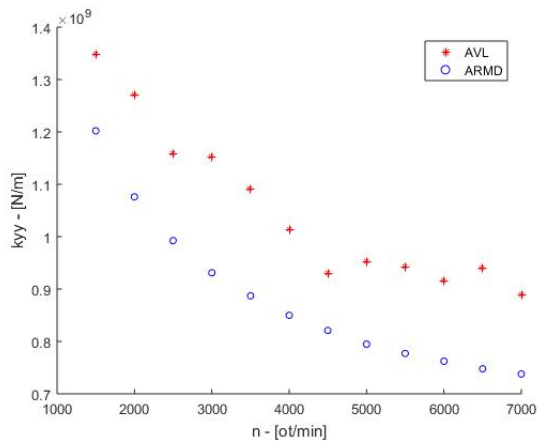
$$\Delta F_y = 1 = k_{yy} \cdot d_{yy} + k_{yz} \cdot d_{yz}, \quad (1)$$

$$0 = k_{zy} \cdot d_{yy} + k_{zz} \cdot d_{yz}, \quad (2)$$

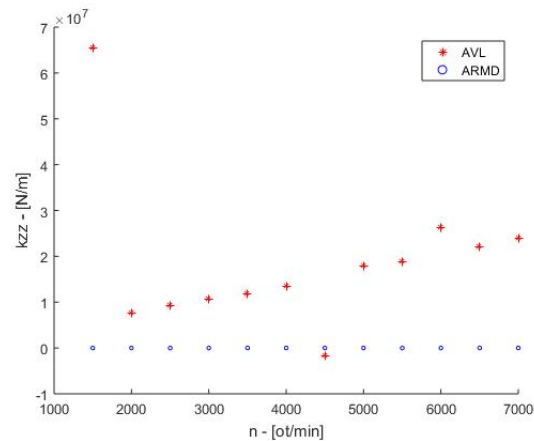
$$0 = k_{yy} \cdot d_{zy} + k_{yz} \cdot d_{zz}, \quad (3)$$

$$\Delta F_y = 1 = k_{zy} \cdot d_{zy} + k_{zz} \cdot d_{zz}. \quad (4)$$

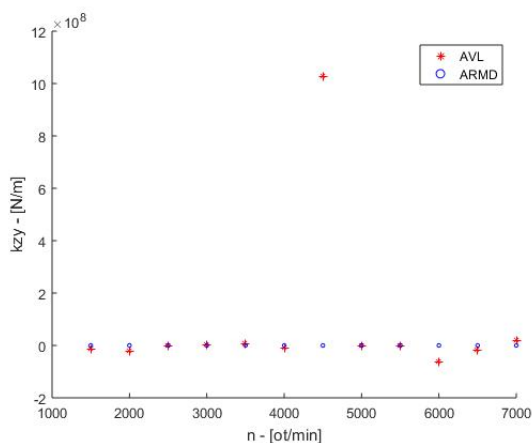
Odezva modelu byla simulována při rychlostech od 1500 ot/min do 7000 ot/min s krokem 500 ot/min a porovnána s modelem vytvořeným v programu ARMD (obr. 2, 3, 4 a 5).



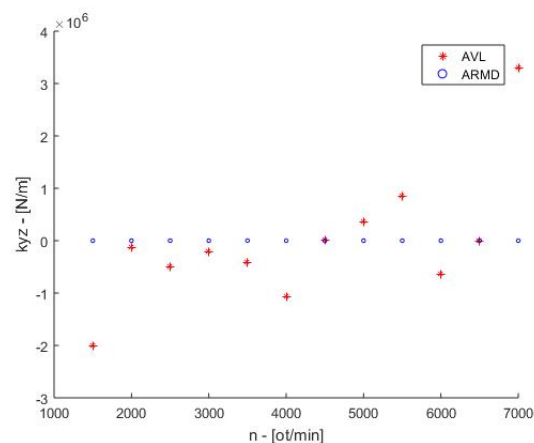
Obrázek 2: Tuhostní koeficient  $k_{yy}$



Obrázek 3: Tuhostní koeficient  $k_{zz}$



Obrázek 4: Tuhostní koeficient  $k_{zy}$

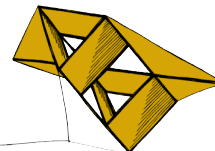


Obrázek 5: Tuhostní koeficient  $k_{yz}$

## Literatura

Stachowiak, G.W., a Batchelor, A.W. (2014) *Engineering tribology*. Oxford, Elsevier/Butterworth-Heinemann.





## Šíření elastických nestacionárních vln v 1D heterogenním prostředí

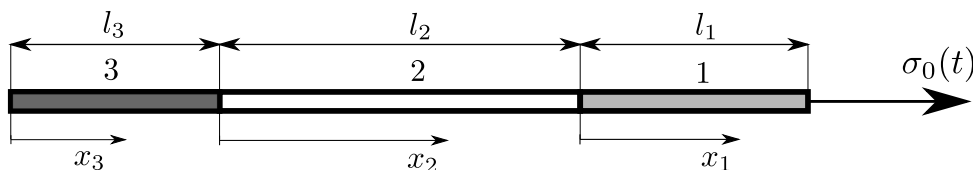
Ondřej Kába<sup>1</sup>

### 1 Úvod

V tomto příspěvku bude prezentováno analytické řešení odezvy tenké heterogenní elastické tyče na libovolné osově zatížení rázového charakteru. Odvozené vztahy a správnost jejich vyčíslení budou následně validovány pomocí experimentálních dat, což umožní využití analytických výsledků pro efektivní řešení inverzních úloh.

### 2 Odvození analytického řešení

Při odvození budeme uvažovat volnou tenkou tyč složenou ze tří částí o různých délkách  $l_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ), viz obr. 1. Materiálové vlastnosti každé ze tří částí budou popsány Youngovým modulem  $E_i$ , hustotou  $\rho_i$  a Poissonovým číslem  $\nu_i$ . Pro každou z uvedených částí zavedeme lokální souřadnici  $x_i$  a dále budeme předpokládat, že pravý konec první tyče je zatížen osovým napětím  $\sigma_0(t)$ , viz obr. 1.



**Obrázek 1:** Schéma úlohy heterogenní tyče

Při odvození vyjdeme z úvahy, že šíření vln v každé ze tří částí je možné popsat vlnovou rovnicí v 1D. Jedná se o parciální diferenciální rovnici v tomto tvaru

$$c_{0,i}^2 \frac{\partial^2}{\partial x_i^2} u_i(x_i, t) = \frac{\partial^2}{\partial t^2} u_i(x_i, t), \quad (1)$$

kde  $u_i(x_i, t)$  je posuv v  $i$ -té tyči v místě  $x_i$  a v čase  $t$  a  $c_{0,i} = \sqrt{E_i/\rho_i}$  je rychlost šíření podélné vlny v  $i$ -té části tyče. Laplaceovou transformací rovnice (1), při uvažování nulových počátečních podmínek, získáme obyčejnou diferenciální rovnici pro Laplaceův obraz hledané funkce  $u_i(x_i, t)$ . Obecné řešení této rovnice lze zapsat ve tvaru

$$U_i(x_i, p) = A_i(p) \sinh\left(\frac{px_i}{c_{0,i}}\right) + B_i(p) \cosh\left(\frac{px_i}{c_{0,i}}\right), \quad (2)$$

kde  $A_i(p)$  a  $B_i(p)$  jsou neznámé komplexní funkce. Tyto funkce odvodíme na základě podmínek spojitosti posuvů a napětí formulovaných na rozhraních jednotlivých částí tyče. Zmíněné podmínky lze zapsat ve tvaru

$$u_1(0, t) = u_2(l_2, t), \quad \sigma_1(0, t) = \sigma_2(l_2, t), \quad (3)$$

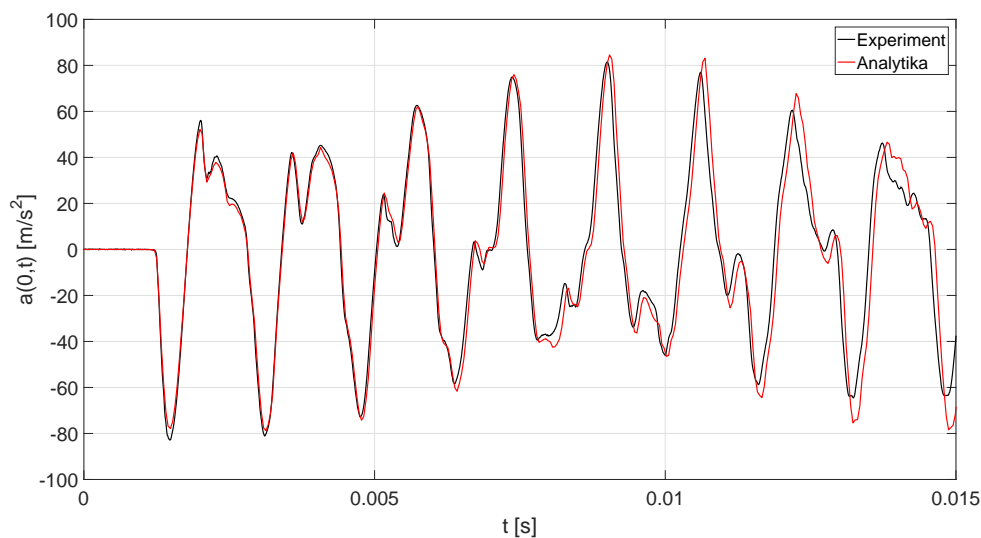
$$u_2(0, t) = u_3(l_3, t), \quad \sigma_2(0, t) = \sigma_3(l_3, t). \quad (4)$$

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Počítačové modelování v technice, obor Počítačové modelování, e-mail: andre.kaba@gmail.com

Dále je nutné připojit okrajovou podmínku pro buzený konec, tj.  $\sigma_1(l_1, t) = \sigma_0(t)$ , a podmínku volného konce  $\sigma_3(0, t) = 0$ . Následným dosazením vztahu (2) a Laplaceova obrazu napětí  $\sigma_i(x_i, t)$ , pro který podle Hookeova zákona platí  $\Sigma_i(x_i, p) = E_i \frac{\partial U_i(x_i, p)}{\partial x_i}$ , do transformovaných okrajových podmínek získáme soustavu algebraických rovnic pro celkem šest hledaných funkcí  $A_i(p)$  a  $B_i(p)$ . Dosazením takto získaných funkcí do (2) dostaneme pak konkrétní tvar odezvy tenké heterogenní tyče na buzení  $\sigma_0(t)$  v Laplaceově oblasti. Zpětnou transformaci těchto obrazů do časové oblasti lze v tomto případě provést přesně pomocí reziduové věty. S ohledem na efektivitu procesu vyčíslení byla však odezva tyče v čase získána pomocí numerické zpětné Laplaceovy transformace.

### 3 Porovnání analytických výsledků s experimentem

Experiment byl realizován na dvou ocelových tyčích o délkách  $l_o = 2$  m s kruhovými průřezy o průměrech  $d = 6$  mm, mezi než byla vlepena hliníková tyč stejného průřezu o délce  $l_h = 0,1$  m. Na jedné straně byla soustava tyčí buzena rázovým kladívkem. Na straně druhé bylo snímáno zrychlení akcelerometrem. Hustoty použitých tyčí byly stanoveny na základě znalosti rozměrů a hmotností tyčí jako  $\rho_o = 7872$  kg/m<sup>3</sup> a  $\rho_h = 2688$  kg/m<sup>3</sup>. Z měření provedených na oddělených tyčích byly dále stanoveny potřebné moduly pružnosti  $E_o = 207$  GPa a  $E_h = 65$  GPa. Tyto hodnoty byly vypočteny ze známých hustot a hodnot změřených rychlostí  $c_0$ . Porovnání výsledků získaných z experimentu a vyčíslených pomocí odvozených vztahů je zobrazeno na obr. 2.



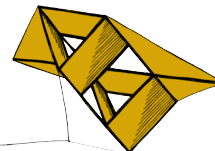
**Obrázek 2:** Porovnání analytických a experimentálních výsledků

### 4 Závěr

V této práci se podařilo odvodit vztahy popisující šíření elastických vln v tenké heterogenní tyči složené ze tří různých materiálů. Díky rychlosti vyčíslení těchto vztahů lze získané výsledky využít pro efektivní řešení inverzních úloh, jako např. identifikace materiálových parametrů a tvaru budicího pulsu.

### Literatura

- Brepta R., Prokopec M. (1972) *Šíření napěťových vln a rázy v tělesech*, Praha, Academia  
 Graff K. F. (1991) *Wave motion in elastic solids*, New York, Dover Publication Inc.  
 Pírko Z., Veit J. (1972) *Laplaceova transformace*, Bratislava, SNTL/ALFA



## Simulace střely florbalovou holí

Dmytro Korch<sup>1</sup>

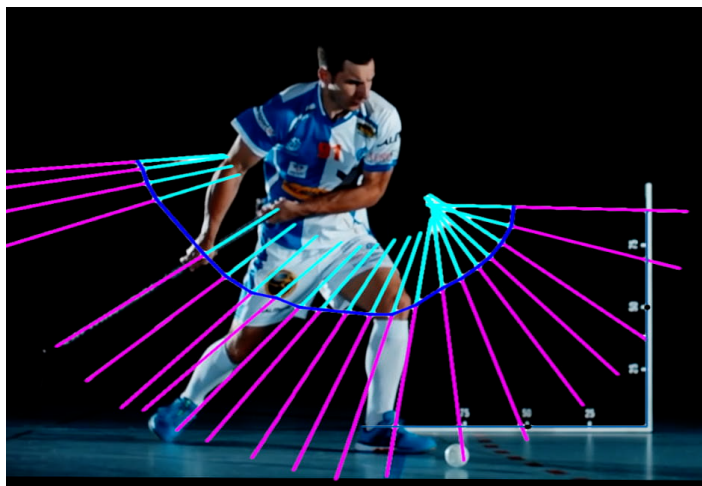
### 1 Úvod

Florbal je halový kolektivní sport, který hrají dvě družstva proti sobě s pěti hráči v poli a jedním brankářem v bráně. Hraje se s dutým umělohmotným míčkem a hráči směřují k jeho přemísťování neomezeně používat nohy a hlavně florbalovou hůl tzv. florbaluku, kdy vyhrává to družstvo, které soupeři vstřelí více branek. Florbal je relativně mladý sport, který v poslední době nabyl zvláště u mládeže velké popularity. Jeho výhodou je finanční nenáročnost, což se díky jeho zvyšující se oblíbenosti také začíná měnit. Výrobci si za své hole nechají značně zaplatit především kvůli aplikovaným technologiím, které mají zlepšit hráčské schopnosti.

Tato práce se zabývá návrhem rozložení tuhosti podél hole při zvolené ohybové tuhosti (*flexu*) tak, aby výsledná rychlost míčku po jeho vystřelení byla co nejvyšší. Díky tomu lze ověřit, zda-li technologie používané na florbalových holích jsou užitečné, či nikoliv.

### 2 Sestavení modelu pro simulaci střely

Aby bylo možné posuzovat efektivitu střely (rychlost míčku po jeho vystřelení) v závislosti na rozložení tuhosti hole po částech, tak byl pro výpočtový systém *Abaqus* vytvořen parametrický skript pomocí programovacího jazyka *Python*, který umožňuje sestavit model explicitní úlohy pro simulaci střely florbalovou holí se zvolenými parametry jednotlivých součástí modelu, jež byly: tyč, čepel, podlaha a míček. Pohyb definující příklepovou střelu byl zadán s využitím bodů úchopů držadla hole, které byly odečteny z videa Salming (2014) viz obr. 1.

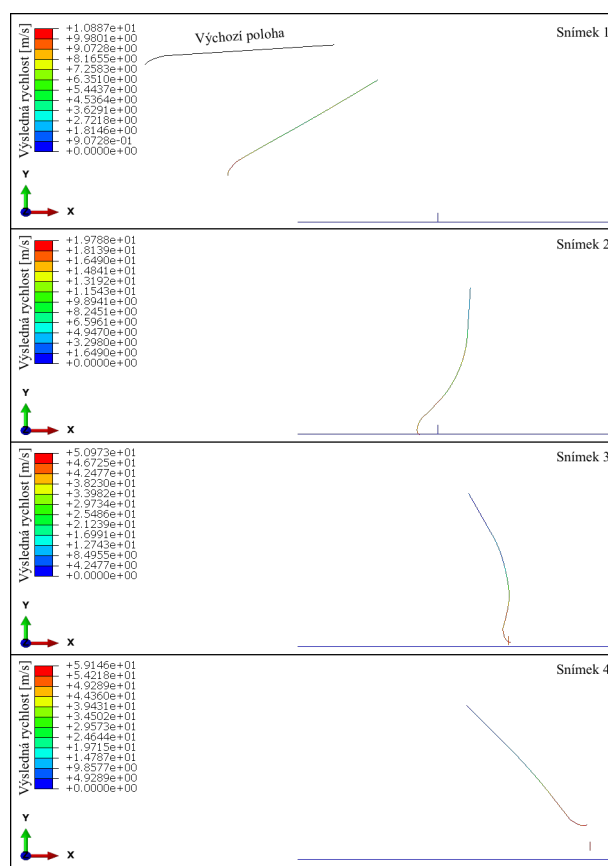


**Obrázek 1:** Trajektorie bodu úchopu hole spodní rukou hráče a polohy tyče

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Počítačové modelování v technice, obor Mechanika, specializace Výpočty a design, e-mail: dmytrokorkh@gmail.com

Model florbalové hole (tyče) byl vytvořen s geometrickými vlastnostmi zjištěnými při zvoleném materiálu na základě reálné hole *Unihoc*. Čepel byla modelována na základě vzoru *Salming Quest Endurance* s hodnotou modulu pružnosti o řád nižší (stejně tak pro míček), nežli u zhomogenizovaného materiálu tyče. Podlaha byla vůči ostatním dílům sestavy uvažována jako tuhá.

Analýza vlivu rozložení tuhosti podél tyče na výslednou rychlost míčku byla provedena pro návrhy se stejnou hodnotou *flexu* dle regulací IFF. Průběh simulace střely si lze prohlédnout na obr. 2, kde při zvolené tuhostní konfiguraci bylo dosaženo navýšení výsledné rychlosti míčku o 16,5 %.



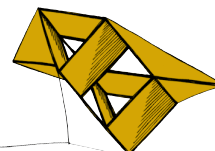
**Obrázek 2:** Průběh střely florbalovou holí

### 3 Závěr

Pro výpočtový systém *Abaqus* byl vytvořen parametrický skript, který umožňuje sestavit model pro simulaci střely florbalovou holí. Díky tomuto modelu se podařilo provést analýzu vlivu rozložení tuhosti podél hole na výslednou rychlost míčku. Při analýze se došlo k závěru, že pomocí vhodné tuhostní konfiguraci lze při stejném *flexu* dosáhnout o 16,5 % vyšší rychlosti míčku po jeho vystřelení.

### Literatura

Salming, S. (2014). Slow Motion: Nico Scalvinoni Powershot. [online] YouTube. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=uLHq4FxRio> [Accessed 21 May 2018].



## Modelování vzniku tenké vrstvy CuZr atom po atomu

Pavla Macháňová<sup>1</sup>

### 1 Úvod

Tato práce se věnuje modelování vzniku tenké vrstvy CuZr pomocí klasické molekulární dynamiky. Simulovala jsem přilétání jednotlivých atomů Cu a Zr na krystalický měděný substrát. Sledovala jsem závislost struktury vzniklé vrstvy na energii přilétajících atomů a na podílu Cu a Zr mezi nimi.

### 2 Zkoumaná látka

Materiál CuZr (měď a zirkonium) může být pro určité složení příkladem kovového skla, které má řadu užitečných vlastností. Některé z nich byly měřené na experimentálně (impulsní magnetronové naprašování) připravené látce CuZr v současné práci Zemana et al. (2017). Materiál vykazoval vysokou tvrdost, hladkost a hydrofóbní povrch. Tyto vlastnosti jsou dobrou motivací k dalšímu zkoumání této látky.

### 3 Metody simulace

Pevné látky je možno simulovat na základě klasické molekulární dynamiky atom po atomu. Díky této metodě můžeme spočítat chování během interakcí mezi klasickými částicemi. Studie zabývající se systémy tvořenými mnoha atomy jsou zjednodušeny s využitím výpočetní techniky, která numericky řeší rovnice popisující pohyb simulovaných atomů. Pro popis interakcí mezi atomy jsem použila empirické potenciály, které popisují energii jako funkci pozic jader atomů, viz Buckinghamův potenciál:

$$U(r) = Ae^{\frac{-r}{\rho}} - Cr^{-6} \quad (1)$$

Konstanty  $A$ ,  $\rho$  a  $C$  jsou kladné a musí být vhodně naftovány pro konkrétní dvojici prvků. Parametr  $r$  je vzdálenost mezi atomy. Využila jsem empirický potenciál naftovaný pro CuZr v publikaci Mendeleev et al. (2007). Simulace jsem prováděla s využitím programu LAMMPS, jehož první verzi představil ve své práci Plimpton (1995).

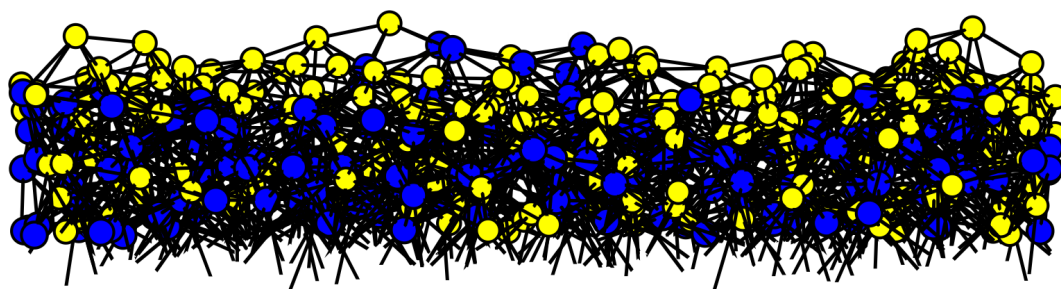
### 4 Výsledky a diskuze

Simulovala jsem vznik tenké vrstvy na měděném substrátu tvořeném 2000 atomy s krystalickou strukturou (kubická plošně centrovaná mřížka). V obou částech simulací jsem nechala na substrát dopadat 3000 atomů Cu a Zr. V první části jsem nechala atomy Cu a Zr přilétat v poměru 1:1 a zkoumala jsem vliv jejich energie (v rozsahu 0.1 – 100 eV). Ukázalo se, že s rostoucí energií přilétajících atomů se stával materiál homogennější ve svém objemu, ale hetero-

---

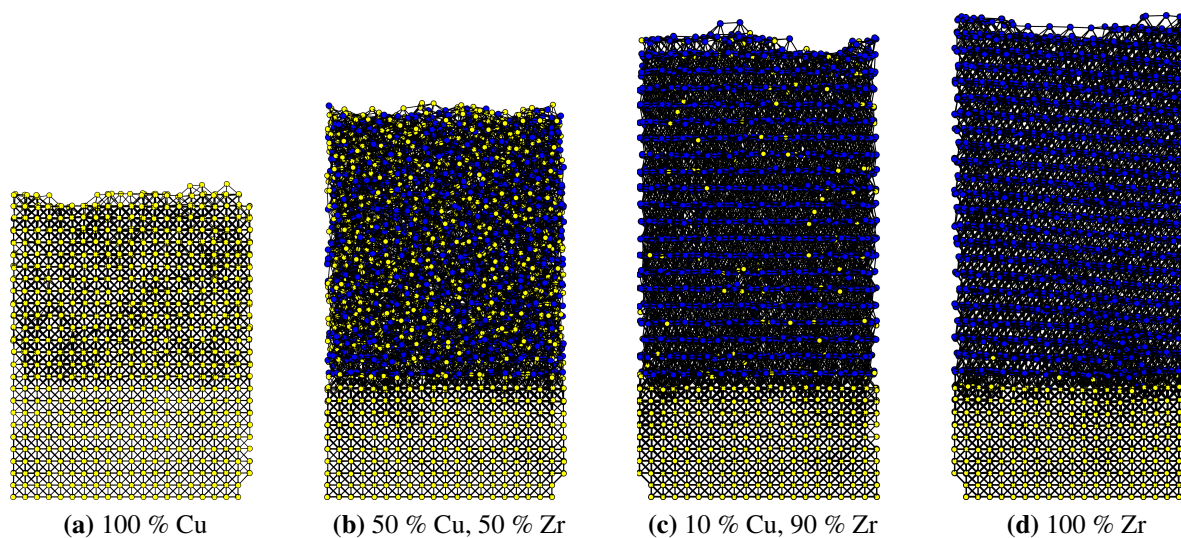
<sup>1</sup> studentka bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Aplikovaná a inženýrská fyzika, specializace Fyzikálně matematické modelování, e-mail: pmachano@students.zcu.cz

genější na povrchu, kde docházelo k segregaci mědi (viz Obrázek 1).



**Obrázek 1:** Vizualizace většinového zastoupení Cu (žlutě) oproti Zr (modře) na povrchu vzniklé tenké vrstvy. Zde příklad pro energii přilétajících atomů 30 eV.

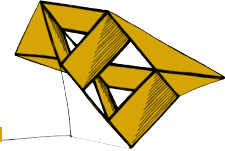
Ve druhé části simulací jsem sledovala vliv poměru Cu a Zr mezi přilétajícími atomy (v rozsahu 100 % Cu až 100 % Zr s krokem 10 %). Atomy přilétaly s energií 1 eV. Na základě simulací jsem zjistila, že vzniklá vrstva bude amorfnní pro podíl Cu 20 – 90 %. Pro zbylé poměry je vrstva krystalická. Tento závěr jsem provedla jak na základě získaných vizualizací (viz Obrázek 2) tak vyšetřením pomocí metody Uspořádání na střední vzdálenost (*Common neighbor analysis*). Výsledky simulace jsou též ve shodě se závěrem práce Zemana et al. (2017), kde byl materiál připraven experimentálně.



**Obrázek 2:** Vizualizace struktury tenké vrstvy v závislosti na poměru Cu a Zr mezi atomy přilétajícími na substrát

## Literatura

- Mendelev, M. I., Sordelet, D. J. and Kramer M. J. (2007) Using atomistic computer simulations to analyze x-ray diffraction data from metallic glasses, *Journal of Applied Physics* 102, 043501
- Plimpton, S. J. (1995) Fast Parallel Algorithms for Short-Range Molecular Dynamics, *Journal of Computational Physics* 117, 1-19, available from: <http://lammps.sandia.gov/>
- Zeman, P., Zítek, M., Zuzjaková, Š. and Čerstvý, R. (2017) Amorphous Zr-Cu thin-film alloys with metallic glass behavior, *Journal of Alloys and Compounds* 696, 1298-1306

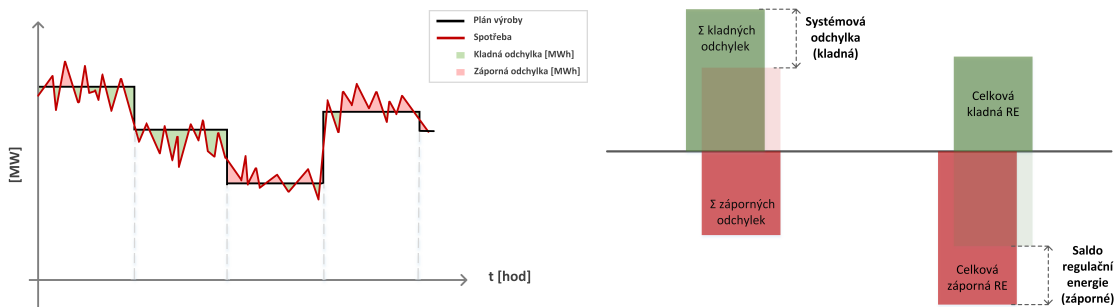


# Statistická analýza systémové odchylky v přenosové soustavě elektrické energie

Michaela Šišková<sup>1</sup>

## 1 Úvod

Tato bakalářská práce zkoumá systémovou odchylku vznikající v elektrizační soustavě. Pokud se tok elektřiny v síti odchyluje od dopředu sjednaného množství, znamená to, že výroba a spotřeba elektřiny nejsou v daném časovém okamžiku vzájemně v rovnováze a systémová odchylka je nenulová. Tato nerovnováha musí být regulována, neboť může ohrozit bezpečnost elektrizační soustavy. Z toho důvodu provozovatel přenosové soustavy odchylku v reálném čase reguluje aktivací tzv. podpurných služeb a nakupováním tzv. regulační energie.



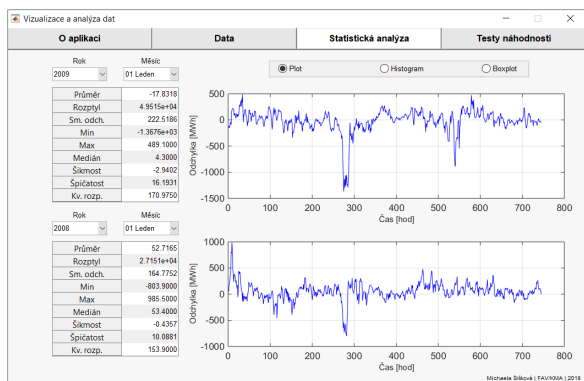
(a) Znázornění vzniku odchylky vlivem nerovnováhy sjednané výroby a skutečné spotřeby (b) Systémová odchylka a tomu odpovídající saldo regulační energie za daný časový interval

Jedním z cílů bakalářské práce je vytvořit program ve vhodném software, který bude historická data systémových odchylek načítat a pro vybraný interval těchto dat bude provádět základní statistickou analýzu a vizualizaci vč. testování na náhodnost pomocí vybraných statistických testů. Dalším cílem práce je analýza možných faktorů majících vliv na systémovou odchylku. Jsou určeny relativní četnosti kladných a záporných odchylek pro vybraná období (den v týdnu, hodina ve dni, ...). Na základě relativních četností a výsledků testů náhodnosti bude odhadnut model časové řady popisující vybraná data.

## 2 Aplikace pro vizualizaci a základní statistickou analýzu dat

Aplikace byla vytvořena v software MATLAB 2014b. Jako vstupní data posloužily historické hodnoty systémových odchylek za jednotlivé obchodní hodiny pro roky 2008–2016, tedy za devět let. Vytvořená aplikace vč. grafického uživatelského rozhraní umožňuje uživateli zkoumaná data procházet v tabulce, vykreslovat a porovnávat různá časová období odchylek a otestovat vybrané časové období z původního souboru na náhodnost.

<sup>1</sup> studentka bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Finanční informatika a statistika, e-mail: siskovam@students.zcu.cz



	2014	2015	2016	Celkem
Pondělí	49	55	59	54
Úterý	59	61	53	58
Středa	55	43	59	52
Čtvrtek	53	67	69	63
Pátek	67	71	76	71
Sobota	69	76	67	71
Neděle	80	78	67	75

(a) Obrazovka *Statistická analýza* jako ukázka vytvořené aplikace (b) Relativní četnosti kladné odchyly pro jednotlivé dny v týdnu, roky 2014–2016 [%]

### 3 Možné faktory ovlivňující odchytku

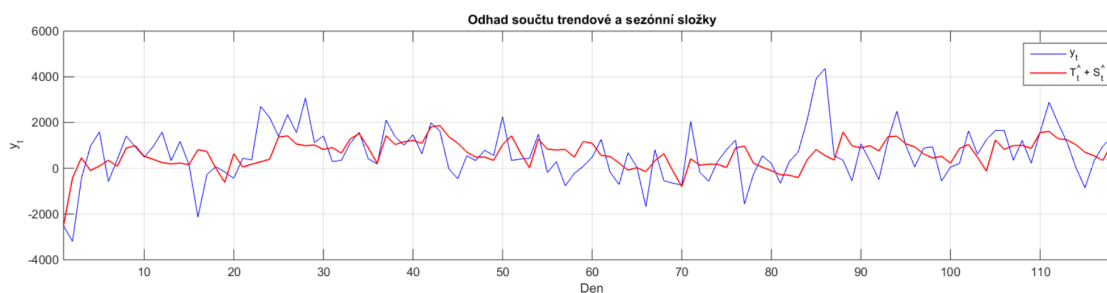
Relativní četnosti jsou v práci použity jako prvotní náhled, zda se v daném případě může jednat o faktor ovlivňující odchytku. Pro jednotlivé dny v týdnu (hodinové hodnoty odchyly jsou agregovány na hodnoty denní, agregace je možná, neboť vstupní data mají charakter tokové veličiny) jsou relativní četnosti kladné odchyly uvedeny v tabulce 2b.

### 4 Dekompozice časové řady

Na základě výsledků implementovaných testů náhodnosti a poznatků získaných při zkoumání možných faktorů majících vliv na odchytku byl pro vybraných 17 týdnů denních odchyly za rok 2016 odhadnut aditivní model časové řady ve tvaru

$$y_t = T_t + S_t + \epsilon_t. \quad (1)$$

Vzhledem k relativním četnostem kladné odchyly pro dny v týdnu očekáváme týdenní sezónnost. Sezónní a trendová složky byly odhadnuty pomocí aditivní Wintersovy metody. Odhad sezónní a trendové složky je na následujícím obrázku.



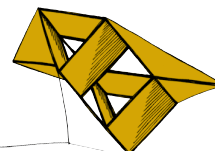
Obrázek 3: Užití Wintersovy metody pro vybrané období

## Literatura

Cipra, T. (1986) *Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii*. Praha, SNTL - Nakladatelství technické literatury.

Flášar, P. et al. (2016) *Úvod do liberalizované energetiky*. Praha, Asociace energetických manažerů.





## Kmitání turbinových lopatek v poli odstředivých sil

Patrik Vladař<sup>1</sup>

### 1 Úvod

Tato práce spočívá v modelování turbinové lopatky jako jednorozměrného kontinua. Model je vytvořen pomocí 1D prvků typu nosník, v nichž jsou respektovány tahové, ohybové a krutové deformace. Cílem je sestavit pohybové rovnice a určit vlastní frekvence a vlastní tvary kmitů lopatky v rotujícím poli odstředivých sil. Velká výhoda tohoto modelu oproti modelům, používajícím 3D prvky, je snížení počtu stupňů volnosti systému a tudíž urychlení řešení problému kmitání lopatek a celého turbosoustrojí. Uvažovaný homogenní, izotropní materiál je popsán Youngovým modulem pružnosti v tahu  $E$  a modulem pružnosti ve smyku  $G$ .

### 2 Sestavení pohybových rovnic

Souřadnicový systém  $\xi, \eta, \zeta$ , který budeme v modelu používat, rotuje společně s lopatkou okolo osy  $\eta$  úhlovou rychlostí  $\omega$ . Souřadnice  $\xi$  je kolmá na příčné průřezy lopatky. V prvním přiblížení budeme uvažovat lopatku prismatickou, což znamená, že má po celé délce konstantní průřez. Je třeba vyjádřit kinetickou a potenciální energii elementu pro následnou aplikaci Lagrangeových rovnic, ze kterých vzniknou pohybové rovnice

$$\mathbf{M}_e \ddot{\mathbf{q}}_e + \omega \mathbf{G}_e \dot{\mathbf{q}}_e + (\mathbf{K}_e + \mathbf{K}_{De} + \mathbf{M}_e^M) \mathbf{q}_e = \mathbf{f}_{De}, \quad (1)$$

$\mathbf{M}_e$  - matice hmotnosti elementu,  $\mathbf{G}_e$  - matice gyroskopických účinků elementu,  $\mathbf{K}_e$  - matice tuhosti elementu,  $\mathbf{K}_{De}$  - cirkulační matice elementu (závisí na  $\omega^2$ ),  $\mathbf{f}_{De}$  - vektor cirkulačních sil elementu,  $\mathbf{M}_e^M$  - matice membránových sil (zohledňuje účinky osové síly v příčných směrech  $\eta, \zeta$ ). Jeden prvek má 16 stupňů volnosti, celá lopatka 42. V jednom uzlu sou jimi posuvy do 3 směrů ( $u, v, w$ ), 3 natočení ( $\varphi, \vartheta, \psi$ ), zkрут  $\varphi'$  a relativní prodloužení  $u'$ . Všechny matice a vektory všech prvků z posledního vztahu (1) použijeme pro sestavení celkových matic  $\mathbf{M}, \mathbf{G}, \mathbf{K}, \mathbf{K}_D, \mathbf{M}^M, \mathbf{f}_D$  metodou konečných prvků.

### 3 Deplanační funkce

Deplanace je jev, který by se doslovně přeložil asi jako “znerovinění”. Znamená odchylku bodu průřezu od roviny kolmé na osu prvku v důsledku zkroucení. Deplanační funkci počítáme z minimalizace funkcionálu potenciální energie deformace od Bittnar a Šejnoha (1992) s respektováním podmínek od Dupal a Zajíček (2017)

$$\iint_A g dA = 0, \quad \iint_A g\eta dA = 0, \quad \iint_A g\zeta dA = 0. \quad (2)$$

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Počítačové modelování v technice, obor Mechanika, e-mail: vladař@students.zcu.cz

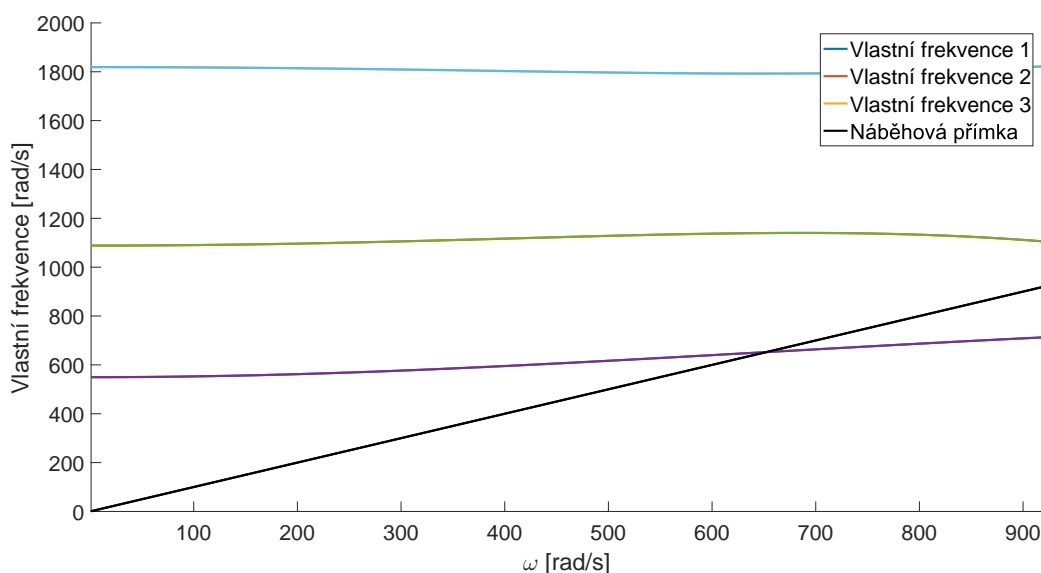
Tyto podmínky zajistí silovou rovnováhu na prvku ve směru  $\xi$ , respektive momentovou rovnováhu k osám  $\eta$  a  $\zeta$ . Diskretizací pomocí MKP dostaneme soustavu  $n + 6$  rovnic o  $n + 6$  neznámých, kde  $n$  je počet uzlů v síti.

## 4 Vstup a výstup

Nyní známe pohybové rovnice i v nich vystupující deplanační funkci. Uvažujme vstupní hodnoty  $E = 210 [GPa]$ ,  $G = 80 [GPa]$ , lopatku o délce  $0,662 [m]$ , rozdělenou na 5 prvků. Cílem je zjistit vlastní frekvence soustavy a jim odpovídající vlastní tvary kmitu. Sestavme matice

$$\mathbf{N} = \begin{bmatrix} \mathbf{G} + \mathbf{B} & \mathbf{M} \\ \mathbf{M} & \mathbf{0} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{M}^M - \mathbf{K} - \mathbf{K}_D & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{M} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A} = \mathbf{N}^{-1}\mathbf{P} \quad (3)$$

a zjistíme vlastní čísla a vlastní vektory matice  $\mathbf{A}$ . Aby byl systém stabilní, musí být reálná část každého vlastního čísla záporná. Imaginární část vlastního čísla představuje vlastní frekvenci. Následující graf je Campbellův diagram pro první tři nejnižší vlastní frekvence včetně náběhové přímky



Obrázek 1: Campbellův diagram

Z grafu lze vyčíst kritickou úhlovou rychlost a převést ji na kritické otáčky  $6\,626 [ot \cdot min^{-1}]$ , kterým je třeba se při provozu vyhnout. Ještě je třeba dodat, že lopatka ztrácí stabilitu při  $14\,295 [ot \cdot min^{-1}]$ . Dříve (při  $3\,992 [ot \cdot min^{-1}]$ ) je však překročena mez kluzu (pro ocel zhruba  $0,3 [GPa]$ ). V 1. tvaru kmitu dominuje tah a ohyb ve směru osy  $\eta$ . Ve 2. a 3. tvaru kmitu je dominantní ohyb ve směru osy  $\zeta$ .

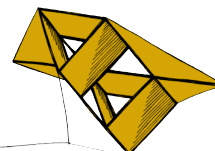
## Literatura

Bittnar, Z., Šejnoha, J., *Numerické metody mechaniky 2*. Vydavatelství ČVUT Praha 1992.

Dupal, J., *Modelování turbinových lopatek a jejich kmitání v poli odstředivých sil*. VZ NTIS - VP3 - 0011/2017, Plzeň 2017.

*Sekce*

Informatika, kybernetika



# Prohledávání dokumentů podle automaticky extrahovaných vzorů

Josef Baloun<sup>1</sup>

## 1 Úvod

*Prohledávání dokumentů podle automaticky extrahovaných vzorů* je problémem z oblasti *information retrieval*. Lze ho také nalézt pod pojmy jako *rozpoznávání* nebo *vyhledávání slov v ručně psaných dokumentech*. V anglické literatuře je nejčastěji použit termín *word spotting*.

Toto prohledávání je děleno podle vstupního kritéria, kterým může být obrazový vzor (dále jako *QbE*) nebo textový řetězec (dále jako *QbS*). Při prohledávání se snažíme na základě vstupního kritéria nalézt obrázky s odpovídajícím slovem. Úspěšné vyřešení by usnadnilo práci např. v situaci, kdy má historik najít v kronice, která obsahuje 1 000 stran textu, všechny zmínky o klášteře v Teplé.

Cílem této práce je návrh a implementace metod, které umožní vyhledávání těchto slov. Předpokladem je předem provedená segmentace dokumentu na obrázky slov. K dosažení tohoto cíle jsou použity neuronové sítě.

## 2 Databáze

Pro trénování a vyhodnocení je použita databáze Parzival (více viz Fischer et al. (2012)). Pro potřeby této práce obsahuje normalizované obrázky slov s přepisy a nadefinované sady trénovacích, validačních a testovacích dat.

## 3 Architektury neuronových sítí

Vedle experimentální sítě byly navrženy tři architektury. První je konvoluční síť (dále jako *cnn*), kde jsou vstupní obrázky upraveny na stejný rozměr. Síť čerpá z Karpathy et al. (2017) a je složena z devíti konvolučních vrstev (32, 64 nebo 128 filtrů o velikosti 3 x 3, 1 x 1 stride, padding a ReLU aktivační funkce). Za druhou, čtvrtou, šestou a devátou konvoluční vrstvou následuje vždy jedna max pooling vrstva (2 x 2 poolsize, 2 x 2 stride). Za nimi následují tři fully-connected vrstvy (první dvě mají 3072 a 2048 neuronů s ReLU aktivační funkcí, poslední výstupní vrstva má 952 neuronů a sigmoidu jako aktivační funkci).

Druhá architektura (dále jako *spp*) využívá Spatial Pyramid Pooling vrstvu (viz He et al. (2014)), díky které se síť dokáže vypořádat s různými rozměry vstupních obrázků. Architektura vychází z *cnn*, kde je místo poslední max pooling vrstvy použita Spatial Pyramid Pooling vrstva (1 x 1, 2 x 2 a 4 x 4 mřížka).

Třetí architektura (dále jako *lstm*) je založena na konvoluční LSTM (viz Shi et al. (2015)), kde je vstupní obrázek převeden pomocí posuvného okna na sekvence. Architekturu tvoří tři vrstvy s konvoluční LSTM, za kterými následují max pooling vrstvy. Výstup tvoří jedna fully-connected vrstva (952 neuronů a sigmoidu jako aktivační funkce).

---

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Inženýrská informatika, obor Informatika, e-mail: balounj@students.zcu.cz

## 4 Vyhodnocení

Výše popsané modely neuronových sítí *cnn*, *spp* a *lstm* slouží pro odhadnutí PHOC vektoru (viz Almazán et al. (2014)) k danému obrázku. Na základě porovnávání těchto vektorů jsou vráceny odpovědi pro jednotlivé dotazy. Pro vyhodnocení (viz tab. 1) je použita evaluační metrika Mean Average Precision (dále jako *MAP*) pro QbS i QbE dotazy. Další metrikou je přesnost (dále jako *acc*), která představuje správné zařazení obrázků do tříd slov. Protože v některých člancích vyhodnocují *MAP* pouze pro dotazy obsažené v trénovací části sady, jsou přidány i výsledky pro tento postup jako *T-MAP QbS* a *T-MAP QbE*.

	MAP QbS	MAP QbE	acc	T-MAP QbS	T-MAP QbE
<i>cnn</i>	92,62 %	90,01 %	90,51 %	95,28 %	90,63 %
<i>spp</i>	90,54 %	87,57 %	85,19 %	92,34 %	87,78 %
<i>lstm</i>	70,92 %	67,86 %	78,73 %	81,93 %	70,29 %

**Tabulka 1:** Výsledky naměřené na testovací části sady z databáze Parzival

## 5 Závěr

Nejlepších výsledků dosáhla architektura *cnn* (viz tab. 1), se kterou se podařilo na dotazy podle vzoru i řetězce (viz obr. 1) vrátit relevantní odpovědi v datové kolekci Parzival. Ukázalo se tak, že je možné tento systém použít v praxi, pokud bude splněna podmínka úspěšné segmentace dokumentu a připraveno dostatek trénovacích dat.



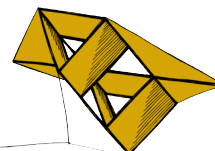
**Obrázek 1:** Odpověď na QbS dotaz pro slovo *aventivre* seřazená zleva (zelená je správně, červená je chybně)

## Poděkování

Tato práce vznikla za podpory projektů CERIT Scientific Cloud (LM2015085) a CESNET (LM2015042) financovaných z programu MŠMT Projekty velkých infrastruktur pro VaVaI.

## Literatura

- Almazán, J., Gordo, A., Fornés, A., Valveny, E. (2014) Word spotting and recognition with embedded attributes. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*.
- Fischer, A., Keller, A., Frinken, V., Bunke, H. (2012) Lexicon-free handwritten word spotting using character HMMs. *Pattern Recognition Letters*.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J. (2014) Spatial Pyramid Pooling in Deep Convolutional Networks for Visual Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
- Karpathy et al. (2017) *CS231n Convolutional Neural Networks for Visual Recognition*. Available from: <http://cs231n.github.io/> [Accessed 28th November 2017].
- Shi, X., Chen, Z., Wang, H., Yeung, D., Wong, W., Woo, W. (2015) Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting. *CoRR*.



## Segmentace textu dle tématu

Jan Beneš<sup>1</sup>

### 1 Úvod

Cílem této práce je návrh, implementace a vyhodnocení různých segmentačních algoritmů. Výstupem segmentačních algoritmů je informace, zda se na dané pozici vyskytuje tématický předěl, či nikoliv. Z této formulace je možné usoudit, že je segmentace úzce spjata s vědní disciplínou klasifikace.

V práci jsou využity převážně tradiční metody typu SVMs. SVMs podávají excelentní výsledky při klasifikaci textu, což je důvod, proč jsou zde tyto algoritmy aplikovány. Výjimku v tradičnosti pak tvoří použití moderních rekurentních neuronových sítí typu LSTM (Hochreiter et al. (1997)).

### 2 Řešení

Jelikož mi bylo dáno k dispozici poměrně velké množství dat s přidělenými tématy, vytvořil jsem algoritmus, který využívá informaci o tématu článků pro segmentaci textu. Alternativní přístupy (Georgescu et al. (2006)), které též používají v procesu segmentace klasifikátor SVM, většinou pracují pouze s informací o tématických hranicích článků, nikoliv však s informací o samotných tématech.

Vstupními daty jsou dva soubory (trénovací a testovací data) s českými zpravodajskými články s přidělenými tématy. V trénovacím korpusu je 205128 článků, v testovacím 43847 článků.

Nejprve je nutné z trénovacích dat vyjmout tzv. *held out* data (také někdy označováno jako *cross validation* data). Tato data se používají pro optimalizaci hyperparametrů (parametr, jenž je nastaven před samotným trénováním). V tomto případě jsem vyjmul 10 % dat, což je v absolutních číslech 20513 článků.

Takto zpracovaná data jsem dále vektorizoval. K tomuto úkonu jsem použil třídu *TfidfVectorizer* z knihovny *scikit-learn*. Na takto zpracovaných datech jsem dále natrénoval klasifikátor SVM.

V této práci jsem vyzkoušel několik různých přístupů.

Nejlepším přístupem se ukázalo být natrénování rekurentní neuronové sítě typu LSTM na tématických predikcích z klasifikátoru SVM. Neuronovou síť jsem implementoval v knihovně *Keras*. Síť sestává ze 2 vrstev. První vrstva obsahuje 32 neuronů typu LSTM. V druhé vrstvě je jeden neuron s aktivační funkcí *sigmoid*.

---

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: benesjan@students.zcu.cz

### 3 Výsledky

V tabulce níže jsou seřazeny výsledky různých segmentačních přístupů. *WindowDiff* (Pevzner, Lev, Hearst, Marti (2002)) a  $P_k$  (Beeferman, Berger, Lafferty (1999)) metriky udávají míru chybovosti algoritmu, proto mají tyto metriky oproti F míře inverzní charakter.

	$F_1$	$P_k$	<i>WindowDiff</i>
Triviální algoritmus	0,216	0,479	0,836
Prahování rozdílu od předešlých vzdáleností	0,392	0,339	0,495
K-means	0,400	0,387	0,626
Binární SVM	0,444	0,376	0,660
Prahování rozdílu od okolí	0,491	0,299	0,418
Prahování euklidovské vzdálenosti	0,507	0,337	0,404
Sekvenční shlukovací algoritmus	0,662	0,240	0,325
Prahování kosinové vzdálenosti	0,678	0,234	0,284
LSTM - nezpracované predikce	<b>0,854</b>	<b>0,105</b>	<b>0,133</b>

**Tabulka 1:** Tabulka výsledků

Vidíme, že nejvyšší dosažená hodnota F míry **0,854** je o 17,6 % lepší než druhý nejlépe fungující přístup. Toto zjištění není překvapující, jelikož data mají sekvenční charakter, čehož je tento typ neuronové sítě schopen využít.

### 4 Závěr

V této práci jsem zjistil, že rekurentní neuronové sítě podávají dobré výsledky při aplikaci na problém segmentace textu.

Tento typ neuronových sítí by zároveň mohl být i cestou k dosažení ještě lepších výsledků. Nevýhodou modelů hlubokého strojového učení je, že existuje velké množství hyperparametrů, kterými se dá ovlivnit chování modelu. Počítačová optimalizace těchto parametrů vyžaduje obrovský výpočetní výkon, proto jsou pro efektivní nastavení vyžadovány expertní znalosti. Z toho důvodu se dá usoudit, že nastavení modelu pravděpodobně není optimální. Výhodou těchto moderních přístupů oproti tradičním však je, že při volbě dostatečně komplexní struktury zvětšení trénovacího datasetu téměř vždy přinese zlepšení prediktivních schopností modelu. Proto je pravděpodobné, že zvětšení datasetu je cesta k dosažení ještě lepších výsledků.

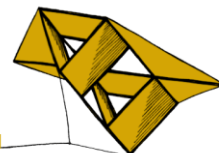
### Literatura

Hochreiter, Sepp and Schmidhuber, Jürgen (1997) Long Short-Term Memory, *Neural Comput.*, Cambridge, MA, USA

Georgescu, Maria and Clark, Alexander and Armstrong, Susan (2006) Word Distributions for Thematic Segmentation in a Support Vector Machine Approach, *Proceedings of the Tenth Conference on Computational Natural Language Learning*, Stroudsburg, PA, USA

Pevzner, Lev and Hearst, Marti A. (2002) A Critique and Improvement of an Evaluation Metric for Text Segmentation, *Comput. Linguist.*, Cambridge, MA, USA

Beeferman, Doug and Berger, Adam and Lafferty, John (1999) Statistical Models for Text Segmentation *Mach. Learn.*, Hingham, MA, USA



# Identifikace rodného jazyka pisatelů na základě anglicky psaných esejů

Robert Brada<sup>1</sup>

## 1 Úvod

Identifikací rodného jazyka rozumíme úlohu, ve které chceme automaticky určit rodný jazyk autora čistě na základě textu, který je autorem napsán v jiném než rodném jazyce (v této práci angličtina). Cílem této práce je navrhnout systém umělé inteligence, který bude v této úloze dosahovat co nejlepšího skóre.

Uplatnění výsledků lze najít například v oblasti výuky cizího jazyka. Je zřejmé, že lidé se stejným rodným jazykem budou náchylní k tomu, aby dělali podobné chyby při studiu cizího jazyka. Naučí-li se systém takové vlastnosti rozpoznávat, může být jazykovým studentům poskytnuta cílená zpětná vazba ohledně jejich chyb, což značně zefektivní výuku.

Tato úloha se řeší metodou strojového učení, což je oblast umělé inteligence zabývající se technikami, které umožňují počítačovému systému učit se, aniž by musel být naprogramován pro konkrétní úlohu.

## 2 Postup řešení

K naučení systému je třeba mít dostatek dat. My budeme pracovat s datovým korpusem, který obsahuje 12 100 anglicky napsaných esejů. Tyto eseje psali autoři s 11 různými rodnými jazyky, kterými jsou: arabština, čínština, francouzština, němčina, indština, italština, japonština, korejština, španělština, telugština, tureština.

Samotné texty ovšem musíme předzpracovat. Vstupem do algoritmů strojového učení musí být vektor fixní délky (tzv. příznakový vektor). Texty tedy musíme na takové vektory převést. Správná volba příznakového vektoru je klíčová při návrhu modelu a má zásadní vliv na dosažené výsledky. Příznaky mohou tvořit například slova, dvojice slov, slovní druhy a podobně. Jak převést texty na vektory pomocí tzv. *Bag Of Words* modelu lze vidět na následujících příkladu:

### **Příklad:**

K dispozici je datová sada obsahující 2 texty, které chceme převést na vektory:

*Text 1:* Nevím, zda je to možné.

*Text 2:* Je možné, že je to pravda.

	je	možné	nevím	pravda	to	zda	že
Text 1	1	1	1	0	1	1	0
Text 2	2	1	0	1	1	0	1

**Tabulka 1:** Příklad vytvoření příznakového vektoru

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, e-mail: bradar@students.zcu.cz



Kromě zmíněného *Bag Of Words* modelu lze využít i *doc2vec* modelu, který je složitější a využívá neuronových sítí. Tento model je blíže popsán v originální práci.

Úkolem je tedy převést na příznakové vektory všechny texty z datového korpusu. Dalším krokem je texty rozdělit na trénovací a testovací množinu. Texty z trénovací množiny můžeme použít k natrénování klasifikátoru (*klasifikátor = algoritmus, který určuje, do které z kategorií text patří*). Texty z testovací množiny využijeme k určení přesnosti klasifikace.

### 3 Výsledky

Klasifikátorů, které lze použít, je celá řada a jejich výběr výrazně ovlivňuje přesnost klasifikace. Testuje se tedy jak použitý model tvorby příznakových vektorů, tak použitý klasifikátor. V tabulce jsou uvedeny nejlepší výsledky pro jednotlivé modely a také přesnost výchozího modelu, ze kterého se vycházelo. Modely a klasifikátory mají další parametry, jejichž detailnější popis lze najít v originální práci.

Model	Klasifikátor	Přesnost klasifikace
Bag Of Words (výchozí)	SVC	71,0 %
Bag Of Words	SVC	84,3 %
doc2vec	SVM	69,6 %

**Tabulka 2:** Výsledky klasifikace

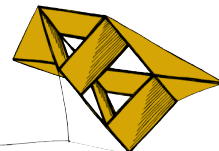
### 4 Závěr

Cílem práce bylo najít systém, který bude mít co nejlepší přesnost klasifikace. Z dosažených výsledků je zřejmé, že takovým systémem je ten využívající *Bag Of Words* model, který měl o 13,3% lepší přesnost klasifikace než výchozí model. Tento model využíval jako příznaky trigramy slov a 11-gramy znaků. Výchozí model využíval jako příznaky jednotlivá slova.

Přesnost klasifikace ovšem není jediným měřítkem, podle kterého se řídit, pokud chceme systém využít v praxi. Může docházet například k přetrénování, dále potřebujeme nějak interpretovat důležitost příznaků, podle kterých se klasifikátor rozhoduje a podobně. Tyto aspekty jsou rozebrány v originální práci. Závěrem je, že klasifikátor s nejlepší přesností je výrazně přetrénován a i systém využívající *doc2vec* model poskytuje i přes horší přesnost klasifikace velmi užitečné informace.

### Literatura

- Ircing, P. *Vektorová sémantika a vyhledávání informací*. Slajdy z přednášek předmětu Vyhledávání informací (IR) na ZČU.
- Le, Q., a Mikolov, T. (2014) *Distributed Representations of Sentences and Documents*. Proceedings of the 31st International Conference on International Conference on Machine Learning, Beijing.
- Simeone, O. (2017) *A Brief Introduction to Machine Learning for Engineers*. King's College London, Department of Informatics.
- Tetreault, J., Blanchard, D., a Cahill, A. (2013) *A Report on the First Native Language Identification Shared Task*. Proceedings of the Eighth Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, pp 48-57.



## Měření a vyhodnocení kognitivních evokovaných potenciálů

Simona Fricová<sup>1</sup>

### 1 Úvod

S velkým rozvojem a popularitou umělé inteligence vyvstává otázka, zda by bylo možné ovládat počítač myslí. K uskutečnění této poněkud sci-fi vize by mohlo napomoci měření a vyhodnocování mozkových vln, jež jsou vyvolány mozkovou činností při zpracovávání podnětů. Možné využití této metody je i dorozumívání se s pacienty, kteří nemají jinou možnost komunikace nebo při policejním vyšetřování jako detektor lži.

Tato práce se zabývá kognitivními evokovanými potenciály ERP (Event-related potentials), které jsou součástí záznamu EEG a vznikají jako odezva na kognitivní stimul. U 15 testovaných subjektů bylo změřeno EEG při sledování prezentace, které bylo následně vyhodnoceno pomocí MATLAB nástrojů EEGlab a EERlab.

### 2 Měření

Nejprve byly provedeny experimenty, které již byly zmíněny ve vědeckých publikacích, pro ověření měřicí techniky. Následně byla měřena reakce na fotky známého člověka mezi neznámými lidmi a reakce na správně a chybně spočtené matematické příklady. První experiment měl ověřit výskyt ERP vlny P300, jež vzniká v důsledku spatření (nebo slyšení) očekávaného a vzácného stimulu, a ve druhém experimentu jsme se snažili objevit souvislost některé mozkové vlny s uvědoměním si chyby ve výpočtu.

Pro vytvoření prezentace bylo použito prostředí OpenSesame, jež má vhodné vlastnosti pro tvorbu neurologických experimentů. V prezentaci se v prvním experimentu střídaly (v různém pořadí) fotky známého člověka a neznámých lidí a měřily se mozkové vlny. Ve druhém experimentu běžela na obrazovce, kterou měřený subjekt sledoval, sekvence jednoduchých matematických příkladů na sčítání, odčítání, násobení, dělení.

Měřená data byla u každého experimentu rozdělena do dvou tříd podle toho, zda se jednalo o známý/neznámý stimul nebo o správně/špatně spočtený příklad. Výsledky byly poté zpracovány v programu MATLAB, kde byly filtrovány a průměrovány pro odstranění okolního EEG signálu, který je zde považován za šum. Pro evaluaci výsledků je nezbytné mít kromě naměřeného signálu a jeho zařazení i časový údaj o tom, kdy se jaký stimul zobrazil.

Každá ERP vlna je charakteristická svou výchylkou a časem výskytu od zobrazení stimulu. Některé kognitivní potenciály a podmínky jejich vzniku jsou již prozkoumané a pojmenované. Asi nejznámější je vlna P300, což je pozitivní výchylka dosahující svého maxima okolo 300 *ms*.

---

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, specializace Kybernetika a řídicí technika, e-mail: fricosim@students.zcu.cz

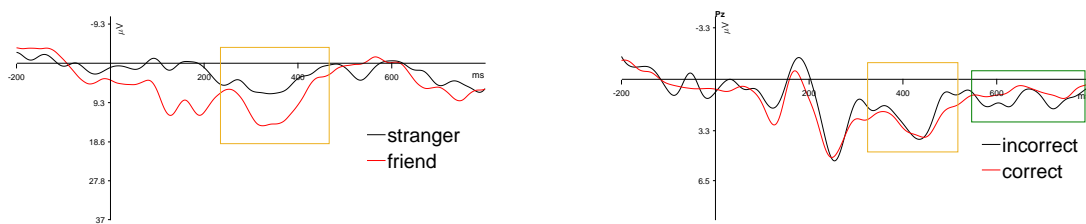
Měření bylo provedeno pomocí přístroje zvaného elektroencefalograf. Měřený subjekt měl na hlavě speciální čepici s měřicími elektrodami, na čele měl referenční a na jednom ušním lalůčku zemnicí elektrodu. Hlava pod elektrodami byla namazána vodivým gelem pro snížení impedance. Byl měřen elektrický potenciál mezi měřicí a zemnicí a mezi referenční a zemnicí elektrodou. Diferenční zesilovač zesiluje rozdíl mezi těmito dvěma potenciály.

### 3 Úprava naměřených dat

Abychom byli schopni naměřená data interpretovat, musíme nejprve provést několik úprav. Ze signálu je nutné ve frekvenční oblasti vyfiltrout příliš vysoké nežádoucí frekvence, které mají původ v pokynech mozku k pohybu svalů. K tomuto účelu se používá low-pass filtr. Dále je nutné ze signálu vystříhnout artefakty vzniklé mrknutím. Signál se dále rozdělí na epochy na základě informace o zobrazení stimulu. Následně jsou epochy rozděleny podle informace o zařazení do skupin (známý/neznámý, správně/chybně spočtený) a každá skupina je zprůměrována. Tak se eliminuje rušivý EEG signál, který je považován za šum a zprůměrováním dostatečného počtu vzorků se vynuluje.

### 4 Výsledky

V prvním experimentu se zřetelně objevila vlna P300 jako reakce na známou osobu. Ve druhém experimentu se také objevila vlna P300 a to jak u správně tak u špatně spočteného příkladu, což nebylo očekávané. Reakce na správně a chybně spočtené příklady byla hodně podobná až na malou pozitivní výchylku u chybně spočtených příkladů kolem  $600\text{ ms}$  pouze u některých osob. Výskyt vlny P300 pravděpodobně pramení z toho, že testovaná osoba nějaký příklad očekávala a soustředila se na něj, neboť ho musela počítat. Výchylka u špatně spočteného příkladu se neprojevila u každého a je příliš malá na to, aby mohly být učiněny závěry. Na obrázcích 1a a 1b je příklad vlny P300 (žlutý rámeček) u obou experimentů. Na obrázku 1b je v zeleném rámečku výchylka kolem  $600\text{ ms}$  u chybně vypočteného příkladu. Kladné hodnoty jsou podle konvence zobrazeny dolů.



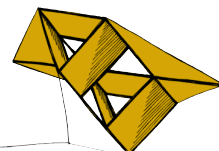
(a) Známý člověk mezi neznámými

(b) Správně a chybně spočtené příklady

**Obrázek 1:** Výsledky měření

### Literatura

Luck, S. J. An introduction to the event-related potential technique *MIT press*, ISBN 978-0-2625-2585-5



## Informační systém pro Student Support Centre

Filip Hácha<sup>1</sup>, Lucie Tauchenová<sup>2</sup>, Jakub Hlaváč<sup>3</sup>

### 1 Úvod

Cílem této práce bylo vytvořit informační systém pro organizaci Student Support Centre, která podporuje studenty prvních ročníků Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni a nabízí jim bezplatnou pomoc s některými oborovými předměty.

Systém měl být řešený jako webová aplikace, která nahradí stávající statické webové stránky Student Support Centre. Aplikace měla umožnit organizaci a přehled nabízených lekcí, či vytváření statistik návštěvnosti a spokojenosti studentů s činnostmi této organizace.

Práce byla realizována v rámci předmětu KIV/ZSWI - Základy softwarového inženýrství.

### 2 Specifikace aplikace

Aplikace rozlišuje tři uživatelské role - roli správce, tutora a studenta. V závislosti na roli systém po přihlášení umožňuje přístup k jednotlivým funkcím systému.

Správce systému spravuje aplikaci, může měnit statický obsah stránek, registrovat nové správce a přistupovat ke statistikám návštěvnosti Student Support Centre. Tyto statistiky si lze buď pouze zobrazit, nebo vyexportovat do souboru. Další z hlavních činností správce je schvalování nových tutorů a navržených rozvrhových akcí.

Tutor je obvykle student vyššího ročníku fakulty aplikovaných věd, kterému je přiřazeno právo tutora a který může vést lekce ve Student Support Centre a doučovat tak mladší spolužáky. V aplikaci si volí čas a předměty lekcí, které chce doučovat.

Student může v aplikaci přistupovat k rozvrhu se schválenými rozvrhovými akcemi. Kromě toho má možnost po přihlášení požádat o tutorství nebo vyplnit zpětnou vazbu k navštíveným lekcím.

### 3 Vývoj systému

Vývoj systému zahrnoval sjednání finální podoby Dokumentu specifikace požadavků, tvorbu objektové analýzy, návrh datového modelu, realizaci datové, aplikační i prezenční vrstvy, integraci vstupní brány do domény jednotného přihlašování SSO (Single Sign On) a testování aplikace.

Architektura systému odpovídá návrhovému vzoru MVC (Model-View-Controller). Má tři hlavní vrstvy, tedy Model, View, Controller.

Mapování Modelu na databázové objekty zajišťuje mezivrstva databázového kontextu.

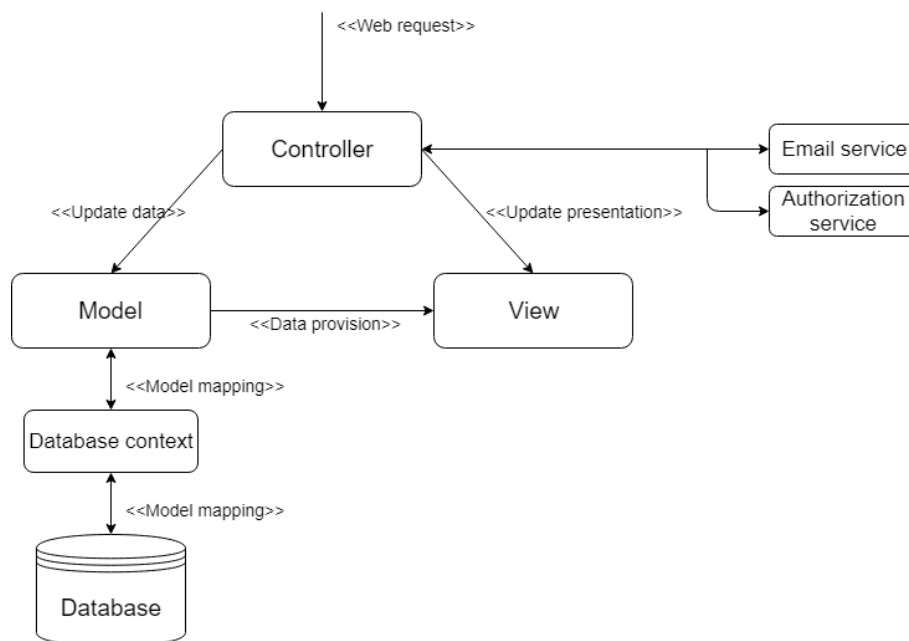
---

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Inženýrská informatika, obor Informatika,  
e-mail: hachaf@students.zcu.cz

<sup>2</sup> studentka bakalářského studijního programu Inženýrská informatika, obor Informatika,  
e-mail: tauchenl@students.zcu.cz

<sup>3</sup> student bakalářského studijního programu Inženýrská informatika, obor Informační systémy,  
e-mail: hlavja@students.zcu.cz

Ke zprostředkování některých služeb (autorizace, emailové notifikace, ...) využívá aplikace další submoduly viz obr. 1.



**Obrázek 1:** Diagram architektury systému

Aplikace je realizována pomocí rozšířených a v této oblasti prověřených technologií Oracle XE a ASP.NET MVC.

## 4 Závěr

Informační systém pro Student Support Centre byl navržen s ohledem na snadnou funkční rozšiřitelnost. Aplikace je v současné době závislá na službě jednotného přihlašování WebAuth.

Aplikace byla úspěšně otestována několika typy testů a v nejbližší době bude nasazena na produkční prostředí. Aplikace bude dále doplňována o další funkčnosti (statistiky návštěvnosti a individuální lekce) v rámci bakalářské práce, kterou bude zpracovávat jeden ze členů vývojového týmu.

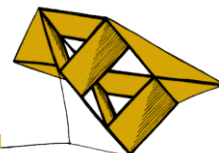
## Poděkování

Rádi bychom poděkovali Ing. Pavlu Jindrovi za vstřícnost při konzultacích a pomoc při integraci služby WebAuth.

## Literatura

Microsoft - Dokumentace k ASP.NET - <https://docs.microsoft.com/cs-cz/aspnet/>.

Oracle Database Online Documentation 11g Release 2 (11.2) - <https://docs.oracle.com/>



## Ovládání inteligentní domácnosti

Ota Hofmann<sup>1</sup>

### 1 Úvod

V tomto století patří inteligentní domácnosti mezi velké trendy, se kterou se můžete setkat čím dál tím častěji. Jedná se o funkční propojení více inteligentních prvků, které můžeme vzdáleně ovládat pomocí různých ovládačů, či mobilních aplikací. V ČR se za posledních 10 let objevilo několik firem, které se instalací těchto inteligentních domácností zabývá. Některé z nich dokonce staví i novostavby se zabudovanými funkcemi dle přání majitele. Cena takovéto instalace se odvíjí od množství, či funkce, které poskytují dané prvky pro inteligentní domácnost. Při komplexní instalaci může být cena i ve výši miliónu korun.

### 2 Zařízení

Pro systém byly vytvořeny celkem tři fyzická zařízení a za účelem rozsáhlejší možnosti ovládání domácnosti dvě virtuální zařízení, jejichž skripty jsou napsány v jazyce Python. Mezi fyzická zařízení patří inteligentní světlo, květináč a poštovní schránka. Do druhé skupiny patří žaluzie a zámek. Dále jsou tato zařízení rozdělena do skupin výstupní a vstupní. U vstupních zařízení je kladen důraz na rychlou interakci a u výstupních na dlouhodobou výdrž baterie. Kvůli požadavku na rychlou interakci je nutné, aby vstupní zařízení byly napájeny z elektrické sítě na rozdíl od výstupních. Ty jsou napájeny pomocí tužkových baterií a jsou ve většině času v režimu spánku. Veškerá fyzická zařízení, která byla navržena pro inteligentní domácnost, fungují na vývojové desce WeMos D1. Tento model obsahuje integrovaný čip ESP8266, díky kterému můžeme pracovat s Wi-Fi na frekvenci 2,4 GHz. Zároveň lze využít všechny ostatní piny této desky stejně jako u Arduino Uno.

Zařízení mají možnost výběru Wi-Fi sítě, do kterého chce uživatel zařízení přiřadit. K této možnosti nastavení se uživatel může dostat ve výchozím nastavení zařízení, tedy ve stavu, kdy zařízení nemá ve své flash paměti uloženy žádné informace o SSID a heslu některé z Wi-Fi sítí. Po vyplnění formuláře pro připojení zařízení do sítě, si tyto informace uloží do flash paměti a restartuje se. Při dalších startech se bude snažit připojovat do té sítě, kterou má ve své paměti uloženo. Samozřejmě je možné, že se změní SSID sítě nebo heslo a uživatel bude chtít tyto hodnoty v zařízení změnit. Pro tento případ je součástí zařízení tlačítko, po jehož stisknutí se veškeré informace z paměti vymažou a uživatel má možnost nastavit zařízení znovu.

Po úspěšném připojení do sítě je nutné, aby zařízení vyhledalo MQTT server. Toho docílí tím, že každých 5 vteřin odešle do sítě broadcast v určité struktuře, na který by měl server zareagovat odpovědí, obsahující IP adresu serveru. Po přijetí této zprávy zařízení ukončí pravidelné odesílání UDP paketů a připojí se na adresu tohoto serveru.

---

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Inženýrská informatika, obor Systémy pro identifikaci, bezpečnost a komunikaci, e-mail: ohofmann@students.zcu.cz

### 3 Server

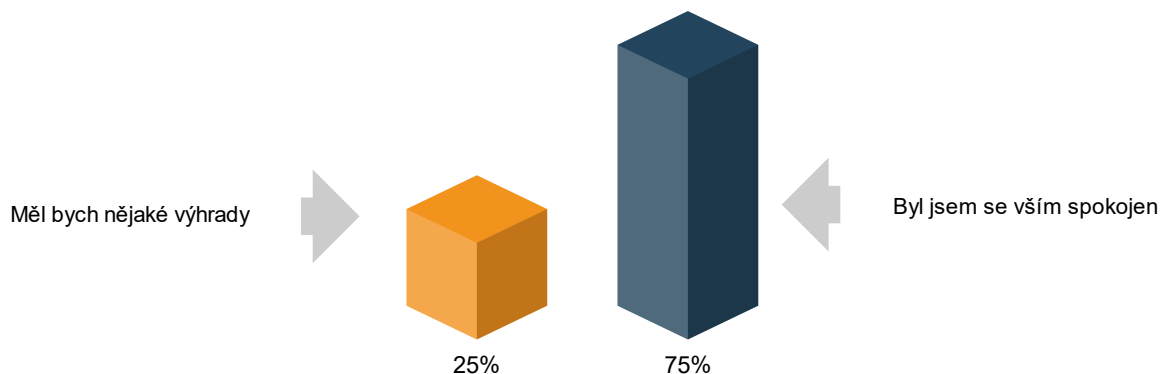
Jedná se o zařízení s operačním systémem Linux. Zároveň obsahuje tzv. služby, napsány v programovacím jazyce Python, umožňující komunikaci mezi jednotlivými prvky a serverem. Mezi tyto služby patří již zmíněné zajištění IP adresy serveru pro klientská zařízení. Dále je zde odebírání MQTT zpráv pro inicializaci zařízení v systému, zapsání logovaných stavů zařízení do databáze nebo ovládání všech zařízení určitého typu v místnosti. Dále tento server funguje jako MQTT broker, databázový server a webový server.

### 4 Aplikace

Webová aplikace, díky které lze ovládat nebo vyčítat stavy jednotlivých prvků. Aplikace je napsána pomocí PHP frameworku Nette a nabízí mnohé možnosti ovládání zařízení jako je například pomocí grafických tlačítek nebo hlasového dialogu. Možnost tohoto ovládání má pouze přihlášený uživatel, který je v databázi registrován pomocí emailové adresy a hashovaného hesla. Mezi další funkce systému je pojmenování nově zinicizovaných zařízení v systému a zároveň možnost vytvářet virtuální místnosti, do kterých lze tato zařízení přidávat. Pokud se jedná o výstupní zařízení, lze vyčítat jejich průběžné stavy, které zařízení odeslalo. V případě vstupního zařízení lze tato zařízení i ovládat pomocí zmíněného grafického rozhraní nebo hlasového dialogu. Hlasové ovládání bylo navrženo s ohledem na zařízení, která je možné do systému přidat.

### 5 Závěr

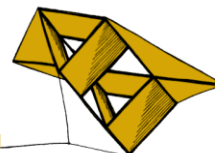
Systém byl otestován osmi subjekty, kde každý z nich měl za úkol otestovat aplikaci pomocí grafického rozhraní a následně hlasového dialogu. Výsledky těchto testů dopadly vskutku dobře, jelikož většina uživatelů byla se systémem plně spokojena, jak uvádí graf na obr. 1. Na základě promluv od uživatelův průběhu testování, byla přidána některá slova pro ovládání zařízení.



**Obrázek 1:** Testování systému

### Literatura

PSUTKA, Josef. *Mluvíme s počítačem česky. 1.* Praha: Academia, 2006, 746. ISBN 80-200-1309-1.



## Detekce přízvuků na datech z Russian National Corpus

Anastasiia Chizhova<sup>1</sup>

### 1 Úvod

V rámci práce pro převod textu do syntetizované řeči v ruském jazyce se zabývám slovy, která mají volný nebo pohyblivý přízvuk, tzv. homografy. Přízvuk takových slov je závislý na kontextu a je ho třeba různými způsoby syntetizovat. Např.:

- замо́к (*čes. hrad*)
- замо́к (*čes. zámek*)
- в следующем году́ (*čes. v příštím roce*)
- к 2010 го́ду (*čes. do roku 2010*)

Pro většinu slov lze pro určení pozice přízvuků používat slovník, ale pro homografy existuje několik případů, protože umístění přízvuku ovlivňuje pád nebo celkový význam slova. Cílem mého experimentu je predikovat přízvuk pouze na základě textu. Při zpracování daného problému používám metodu “Učení s učitelem” (Psutka (2016)).

### 2 Trénovací a testovací data

Pro experiment bylo vybráno několik nejčastěji se vyskytujících slov v novinách s nejednoznačným přízvukem. Z novinových textů jsem pro každé slovo našla 200 vět s různými případy kontextu a přízvuku, které představovaly trénovací data. Dále jsem ručně provedla klasifikaci do dvou tříd:

- je přízvuk (1)
- není přízvuk (0).

Loni (Chizhova (2017)) jsem stejná data používala i pro testování, s tím že všechna data byla rozdělena na testovací a trénovací v poměru 1 ku 99. V dané práci jsem pokročila tak, že klasifikátor bude trénován na mnou připravených datech a pak testován na mnohem větším objemu dat z Ruského Národního korpusu (<http://www.ruscorpora.ru/en/index.html>), poskytnutého Ruskou Akademií věd, což by mělo dát reálnou představu o úspěšnosti metody klasifikace a klasifikátorů.

### 3 Klasifikátory a klasifikace

Řetězce znaků jsem převedla na číselné vektory pomocí metody DictVectorizer z balíčku scikit-learn (Pedregosa *et al.* (2011)). Každá položka vektoru tak odpovídala výskytu konkrétního znaku na konkrétní pozici v řetězci. Zkoušela jsem 2 klasifikátory: Logistic Regression (LogReg) a Support Vector Machine (SVM), kde pro SVM jsem zkoušela 2 různá nastavení: rbf a linear. Testovala jsem různě dlouhé levé a pravé kontexty. Výsledky klasifikace byly porovnány se správnými odpověďmi pomocí funkce `f1_score`.

V Tab. 1 a Tab. 2 je uvedena část výsledků pro testování na původních datech a testování na datech z RNK pro vybrané pravé a levé kontexty a vybrané homografy:

---

<sup>1</sup> studentka bakalářského studijního programu Inženýrská informatika, obor Inteligentní komunikace člověk - stroj, e-mail: chizhova@students.zcu.cz



Typ klasif.	LogReg			SVM		
	L-20 P-5	L-10 P-10	L-5 P-8	L-20 P-5	L-10 P-10	L-5 P-8
Году	93,97 %	93,50 %	92,96 %	94,74 %	93,97 %	92,57 %
Города	89,72 %	89,45 %	85,57 %	86,58 %	86,74 %	83,82 %
Самом	67,8 %	71,72 %	72,04 %	66,05 %	70,56 %	70,3 %

**Tabulka 1** Výsledky klasifikátoru LogReg a SVM(linear) pro původní data (f1\_score)

Typ klasif.	Počet výskytů slova	LogReg			SVM		
		L-20 P-5	L-10 P-10	L-5 P-8	L-20 P-5	L-10 P-10	L-5 P-8
Году	416	96,60 %	97,09 %	97,61 %	95,53 %	95,7 %	97,83 %
Города	126	92,80 %	94,49 %	91,36 %	88,71 %	90,84 %	90,69 %
Самом	337	90,60 %	89,38 %	93,02 %	80,24 %	70,22 %	85,04 %

**Tabulka 2** Výsledky klasifikátoru LogReg a SVM (linear) pro RNK (f1\_score)

#### 4 Závěr

Z výsledků experimentu je vidět, že je možné pouze z textového okolí slova s nejednoznačným přízvukem s relativně vysokou úspěšností určit pozici přízvuků ve slově. Průměrná úspěšnost na všech slovech možná neočekávaně prokazuje, že neznámá data lze klasifikovat lépe (viz. Tab. 3). Ale je třeba zmínit, že v daném případě byly výsledky testování na RNK také ovlivněny počtem výskytů obou variant přízvuků v textu, ve všech uvedených případech je to v poměru 5-10% jedné varianty a 90-95% druhé.

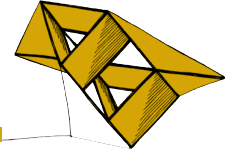
Manuální data	LogReg	SVM (linear)	SVM (rbf)
Min	56,06 %	56,08 %	56,08 %
Max	83,46 %	82,66 %	73,44 %
<b>RNK</b>			
Min	61,38 %	64,48 %	59,86 %
Max	81,60 %	78,37 %	75,02 %

**Tabulka 3** Porovnání úspěšnosti 2 skupin testovacích dat (původní a RNK)

Lepším z používaných klasifikátorů pro oba případy stále zůstává LogisticRegression.

#### Literatura

- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., Duchesnay, E. (2011) Scikit-learn: Machine Learning in Python, Journal of Machine Learning Research, 12, pp. 2825-2830.
- Psutka, J. (2016) Učební texty z předmětu Základy strojového učení a rozpoznávání, ZČU v Plzni.
- Chizhova A. (2017) Detekce přízvuků v ruštině s použitím klasifikátoru, Studentská vědecká konference FAV 2017.



## Propagace nejistoty v úloze sledování polohy pohybujících se objektů

Jan Krejčí<sup>1</sup>

### 1 Úvodní motivace

Reálné dynamické systémy často mají nedeterministické rysy, které mohou být modelovány ve formě stochastických modelů. Pokud uvažujeme stavový model, hledaná veličina která ho reprezentuje v každém časovém okamžiku se nazývá stav (stochastický proces). Stav nebývá přímo měřitelný a často je třeba jej odhadovat ze zašuměných dat (měření). Tato data mohou být k dispozici v rozličných časových rozestupech, mezi kterými může zbývat i velice dlouhá časová proluka, během které je jakoukoliv znalost o stavu systému možné získat pouze na základě matematického modelu. Úloze hledání této znalosti říkáme propagace nejistoty.

Podle Luo a Yang (2017), příklad situace ve které se zmiňovaná úloha vyskytuje, je pohyb vesmírného objektu na oběžné dráze Země. Pokud je objekt snímán senzory, nejistota v jeho stavu (poloze, rychlosti) je dána nepřesností senzorů. Když vesmírný objekt dopluje za obzor a stane se tak pro senzory neviditelným, je potřeba nejistotu stanovovat na základě matematického modelu. Nejistota dána posledním měřením se tak pro propagaci stává počáteční nejistotou. Difuzní vlastnosti prostředí, neznalost přesného modelu aj. jsou v této práci zanedbány.

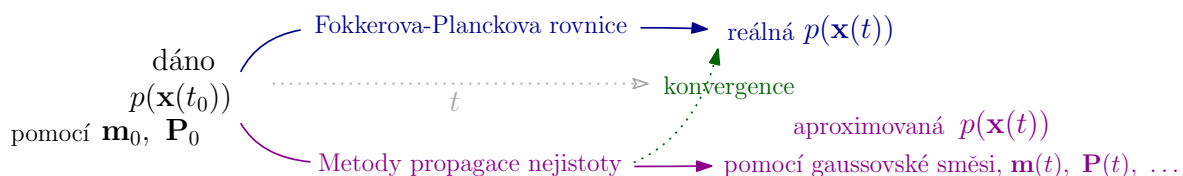
V práci jsou zkonstruovány, analyzovány, testovány a porovnány některé dnes dostupné metody propagace nejistoty uvedené níže v textu.

### 2 Formalizace problému

Uvažujme nelineární, spojitý stavový model ve tvaru

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), t), \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0, \quad (1)$$

kde  $\mathbf{x}(t) \in \mathbb{R}^n$  je stav systému v čase  $t$ ,  $\mathbf{f}(\mathbf{x}(t), t)$  je dostatečně diferencovatelná funkce a počáteční podmínka  $\mathbf{x}_0$  je náhodná proměnná s hustotou pravděpodobnosti  $p(\mathbf{x}_0)$ , reprezentující nejistotu kterou je potřeba propagovat. Cílem je nalézt  $p(\mathbf{x}(t))$ , jejíž vývoj je podle Jazwinski (2007) popsán Fokkerovou-Planckovou rovnicí (FPE). Tu je extrémně obtížné řešit numericky, a analyticky jedinečně ve speciálních případech (lineární systémy).



**Obrázek 1:** Ilustrace propagace nejistoty

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, e-mail: jkrejci@students.zcu.cz

Otázkou je, jak nejistotu reprezentovat. Počáteční hustota pravděpodobnosti bývá obvykle gaussovská, takže pro její popis postačuje střední hodnota  $\mathbf{m}_0$  a kovarianční matice  $\mathbf{P}_0$ . Různé metody využívají různé popisy, například střední hodnotu  $\mathbf{m}(t)$  a kovarianční matici  $\mathbf{P}(t)$ , ale také gaussovské směsi, nebo množinu bodů ve stavovém prostoru. Úloha je souhrnně popsána na obrázku 1, kde je vlastní propagace rozdělena do dvou větví: přesné řešení podle FPE a aproximativní řešení, které k tomu přesnému může u určitých metod za určitých podmínek konvergovat.

### 3 Vybrané metody řešení

- Monte Carlo (MC) simulace - výpočetně náročná, nelineární, náhodné generování bodů v prostoru, výsledky je možné brát jako přesné a testovat vůči nim ostatní metody.
- Linear covariance analysis (LinCov) - lokální linearizace, diskrétní propagace.
- First order Taylor expansion (FOTE) based - lokální linearizace, spojitá propagace.
- The covariance analysis describing function technique (CADET) - statistická linearizace.
- Unscentovaná transformace (UT) - nelineární, transformace několika zvolených bodů.
- The adaptive, entropy-based gaussian-mixture information synthesis (AEGIS) - pokročilá, výpočetně náročná, nelineární, popis pomocí adaptující se gaussovské směsi.

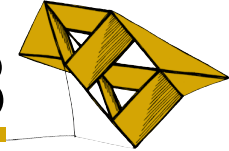
Tyto, a další existující metody jsou rozebrány v článku od Luo a Yang (2017).

### 4 Cíle a výsledky

Práce by měla sloužit jako podklad pro výběr vhodné metody propagace nejistoty v rámci konkrétního problému. Naleznete v ní konkrétní výsledky ze dvou testovacích modelů vytvořených podle DeMars et al. (2013) reprezentující pohyb objektů po oběžné dráze Země. Výsledky jsou porovnány pomocí zvolené míry přesnosti (likelihood agreement measure) a pomocí vizualizace výsledných hustot pravděpodobnosti. Nechybí také přibližná výpočetní náročnost metod.

### Literatura

- DeMars, K. J., Bishop, R. H. and Jah, M. K. (2013) *Entropy-based approach for uncertainty propagation of nonlinear dynamical systems*. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, vol. 36, pp. 1047–1057.
- Jazwinski, A. H. (2007) *Stochastic processes and filtering theory*. Dover, New York.
- Luo, Y. a Yang, Z. (2017) *A review of uncertainty propagation in orbital mechanics*. Progress in Aerospace Sciences, vol. 89, pp. 23–39.



# Návrh optimálního řízení RC modelu auta pomocí dynamického programování

Jakub Matoušek<sup>1</sup>

## 1 Úvod

Autonomní řízení osobních i nákladních automobilů v současnosti přitahuje čím dál větší pozornost. Velké společnosti jako Google nebo Tesla investují nemalé prostředky na vývoj těchto autonomních řídicích systémů. Za zjednodušenou úlohu zabývající se tímto problémem může být považováno řízení modelu RC auta bez lidského zásahu.

Cílem této práce je využít dynamického programování při hledání optimálního řízení RC auta. Zadání úlohy je navrhnout řízení, které umožní RC modelu auta projet z bodu A do bodu B a vyhnout se při tom překážkám, jejichž umístění je známo.

## 2 Řešení

Nejprve byly zjištěny základní parametry reálného modelu RC auta, pro použití v simulaci. Dalším krokem bylo nalezení vhodného matematického modelu popisujícího pohyb RC auta. Vzhledem k tomu, že se tato práce zaměřuje pouze na simulační vyhodnocení, postačuje i přibližný matematický model uvedený Rajamani (2012), odpovídající modelu jízdního kola. Dále bylo porovnáno několik základních metod diskretizace. Pro tuto práci byla, vzhledem k výše zmíněným důvodům, zvolena ta implementačně nejméně výpočetně náročná - Eulerova diskretizace. Poté bylo nutno kvantizovat stavový prostor, aby mohla být jednodušeji reprezentována Bellmanova funkce. Hlavním kritériem při implementaci kvantizace byla opět rychlost výpočtu. Nakonec bylo třeba nalézt samotné optimální řízení pomocí dynamického programování, které popisuje například Frank et al. (2012).

Cíl řízení a překážky byly, pro účely dynamického programování, reprezentovány ztrátovou funkcí  $L_k^c(\mathbf{x}_k, \mathbf{u}_k)$ ,  $L_k^c : \mathcal{X} \times \mathcal{U} \mapsto \mathbb{R}^+$ , určující ztrátu, která vznikne při použití řízení  $\mathbf{u}_k$  ve stavu  $\mathbf{x}_k$ . Mějme následující kritérium kvality řízení

$$J(\mathbf{x}_0, \gamma_0^F) = \sum_{k=0}^F L_k^c(\mathbf{x}_k, \mathbf{u}_k), \quad (1)$$

kteří hodnotí regulátor na konečném časovém intervalu. Optimální strategie řízení je potom dána řešením Bellmanovi rovnice optimality

$$V^*(\mathbf{x}_k) = \min_{\bar{\mathbf{u}} \in \mathcal{U}} \{ L^c(\mathbf{x}_k, \bar{\mathbf{u}}) + \eta V^*(\mathbf{f}(\mathbf{x}_k, \bar{\mathbf{u}})) \}, \quad (2)$$

kde  $V^* : \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R}$  je Bellmanova funkce. Vztah (2) je nelineární funkcionální rovnice, jejíž řešení lze exaktně nalézt pouze v některých speciálních případech. Pro diskrétní  $\mathcal{X}$  a  $\mathcal{U}$  se dá

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, e-mail: matoujak@students.zcu.cz

nalézt numerické řešení pomocí několika metod: iterace váhové funkce, iterace strategie a zobecněná iterace strategie. V této práci je využita iterace váhové funkce, která je dána vztahem

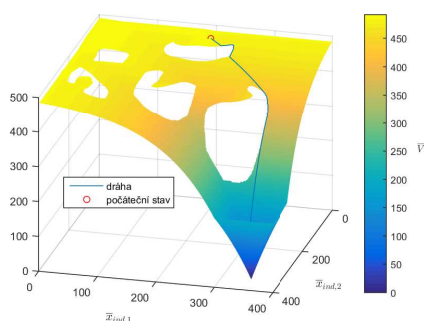
$$\bar{V}^{(i+1)}(\bar{x}) = \min_{\bar{u} \in \mathcal{U}} \left\{ L^c(\bar{x}, \bar{u}) + \eta \bar{V}^{(i)}(\mathbf{f}(\bar{x}, \bar{u})) \right\}, \quad (3)$$

kde  $i = 0, 1, \dots$  je iterační index a  $\eta \in (0, 1)$  je diskontní faktor, který redukuje důležitost budoucích ztrát. Počáteční funkce  $\bar{V}^{(0)}$  může být zvolena jako identicky nulová, nebo, pokud máme k dispozici nějaký odhad Bellmanovy funkce, může být tento použit jako počáteční podmínku pro iteraci váhové funkce. Algoritmus iterace váhové funkce je ukončen po splnění ukončovacích podmínek.

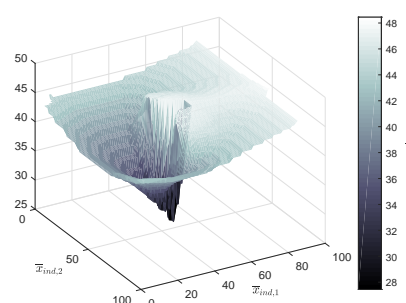
### 3 Simulační experimenty

V prvním experimentu, zatím bez dynamiky RC modelu auta, je uvažována šachovnice 400x400 políček s překážkami. Možná řízení jsou pohyby v osmi směrech a žádný pohyb. Bellmanova funkce pro tento experiment je graficky zobrazena na obrázku 1a. Hodnota funkce roste ve všech směrech od cílového bodu a v místě překážek má hodnotu  $\infty$ . Dráha má pro názornost přidanou třetí dimezi rovnou hodnotě Bellmanovy funkce v každém konkrétním bodě.

Druhý simulační experiment již využívá kinematický model pohybu modelu RC auta. Obrázek 1b zobrazuje Bellmanovu funkci pro úhel natočení osy RC auta od x-ové osy  $0^\circ$ . Lze na něm vidět jak ohodnocení Bellmanovy funkce směrem k cíli klesá pouze z jedné strany. To je způsobeno omezením pohybu RC auta, které je dáno kinematickým modelem. Skok v hodnotách Bellmanovy funkce vzniká ve chvíli, kdy je RC auto již moc blízko cíli a nedokáže do něj zatočit přímo, ale musí se vrátit.



(a) Bellmanova funkce

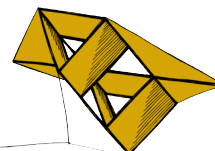


(b) Bellmanova funkce s dynamikou RC modelu

**Obrázek 1:** Bellmanovy funkce

### Literatura

- Draguna, V. and Frank, L. and Vamavoudakis, G. (2012) Optimal Adaptive Control and Differential Games by Reinforcement Learning Principles. *The Institution of Engineering and Technology*, Heidelberg, London, United Kingdom. ISBN 978-1-84919-489-1
- Rajamani, R. (2012) Vehicle Dynamics and Control. *Mechanical Engineering Series*. Springer, Heidelberg, Germany chapter 2. ISBN 978-1-4614-1433-9



## Software pro mobilního klienta a pro operátorskou konzoli systému PocketEAR

František Pártl<sup>1</sup>

### 1 Úvod

V současné době probíhá na Katedře informatiky a výpočetní techniky Fakulty aplikovaných věd ZČU v Plzni vývoj rozpoznávače, který klasifikuje akustické signály na základě analýzy mel-frekvenčních keprstrálních koeficientů (MFCC). Pro kompletní využití této inteligence je třeba vytvořit infrastrukturu, kterou bude možné vyměňovat data mezi rozpoznávačem a mobilní aplikací koncového uživatele. Další plánovanou částí této infrastruktury je operátorské stanoviště, které přijímá audio záznamy, jejichž obsah nebylo možné rozpoznávačem stanovit. Posádkou tohoto stanoviště jsou operátoři, kteří určí obsah zmíněného nerozpoznaného zvuku, čímž se rozpoznávač bude dále učit. Tento celistvý systém byl označen jako *PocketEAR* (česky „kapesní ucho“).

Funkční systém, přesněji mobilní aplikace, by pak mohl napomáhat například sluchově postiženým jedincům při orientaci v blízkém okolí. Dále by mohl varovat před hrozícím nebezpečím, tj. například projíždějícím automobilem, sirénou, houkáním, pískáním a podobně.

### 2 Architektura systému PocketEar

Původní architektura systému PocketEAR byla postavena na myšlence rekonstrukce akustického signálu z daných vektorů mel-frekvenčních keprstrálních koeficientů. Během práce se ukázalo, že rekonstrukce akustického signálu z MFCC je možná, ale pro potřeby rozpoznávání obecného zvuku je dle subjektivních testů velmi nepřesná. Na druhou stranu je dosažená kvalita rekonstrukce podle těchto testů použitelná minimálně pro rozpoznávání obsahu mluvené řeči.

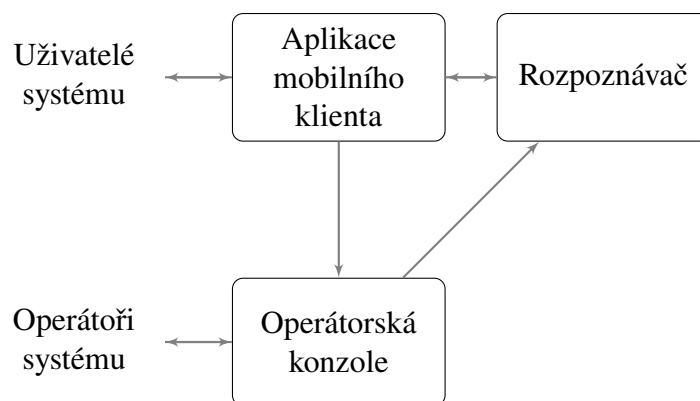
Kvůli nedostatečné kvalitě rekonstruovaného akustického signálu nebyla tato myšlenka využita a výsledný systém má podobu zobrazenou na obrázku 1.

### 3 Knihovna libpe

V rámci implementace systému PocketEAR byla vytvořena knihovna `libpe`, která obsahuje veškeré potřebné prostředky jak pro parametrizaci akustického signálu metodou MFCC, tak pro jeho následnou rekonstrukci. Implementovaná knihovna je napsána v jazyce C++ s využitím frameworku `Qt`. Pro výpočet rychlé Fourierovy transformace, která je součástí metody MFCC, byla využita knihovna s otevřeným zdrojovým kódem – `KissFFT`. V současném systému má uplatnění minimálně při parametrizaci akustických signálů v mobilních aplikacích a dále v podobě modulu operátorské konzole pro parametrizaci klasifikovaných úseků akustického signálu pro potřeby dalšího trénování rozpoznávače na pozadí.

---

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Inženýrská informatika, obor Informační systémy, e-mail: [fpartl@students.zcu.cz](mailto:fpartl@students.zcu.cz)



**Obrázek 1:** Schéma architektury systému PocketEAR.

## 4 Mobilní aplikace

Jednou z hlavních částí celého systému PocketEAR je mobilní aplikace, skrze kterou koncoví uživatelé využívají služeb vzdáleného rozpoznávače. V případě neúspěchu při rozpoznávání obsahu akustického signálu mobilní aplikace zabezpečí jeho doručení operátorské konzoli.

Kvůli potřebám multiplatformního řešení a předchozí implementaci potřebné knihovny `libpe` byl pro tvorbu aplikace užit jazyk C++ a framework Qt. Pro převod vzorků akustického signálu do souboru formátu *MP3* byla použita knihovna *LAME*.

## 5 Operátorská konzole

Úseky akustického signálu, jejichž rozpoznání nebylo úspěšné, jsou skrze mobilní aplikaci ve formě *MP3* souborů odesílány operátorské konzoli. Zde jsou tyto záznamy přidělovány registrovaným operátorům, kteří pomocí webového rozhraní přiřadí obsaženým zvukům patřičnou kategorii a typ. Výsledná data operátorské konzole, tj. klasifikované úseky akustického signálu, jsou připravena pro další trénování rozpoznávače.

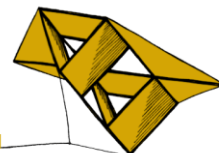
Pro implementaci operátorské konzole byla vybrána rodina svobodného softwaru LAMP (*Linux, Apache, MySQL a PHP*). Pro vizualizaci a práci s akustickým signálem pak byla využita knihovna *Wavesurfer.js*.

## 6 Dosažené výsledky

Byla vytvořena knihovna `libpe`, která je využitelná v oblasti parametrizace akustických signálů metodou MFCC a jejich následné rekonstrukci při kvalitě dostačující pro určení obsahu mluvené řeči. Této knihovny využívá plně stabilní multiplatformní mobilní aplikace. Další úspěšně implementovanou částí systému je operátorská konzole, jež je připravena přijímat nerozpoznané záznamy ke klasifikaci skupinou operátorů. Na základě těchto klasifikací je možné další trénování rozpoznávače.

## Literatura

Min, G. et al. (2015) *Speech Reconstruction from Mel-frequency Cepstral Coefficients via L1-norm Minimization*. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/308201459\\_Speech\\_reconstruction\\_from\\_mel-frequency\\_cepstral\\_coefficients\\_via\\_l1-norm\\_minimization](https://www.researchgate.net/publication/308201459_Speech_reconstruction_from_mel-frequency_cepstral_coefficients_via_l1-norm_minimization).



## Modelování cévního systému jater

Jiří Vyskočil<sup>1</sup>

### 1 Úvod

Při nádorovém onemocnění jater musí chirurg rozhodnout, kudy nejlépe vést řez, a je nucen určit odhad množství zbylé části jater. To je důležité pro následné stanovení funkční rezervy ponechaného jaterního parenchymu.

Práce vznikla z běžícího projektu LISA na Katedře kybernetiky FAV ZČU ve spolupráci s Lékařskou fakultou Karlovy Univerzity v Plzni a Biomedicínského centra. Cílem je navrhnout počítačovou podporu, která pomůže chirurgům zvolit správnou léčebnou proceduru. Navržené rozhraní bude realizováno formou webové stránky a bude zobrazitelné na různých platformách.

### 2 Uživatelské rozhraní

DICOM Web Viewer (DWV) je speciálním prohlížečem k zobrazení 3dimenzionálních lékařských snímků, zdrojový kód je otevřený a veřejně přístupný. Aplikace může být spuštěna z jakékoli platformy s moderním webovým prohlížečem, využívá technologie jazyka HTML a JavaScript. Je možné načíst data z místního disku nebo ze vzdáleného serveru ve formátu DICOM, což je standard pro medicínská data pořízená ze snímání CT či ultrazvuku. Prohlížeč nabízí standardní nástroje jako je kontrast, přiblížení, kreslení, scrollování a mnoho dalších.

Po načtení lékařských snímků může uživatel označit a pojmenovat příslušné tkáně, případně i nastavit parametry pro segmentační metody. Jakmile jsou data připravená k segmentaci, exportuje se soubor typu JSON, který je dále předán aplikaci LISA.

Navrhnutý dekodér přeformátuje data tak, aby byla vhodná pro zpracování, a vyplní nakreslené útvary. V dalším kroku jsou data předána metodě Graph-Cut, která nalezne jaterní parenchym za předpokladu, že byla ve snímcích označena místa nacházení se tkáně a místa, ve kterých se hledaná tkáň nenachází. Pro nalezení cévního řečiště v jaterním parenchymu je použita metoda Connected-Threshold, která z označených míst přidává k objektu jeho sousední voxel, jehož intenzita je v souladu s prahovou hodnotou. Nakonec je vygenerován nový JSON soubor obsahující výsledné segmentace, který dodržuje strukturu danou webovým rozhraním.

### 3 Zhodnocení výsledků

Modely byly vytvořeny za použití segmentačních metod z 10 lékařských snímků, získány z internetové databáze 3D IRCADb. Modely byly komparovány s přesně označenými snímky z důvodu porovnání přesnosti poloautomatických segmentačních metod. K vyhodnocení byla použita metrika SLIVER07 zohledňující 5 faktorů.

Objemová chyba překrývání (VOE) značí kolik procent voxelů se nepřekrývá. Relativní absolutní rozdíl (VD) jest podíl celkových objemů testovaného snímku a snímku s přesnou segmentací násobený 100. Průměrná povrchová vzdálenost (AvgD) určuje průměrnou vzdálenost mezi okraji segmentací. Střední kvadratická symetrická povrchová vzdálenost (RMDS) je mírou podobnou AvgD s rozdílem, že odchylky jsou kvadraticky mocněny.

---

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, e-mail: vyskocj@students.zcu.cz



V maximální povrchové vzdálenosti (MaxD) se uplatňuje maximální vzdálenost voxelů od průměrné vzdálenosti.

Jaterní řečiště					
№	VOE [%]	VD [%]	AvgD [mm]	RMSD [mm]	MaxD [mm]
1	54,47	52,71	2,37	22,56	26,77
2	35,15	21,01	1,41	13,42	27,58
3	62,73	-23,42	4,95	78,32	63,14
4	46,38	8,90	1,63	11,21	23,16
5	45,89	8,42	2,12	26,56	43,48
6	50,30	-12,32	2,87	33,06	33,76
7	55,97	0,78	2,12	16,04	23,53
8	51,56	16,67	1,79	12,83	47,11
9	60,01	-5,93	3,07	26,54	24,77
10	42,99	-6,32	2,23	22,65	25,73
$\overline{\Sigma}$	50,55	15,65	2,46	26,32	33,90
$\Sigma$		60,50			

**Tabulka 1:** Komparace přesně označeného snímku se segmentační metodou vhodnou pro cévní systém v játrech

Pro všechny snímky je chyba překrývání cév v průměru 50,55 %, de facto průřez cév testovaného a přesně označeného snímku bývá rozdílný, taktéž se na odchylce projevuje nenalezení větví řečiště a vlévání segmentace do jiných cév nebo do šumů snímků. Objemový rozdíl je v průměru 15,65 %, kde kladné číslo značí chybějící objem testovaného snímku. Celkově se snímky v objemu neshodují z 60,50 %. Z průměrných hodnot odchylek povrchových vzdáleností, kde průměrná povrchová vzdálenost činí 2,46 mm, symetrická kvadratická povrchová vzdálenost je rovna 26,32 mm a maximální povrchová vzdálenost dosahuje 33,90 mm, si lze všimnout nesprávné nalezení cest žilami a nenalezení všech odvětví.

Nejhůře dopadl snímek číslo 3, na kterém se nacházejí vysoké záření u páteře, které se projevují do jater tak, že mají velmi podobnou intenzitu s jaterními žilami. Při segmentaci lze zamezit vlévání se cévy do zmíněného šumu nastavením prahových hodnot, ale následkem jest ztrácení se některých větví.

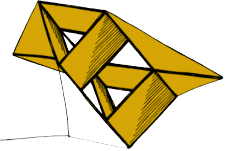
Dle experimentu porovnáním segmentačních metodik s přesnými ořezy snímků nalezení portálního řečiště a jaterních žil není přesné. V případě analyzování virtuální resekce, při které chirurg stanovuje ponechanou část v těle a vyjmutou část, je segmentační metodika pro cévy postačující. Důvodem je, že při resekcii jsou důležité silnější části cévy, které razantněji prokrvují játra. Oproti volumetrii jsou doktorům obě segmentační metody velmi nápomocné, neboť ruční měření je velmi zdlouhavá a náročná operace se snímkem, která může trvat i hodiny.

## Literatura

Amanda, A. R., Widita, R. (2016) *Comparison of image segmentation of lungs using methods: connected threshold, neighborhood connected, and threshold level set segmentation*. Available from: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/694/1/012048> [Accessed 22nd March 2018].

IVMARTEL. (2017) *DWV - DICOM Web Viewer*. Available from: <https://github.com/ivmartel/dwv/wiki> [Accessed 20th January 2018].

JIRÍK, M. (2015) *Liver Surgery Analyser*. Dostupné z: <https://github.com/mjirik/lisa> [Accessed 20th January 2018].



# An Algorithm Recreating 3D Triangle Mesh Faces from Its Edges

Marek Zábřan<sup>1</sup>

## 1 Introduction

3D triangle meshes are usually represented by a set of points with geometrical coordinates and a set of faces represented by triplets of these points. Multiple algorithms reconstructing a set of faces from a set of points and a set of edges were proposed in the literature, however, none of these can effectively reconstruct the set of faces using only the set of edges.

We propose such an algorithm, which recreates a set of non-oriented triangle faces from only the set of its edges. The input is expected to be a closed 3D edge-manifold triangle mesh of any genus. The algorithm is simple, purely topological and runs in  $O(n)$ .

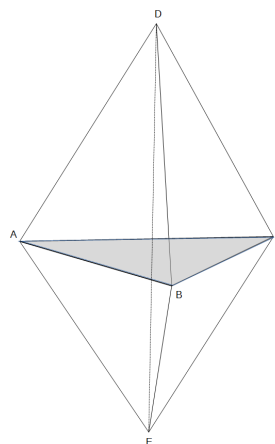
Several practical examples demonstrate that it is capable of reconstructing faces even from fairly large input data, as well as from input data that is prone to errors in reconstruction due to a high occurrence of possible inner faces.

## 2 Inner face

Should the faces of a triangle mesh not be clearly specified, for example should they be represented by only a sketch (wireframe), a problem arises. In such a case, it is possible to detect individual edges, but it is generally not clear which edges form a face.

This may sound like a trivial problem that is solvable by generating all possible triangles. Unfortunately, the number of these triangles is generally bigger than the number of actual faces, due to the possible presence of so-called *inner faces*.

An inner face (Fig.1) is a special false face which can be created, but which does not exist physically as it is not part of the surface and its presence makes mesh non-manifold.



**Figure 1:** Two connected tetrahedra forming a hexahedron. Gray triangle is the inner face.

<sup>1</sup> student of bachelor study program Computer Science and Engineering, study field Computer Science, e-mail: zabran@students.zcu.cz

### 3 The proposed algorithm

Our algorithm was developed investigating similar algorithms as Varley&Company (2010). Since in our case the mesh is specifically triangular, the problem is simplified to inner face removal problem and the only mechanism these mesh recreating algorithms use to avoid inner face creation is the following well known rule:

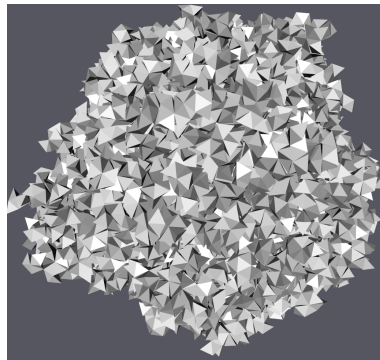
- **A triangle with at least one trihedral vertex cannot be an inner face.**

It is a very simple and effective rule, but not very robust, as a mesh can as well possess no trihedral vertex at all. But following this idea, similar rules can be found for other elements of the mesh like triangles or edges. These newly found rules have been proven much more reliable as they can be used repeatedly and so far seem to solve every closed 3D edge-manifold triangle mesh.

### 4 Results

Testing was performed on over 40 correct meshes in OBJ format, first obtaining a set of edges from a set of faces, then generating new set of faces from these edges using our algorithm and finally comparing this set of faces to the original set of faces.

All these generated meshes have been found topologically equal to the original, even in the case of very complex meshes with numerous inner faces, big genus or over million edges. Tests prove that the algorithm runs in linear time complexity with average time per face on common hardware being about 13  $\mu m$ . The tests also suggest the algorithm may be significantly slower in case of certain mesh structures, but this is not caused by inner faces, as solving meshes maximizing the number of inner faces (Fig.2) is not affected significantly.



**Figure 2:** Mesh generated with intention to maximize the number of inner faces.

### 5 Conclusion

A new algorithm recreating closed 3D edge-manifold non-oriented triangle meshes have been proposed running in  $O(n)$ . This algorithm most particularly solves the inner face removal problem and seems to be faster than any other similar existing algorithm.

### References

Peter A.c. Varley and Pedro P. Company (2010) *A new algorithm for finding faces in wireframes*. Computer-Aided Design, 42(4). 279–309.