

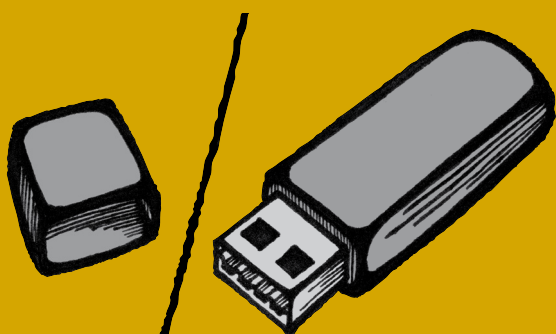
FAKULTA
APLIKOVANÝCH VĚD
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

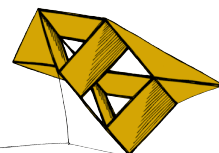
SBORNÍK

STUDENTSKÁ VĚDECKÁ KONFERENCE

MAGISTERSKÉ A DOKTORSKÉ
STUDIJNÍ PROGRAMY

25.5.2017





Magisterské a doktorské studijní programy

Sborník rozšířených abstraktů

Studentská vědecká konference je pořádána s podporou prostředků na specifický vysokoškolský výzkum jako projekt *SVK1-2017-021*.

Editor: Vladimír Lukeš

Autor obálky: Petr Lobaz

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

Datum vydání: květen 2017

ISBN 978-80-261-0706-4

Obsah

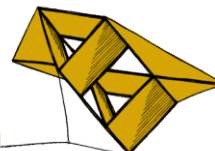
<i>Sekce – Fyzika, matematika, mechanika</i>	7
The coupling of the scaled Virthuman and the motorcycle helmet Tomasz Bońkowski	9
Identifikace parametrů multikompartimentového modelu jaterní perfúze Jaroslava Brašnová	11
Modelování otěru palivových proutků Štěpán Dyk	13
Numerical experiments in spatial patterning Martin Fencel	15
Softwarová implementace optického extenzometru Jan Heczko	17
Mathematical model of a suspension bridge in 1D: Revision of uniqueness results Jakub Janoušek	19
Effect of energy on physical and mechanical properties of hard Ti(Al,V)N_x films prepared by magnetron sputtering Martin Jaroš	21
Controlled reactive HiPIMS –effective technique for low-temperature (300°C) synthesis of VO₂ films with semiconductor-to-metal transition David Kolenatý	23
WPE algoritmus aplikovaný na rovnici difuze Milada Krejčová	25
Počítačové modelování jízdních vlastností formule Student Eva Menclová	27
Numerická schémata pro určení nevazkého toku čtyřrovnicevého modelu dvoufázového proudění Stanislav Plánička	29
Modelování torzních kmitů vačkového hřídele s hydraulickým fázovým přestavovačem Luboš Smolík	31
Tuning mechanical and thermal properties of magnetron sputtered Zr–Hf–Cu metallic glasses Michal Zítek	33

<i>Sekce – Informatika, kybernetika</i>	35
Detekce výšky postavy pomocí úběžníků ve fotografii David Beneš	37
Insight of Neural Network by Removing Synapses Martin Bulín	39
Řídicí systém robotické ruky Schunk LWA 4D Tomáš Čechura	41
Shooting Target Detection using Particle Filters Ivan Gruber	43
Propagace nejistoty nelineárních dynamických systémů: Aplikace pro sledování tělesa na oběžné dráze Jindřich Havlík	45
3D robotické navařování s využitím hloubkové mapy Michal Chaluš	47
Přerušení uživatele na základě výstupu fonémového rozpoznávače při inkrementálním dialogu Adam Chýlek	49
Detekce hranic frází klasifikačními přístupy Markéta Jůzová	51
Identifikace silových dynamických koeficientů ucpávek s využitím aktivních magnetických ložisek Karel Kalista	53
Robotický manipulátor pro automatický test klimatizačních jednotek Alois Krejčí	55
Měření torzních vibrací rotoru turbogenerátoru Sven Künkel	57
Stabilita a praktické aspekty vlnového řízení Martin Langmajer	59
Inteligentní vyhledávání dokumentů Jiří Martínek	61
Využití artikulačních příznaků v syntéze řeči Martin Matura	63

Automatická detekce chyb na mateřských deskách Michal Medek	65
Vývoj multifunkčního kolového robota Petr Neduchal	67
Klasifikace textových dokumentů bez učitele Jaromír Novotný	69
Driving Range Estimation and Trajectory Planning for Electric Vehicles Robin Popelka	71
Pokročilé vyhledávání v datech ze zpravodajských portálů Pavel Přibáň	73
Automatická extrakce příspěvků z diskusních fór Jakub Sido	75
Exercise and Wellness – stravování a cvičení Pavel Šnejdar	77
Detekce specifických objektů v digitálním snímku pro potřeby určení druhu obsahu scény Tereza Štanglová	79
Vizualizace profilových dat se zohledněním časové složky Martin Úbl	81
Detection of gold nanoparticles in transmission electron microscopy images Pavla Urbanová	83
Vliv provozních veličin na vyhodnocení stavu lopatek pomocí signálu relativního roto- rového chvění Vojtěch Vašíček	85
WaveNet - nová metoda syntézy řeči Jakub Vít	87

Sekce

Fyzika, matematika, mechanika



The coupling of the scaled Virthuman and the motorcycle helmet

Tomasz Bońkowski¹, Lukáš Šoltés², Luděk Hynčík³

1 Introduction

According to MAIDS database (ACEM (2009)), 67.3% of the PTW (Power Two Wheelers) drivers are using the full face helmets. Therefore the accident reconstruction, in the numerical environment (Finite Element Method - FEM, Multibody System - MBS), should take the helmets into account. During the procedure of coupling the helmet with the full human body model (HBM), which is scaled down (smaller head diameter - due to the higher age of the driver), the lack of contact between the chin strap and the chin was found (Figure 1). The aim of this paper is to find and present the strategy, which could solve the coupling problem for scaled down HBM.

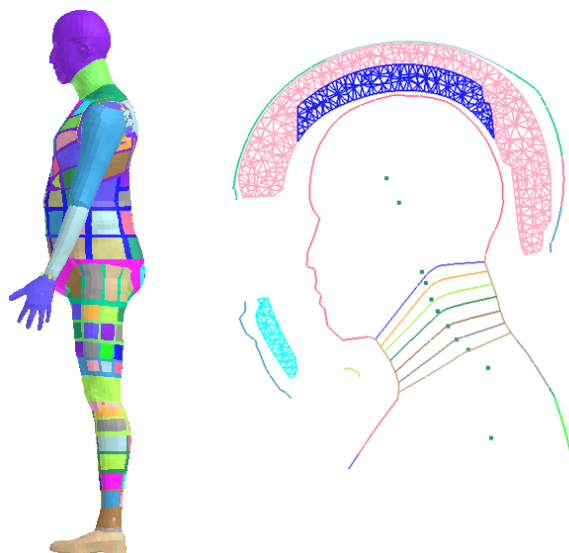


Figure 1: The scaled Virthuman and coupling problem.

2 The Virthuman and the helmet coupling

In our case, the Virthuman is used as the HBM. The Virthuman (Vychytil at al. (2014)) is scalable HBM based on two numerical approaches: explicit FEM and MBS. The motorcycle helmet is represented by the FEM numerical model of T-2 AGV helmet (Ghajari at al. (2011)). Coupling the helmet model with non-scaled Virthuman did not show any problems (perfect fitting of the helmet to the head). However, after the scaling procedure, the chin strap has no contact area with the HBM chin. This situation could generate an artificial detachment of the helmet from the head during the simulation.

¹ student of doctoral study programme Applied Science and Informatics, field Mechanics, specialization Applied Mechanics, e-mail: tomasz@ntis.zcu.cz

² NTIS – New Technologies for Information Society, e-mail: soltesl@ntis.zcu.cz

³ NTIS – New Technologies for Information Society, e-mail: hyncik@ntc.zcu.cz

First solution step was the helmet model cleaning. The shell elements of the strap were deleted. Next step was to generate the properly meshed geometry which could envelop the chin (Figure 2). This step was automatized by the “Seatbelt” VPS built-in tool. The third step was to assign proper material model for the new chin strap. The material model parameters ($E = 1000 \text{ MPa}$, $\rho = 870 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 0.3$ and thickness 1.3 mm) were taken from Ghajari et al. (2011). Based on those parameters, 2 material models were created and assigned to corresponding elements (elastic shell and elastic bar models). Finally, the interface between the head and the helmet was set by a “Symmetric node to segment with edge treatment” (CNTAC Type 33) contact with a friction coefficient equal to 0.5. After this procedure, the coupled HBM-helmet model was run. The test run did not show any numerical or kinematic errors.

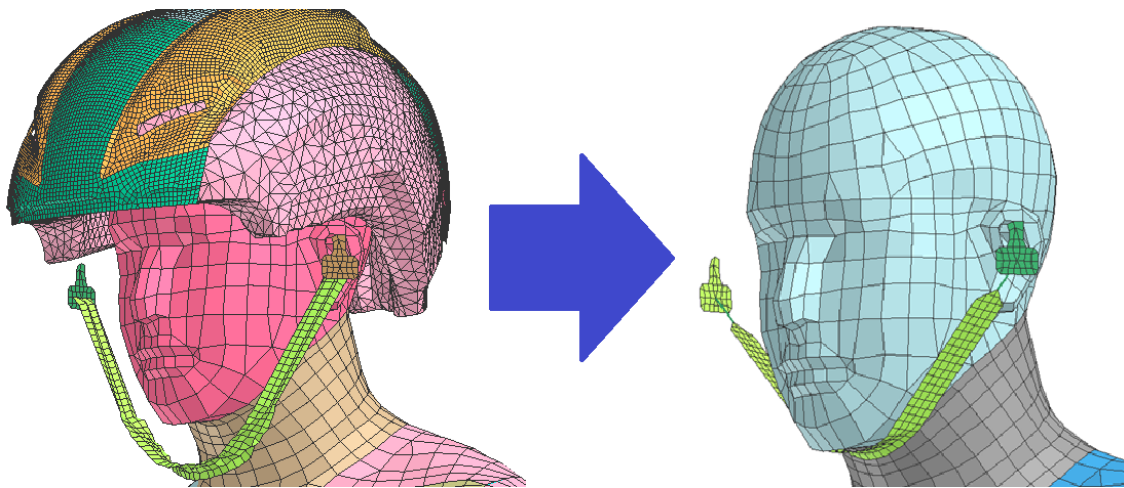


Figure 2: The coupling problem solution.

3 Conclusion

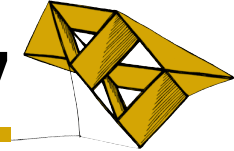
The scaled Virthuman-helmet coupling problem was solved. The new application of the “Seatbelt” VPS built-in tool was presented. The coupled model can be used for the complex PTW scenario reconstruction, with realistic head injury criteria assessment.

Acknowledgements

The research leading to these results have received funding from the People Programme (Marie Curie Actions) of the European Union 7th Framework Programme FP7/2007-2013/ under REA grant agreement no. 608092. This work was supported by the internal grant project SGS-2016-059.

Bibliography

- ACEM (2009) MAIDS – „In-Depth Investigation of Motorcycle Accidents”, the Association of European Motorcycle Manufacturers (ACEM)
- Ghajari M., Galvanetto U., Iannucci L., Willinger R. (2011) Influence of the body on the response of the helmeted head during impact, *International Journal of Crashworthiness*, 16:3, 285-295.
- Vychytil, J., Manas, J., Cechova, H., Spirk, S. et al. (2014) Scalable Multi-Purpose Virtual Human Model for Future Safety Assessment, *SAE Technical Paper 2014-01-0534*, 2014, doi: 10.4271/2014-01-0534.



Identifikace parametrů multikompartmentového modelu jaterní perfúze

Jaroslava Brašnová¹, Eduard Rohan², Vladimír Lukeš³

1 Motivace

Modely perfúze jaterní tkáně (parenchymu) nalézají své uplatnění v lékařství, zejména pak v chirurgii. Cílem je například usnadnit lékařům predikci chování jater a získat představu o proudění krve na základě vstupních dat (např. CT snímků). Jednou z hlavních motivací tvorby těchto modelů je simulace změny perfúze v závislosti na změnách struktury a objemu jaterní tkáně, ke kterým dochází v důsledku onemocnění (např. nádorových onemocnění či jaterní cirhózy) a následné léčby (např. resekce).

2 Multikompartmentový model perfúze a identifikace parametrů

Proudění krve v játrech lze komplexně popsat pomocí dvou modelů vzájemně propojených zřídly a propady, viz Rohan et al. (2016). Jedná se o 1D model založený na Bernoulliho rovnici popisující proudění v nejvyšší úrovni (žilním stromu) a 3D multikompartmentový model popisující perfúzi v jaterním parenchymu uvažovaném jako porézní médium nasycené nestlačitelnou tekutinou. Perfúzi ve 3D modelu popisuje stavová rovnice (1) odvozená z rovnice kontinuity a Darcyho zákona, viz Michler et al. (2013), zahrnující výměnu tekutiny mezi kompartmenty reprezentovanou mezikompartmentovými toky J_j^i .

$$\int_{\Omega_i \setminus \Sigma_i} K^i \nabla p^i \cdot \nabla q^i + \int_{\Omega_i \setminus \Sigma_i} \sum_j \underbrace{G_j^i}_{J_j^i} (p^i - p^j) q^i = \int_{\Omega_i \setminus \Sigma_i} f^i q^i, \quad \forall q^i \in Q^i \quad (1)$$

Kompartiment i tvoří kontinuum na oblasti Ω_i s vlastnostmi danými permeabilitou K^i [$m^2 \cdot (Pa \cdot s)^{-1}$] a perfúzními parametry G_j^i [$(Pa \cdot s)^{-1}$] mezi kompartmenty i a j , kde p^i (p^j) je tlak, f^i je externí vtok do kompartmentu (zřídla a propady) a q^i jsou testovací funkce. Stavová rovnice byla numericky řešena pomocí FEM softwaru *SfePy*. Nevýhodou modelů perfúze jater je obtížnost stanovení perfúzních parametrů G_j^i , které nelze určit přímo ani měřením.

Identifikace těchto parametrů G_j^i je formulována jako optimalizační úloha. Hledány jsou optimalizační parametry α konstantní na elementech. Cílem je nalezení globálního minima účelové funkce Φ definované jako rozdíl funkce toků a "změřených" toků ve smyslu nejmenších čtverců. Během optimalizace je nutné řešit adjungovanou úlohu a následně vyhodnotit citlivostní vztahy vyjadřující závislost změny funkce Φ na změnu optimalizačních parametrů. Identifikace byla realizována pomocí softwaru *SfePy* a pro minimalizaci účelové funkce byla použita funkce SLSQP implementovaná v *SciPy.optimize*. Pro identifikaci bylo nezbytné vypočítat pomocí

¹ studentka navazujícího studijního programu Počítačové modelování v inženýrství, obor Aplikovaná mechanika, e-mail: jbrasnov@students.zcu.cz

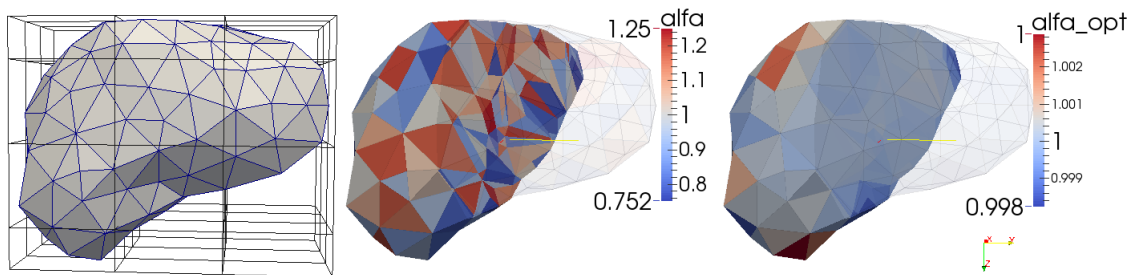
² Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky, e-mail: rohan@kme.zcu.cz

³ Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky, e-mail: vlukes@kme.zcu.cz

(1) hodnoty tlaků, definovat počáteční hodnoty a omezení (box constraints) optimalizačních parametrů. Identifikace byla provedena na geometriích jater s tetraedrálními prvky a dvěma kompartmenty. Úloha optimalizace je z numerického hlediska velice náročný problém. Výpočty potvrdily, že je výhodné alespoň přibližně znát hodnoty optimalizačních parametrů. Zároveň byla potvrzena nevhodnost parametrizace perfúzních parametrů po částech konstantních na elementu a nutnost připojení regularizačních podmínek. Čehož lze dosáhnout například parametrizací pomocí splineboxu. Pro numerické testování byl použit splinebox implementovaný v programu *SfePy* definovaný řídicím polyedrem. Platí

$$\alpha(\mathbf{t}) = \sum_k \mathbf{b}^k B^k(\mathbf{t}), \quad \mathbf{t} \in \Omega, \quad (2)$$

kde \mathbf{b}^k jsou kontrolní body splineboxu a B^k jsou B-spline báze splinů. Na základě výpočtů



Obrázek 1: Vlevo: tetraedrální síť se splineboxem. Uprostřed: hodnoty parametrů α před optimalizací. Vpravo: hodnoty parametrů α po provedení optimalizace.

perturbace vstupních dat byly porovnány oba způsoby parametrizace. Kdy v případě použití splineboxu bylo nalezeno minimum funkce Φ v mnohem kratším výpočetním čase a perfúzní parametry vykazovaly větší "hladkost". Ostatní vlastnosti závisí na zvolených podmínkách (tolerance, perturbace, atd.).

3 Závěr

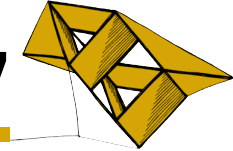
Byla provedena identifikace perfúzních parametrů definovaných v 3D multikompartmentovém modelu jaterní perfúze za použití dvou různých parametrizací.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-059.

Literatura

- Michler, C., Cookson, A. N., Chabiniok, R., Hyde, E., Lee, J., Sinclair, M., Sochi, T., Goyal, A., Viguera, G., Nordsletten, D. A. and Smith, N. P. (2013), A computationally efficient framework for the simulation of cardiac perfusion using a multi-compartment Darcy porous-media flow model. *Int. J. Numer. Meth. Biomed. Engng.*, 29: 217–232. doi:10.1002/cnm.2520
- Rohan, E., Lukeš, V., Jonášová, A. (2016) Modeling of the contrast-enhanced perfusion test in liver based on the multi-compartment flow in porous media. Available from: <https://arxiv.org/pdf/1605.09162> [Accessed 18th May 2017].



Modelování otěru palivových proutků

Štěpán Dyk¹

1 Úvod

Otěr je specifickým typem opotřebení, ke kterému dochází v případě, že dvě součásti jsou k sobě ve stykové ploše přitlačovány normálovou silou a zároveň dlouhodobě dochází k jejich relativnímu kmitavému pohybu v tečném směru. Tím je způsoben lokální úbytek hmoty v kontaktní ploše.

Palivové proutky (PP) jsou v palivových souborech s předepnutím upnuty do distančních mřížek. V důsledku rozkmitání PP vlivem tlakových pulsací chladiva a vlivem obtékání proudem chladiva dochází v kontaktu s buňkami distančních mřížek k relativnímu skluzovému pohybu, který při dlouhodobém účinku vede k otěru pokrytí PP. V tomto případě je otěr velmi důležitým parametrem, neboť při ztenčení stěny pokrytí PP (zirkoniová tenkostěnná trubička) pod limitní hodnotu může dojít k nežádoucímu průniku zvýšeného množství štěpných produktů do chladiva. Otěr je v současné době určován experimentálně, viz Kim et al. (2006), nebo výpočetními přístupy, viz Zeman (2016), přičemž je zkoumána např. citlivost otěru na geometrických a materiálových parametrech kontaktu, viz Kim (2010); Lee and Kim (2007), či charakteru buzení.

2 Matematický model otěru PP v kontaktu s buňkami distančních mřížek

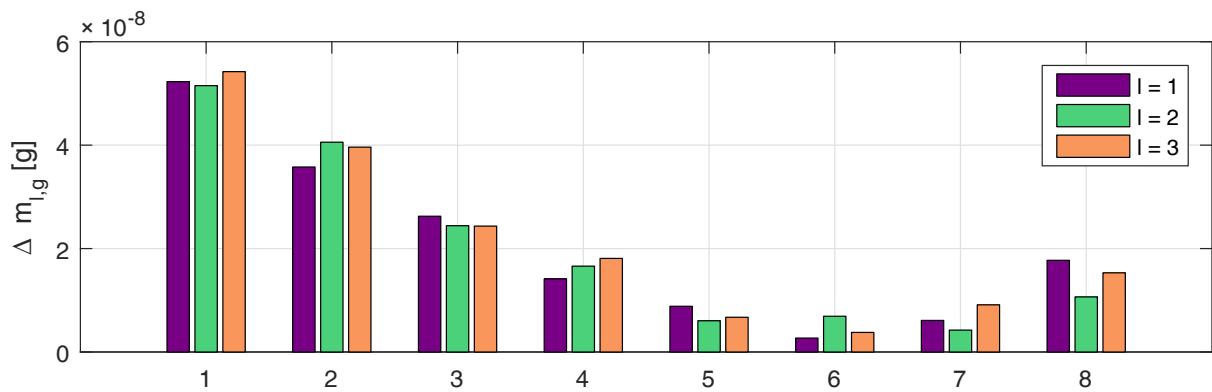
Pro určení otěru pokrytí palivových proutků je klíčová znalost pohybu PP. Pro výpočet lze použít např. komplexní model PP vyvíjený dlouhodobě na Katedře mechaniky FAV ZČU v Plzni, který sestává ze dvou poddajných kontinuí – pokrytí PP a sloupce palivových tablet, viz Zeman (2016); Dyk (2017). Tento model zahrnuje detailní popis rázových sil mezi oběma kontinuí, třecích sil v kontaktu a efekt předepnutí buněk distančních mříží a axiálního pružinového fixátoru. Model umožňuje simulaci kmitání PP v časové oblasti a následný výpočet skluzových rychlostí v daném kontaktním bodě. Pro modelování otěru byl navržen vztah vyjadřující tzv. *hodinový otěr* pokrytí PP, viz Zeman (2016), pro který platí

$$\Delta m_{l,g} = \mu W_{l,g} \frac{3600}{t_2 - t_1}, \quad l = 1, 2, 3, \quad g = 1, 2, \dots, 8, \quad (1)$$

kde μ je otěrový parametr v [g/J], $W_{l,g}$ je práce třecí síly v daném kontaktním bodě a příslušné indexy definují úroveň distanční mřížky $g = 1, 2 \dots 8$ a buňky $l = 1, 2, 3$ na dané úrovni. Časy $t_1, t_2 \in \mathbb{R}^{0+}$ vymezují časový interval, v němž již došlo k odeznění přechodových kmitů a PP kmitá ustáleně. Práci třecích sil v kontaktním bodě lze vyjádřit ve tvaru

$$W_{l,g} = \int_{t_1}^{t_2} f(c_{l,g}) |N_{l,g}(d_{j,g,r}) c_{l,g}| dt, \quad l = 1, 2, 3, \quad g = 1, 2, \dots, 8, \quad (2)$$

¹ student doktorského studijního programu Aplikovaná věda a informatika, obor Aplikovaná mechanika, e-mail: sdyk@ntis.zcu.cz



Obrázek 1: Ukázka hodinového otěru pokrytí PP na úrovních distančních mřížek g v kontaktu s buňkami l

kde $f(c_{l,g})$ je třecí koeficient, $N_{l,g}$ je normálová síla a $c_{l,g}$ je skluzová rychlost v daném kontaktním bodě. Ukázka výsledků výpočtů hodinového otěru pokrytí PP při uvážení buzení tlakovými pulsacemi chladiva ve standardním provozním režimu a při plně rozvinutých záznějích (daných blízkými, ale nestejnými otáčkami hlavních cirkulačních čerpadel) je uvedena na obr. 1.

3 Závěr

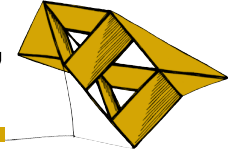
Metodika simulace pohybu PP a následné analýzy otěru umožňuje určit úbytek hmoty v daném kontaktním bodě. Výpočty lze provádět při modelování kmitání PP na různých úrovních abstrakce a v případě znalosti vývoje klíčových parametrů palivového proutku (mezera palivo-pokrytí, předepnutí buněk distančních mřížek, axiální síla pružinového fixátoru) lze provést odhad vývoje otěru pokrytí PP v průběhu kampaně.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen grantem SGS-2016-038.

Literatura

- Dyk, Š., Zeman, V. (2017). *Nonlinear Vibration of Nuclear Fuel Rods*. Mechanisms and Machine Science, Vol 44, pp. 185–190.
- Kim, H.-K., Lee, Y. H., Heo, S. P. (2006) *Mechanical and experimental investigation on nuclear fuel fretting*. Tribology International, 39(10):1305–1319. The Fourth International Symposium on Fretting Fatigue The Fourth International Symposium on Fretting Fatigue.
- Kim, K.-T. (2010) *The effect of fuel rod supporting conditions on fuel rod vibration characteristics and grid-to-rod fretting wear*. Nuclear Engineering and Design, 240(6):1386–1391.
- Lee, Y.-H., Kim, H.-K. (2007) *Effect of spring shapes on the variation of loading conditions and the wear behaviour of the nuclear fuel rod during fretting wear tests*. Wear, 263(1-6):451–457, 2007. 16th International Conference on Wear of Materials.
- Zeman, V., Dyk, Š., Hlaváč, Z. (2016) *Mathematical modelling of nonlinear vibration and fretting wear of the nuclear fuel rods*, Archive of Applied mechanics, Vol 86(4): 657–668.



Numerical experiments in spatial patterning

Martin Fenc¹

1 Introduction

In general, we study a system of reaction-diffusion equations with certain functions $f(u, v), g(u, v)$ describing reaction kinetics of two chemical substances. Let's consider the system

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial u}{\partial t} &= d_1 \Delta u + b_{1,1}(u - \bar{u}) + b_{1,2}(v - \bar{v}) + n_1(u, v), \\
 \frac{\partial v}{\partial t} &= d_2 \Delta v + b_{2,1}(u - \bar{u}) + b_{2,2}(v - \bar{v}) + n_2(u, v),
 \end{aligned} \tag{1}$$

with zero Neumann boundary conditions. The numbers d_1, d_2 are positive diffusion parameters, $b_{i,j}$ are constant elements of Jacobi matrix of the functions f, g in the constant stationary solution $[\bar{u}, \bar{v}]$ and $n_{1,2}$ are higher order terms of Taylor expansion around $[\bar{u}, \bar{v}]$. It was proposed by Turing (1952) that under some conditions on $b_{i,j}$ the stationary solution of the system (1) without diffusion ($d_1 = d_2 = 0$) is stable, but with diffusion it is unstable. Such effect was later called "diffusion driven instability". The loss of the stability of the constant stationary solution gives rise to the spatially non-homogeneous stationary solutions. These solutions describe patterns, which have application as patterns on animal coat, for example.

The positive quadrant of parameters $[d_1, d_2] \in \mathbb{R}_+^2$ can be divided by a curve C_E on two regions, i.e. region of stability and instability. The region of instability is the set of points $[d_1, d_2]$, for which the patterns exist. The curve C_E is an envelope of certain hyperbolas $C_i, i \in \mathbb{N}$ illustrated on Figure 1.

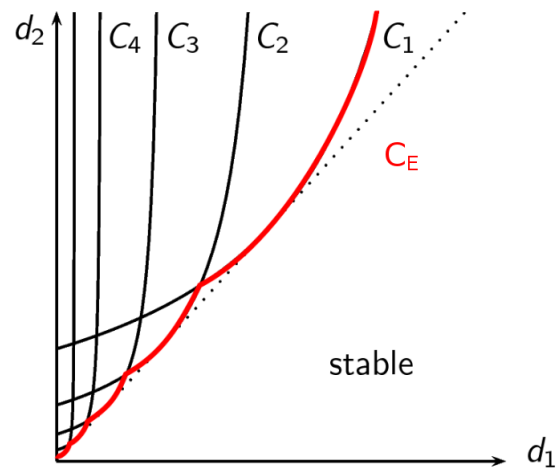


Figure 1: The envelope C_E of hyperbolas in the plane $[d_1, d_2]$

2 Problem modified by unilateral terms

In this classical case, there must be $d_1 \ll d_2$ for spatial patterns to appear, i.e. the portion $D = \frac{d_1}{d_2}$ is essentially less than one. However, this requirement seems to be pretty unrealistic. We would like to overcome this issue by adding source terms to the second equation of the system. Even though we base our research on Turing, we focus on the creation of patterns,

¹ student of the Ph.D program Mathematics, field Applied mathematics, Department of Mathematics, e-mail: fencm37@kma.zcu.cz

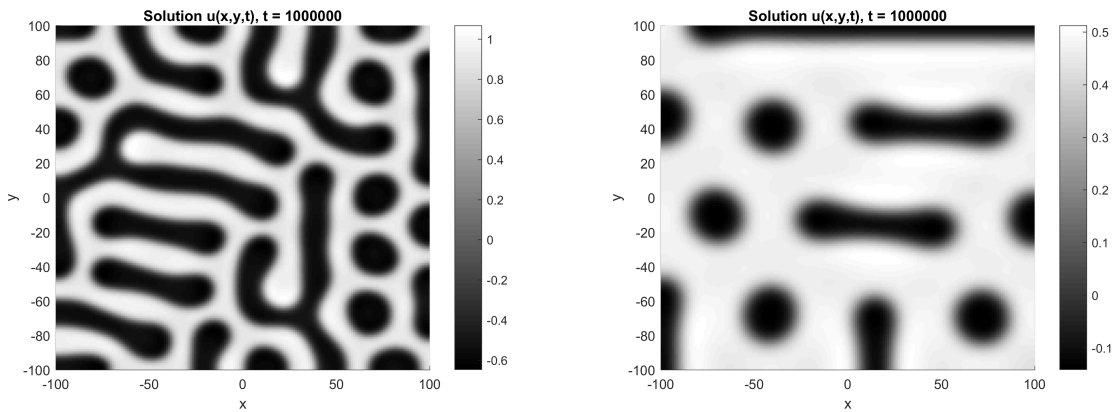
instead of the stability of the corresponding constant stationary state. Let's consider a model with specific reaction kinetics (Liu et al. (2006)):

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= D\delta\Delta u + \alpha u + v - r_2 uv - \alpha r_3 uv^2, \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= \delta\Delta v - \alpha u + \beta v + r_2 uv + \alpha r_3 uv^2.\end{aligned}\tag{2}$$

This model generates patterns for $D < D_{crit} \approx 0.53$. Vejchodský et al. (2015) experimented with the unilateral source term τv^- ($v^- = \frac{1}{2}(|v| - v)$) and were able to push D_{crit} to the value $D_{crit} \approx 0.71$. Also, they observed that this term breaks the regularity of patterns, which leads to new interesting shapes of patterns.

We will present the unilateral term with saturation $s := \frac{\tau v^-}{1 + \varepsilon v^-}$. This type of source is bounded, which seems to be more natural, and it is also more flexible, because it is two-parametric. Clearly $s \rightarrow \tau v^-$ as $\varepsilon \rightarrow 0$ and $s \rightarrow 0$ as $\varepsilon \rightarrow \infty$. This behaviour can be observed on the shape of patterns for different values of ε . The example of the pattern generated by the model (2) with s is on Figure 2a. For the term s with parameters $\tau = 0.1$, $\varepsilon = 0.27$ we were able to find $D_{crit} \approx 0.85$. Hence, we achieved quite an improvement in this sense. The pattern for D close to critical value D_{crit} is illustrated on Figure 2b.

We also performed experiments related to the source term τu^- in the first equation of the model. We already proved that this unilateral term has the opposite effect on the creation of patterns, i.e. the region of parameters for which patterns appear is smaller. Numerical experiments are in concert with these theoretical results.



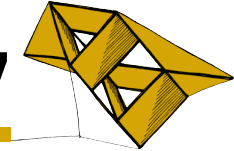
(a) A pattern typical for $\frac{\tau v^-}{1 + \varepsilon v^-}$

(b) The pattern for $D = 0.84$, $\tau = 0.1$, $\varepsilon = 0.27$

Figure 2: Examples of irregular patterns degenerated by an unilateral term $\frac{\tau v^-}{1 + \varepsilon v^-}$

References

- Liu, R., Liaw, S., Maini, P. (2006) Two-stage Turing model for generating pigment patterns on the leopard and the jaguar. *Physical review E Volume 74(1)*, p.011914
- Turing, A.M. (1952) Chemical basis of morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Vol.237, No. 641. pp. 37-72.
- Vejchodský, T., Jaroš, F., Kučera, M., Rybář, V. (2015) Unilateral regulation breaks regularity of Turing patterns. Preprint Math. Inst. ASCR No. 9-2015.



Softwarová implementace optického extenzometru

Jan Heczko¹

1 Úvod

Tento příspěvek se zabývá vyhodnocením deformací zkušebních vzorků na základě polohy kontrastních značek na fotografiích. Přístup popsany v této práci je motivován následujícími požadavky: (i) odstranit nutnost použití mechanického extenzometru, který by mohl být poškozen při porušení zkušebního vzorku; (ii) jednoduchost přípravy vzorků a scény; (iii) zachování optických vlastností vzorků, neboť jedním z dalších cílů probíhajícího výzkumu je sledovat vznik trhlin díky průsvitnosti materiálu; (iv) nízká výpočetní náročnost, možnost výhledově řídit trhačí stroj výstupem metody; (v) možnost snímat posuv pouze v jednom směru.

Požadavek (i) vede k bezkontaktnímu snímání posuvu. Požadavky (ii)-(iv) eliminují metodu digitální korelace obrazu (DIC) pro nutnost nanést na povrch náhodný vzor a výpočetní čas. Požadavek (v) je základem jednoduchosti vyvinuté metody, ve které stačí pracovat se skalární funkcí jedné proměnné.

2 Metoda vyhledávání polohy značek

Zvolený postup výpočtu vzdálenosti značek (viz obr. 1):

1. Na fotografii zvolit úsečku, na níž se mají hledat kontrastní značky.
2. Extrahovat z fotografie hodnoty jasu jako skalární funkci polohy p .
3. Vyhladit funkci p pomocí vztahu

$$f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} p(y) w(x, y) dy, \quad (1)$$

kde funkce vyhlazovacího okna w je parametr metody.

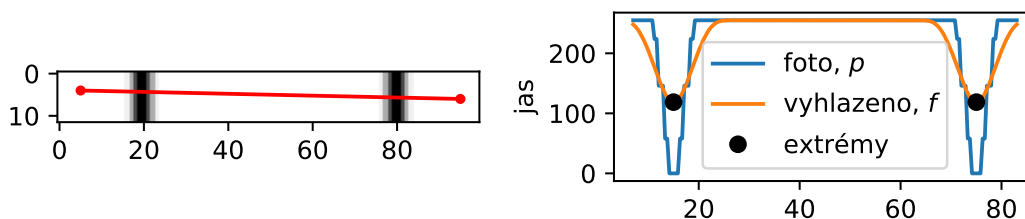
4. Najít polohu lokálních extrémů vyhlazené funkce f , které odpovídají polohám značek na fotografii. Postup hledání lokálních extrémů je také parametrem metody.

3 Implementace

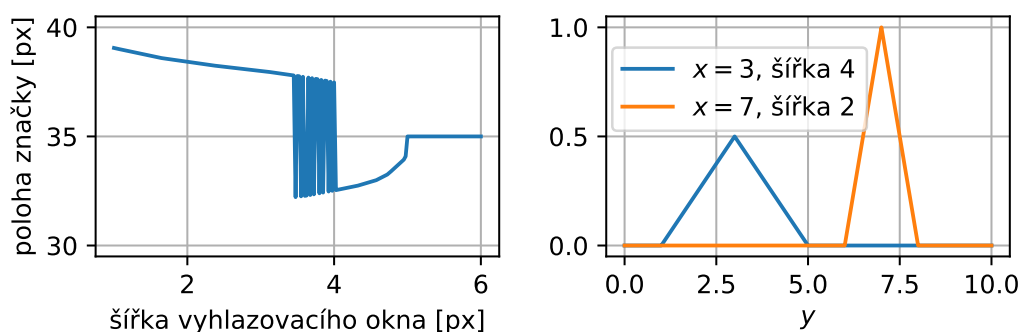
Testovací implementace byla provedena v jazyce Python s použitím knihoven `matplotlib`, Hunter (2007), `numpy` a `scipy`, Walt et al. (2011).

Funkce p je po částech konstantní, vyhlazovací okno w je v proměnné y po částech lineární. Díky těmto vlastnostem lze integrál ve vztahu (1) počítat přesně. Přesná integrace

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, e-mail: jheczko@students.zcu.cz



Obrázek 1: Příklad vyhledávání značek na fotografii. Vlevo testovací obrázek se zvolenou úsečkou (krok 1), vpravo extrahované hodnoty, vyhlazená funkce a nalezené extrémny.



Obrázek 2: Vlevo vypočtená poloha značky v závislosti na šířce vyhlazovacího okna, vpravo příklady vyhlazovacích oken.

umožňuje hledat extrémny vyhlazené funkce f pomocí obvyklých metod pro jednorozměrnou minimalizaci.

Vlastnosti metody a nastavení parametrů bylo otestováno na numerických příkladech (vygenerovaných obrázcích, kde je známa poloha značek) i na fotografiích pořízených během měření. Obr. 2 ukazuje vypočtenou polohu středu značky se dvěma extrémny v závislosti na nastavení šířky vyhlazovacího okna w . Přesná poloha středu byla 35px.

4 Závěr

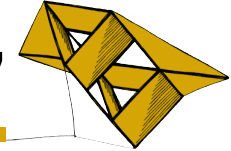
Navržená metoda splňuje stanovené požadavky a pro reálná data dosahuje přesnosti srovnatelné s mechanickým extenzometrem. Není přímo omezena velikostí nebo tvarem vzorku, vhodná je ovšem spíše pro velké deformace.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-038.

Literatura

- Hunter, J.D. (2007). *Matplotlib: A 2D Graphics Environment*, Computing in Science & Engineering, 9, pp. 90-95, DOI:10.1109/MCSE.2007.55
- Walt, S., Colbert, Ch. a Varoquaux, G. (2011). *The NumPy Array: A Structure for Efficient Numerical Computation*, Computing in Science & Engineering, 13, pp. 22-30, DOI:10.1109/MCSE.2011.37.



Mathematical model of a suspension bridge in 1D: Revision of uniqueness results

Gabriela Holubová¹, Jakub Janoušek²

1 Introduction

The collapse of Tacoma Narrows Bridge in 1940 was the cause of major interest in modelling the behaviour of suspension bridges. In 1980s and 1990s, many authors presented new models and first theoretical results. Our work is based on a one-dimensional nonlinear model originally presented by Lazer and McKenna (1990) and on the previous work of Tajčová (1997).

2 Problem setting

In view of Lazer and McKenna's model, we consider the following boundary value problem

$$\begin{aligned}
 u_{tt} + \alpha^2 u_{xxxx} + \beta u_t + ku^+ &= h(x, t), \\
 u(0, t) = u(\pi, t) = u_{xx}(0, t) &= u_{xx}(\pi, t) = 0, \\
 u(x, t + 2\pi) &= u(x, t), \quad -\infty < t < +\infty, \quad x \in (0, \pi).
 \end{aligned} \tag{1}$$

By setting $\Omega = (0, \pi) \times (0, 2\pi)$ and searching for a weak solution in the space $L^2(\Omega)$ for an arbitrary right-hand side $h \in L^2(\Omega)$, we are able to interpret (1) as the operator equation

$$Lu = -ku^+ + h \tag{2}$$

and consequently as the fixed point formulation

$$u = L^{-1}(-ku^+ + h). \tag{3}$$

With the help of Banach Contraction Theorem (also used by Tajčová (1997)), we can obtain a condition for the stiffness parameter k that implies the existence and uniqueness of the weak solution. In order to determine for which setting of parameters α, β and k is the operator $L^{-1}(-k(\cdot)^+ + h)$ contractive, we have to estimate the norm of L^{-1} . The eigenvalues of L , which are essential for this estimate, are complex numbers

$$\lambda_{mn} = \alpha^2 m^4 - n^2 + i\beta n, \quad m \in \mathbb{N}, \quad n \in \mathbb{Z}. \tag{4}$$

It is an important fact that these eigenvalues can be interpreted as intersection of parabolas

$$p_m = \left\{ (x, y) : x = \alpha^2 m^4 - \frac{y^2}{\beta^2} \right\}, \quad m \in \mathbb{N},$$

¹ Assoc. prof., Department of Mathematics and NTIS, e-mail: gabriela@kma.zcu.cz

² Ph.D. student, Department of Mathematics and NTIS, e-mail: jjanouse@kma.zcu.cz

with horizontal lines

$$l_n = \{(x, y) : y = \beta n\}, \quad n \in \mathbb{Z}.$$

For illustration, see Fig. 1. This geometric interpretation allows a rather straightforward improvement of previous results.

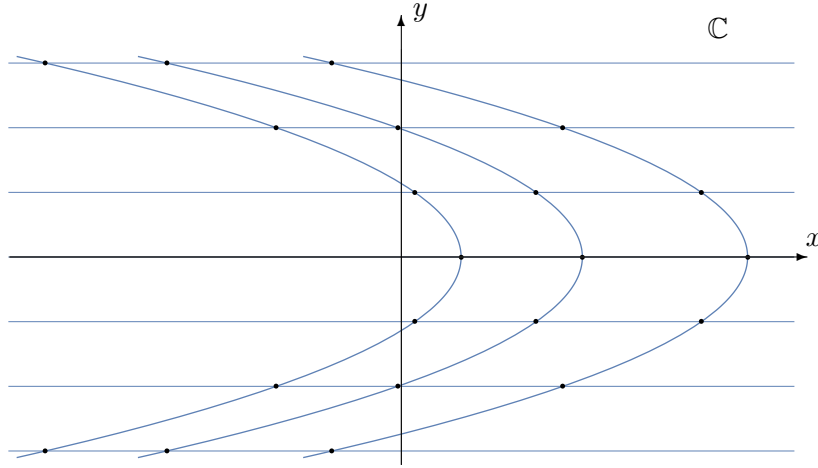


Figure 1: Eigenvalues of L in the complex plane.

3 Results

By employing Banach Contraction Theorem and the new geometric arguments, we are able to provide a refining of the previous uniqueness result in the form of a sufficient condition. Moreover, considering an equivalent ε -shifted problem

$$(L - \varepsilon I)u = -(k + \varepsilon)u^+ + \varepsilon u^- + h, \quad (5)$$

its fixed point reformulation via the resolvent operator, i.e.,

$$u = (L - \varepsilon I)^{-1} (-(k + \varepsilon)u^+ + \varepsilon u^- + h) \quad (6)$$

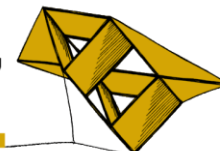
and, again, applying Banach Contraction Theorem and some more geometric arguments, we provide a significant extension of the “uniqueness interval” for the stiffness parameter k .

Acknowledgement

This work was partially supported by the project LO1506 of the Czech Ministry of Education, Youth and Sports. The first author was also supported by the Grant Agency of the Czech Republic, grant no. 13-00863S, the second author was supported by the project SGS-2016-003.

References

- Lazer, A.C., McKenna, P.J. (1990) Large-amplitude periodic oscillations in suspension bridges: some new connections with nonlinear analysis. *SIAM Review*, 32(4): pp. 537-578.
- Tajčová, G. (1997) Mathematical models of suspension bridges. *Applications of Mathematics*, 42(6): pp. 451-480.



Effect of energy on physical and mechanical properties of hard Ti(Al,V)N_x films prepared by magnetron sputtering

Martin Jaroš¹, Jindřich Musil², Radomír Čerstvý³, Stanislav Haviar⁴

Introduction

It is well known that properties of thin films are determined by their elemental and phase composition (crystalline phase, amorphous phase or mixture of crystalline and amorphous phase), structure (size of grains and their crystallographic orientation), and microstructure (porous/columnar, dense/voids-free). Up to now, the properties of the thin film are controlled by different deposition parameters. The problem in this approach is the fact that a correct combination of the deposition parameters necessary to form the film with prescribed properties is unknown. Different combinations of deposition parameters result in different energy \mathcal{E} delivered to the growing film what is difficult to predict. It means that the main parameter which really controls the film properties is the energy \mathcal{E} and thereby the correlations between the properties of the film and the energy \mathcal{E} are of a key importance (J. Musil (2015)). Therefore, an opposite approach in the development of new films should be used. At first, correlations between the film properties and the energy \mathcal{E} should be found. Then, based on this knowledge the necessary deposition parameters which ensure the formation of the films with prescribed properties should be determined.

In the simplest case of a collision-less, fully ionized plasma the energy of ion bombardment \mathcal{E}_{bi} can be expressed in the following form

$$\mathcal{E}_{bi} [\text{J/cm}^3] \approx \frac{|U_s| \times i_s}{a_D} \quad (1)$$

Here, U_s is the substrate bias, i_s is the substrate ion current density and a_D is the deposition rate of film.

This presentation shows the effect of the energy \mathcal{E} delivered to the growing Ti(Al,V)N_x film on its preferred crystallographic orientation (texture) of grains, microstructure, physical and mechanical properties, and resistance to cracking in detail. A great attention is devoted also to (i) the control of the structure and microstructure of film by the energy \mathcal{E} delivered to the film during its growth in the DC and pulsed magnetron discharges, (ii) the energy \mathcal{E} delivered to the film held at different substrate biases U_s and (iii) the energy \mathcal{E} delivered to the film by fast neutrals.

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Fyzika plazmatu a tenkých vrstev, e-mail: jarosm@kfy.zcu.cz

² vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, VP4, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: musil@kfy.zcu.cz

³ vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, VP4, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: cerstvy@kfy.zcu.cz

⁴ vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, VP4, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: haviar@kfy.zcu.cz

Results and Discussion

The presentation reports on a detailed investigation of the interrelationships between the energy \mathcal{E}_{bi} and \mathcal{E}_{fn} delivered to the Ti(Al,V) N_x film by bombarding ions and fast neutrals, respectively, and its structure, microstructure, mechanical properties, and resistance to cracking. Main issues of this study can be summarized as follows

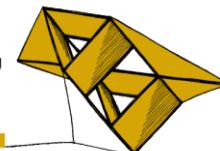
1. The texture of Ti(Al,V) N_x film varies from TiN(200) to TiN(220) with increasing energy \mathcal{E}_{bi} or \mathcal{E}_{fn} .
2. The Ti(Al,V) N_x films sputtered at low energies $\mathcal{E}_{bi} < 1.7 \text{ MJ/cm}^3$ and high sputtering gas pressures $p_T > 0.7 \text{ Pa}$ are characterized by the TiN(200) reflection and low resistance to cracking. On the other hand, the Ti(Al,V) N_x films sputtered at high energies $\mathcal{E}_{bi} \geq 1.7 \text{ MJ/cm}^3$ and low pressures $p_T < 0.7 \text{ Pa}$ exhibit no TiN(200) reflection but an enhanced resistance to cracking. It indicates that the absence of the TiN(200) reflection in XRD pattern can be used as an indicator that the Ti(Al,V) N_x film with enhanced resistance to cracking is formed.
3. The Ti(Al,V) N_x film with high ratio $H/E^* \geq 0.1$, high elastic recovery $W_e \geq 60\%$, dense, voids-free non-columnar microstructure and compressive macrostress ($\sigma < 0$) exhibit an enhanced resistance to cracking.
4. In sputtering of the Ti(Al,V) N_x film with enhanced resistance to cracking the energy \mathcal{E}_{bi} can be fully substituted by the energy \mathcal{E}_{fn} . This finding is of a general validity. Moreover, the use of the energy \mathcal{E}_{fn} in deposition of films makes it possible to sputter nanocrystalline and crystalline films on electrically insulating substrates without their heating and arcing on their surfaces.
5. The energy \mathcal{E} is a key parameter controlling physical and mechanical properties of sputtered films including their resistance to cracking and enabling their production in a reproducible way.

Acknowledgments

This work was supported by the project LO1506 of the Czech Ministry of Education, Youth and Sports under the program NPU I.

References

Musil, J., 2015. *Flexible hard nanocomposite coatings*, RSC Advances, Vol. 5. pp 60482-60495.



Controlled reactive HiPIMS – effective technique for low-temperature (300°C) synthesis of VO₂ films with semiconductor-to-metal transition

D. Kolenaty¹, J. Vlcek², T. Kozak³, J. Houska⁴, R. Cerstvy⁵

1 Introduction

Vanadium dioxide (VO₂) is the most interesting thermochromic material due to its reversible phase transition from semiconducting IR transparent state (monoclinic structure) to metallic IR reflective state (tetragonal structure) at around 68 °C. A high IR transmittance modulation makes the VO₂-based films a suitable candidate for optical switching applications, such as self-tunable infrared filters, temperature sensing devices and “smart” windows regulating the solar transmission. Current drawbacks limiting the application potential of the VO₂ films include high deposition temperatures (> 400 °C) of the films and the necessity to use a substrate bias potential in the case of their magnetron sputter deposition (J. Houska et al. (2016)).

2 Experimental details and Results

Reactive High power impulse magnetron sputtering (HiPIMS) with a feed-back pulsed reactive gas (oxygen) flow control and an optimized location of the oxygen gas inlets in front of the target and their orientation toward the substrate made it possible to form crystalline thermochromic VO₂ films at very high values of the maximum target power density of up to 5 kWcm⁻² in a pulse. The thermochromic VO₂ films (85 - 88 nm thick) were deposited onto floating conventional soda lime-glass substrates without any Na-diffusion barrier layer and nucleation-promoting “seed” layer at the temperature of ≤ 300 °C. Note that using the floating potential improves the application potential of the films due to a simplified deposition process and a decreased ion-induced compressive stress. The depositions were performed using a strongly unbalanced magnetron with an indirectly water-cooled planar vanadium target (50.6 mm in diameter) in argon-oxygen gas mixtures at the argon pressure of 1 Pa. The duty cycle was set to a constant value of 1%, the voltage pulse durations were between 40 μs and 100 μs, and the corresponding repetition frequencies were between 250 Hz and 100 Hz. The deposition-averaged target power density was approximately 13 Wcm⁻². The target-to-substrate distance was 145 mm. The phase composition of the VO₂ films was determined by grazing-incidence X-ray diffraction. The semiconductor-to-metal transition of the films was investigated by temperature-dependent transmittance and electrical resistivity measurement

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Fyzika plazmatu a tenkých vrstev, e-mail: kolenaty@kfy.zcu.cz

² vedoucí KFY, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: vlcek@kfy.zcu.cz

³ vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, VP4, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: kozakt@ntis.zcu.cz

⁴ vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, VP4, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: jhouska@kfy.zcu.cz

⁵ vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, VP4, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: cerstvy@kfy.zcu.cz

using a spectrophotometer and a four-point probe, respectively. Both analyzing systems were equipped with custom-designed heat cells to control the measurement temperature of the samples from 25 °C to 100 °C. The time-averaged energy distributions of positive ions were measured with an energy-resolved mass spectrometer placed at the substrate position. The ion energy distributions with increased fractions of high-energy ions (measured at substrate position) were extended up to 50 eV relative to ground potential. The VO₂ film prepared at the voltage pulse duration 50 μs exhibited an optical transmittance of about 40 % in the visible region and a large drop in the infrared transmittance ($\lambda = 2500$ nm) from 51% to 8% and in the electrical resistivity from $5.3 \times 10^{-3} \Omega\text{m}$ to $1.5 \times 10^{-5} \Omega\text{m}$ after the phase transition, its transition temperatures $T_{tr} = 56$ °C and 57 °C were lower than for the bulk VO₂ ($T_{tr} = 68$ °C) (Fig. 1).

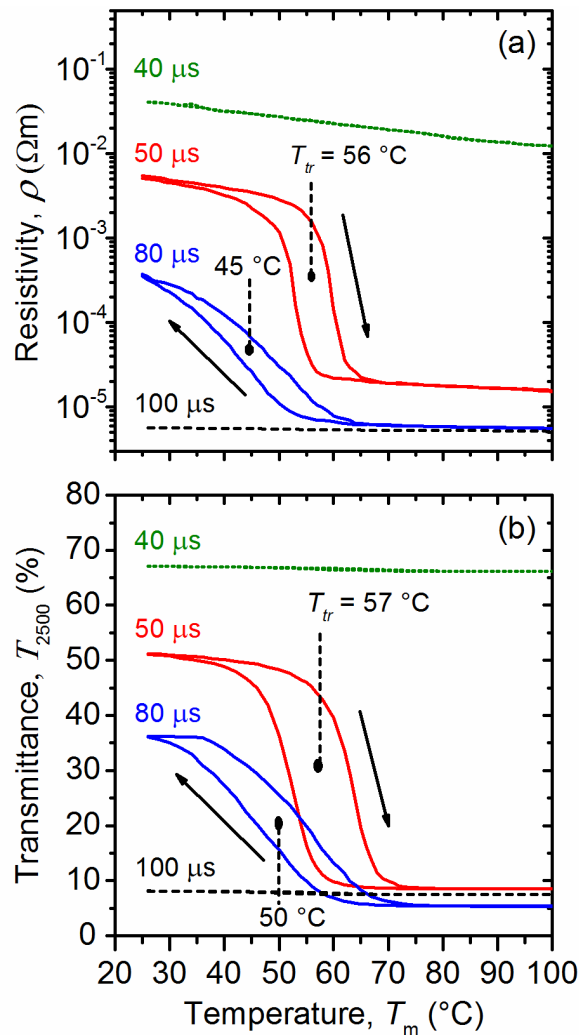
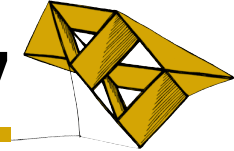


Figure 1: Temperature dependence of the electrical resistivity and infrared transmittance ($\lambda = 2500$ nm) of soda-lime glass coated by 85-88 nm thick films prepared at HiPIMS voltage pulse durations of 40, 50, 80 and 100 μs and the determined transition temperatures, T_{tr}

References

- Houska, J., Kolenaty, D., Rezek, J., Vlcek, J., (2016) Characterization of thermochromic VO₂ (prepared at 250°C) in a wide temperature range by spectroscopic ellipsometry, *J. Applied Surface Science*, ISSN 0169-4332



WPE algoritmus aplikovaný na rovnici difuze

Milada Krejčová¹

1 Úvod

Parciální diferenciální rovnice není téměř vždy možné řešit analytickými metodami. Alternativou jsou numerické metody, které však do řešení vnášejí nepřesnosti. Proto je vždy nutné zvolit takovou metodu, která pro daný typ úlohy vnáší nejmenší chybovost. Pro úlohy, kde je zapotřebí dosažení alespoň lokální termodynamické rovnováhy je vhodný např. WPE algoritmus představený v článku Wang et al. (2003) pro Focker-Planckovu rovnici. Tento algoritmus zde bude aplikován na difúzní rovnici a porovnán s analytickým řešením.

Základem této metody je prostorová diskretizace spojité veličiny (Markovského procesu) pomocí skokových procesů definovaných lokálním řešením spojité rovnice. Hlavním předpokladem je malá změna hledané veličiny mezi časovými kroky.

2 Aplikace algoritmu na difúzní rovnici

Uvažujme difúzní rovnici ve tvaru

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad (1)$$

ke t je časová proměnná, x prostorová a hledaná neznámá veličina je označena u . Využijeme předpokladu a hledáme řešení stacionární rovnice, tj. $0 = d^2u(x)/dx^2$. Vyřešením obdržíme

$$u(x) = c_1x + c_2. \quad (2)$$

Integrační konstanty určíme z pravděpodobností přeskočení mezi prostorovými uzly n a $n + 1$ vzdálenými o Δx daných vztahy

$$p_n = \int_{-\Delta x}^0 u(x)dx, \quad p_{n+1} = \int_0^{\Delta x} u(x)dx. \quad (3)$$

Po úpravě obdržíme integrační konstanty

$$c_1 = (p_{n+1} - p_n)/(\Delta x)^2, \quad c_2 = (p_n + p_{n+1})/(2\Delta x), \quad (4)$$

které dosadíme do řešení a obdržíme

$$u(x_n) = \frac{p_{n+1} - p_n}{(\Delta x)^2}x + \frac{p_n + p_{n+1}}{2\Delta x}. \quad (5)$$

Dalším krokem algoritmu je výpočet pravděpodobnostního toku

$$J_{n+1/2} = -D \frac{\partial u}{\partial x} = -D \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p_{n+1} - p_n}{(\Delta x)^2}x + \frac{p_n + p_{n+1}}{2\Delta x} \right) = -D \frac{p_{n+1} - p_n}{(\Delta x)^2}. \quad (6)$$

¹ studentka doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Aplikovaná Mechanika, e-mail: mkrejcov@ntis.zcu.cz

Pravděpodobnostní tok však předpokládáme ve tvaru $J_{n+1/2} = F_{n+1/2}p_n - B_{n+1/2}p_{n+1}$, označíme $F_{n+1/2} = D/(\Delta x)^2$ a $B_{n+1/2} = D/(\Delta x)^2$. Protože F a B označují tok po ose x v kladném, respektive v záporném směru, musí být z fyzikálního hlediska stejně velké. Jak je vidět z uvedených rovnic, toto tvrzení je platné i pro tento algoritmus.

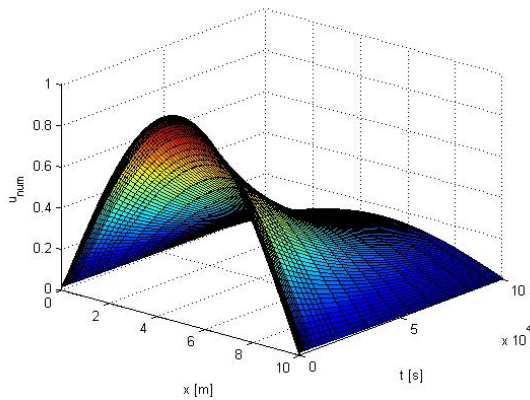
Časová změna veličiny p je pak dána rozdílem pravděpodobnostních toků, tj.

$$\frac{dp}{dt} = J_{n-1/2} - J_{n+1/2} = F_{n-1/2}p_{n-1} - B_{n-1/2}p_n - F_{n+1/2}p_n + B_{n+1/2}p_{n+1}. \quad (7)$$

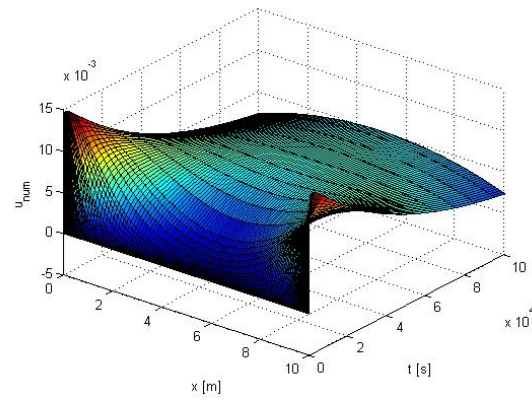
Pro přechod k původní proměnné $u(x, t)$ využijeme aproximujícího vztahu pro p

$$p_n(t) \approx \int_{x_n-\Delta x/2}^{x_n+\Delta x/2} u(x, t) dx \approx u(x_n, t)\Delta x \Rightarrow u(x_n, t) \approx p_n(t)/\Delta x. \quad (8)$$

3 Porovnání numerického řešení WPE algoritmu s analytickým řešením difuzní rovnice



Obrázek 1: Vypočtené rozložení hledané veličiny WPE algoritmem



Obrázek 2: Rozdíl mezi vypočteným rozložením WPE algoritmem a analytickým řešením

Na obr. 1 je vykresleno numerické řešení získané WPE algoritmem za časové integrace v matlabu příkazem ode15s. Od tohoto výsledku je odečteno analytické řešení difuzní rovnice a jejich rozdíl je zobrazen na obr. 2. Maximální rozdíl obou řešení je $1,5 \cdot 10^{-2}$, což je považováno za velmi dobrou shodu.

4 Závěr

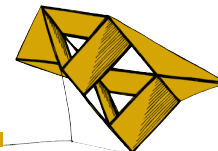
V této práci byl aplikován WPE algoritmus na difuzní rovnici a porovnán s analytickým řešením pro stejné počáteční podmínky i okrajové podmínky.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovými projekty SGS-2016-038 a SGS-2016-059.

Literatura

Wang, H., Peskin, C. S., Elston, T. C. (2003) A Robust Numerical Algorithm for Studying Biomolecular Transport Processes, *Journal of Theoretical Biology*, Volume 221, pp. 491–511.



Počítačové modelování jízdních vlastností formule Student

Eva Menclová¹, Jan Rendl²

1 Úvod

Formule Student je mezinárodní soutěž studentských týmů, jejichž úkolem je návrh a konstrukce jednomístného závodního vozu formulového typu, který má být výkonný, dobře ovladatelný, spolehlivý, bezpečný i estetický. Vlastní soutěž se skládá z několika bodovaných disciplín, ve kterých jsou formule podrobeny statickým a dynamickým testům.

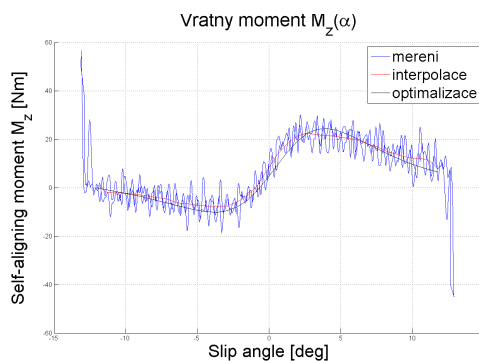
Hlavním cílem této práce bylo vytvoření virtuálního modelu formule Student s důrazem na modelování pneumatik. Pneumatiky jsou komplexní částí vozidla, která je přímo spojena s vozovkou, proto je na místě jim věnovat náležitou pozornost. Model pneumatik, kterým se tato práce zabývá, se nazývá *Pacejka Magic Formula* [Pacejka (2006)].

2 Pacejka Magic Formula

Pacejka Magic Formula (PAC2002) je široce používaný model pneumatiky, který je schopen popsat velikosti sil a momentů působících na pneumatiku na základě daných univerzálních vztahů za podmínky znalosti změřených experimentálních dat [Pacejka (2006)]. Jedná se o model semi-empirický, protože se opírá jak o teoretické vztahy, tak o data získaná z měření.



Obrázek 1: Fotografie z měření ve firmě *Calspan*



Obrázek 2: Závislost vratného momentu M_z na úhlu skluzu α

Kosinová forma obecného vzorce modelu *Pacejka Magic Formula* je

$$y(x) = D \cos \left[C \arctan \left(Bx - E (Bx - \arctan Bx) \right) \right], \quad (1)$$

¹ student navazujícího studijního programu Počítačové modelování v inženýrství, obor Výpočty a design, e-mail: mencev@students.zcu.cz

² student navazujícího studijního programu Počítačové modelování v inženýrství, obor Dynamika konstrukcí a mechatronika, e-mail: rendlj@students.zcu.cz

kde B , C , D a E jsou neznámé parametry, jejichž hodnoty je nutné naladit na základě znalosti experimentálních dat [Pacejka (2006)].

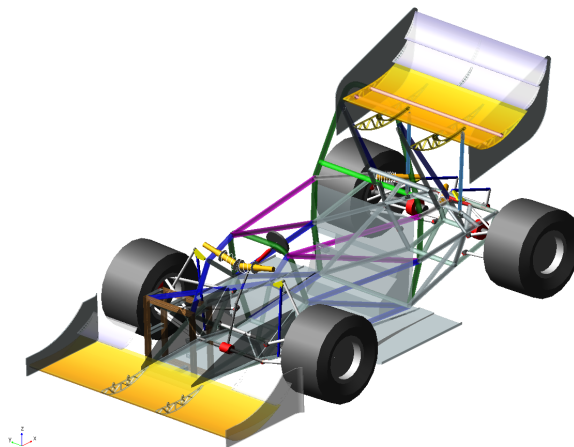
3 Experimentální data

Data z měření jsou nezbytná pro identifikaci neznámých koeficientů vyskytujících se ve vzorcích *Magic Formula*. Tým ZČU získal data jako člen *The FSAE Tire Test Consortium*. Poté byla data podrobněji zpracována a využita pro identifikaci neznámých koeficientů pomocí optimalizačního procesu ve výpočtovém prostředí MATLAB. Na obrázku 2 je zobrazen jeden z výsledků optimalizace neznámých koeficientů příslušících vratnému momentu M_z pro jednu kombinaci vstupních dat.

Po optimalizačním procesu byl model pneumatik zkompletován a následně implementován do modelu formule Student.

4 Model formule Student v modulu ADAMS/Car

Další část práce byla věnována tvorbě virtuálního modelu formule Student v modulu ADAMS/Car. Nejdříve byly vytvořeny jednotlivé šablony (*templates*) konstrukčních částí, které byly spojeny do sestavy celé formule (*assembly*).



Obrázek 3: Model formule Student

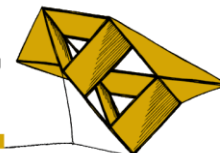
Po implementaci modelu pneumatik *PAC2002* a po návrhu pružin i tlumičů přední a zadní nápravy byly s modelem realizovány simulace, které příslušely vybraným dynamickým testům soutěže Formule Student. Byly provedeny simulace jízdy na trati ve tvaru osmičky a simulace jízdy na okruhu, během nichž bylo vyhodnocováno např. klopení karoserie nebo síly působící v nožích stabilizátorů.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen projektem SGS-2016-038. Autoři dále děkují společnosti Calspan za data z měření pneumatik.

Literatura

Pacejka, H. B. (2006) *Tire and Vehicle Dynamics*. The Netherlands: Delft University of Technology, SAE International



Numerická schémata pro určení nevazkého toku čtyřrovnicevého modelu dvoufázového proudění

Stanislav Plánička¹

Úvod

Příspěvek se zabývá vhodností různých numerických schémat pro aproximaci nevazkého toku izoentropického dvoufázového modelu s ohledem na stabilitu numerického řešení a přesnost dosažených výsledků. Pro tento účel byl vytvořen výpočetní kód založený na metodě konečných objemů a simulovány standardní testovací úlohy.

Matematický model

Řešený čtyřrovnicevý dvoufázový model patří do skupiny Euler-Eulerovských modelů, kde každou fázi popisuje sada proudových rovnic. Eulerovské modely jsou vhodné pro širokou škálu proudových režimů a jsou tedy z dvoufázových modelů nejuniverzálnější. Zatímco numerické simulace problémů jednofázového proudění se dnes již opírají o řadu relativně efektivních metod, komplikace při řešení dvoufázových modelů stále nejsou dostatečně překonány. Euler-Eulerovské dvoufázové modely totiž nejsou jen dvojnásobně velké, ale kvůli koexistenci obou, často značně odlišných, fází obsahují i nové členy, které musejí být dále modelovány, či vyjádřeny přídatnými konstitutivními vztahy. Výsledné modely jsou potom často nehyperbolické nebo mají nekonzervativní tvar, v důsledku je třeba překonávat špatnou podmíněnost úlohy, či problémy se stabilitou numerického řešení.

Izoentropický čtyřrovnicevý model se skládá z rovnic kontinuity a hybnosti pro obě fáze. Model uvažuje jednotné tlakové pole. Můžeme jej zapsat jako

$$\frac{\partial}{\partial t} \begin{pmatrix} \alpha_g \rho_g \\ \alpha_l \rho_l \\ \alpha_g \rho_g u_g \\ \alpha_l \rho_l u_l \end{pmatrix} + \frac{\partial}{\partial x} \begin{pmatrix} \alpha_g \rho_g u_g \\ \alpha_l \rho_l u_l \\ \alpha_g \rho_g u_g^2 + \alpha_g p \\ \alpha_l \rho_l u_l^2 + \alpha_l p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ C_{lg}^{NV} \\ C_{ll}^{NV} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \alpha_g \rho_g g \\ \alpha_l \rho_l g \end{pmatrix}, \quad (1)$$

kde indexy g a l odlišují obě fáze, α značí objemový podíl fáze, první je vektor konzervativních proměnných W , následuje vektor odpovídajícího toku F , dále vpravo vektor mezifázových nevazkých zdrojových členů C_I^{NV} a vektor zdrojových členů S . Nenulové složky vektoru C_I^{NV} lze upravit například po dosažení mezifázového tlaku uvedeného v práci Bestion (1990) do tvaru

$$\begin{pmatrix} C_{lg}^{NV} \\ C_{ll}^{NV} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \partial \alpha_g / \partial x p + F_g^{NV} \\ \partial \alpha_l / \partial x p + F_l^{NV} \end{pmatrix} = \left(p - \sigma \frac{\alpha_g \rho_g \alpha_l \rho_l}{\alpha_l \rho_g + \alpha_g \rho_l} (u_g - u_l)^2 \right) \begin{pmatrix} \partial \alpha_g / \partial x \\ \partial \alpha_l / \partial x \end{pmatrix}, \quad (2)$$

kde σ je kladná konstanta. Povšimněte si, že tyto členy jsou nekonzervativní. Model je dále uzavřen jednoduchými algebraickými stavovými rovnicemi pro obě fáze: izoentropickou stavovou rovnicí pro ideálně stlačitelný plyn a Taitovo rovnicí pro špatně stlačitelnou kapalinu. Jejich kombinaci s rovností pro objemové podíly $\alpha_l + \alpha_g = 1$ dostaneme nelineární

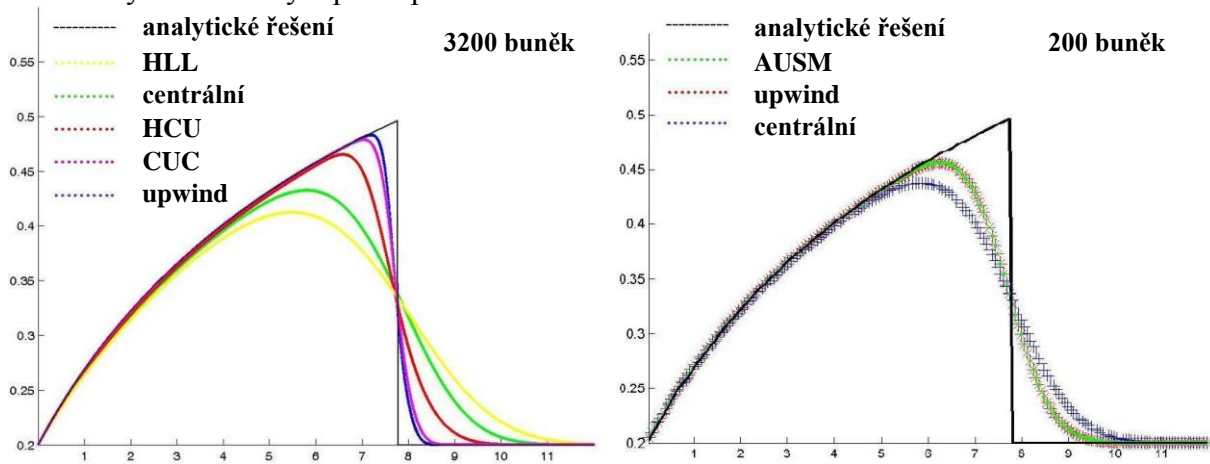
¹student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Aplikovaná mechanika, e-mail: staplan@kme.zcu.cz

vztah pro společné tlakové pole $p(\rho_g(p), \rho_l(p), w_1, w_2)$, který byl ve vytvořeném kódu řešen metodou prosté iterace konvergující obvykle v několika prvních krocích.

Numerické řešení

Pro prostorovou diskretizaci úlohy byla použita metoda konečných objemů. Konvektivní numerický tok byl aproximován různými schémata prvního řádu přesnosti, z důvodu jejich přirozené schopnosti tlumit nestability dvoufázového systému vnitřní viskozitou. Tlakové členy byly aproximovány zvláště schémata Lxova-Friedrichsova typu, obdobně jako v práci Evje a Flåtten (2005). Alternativně byl implementován přístup z práce Paillère et al. (2003), který pracuje s celým vektorem nevazkého konzervativního toku jako celkem a vektor mezifázových nevazkých zdrojových členů aproximuje schématem centrálního typu.

Chování schémat bylo sledováno při řešení Ransomova problému vodovodního kohoutku, který popisuje změny tvaru proudu kapaliny vytékajícího počáteční rychlostí do okolního plynu vlivem působící tíhy. Navíc, jak ukazuje následující obrázek, vlivem časového vývoje počáteční podmínky dochází k rozvoji nespojitosti, jejíž přesnost zachycení numerickým kódem byla pochopitelně také hodnocena.



Obrázek 1: Závislost podílu plynu na délce ve směru tíhy. Řešení s rozvinutou nespojitostí pro různá schémata a dvě varianty výpočetní sítě.

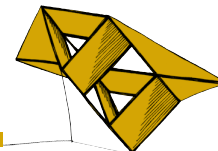
Praktická implementace a provedené numerické simulace ukázaly relativně nižší vnitřní vazkost s lepším zachycením skokových změn u schémat typu upwind. Na jemné síti však u nich již docházelo k oscilacím řešení. V prezentaci budou dále ukázány nejen testy zvýšení přesnosti prostorové diskretizace pomocí lineární rekonstrukce fyzikálních proměnných.

Poděkování

Tato práce byla podpořena studentským grantovým projektem SGS-2016-38 na Západočeské univerzitě v Plzni.

Literatura

- Bestion, D. (1990) The physical closure laws in the CATHARE code. *Nuclear Engineering Desing*, Vol. 124, pp. 229-245.
- Evje, S., Flåtten, T. (2005) Hybrid central-upwind schemes for numerical resolution of two-phase flows. *Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, Vol. 39-2, pp. 253-273.
- Paillère, H., Corre, C., Cascales, G. (2003) On the extensit of the AUSM+ scheme to compressible two-fluid models. *Computers and Fluids*, Vol. 32, pp. 891-916.



Modelování torzních kmitů vačkového hřídele s hydraulickým fázovým přestavovačem

Luboš Smolík¹, Miroslav Byrtus², Michal Hajžman³

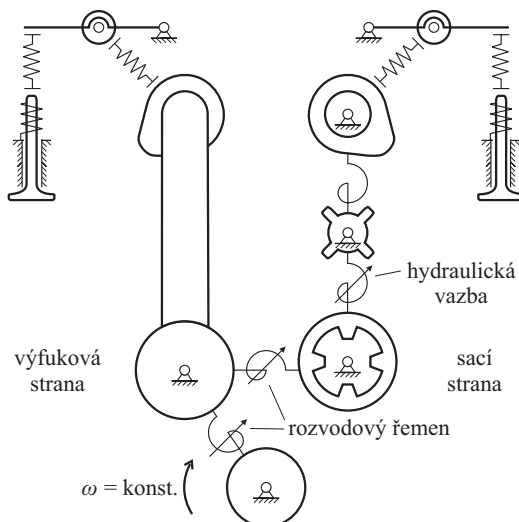
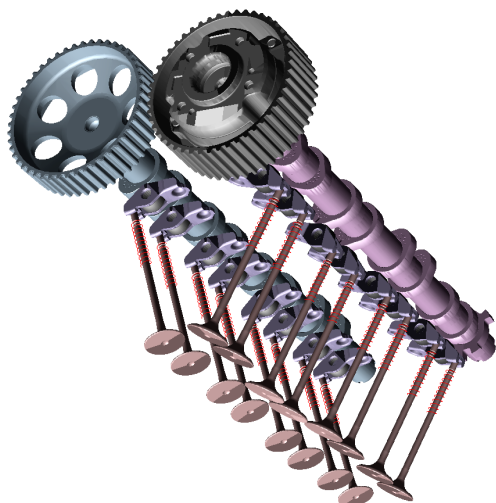
1 Úvod a motivace

Fázový přestavovač (FP) je jeden ze systémů, který zajišťuje *proměnné časování ventilů* spalovacích motorů. FP umožňuje pootočení vačkového hřídele (VH) vůči rozvodovému ozubenému kolu (ROK). Díky tomu je možné dosáhnout vyšší účinnosti motoru napříč provozními otáčkami (Hong, 2004). Natočení je obvykle realizováno pomocí hydraulického rotačního aktuátoru, který se nachází v ROK VH a je napájen motorovým olejem.

U vyšetřovaného systému, 16 ventilového benzínového motoru o zdvihovém objemu 1,6 l, se čtyřkomorový FP nachází pouze na sací straně (obr. 1). Na této straně byly při provozu na zkušebním standu naměřeny při volnoběhu zvýšené hladiny vibrací a hluku, který by posádka vnímala jako nepříjemný. Cílem výpočtů bylo zjistit příčinu tohoto jevu.

2 Stručný popis fyzikálního modelu

Analýzou působících sil bylo vyvozeno, že oba VH budou kmitat dominantně v torzním směru. Uvažovány byly pouze torzní kmity VH na sací straně, VH na výfukové straně a další tělesa byla modelována jako tuhá. Část kinematického schématu systému je patrná z obr. 1, kde



Obrázek 1: Vizualizace počítačového modelu v multi-body softwaru MSC.ADAMS.

Obrázek 2: Kinematické schéma systému, zobrazen je první pár vaček z celkových osmi.

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Aplikovaná mechanika a vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, ZČU v Plzni, e-mail: carlist@ntis.zcu.cz

² odborný asistent, Katedra mechaniky, ZČU v Plzni, e-mail: mbyrtus@kme.zcu.cz

³ odborný asistent, Katedra mechaniky, ZČU v Plzni, e-mail: mhajzman@kme.zcu.cz

pružiny s narážkami označují kontaktní vazby. Tuhost ventilových pružin a nelineární tuhost rozvodového řemenu byla získána experimentálně. Teoretický moment M přenášený FP je

$$M = 0,5 n l (R^2 - r^2) p, \quad (1)$$

kde n je počet komor, l , R a r jsou délka, vnější a vnitřní poloměr komory a p je tlak oleje v komorách FP. Vztah pro změnu p odvozuje Merritt (1991) ve tvaru

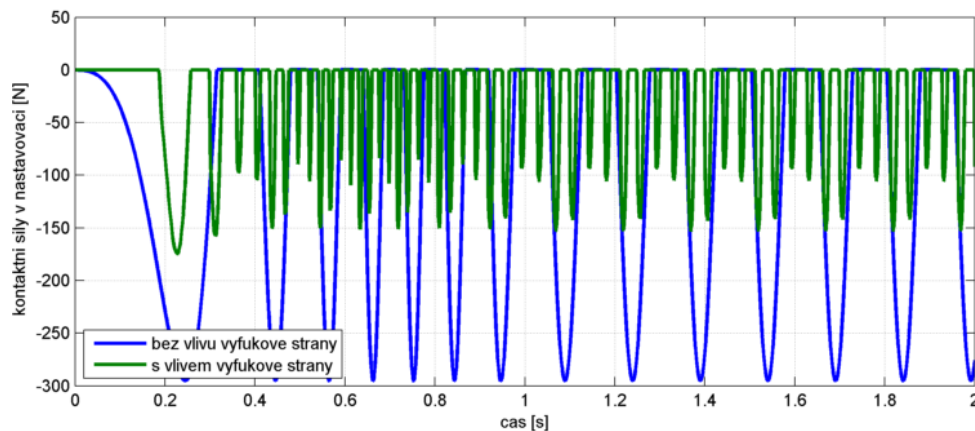
$$\frac{V}{B} \frac{dp}{dt} = -C_{em} p - D_a \omega_{rel} + q, \quad (2)$$

kde V je objem komor, B je objemový modul pružnosti oleje, C_{em} je součinitel úniku oleje, D_a je objemové posunutí, ω_{rel} je relativní úhlová rychlost ROK vůči VH a q je celkový průtok do komor FP, který závisí na rozměrech a otevření řídicího ventilu a viskozitě motorového oleje.

3 Výsledky a závěr

Torzní kmity VH byly analyzovány při rozběhu motoru, tedy z nulových otáček na volnoběžné otáčky klikového hřídele (KH), a pro KH na volnoběžných otáčkách. Při tom byly měněny parametry řídicího ventilu FP a tím pádem torzní tuhost oleje v komorách FP. Pro případy, kdy je torzní tuhost nízká, dochází v systému ke kontaktům mezi ROK a VH se čtyřnásobkem úhlové rychlosti VH. Při vyšší torzní tuhosti oleje v komorách FP dojde ke změně dynamického chování – odezva vykazuje pouze 2 rázy za otáčku VH.

Z analýzy lze usuzovat na nedostatečný tlak oleje v komorách FP při nízkých otáčkách. Olej v komorách VH je tak schopen přenést relativně malý moment a dochází ke kontaktům mezi ROK a VH, které lze v oblasti hluku vnímat jako kovové klepání.



Obrázek 3: Kontaktní síly v FP pro model bez zahrnutí výfukové strany a pro komplexní model.

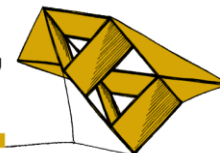
Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-038.

Literatura

Hong, H. (2004). Review and analysis of variable valve timing strategies – eight ways to approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, roč. 218, č. 10, 1179–1200.

Merritt, H.E. (1991) *Hydraulic Control Systems*. New York, Wiley.



Tuning mechanical and thermal properties of magnetron sputtered Zr–Hf–Cu metallic glasses

M. Zítek¹, P. Zeman², Š. Zuzjaková³, R. Čerstvý⁴, S. Haviar⁵, M. Kotrlová⁶

Introduction

Magnetron sputter deposition as a non-equilibrium process with high cooling rates (higher than 10^6 K/s) is very suitable technique to prepare metallic alloys in an amorphous glassy state as thin-film materials. A short-range atomic ordering, based mainly on icosahedral clusters, in these materials gives rise to their exceptional physical and functional properties compared to their crystalline counterparts.

Results

Recently, we have shown that Zr–Cu thin-film alloys can be prepared as metallic glasses in a very wide composition range (30–65 at.% Cu) by non-reactive magnetron co-sputtering [1]. In the present study, we gradually substituted Hf for Zr and prepared three series of Zr–Hf–Cu thin films at approximately 45, 60 and 70 at.% Cu.

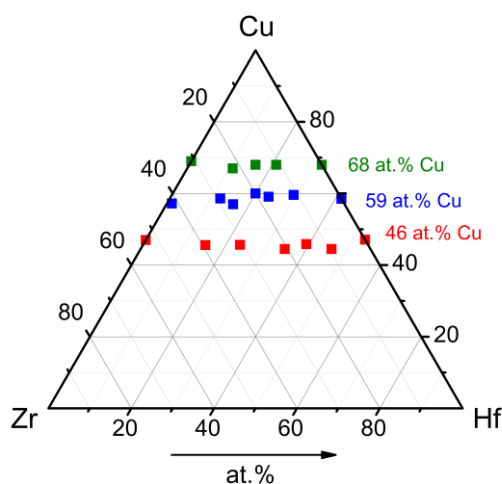


Figure 1: Elemental composition of the Zr–Hf–Cu thin films

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Fyzika plazmatu a tenkých vrstev, e-mail: zitek2@kfy.zcu.cz

² vedoucí VP4, NTIS, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: zemanp@kfy.zcu.cz

³ vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, VP4, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: sazuz@kfy.zcu.cz

⁴ vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, VP4, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: cerstvy@kfy.zcu.cz

⁵ vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, VP4, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: haviar@kfy.zcu.cz

⁶ studentka doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Fyzika plazmatu a tenkých vrstev, e-mail: kotrlova@kfy.zcu.cz

The films were deposited using three unbalanced magnetrons equipped with Zr, Hf and Cu targets in pure argon without an external heating. The magnetron with the Zr and Hf targets were operated in a dc regime while the Cu magnetron in a high-power impulse regime. The Zr, Hf and Cu contents in the films were controlled by adjusting the dc powers and the average target power in a period, respectively. The Zr–Hf–Cu thin films were analyzed by X-ray diffraction, energy dispersive X-ray spectroscopy, differential scanning calorimetry, micro- and nanoindentation, scanning electron microscopy and atomic force microscopy.

Mechanical properties and thermal behavior of binary Zr–Cu thin-film metallic glasses strongly depend on their elemental composition. A gradual growth of the hardness and crystallization temperature up to 70 at.% Cu was observed. Ternary Zr–Hf–Cu thin films prepared were X-ray amorphous and exhibited the glass transition. The substitution of Hf for Zr led to a monotonous increase of the hardness and the effective Young’s modulus. We found that the evolution of mechanical properties correlates well with the evolution of the glass transition temperature and the crystallization temperature (Fig. 2). For the series with 45 at.% Cu, the hardness increased from 6.0 GPa to 7.3 GPa and the crystallization temperature from 452 °C to 524 °C. The increase of these quantities is supposed to be attributed to the change of the average bond energy in the amorphous Zr–Hf–Cu thin-film metallic glasses when substituting Hf for Zr.

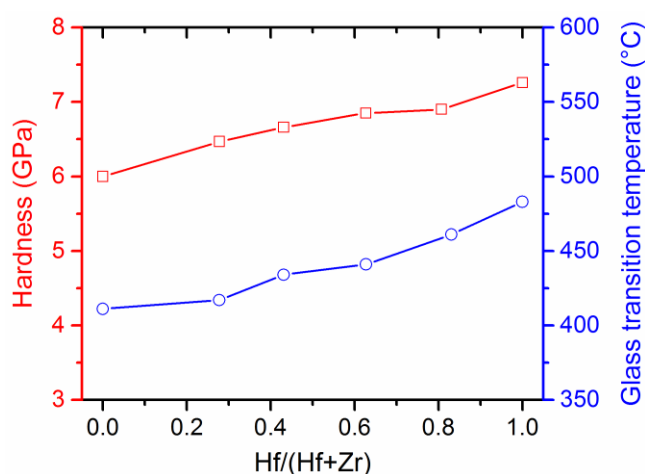


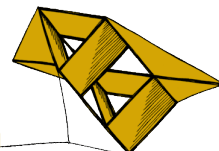
Figure 2: Hardness and glass transition temperature of the Zr–Hf–Cu thin films with approximately 45 at.% Cu

References

Zeman P., Zítek M., Zuzjaková Š., Čerstvý R. (2017) Amorphous Zr-Cu thin-film alloys with metallic glass behavior , *J. Alloys Compd.*, Volume 696, pp. 1298-1306.

Sekce

Informatika, kybernetika



Měření výšky postavy pomocí úběžníků ve fotografii.

David Beneš¹

Úvod

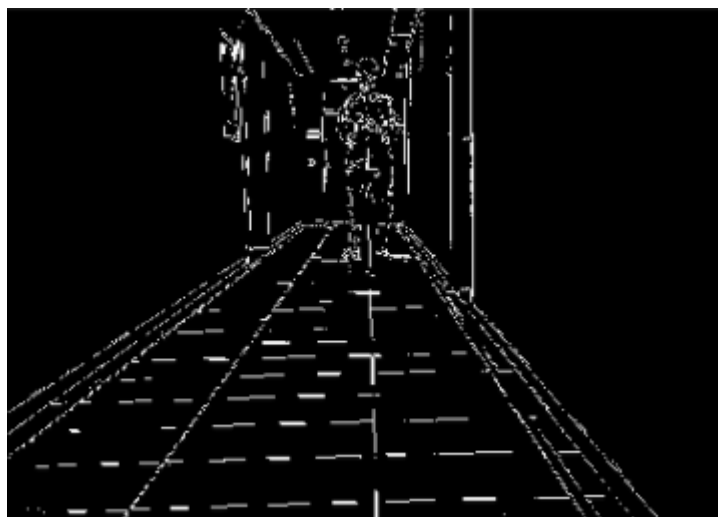
Jedná se o řešení práce z předmětu KKY/ZDO (Zpracování digitalizovaného obrazu). Celou problematiku lze rozdělit na čtyři části: detekce postavy/osoby, kalibrace kamery pomocí známého objektu, přepočítání pixel->metry, nalezení úběžníků a optického horizontu v prostoru.

Pokud známe parametry snímaného prostoru. Můžeme stanovit (odhadnout) rozměry objektů. Při využití optických bodů prostoru pak můžeme minimalizovat chybu odhadu.

Jedná se o stanovení parametrů na základě referenční přímky (horizontu), která je daná prostorem.

Obecné řešení problematiky

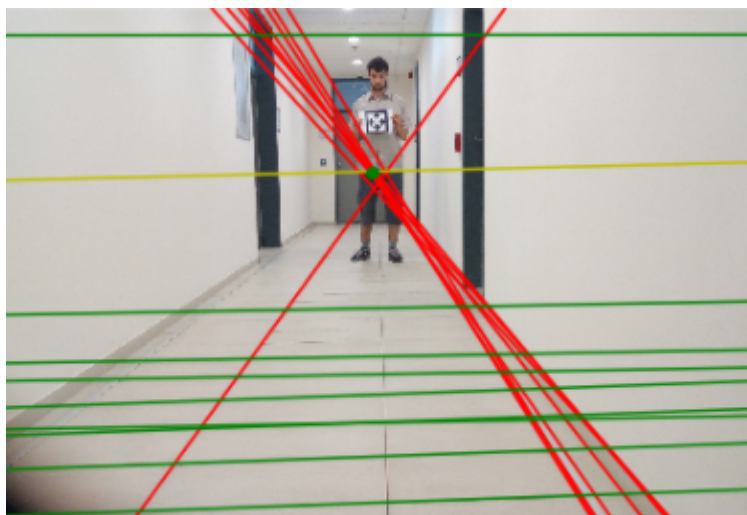
V prostoru se detekují jednotlivé hrany v prostoru pomocí vhodné funkce. Na tyto hrany jsou poté aplikovány proložené přímky. Každá přímka je popsána rovnicí a na základě těchto rovnic můžeme stanovit průniky přímek. Jednotlivé průniky nám dají výslednou pozici „bodu horizontu“. Poté se stanoví rovnice přímky horizontu, což je naše reference pro budoucí měření výšky objektu našeho zájmu (postavy).



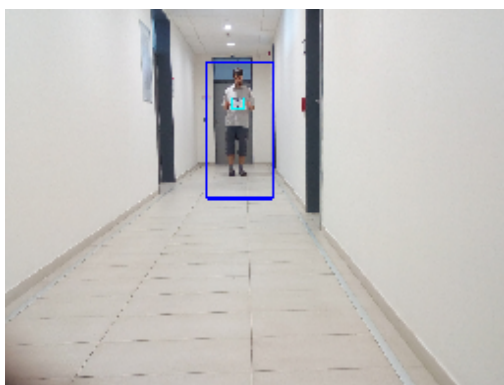
Ilustrace 1: Detekce hran ve fotografii

V ilustraci číslo 2: červené přímky slouží pro stanovení bodu horizontu a zelené přímky označují přímky určující horizont. Žlutá přímka a zelený bod jsou výsledné parametry našeho zájmu. Jedná se o popis horizontu v daném prostoru.

¹ Student navazujícího programu na fakultě FAV obor KKY specializace umělá inteligence a biokybernetika



Ilustrace 2: Detekce přímek pro stanovení "bodu horizontu"



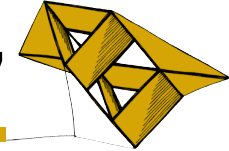
Ilustrace 3: Detekce postavy

Ilustrace číslo 3 znázorňuje detekci postavy včetně detekce kalibračního vzorce. Postava je ohraničena modrým čtvercem a kalibrační obrazec azurovým čtvercem. Na základě známých hodnot rozměrů kalibračního obrazce a vzdálenosti „chodidel“ od horizontu prostoru jsme schopni stanovit funkční závislost mezi výškou postavy a rozměry vůči horizontu.

Literatura

opencv, Alexander Mordvintsev & Abid K. (2013). Available from: <https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/> [Accessed 19.5.17].

skimage, scikit-image development team (ver. 0.13.0). Available from: <http://scikit-image.org/docs/stable/> [Accessed 19.5.17].



Insight of Neural Network by Removing Synapses

Martin Bulín¹, Luboš Šmídl²

Introduction

Neural networks can be trained to work well for particular tasks, but hardly ever we know why they work so well. Due to the complicated architectures and an enormous number of parameters we usually have a well-working black box and it is hard if not impossible to make targeted changes in a trained model.

When we deal with a real (not academical) problem, one often comes to a point when his or her network works fine (let's say with an accuracy of 90%), but a customer asks for the accuracy of 98% for example. Then we can either keep trying and spend months on tuning the black box mostly in a random manner, or, if we demystify what is going on inside the network, we can suggest reasonable and targeted improvements.

My work is focused on understanding the behaviour of feedforward neural networks when classifying particular data. The method rests in removing unimportant synapses from a trained network, while the classification accuracy is kept. Based on my experience, over 90% of the synapses are usually redundant in fully-connected networks.

The hypothesis is that one can find some rules if a network consists of important parts only. This effort could possibly lead to a general knowledge of how to design networks and tailor them for challenged problems. Moreover, the dimensionality is significantly reduced, which speeds up learning and prediction, and could be useful for low-cost embedded systems.

Methods

Pruning methods (Reed, 1993) work with the hypothesis that some of the synapses in fully connected networks do not contribute to the classification and so their removal would not cause a significant accuracy drop.



Figure 1: Principle of pruning methods.

The key question is how to find the redundant synapses and distinguish them from important ones. My measure originates in a nice and simple idea: *The redundant synapses do not change their weights over the backpropagation-based training.*

$$WSF(w_k) = |w_k(t_f) - w_k(0)| \quad (1)$$

¹ master-degree student of Applied Sciences and Computer Engineering, field of study Cybernetics and Control Engineering, focused on Neural Networks, e-mail: bulinm@students.zcu.cz

² assistant professor at the Department of Cybernetics, e-mail: smidl@kky.zcu.cz

Hence, we get the WSF (*weight significance factor*) as a difference between the weight value after training $w_k(t_f)$ and its initial value $w_k(0)$. Those synapses with low WSF are considered less important than those with higher WSF .

Results

Figure 2 illustrates the pruning process on the well-known MNIST problem (LeCun et al., 2010). The original fully-connected network of structure $[784, 20, 10]$ (15880 synapses) was reduced to structure $[465, 20, 10]$ with 1259 synapses, while the classification accuracy of 97% was kept.

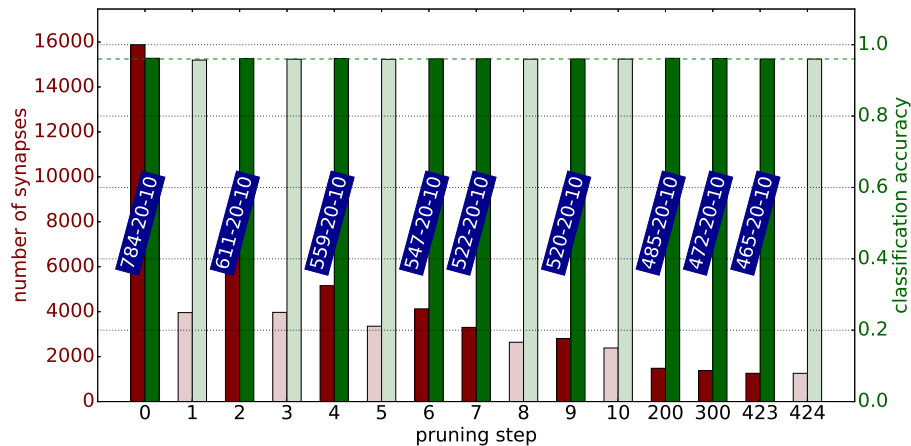


Figure 2: Pruning Process: problem of handwritten digits recognition.

Figure 3 shows a result of another experiment. The illustrated network is capable of learning the MNIST problem with the test accuracy of 50%, using 20 features and 38 synapses only. The colors distinguish synapses and features important for individual classes.

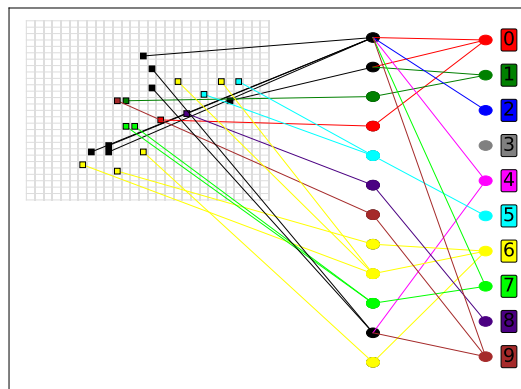
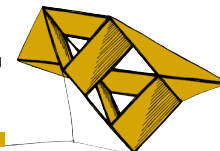


Figure 3: Demystification of individual parts in a pruned network.

References

- Reed, R. (1993) Pruning algorithms - a survey. *IEEE transactions on Neural Networks* 4.5. pp. 740-747.
- LeCun, Y. and Cortes, C. (2010) MNIST handwritten digit database. <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>



Řídicí systém robotické ruky Schunk LWA 4D

Tomáš Čechura¹

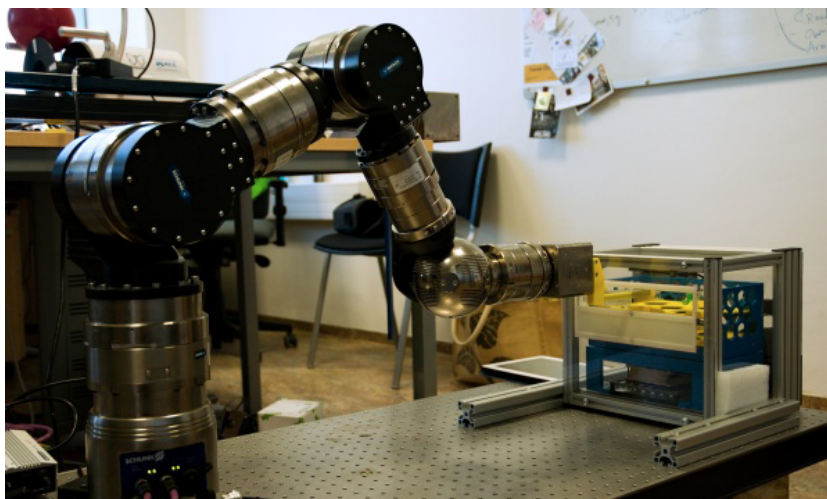
1 Úvod

V prostředí průmyslové automatizace se v poslední době velmi rozšířilo použití průmyslových robotů. Jejich využití je velmi univerzální. Typicky se jedná o aplikace "Pick and place", svařování, lakování, apod. S provozem robotických manipulátorů jsou spjata i bezpečnostní opatření, která nejprve absolutně vylučovala přítomnost člověka v pracovním prostoru aktivního robotu. Dnes má již každá firma, která v robotice něco znamená, ve svém portfoliu i tzv. kolaborativního robota. Takový robot je připraven na práci v prostředí společně s člověkem - obsluhou. V klíčovém slově "kolaborativní" je schováno mnoho technologií, které jednotlivé roboty více či méně používají. V následujícím příspěvku si nastíníme jejich implementaci do řídicího systému robotické ruky Schunk LWA 4D.

2 Specifikace robotu LWA 4D a použitého příslušenství

Robotická ruka Schunk LWA 4D je sedmiosý sériový robot s maximální nosností 10 kg. Je vybaven pseudo-absolutními enkodéry, díky kterým není nutné robota při každém zapnutí kalibrovat. Tělo robotu je velmi robustní a celý robot disponuje krytím IP54. Hlavním faktorem, který nám umožní integraci do vlastního řídicího systému je otevřené komunikační rozhraní využívající sběrnici CAN s protokolem CANopen (CiA DS402).

Možnosti robotu jsme rozšířili pomocí příslušenství. Především se jedná o koncový ucho-povač Schunk PG+70 a šestiosou tenzometrickou jednotku Schunk FTM.



Obrázek 1: Pilotní aplikace robotické ruky Schunk LWA 4D

¹ student navazujícího doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, specializace Robotika, Mechatronika, e-mail: tomek89@kky.zcu.cz

3 Implementované algoritmy řízení

Nyní uvedeme přehled algoritmů řízení implementovaných v řídicím systému REX.

3.1 Pohyb jednotlivých os robotu

Tento nejjednodušší způsob řízení robotů je zároveň základní podmínkou pro vývoj pokročilejších způsobů řízení. Každá osa robotu může být řízena zvlášť s respektováním daných omezení na rozsah pohybu, rychlost a zrychlení.

3.2 Koordinovaný pohyb

Koordinovaný pohyb uvažuje pohyb robotu v definovaném souřadném systému. Součástí tohoto algoritmu je implementace přímé a inverzní kinematické transformace robotu Schunk LWA 4D. Redundance robotu je možné využít pro komplexnější úlohy konkrétních optimalizací trajektorií vycházejících z nestandardních požadavků na pohyb robotu.

Současná implementace umožňuje pohyb v souřadném systému základny robotu a v souřadném systému definovaném koncovým efektořem. Navádění robotu v souřadném systému koncového efektořu je velmi intuitivní a v praxi se velmi často používá pro učení robotů.

3.3 Identifikace parametrů uchopovače a břemene

Pro správné využití dat z tenzometrické jednotky je nezbytné znát hmotnost a těžiště veškerých hmotných těles na ní působících. V našem případě se jedná o uchopovač a břemeno. Součástí identifikace je odhad hmotnosti a umístění těžiště uchopovače vzhledem k souřadnému systému tenzometrické jednotky.

Identifikované parametry jsou dále využity pro kompenzaci gravitace působící na uchopovač v jakémkoliv bodě pracovního prostoru a v libovolné orientaci uchopovače.

3.4 Automatické řízení robotu pomocí působících sil a momentů

Jakmile dojde k identifikaci parametrů koncového uchopovače a kompenzaci gravitace, je možné uzavřít zpětnou vazbu od sil a momentů snímaných tenzometrickou jednotkou. Síly a momenty je možné použít jako požadované hodnoty pro rychlosti a orientace koordinovaného pohybu v souřadném systému koncového efektořu.

V konečném důsledku to znamená, že se robot pohybuje ve směru silového působení. Je tedy možné robot řídit tak, že jej navádíte působením na uchopovač. Tento režim lze použít pro intuitivní učení robotů nezkušenými operátory právě v aplikacích typu "Pick and place".

3.5 Bezpečnostní subsystém

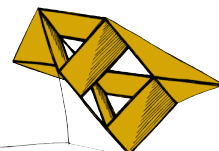
Řídicí systém robotu je vybaven bezpečnostním systémem, který umožňuje detekovat kolize koncového efektořu a včas zastavit pohyb.

4 Pilotní aplikace

Pilotní aplikace využívá výše uvedené algoritmy řízení. Robot je schopen automaticky obsluhovat inkubátor a přesouvat jednotlivé chemické vzorky podle předem definovaných kritérií.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SVK1-2017-021.



Shooting Target Detection using Particle Filters

Ivan Gruber¹

1 Introduction

The problem of automatic detection of objects in images become very popular in the last two decades. Thus automation is very desirable in many different fields, including sport. During shooting competition is very complicated to obtain interim results by humans because of the safety of referees and preservation of fluency of the competition. The solution of this problem is automatic hit detection. This complex task can be divided into three subtasks: (1) shooting target detection; (2) hit detection; (3) score computation. This article is focused on the first subtask only - automatic shooting target detection, for which I decided to use particle filter algorithm.

2 Particle Filters

Particle Filters (PFs) or Sequential Monte Carlo methods (proposed by Liue et al. (1998)) are a class of genetic-type algorithm usually used to nonlinear filtering problems. PFs have three main advantages over traditional Kalman filter (see Kalman (1960)): (1) PFs do not need linearisation of the nonlinear problems; (2) PFs can approximate an arbitrary nonlinear function or transformation; (3) PFs are non-parametric methods. Moreover, PFs are easy to implement and work great for low-dimensional problems. On the other hand, PFs have also few disadvantages: (1) their behaviour is non-deterministic; (2) the one is not able to measure algorithm performance during its run; (3) PFs can be computationally very demanding.

In this task, each particle is a model of the shooting target's edges with different size (one parameter), rotation (three parameters) and position in the image (two parameters). The whole algorithm follows four steps:

1. Sampling the particles using proposal distribution - initialization of the algorithm.
2. Computing importance weights.
3. Creating a new generation of particles, resampling and adding noise.
4. Going to the step 2, if a stop condition is not satisfied.

3 Experiments and Results

The input to the algorithm is video record with the shooting target. In the first step, I converted an input RGB frame into the grayscale. Then Gaussian blur and Sobel edge detector are applied. On thus preprocessed image is applied Particle Filter algorithm. Particles initialization is based on the uniform distribution, if the input image is the first image of the video, or it is based on the results from the previous frame otherwise.

¹ Ph.D student, University of West Bohemia, Faculty of Applied Sciences, Department of Cybernetics, Computer Vision specialization & Ph.D student, ITMO University, Saint Petersburg, email: grubiv@kky.zcu.cz

Particle's importance weight is computed as a sum of the edges in the image, which can be found in a small neighbourhood of the edges of the particle. I tried to employ more complex weight computations, for example, I tried to take orientation of the edges into account or penalize the particles for edges inside of them. These modifications showed promising results, but at cost of computational complexity. Therefore, they were not included in the final version of the algorithm, because my goal was to develop an algorithm, which can run at speed at least 10 frames per second.



Figure 1: The result (teal colour) of the target detection using particle filter algorithm.

Creation of the new generation of particles was ensured by random selection of the particles from the previous generation, where each particle has a probability of the survival based on its weight. To enrich the new generation of particles, it was used variable Gaussian noise with mean based on the mutual position of the best particle from the previous step and the ancestor of the new one. I experimented with other options, for example, with the mean based on the particle with the best improvement over two consecutive iterations, however, the chosen variant provided best results.

As the stop condition it was chosen fixed computational time $t = 0.05s$, after which is weighted average particle declared as a solution for the given frame. The algorithm reaches very good results. Usually, it is able to robustly detect a target after first two or three frames, see Figure 1. Problematic can be objects with a very similar shape as the target, however, there is a very low probability of occurrence such situation in a real-world application.

4 Conclusion

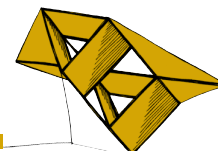
Particle filters prove to be sufficient algorithm for the shooting target detection. In the future, I would like to speed up the algorithm by parallelization of the new particle generation.

Acknowledgement

This work is supported by grant of the University of West Bohemia, project No. SGS-2016-039.

References

- Liu, J., S. and Chen, R. (1998) Sequential Monte Carlo Methods for Dynamic Systems. *Journal of the American Statistical Association*, Volume 93, pp. 1032–1044.
- Kalman, R., E., (1960) A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. *ransactions of the ASME – Journal of Basic Engineering*, No. 82, pp. 35–45.



Propagace nejistoty nelineárních dynamických systémů: Aplikace pro sledování tělesa na oběžné dráze

Jindřich Havlík¹

1 Úvod

V únoru roku 2009 se srazila na nízké oběžné dráze Země soukromá družice Iridium s vysloužilým ruským vojenským satelitem. Ačkoliv bylo očekáváno, že se družice minou o propastných 584 metrů, srážka dala vzniknout okolo 2 000 novým objektům, které je nutné sledovat. Americké letectvo spravuje databázi obsahující informace o oběžných drahách objektů vytvořených člověkem obíhajícími Zemi. V evidenci jsou objekty, které jsou větší než softballový míček na nízké oběžné dráze a objekty přesahující velikost basketbalového míče na geostacionární dráze. V současnosti je takto sledováno přibližně 25 000 objektů. Ale již za 10 let se očekává 150 000 sledovaných objektů především díky lepším sensorům. Ačkoliv se už nyní zdá tento problém závažný, v budoucnu bude ještě horší.

Jedním z cílů výzkumu v této oblasti je vylepšit metody odhadu a metody reprezentace neurčitosti tak, aby byla zajištěna věrohodnost odhadu. Tedy nejenom, aby skutečnosti odpovídala střední hodnota a kovariance, ale i další momenty. Tím se dosáhne, že bude skutečnosti odpovídat i tvar a orientace pravděpodobnostního rozdělení. Takto přesný popis je naprosto nezbytný pro předvídaní kolizí, manévrování apod.

Celý problém propagace nejistoty na orbitě je specifický především následujícími vlastnostmi. Měření přicházejí nepravidelně a zřídka, často pouze párkrát za den. Je potřeba predikovat dlouho dopředu, klidně i několik dní. Předpoklad gaussovosti s narůstajícím časem přestává platit. Gaussovská distribuce je obvykle dobrou aproximací počáteční nejistoty. Ale propagace nejistoty skrze nelineární funkci mění distribuci na negaussovskou.

Cílem této práce je najít kompromis mezi výpočetně nenáročnými, ale nepřesnými metodami a metodami přesnými s vysokými výpočetními nároky.

2 Specifikace problému

Model pohybu tělesa je popsán stochastickou nelineární diferenciální rovnicí, která vychází z pohybu tělesa na nízké oběžné dráze Země. Protože tělesa obíhají Zemi v rovině, je stav reprezentován pouze kartézskými souřadnicemi ve dvou osách a příslušnou rychlostí taktéž v těchto osách. Počáteční podmínka je dána gaussovským rozdělením. Při propagaci stavu v čase však dochází vlivem nelineární funkce k tomu, že pravděpodobnostní rozdělení přestává odpovídat Gaussovu rozdělení.

Tento problém lze řešit velmi přesně, ale výpočetně náročně pomocí metod založených na principu Monte Carlo. Cílem této práce je ale řešit problém směsí gaussovských rozdělení, která budou propagována pomocí unscenované transformace (Straka et al. (2014)). Důvodem je, že jakékoliv pravděpodobnostní rozdělení může být aproximováno s libovolnou přesností

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, téma disertační práce: Rozvoj metod nelineární filtrace, e-mail: havlikj@ntis.zcu.cz

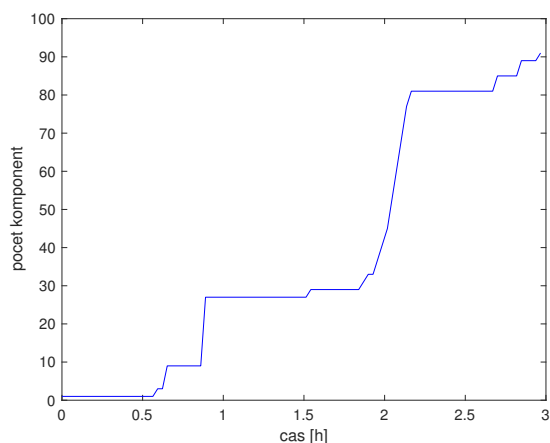
váženým součtem gaussovských distribucí. Podobný problém byl řešen v DeMars et al. (2013), avšak bez uvažovaného stavového šumu.

3 Řešení

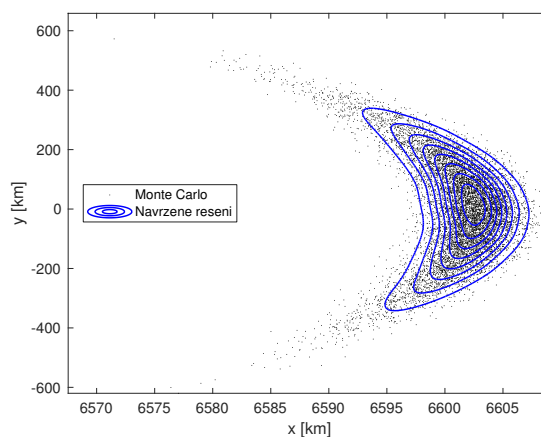
K zajištění stále dobré kvality aproximace distribuce stavu směsí gaussovských rozdělání je nutné, aby počet komponent směsi v čase narůstal. Proto bylo v rámci řešení nutné specifikovat, za jakých podmínek se bude počet komponent zvyšovat. Díky použitému řešení s propagací pomocí unscentované transformace je možné využít transformované body k výpočtu třetího momentu. Každá komponenta směsi by měla být gaussovská (tedy mít třetí moment nulový), ovšem vzhledem k propagaci skrze nelineární funkci přestává Gaussovost platit. To se projeví nárůstem třetího momentu. Jestliže třetí moment překročil jistý práh (kumulovaný vliv nelinearity překročil určitou mez), propagace je pozastavena a komponenta se rozdělí na součet tří menších komponent zachovávající parametry (první dva momenty) původní komponenty.

4 Výsledky

Navržené řešení bylo otestováno v průběhu časového intervalu dvou oběhů tělesa kolem Země a bylo sledováno, jak odpovídá pravděpodobnostní rozdělání poskytované navrženým řešením pravděpodobnostnímu rozdělání vypočtenému metodou Monte Carlo. Na Obrázku 1 je zachycen vývoj počtu komponent gaussovské směsi v čase. Na Obrázku 2 jsou zachyceny referenční body pravděpodobnostního rozdělání vypočtené metodou Monte Carlo s uvažovaným stavovým šumem a dále jsou na obrázku znázorněny kontury pravděpodobnostního rozdělání vypočtené pomocí navrhaného řešení. Skutečnost (černé body) byla zachycena směsí (modré kontury) věrohodně.



Obrázek 1: Vývoj počtu komponent směsi v čase.

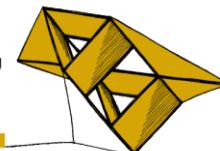


Obrázek 2: Pravděpodobnostní rozdělání na konci intervalu simulace.

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, Volume 36(4), pp. 1047–1057.

Straka, O., Duník, J., and M. Šimandl (2014). *Design of Pure Propagation Unscented Kalman Filter*. IFAC Proceedings Volumes, Volume 47(3), pp. 5933 – 5938.



3D robotické navařování s využitím hloubkové mapy

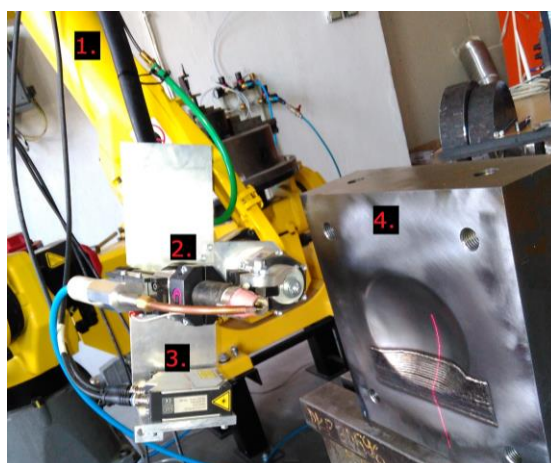
Michal Chaluš¹

Úvod

Robotická pracoviště pro svařování a obecně opracování obrobků se nachází téměř v každém větším sériovém provozu průmyslových firem. Tyto systémy přináší vysokou přesnost, rychlost, efektivitu a spolehlivost. Postupně dochází k integraci těchto pracovišť i do středních a menších provozů, kde se ovšem zvyrazňuje jejich zásadní nevýhoda. Dráhu robota je nutné předem definovat. V provozech, kde dochází k časté změně výrobního procesu a nutnosti přeprogramování trajektorie procesní hlavy, může čas na úpravu procesu mnohdy dosahovat až 90 % celkového času pro zpracování dané zakázky. Pracoviště se tak doplňují dalšími sensory pro automatizaci této úlohy (Pérez et al., 2016). Se stejným problémem se potýká i firma LaserTherm spol. s r.o., se kterou byla navázána spolupráce pro vytvoření univerzálního kognitivního modulu. Cílem jeho funkcí je umožnit vytvoření 3D modelu pracovního prostoru robota, se kterým by obsluha mohla interaktivně pracovat a zvolit nastavení pro automatické robotické svařování dle konkrétně prováděného procesu. Ukázka některých funkcí kognitivního modulu bude představena na následující realizované aplikaci.

Automatické vyvaření kavity

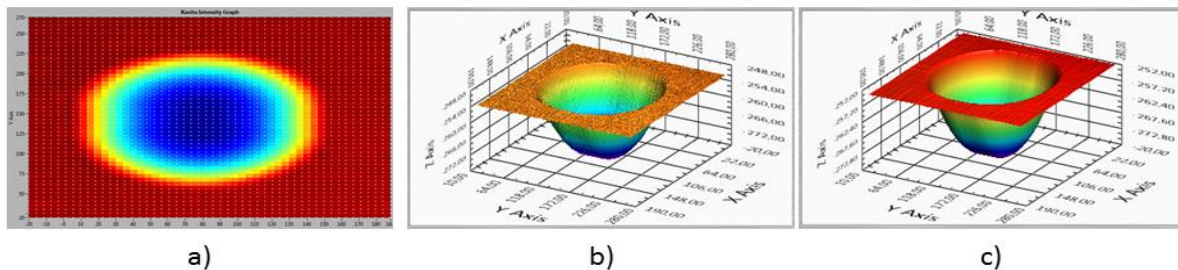
V tomto případě je kognitivní modul využit pro opravu povrchových trhlin materiálu. V místě trhliny se vyfrézuje tzv. kavita, která se postupně vyvařuje pomocí housenek (Obrázek 1). To probíhá skládáním housenek vedle sebe a na sebe, dokud nedojde k vyvaření celé kavity (řádově stovky housenek). V navařeném materiálu se nesmí objevit žádné póry, takže je nutné definovat dráhu svařovací hlavy velmi přesně pro každou unikátní housenku.



Obrázek 1: Robotické pracoviště pro vyvaření kavity: 1 – robot, 2 – TIG svařovací hlava, 3 – laserový profilometr, 4 – kavita.

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: chalus@ntis.zcu.cz

Ručním programováním každé housenky by proces trval několik týdnů. Proto byl připraven automatický řetězec, který tuto problematiku řeší. Nejprve kognitivní modul vytvoří hloubkovou mapu kavity pomocí skenování jejího povrchu laserovým profilovým skenerem. Ten měří data ve 2D, jež je možné pomocí znalosti polohy sensoru v souřadnicovém systému robota převést do 3D prostoru. Nad povrchem kavity je zadefinována rovina XY, v níž je zvolena síť bodů, pro které se postupně aktualizují hodnoty hloubky v ose Z na základě polohování sensoru nad kavitou s proměnnou orientací. Výhoda reprezentace pomocí hloubkové mapy je možnost využití funkcí pro zpracování obrazu, například vyhlazení, viz Obrázek 2. Trajektorie housenky může být ručně zvolena uživatelem v XY rovině hloubkové mapy nebo pomocí automatického posunu. Zvolená křivka v hloubkové mapě je rozdělena vybraným počtem bodů, které jsou přepočteny do 3D prostoru a interpolovány pro zaručení plynulosti. Trajektorie je pak převedena do řídicího kódu dané robotické platformy dle požadavku na technologii navařování (výška, orientace, rychlost svařovací hlavy atd.). Kognitivní modul navíc umožňuje celý proces monitorovat pomocí rozdílu po sobě jdoucích naskenovaných hloubkových map, protože dle jejich rozdílu lze ověřit množství navařeného materiálu i geometrické rozměry housenky.



Obrázek 2: Konstrukce 3D modelu kavity: a) Hloubková mapa s vybranou mřížkou v XY rovině (bílé body), b) hrubý 3D model, c) vyhlazený 3D model.

Závěr

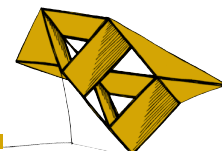
V příspěvku byly popsány některé z funkcí vyvíjeného kognitivního modulu v úloze oprav povrchových trhlin v materiálu, jehož hlavní doménou je zautomatizování a zefektivnění celého procesu. 3D model součásti založený na hloubkové mapě z dat laserového profilového snímače umožní uživateli ručně nebo automaticky navrhovat a korigovat trajektorii svařovací hlavy. V dalším vývoji u těchto konkrétních funkcí kognitivního modulu bude snaha zpřesnit 3D model obrobku pro využití laserové technologie svařování. Řešena bude především kalibrace nástrojů (svařovací hlava, sensor) uchycených k přírubě robota, protože ta má největší vliv na přesnost systému.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen projekty PUNTIS - LO1506 a SGS-2016-031.

Literatura

Pérez, L., Rodríguez, Í., Rodríguez, N., Usamentiaga, R. and García, D.F. (2016) „Robot Guidance Using Machine Vision Techniques in Industrial Environments: A Comparative Review“, *Sensors* 2016, 16, 335.



Přerušení uživatele na základě výstupu fonémového rozpoznávače při inkrementálním dialogu

Adam Chýlek¹

Úvod

Hlasové dialogové systémy umožňují komunikaci člověka a stroje. Tento dialog se však stále neblíží podobě typického dialogu mezi lidmi. Takzvané inkrementální nebo též kontinuální zpracování vstupních a výstupních signálů pro řízení dialogu je dalším krokem k tomuto ideálu.

Klasický přístup k řízení dialogu považoval promluvu za ukončenou, když po určitou dobu nebyla detekována řeč. Inkrementální systém umožňuje reagovat již na určitou minimální část vstupu, což může vést ke zrychlení zpracování vstupní promluvy, ale především k rychlejší reakci na chybné vstupy. Pokud například řízení dialogu dostane informaci o tom, že právě vyřčené slovo uživatele bylo systémem rozpoznávání řeči rozpoznáno s nízkou mírou důvěry, může po uživateli požadovat potvrzení daného slova už během jeho promluvy. Představme si, že uživatel diktuje posloupnost devíti číslic a pátá a osmá byly rozpoznány s nízkou mírou důvěry. U klasického systému by se po dokončení promluvy uživatele systém musel dotázat v lepším případě např. „Patrně jsem nerozuměl pátou a osmou číslici, zopakujte je.“ V horším případě pak „Některým číslicím jsem nerozuměl, zopakujte vstup.“ Inkrementální systém by se mohl zeptat ihned po páté číslici např. jejím zopakováním „Osm?“ Podobně se pak dá postupovat i při zjištění informací, které jsou v konfliktu s aktuálním stavem dialogu.

V takových případech musí být řízení dialogu schopno najít vhodný okamžik, kdy začít se syntézou systémové promluvy. Takovým okamžikem může být např. až konec uživatelské promluvy, nicméně při závažných chybách může být vhodnější uživatele přerušit dříve, „skočit mu do řeči.“

Předpokládejme nyní, že má řízení dialogu k dispozici posloupnosti fonémů reprezentující části vstupu. Představený algoritmus má za úkol právě na základě tohoto vstupu odhadnout, zda je vhodné uživatele přerušit či nikoliv.

Navrhovaný algoritmus a použitá data

K dispozici byla data z projektu MALACH (P lutka et al. (2011)) obsahující výpovědi česky mluvících přeživších holokaustu. Jednalo se o zvukové nahrávky s 2 kanály; jeden z nich byl záznamem z mikrofonu reportéra a druhý se záznamem z mikrofonu dotazovaného.

V nahrávkách bylo lidskými anotátory označeno 2073 úseků řeči, kde dotazovaný a reportér mluvili současně. Pokud předpokládáme, že účastníci čekají na vhodný okamžik, kdy druhého přeruší, můžeme začátek těchto úseků použít pro trénování řízení dialogu, které je schopno takový vhodný okamžik odhadnout.

Ze zvukových nahrávek byla systémem rozpoznávání mluvené řeči dekodována časově zarovnaná nejlepší hypotéza o posloupnosti fonému pro každý kanál nahrávky zvlášť.

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: chylek@students.zcu.cz

Problém odhadu vhodného okamžiku přerušení pak můžeme stanovit jako problém binární klasifikace posloupnosti fonémů (je/není vhodné přerušení).

Řešení takového problému vyžaduje především stanovení toho, jak posloupnost reprezentovat. V tomto případě bylo rozhodnuto o použití pouze historie o určité časové délce. Experimentálně byla zjištěna ideální hodnota (z hlediska přesnosti detekce) délky 1 vteřiny předcházející promluvy. Kvůli rozdílnému počtu fonémů v úseku 1 vteřiny nelze použít jako reprezentaci prostou posloupnost indexů fonémů, bylo tak nutné najít reprezentaci, která vede na příznaky stejné délky.

Reprezentace tohoto úseku byla dvojí:

- pytel fonémů - základem byl vektor o velikosti fonémové abecedy. Každému fonému příslušela jedna pozice ve vektoru. Tento vektor byl na začátku nulový. Při procházení vstupní sekvence fonémů byla k příslušné pozici vektoru přičtena vždy určitá váha. Pro experimenty byly postupně sestaveny vektory kde jako váhy byly použity: 1 za každý výskyt, délka fonému v milisekundách, míra důvěry z rozpoznávače. Nejlepších výsledků dosahovala konkatenace 2 vektorů: s vahami za výskyt a vahami z míry důvěry.
- izochronní posloupnost - vektor byl vytvořen vzorkováním původní posloupnosti s krokem 0,01 s. Pro každý krok byl vektor rozšířen o tyto příznaky: ticho (-1 pokud vstup reprezentoval ticho, 1 pokud byl fonémem), délka fonému v sekundách, míra důvěry z rozpoznávače.

Pro trénování klasifikátorů byly vygenerovány také negativní příklady. K tomuto účelu byly příznaky vytvořeny vždy z úseku který předcházel 0,25 s danému přerušení.

Vyhodnocení

Pro vyhodnocení byly použity míry accuracy, precision a recall. K stanovení těchto měř byla dostupná data rozdělena na testovací a trénovací sadu v poměru 33 : 67.

V případě přístupu s pytlem fonémů dosáhla nejlepšího výsledku klasifikace pomocí support vector machines s accuracy 0,56, precision 0,53 a recall 0,70. U přístupu s izochronní posloupností se jednalo také o tento typ klasifikátoru s accuracy 0,62, precision 0,63 a recall 0,52. Ověřované klasifikátory byly SVC, AdaBoost a Random Forest Classifier.

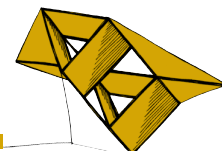
Vyhodnocení objektivní mírou však nemusí vypovídat o vhodnosti přerušení. Je možné, že samotná trénovací sada obsahovala místa, kde byl uživatel nevhodně přerušen. V rámci dalšího výzkumu tedy budou provedeny poslechové testy, které zajistí subjektivní zhodnocení zvolených algoritmů.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-039.

Literatura

Psutka, J., Švec, J., Psutka, J.V., Vaněk, J., Pražák, A., Šmídl, L. a Ircing, P. (2011) System for fast lexical and phonetic spoken term detection in a Czech cultural heritage archive. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*. Springer.



Detekce hranic frází klasifikačními přístupy

Markéta Jůzová¹

1 Úvod

Pojmem *frázování* rozumíme dělení věty na kratší úseky vyslovené bez diskontinuit v prozodii. Palková (1974) uvádí, že frázování souvisí se syntaktickou strukturou věty a také s pozicí větne interpunkce (čárek). Vkládání hranic frází (pauz) do souvislé mluvené řeči přispívá k lepší srozumitelnosti promluvy, jedním z důvodů je také potřeba člověka se nadechnout. Přestože systémy převodu textu na řeč (TTS systémy) nepotřebují „dýchat“, častější výskyt hranic frází v syntetické řeči (spolu s odpovídající koncovou prozodií jednotlivých úseků) vede ke zvýšení její přirozenosti. Velmi dlouhé věty zní nepřirozeně, jsou náročnější na pozornost posluchačů a navíc je zde větší riziko vzniku rušivého nepřirozeného artefaktu.

Problémem úlohy frázování je, že většinou neexistuje pouze jedno správné frázování dané věty. Četnost vkládání hranic závisí na konkrétním řečníkovi (příp. anotátorovi), na stylu a rychlosti mluvení apod. – toto komplikuje i vyhodnocování.

TTS systém *ARTIC* vyvíjený na naší katedře využívá na určení hranic frází jednoduchý algoritmus založený na výskytu interpunkce. Přestože čeština používá čárky poměrně hodně, vznikají tak často velmi dlouhé fráze. Tento příspěvek prezentuje porovnání jednoduchého, čárky využívajícího frázovacího algoritmu s několika klasifikačními přístupy, které pro každou pozici mezi dvěma slovy rozhodují, zda se jedná o hranici fráze, či nikoliv.

2 Trénovací data

Klasifikační přístupy vyžadují velké množství trénovacích dat, ruční anotace hranic frází by ale byly zdlouhavé. Proto jsem se rozhodla využít velké řečové korpusy nahrané profesionálními řečníky pro účely TTS, které jsou již anotovány a segmentovány. Pauzy a nádechy, spolu s pozicí čárek, jsem pak použila jako informaci o hranici fráze.

Při návrhu experimentu jsem vycházela ze studií používajících klasifikační přístupy pro frázování angličtiny a použila jsem tedy sadu příznaků podobných těm, které autoři těchto studií často používají: předchozí a následující slovo a jejich morfologické tagy, délku věty, vzdálenost od nejbližší předchozí/následující čárky, zda předcházející slovo má čárku apod.

3 Výsledky klasifikace

Prováděla jsem experimenty s frázováním na řečníkovi závislým i nezávislým (generalizovaným) a používala následující přístupy:

- *Comma* – vkládá hranici fráze jen a pouze za každou čárku (používaný v TTS *ARTIC*)
- *LogReg* – logistická regrese
- *SVM* – Support Vector Machines (lineární)
- *CRF* – Conditional Random Fields

¹ studentka doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, specializace Počítačová syntéza řeči, e-mail: juzova@kky.zcu.cz

LogReg a *SVM* jsou zástupci klasifikačních přístupů, které vyhodnocují každou pozici zvlášť a neberou tedy v potaz výsledek klasifikace v jejím okolí. Oproti tomu *CRF* představuje sekvencí modelování a vyhodnocuje tedy celou větu najednou – což by mohlo vést k lepším výsledkům, neboť člověk dělá v řeči pauzy v určitých intervalech.

Tabulka 1 srovnává výsledky predikce hranic frází pro vybrané dva řečové korpusy a jasně ukazuje výhody použití klasifikačních přístupů v porovnání se základním frázovačem. Výhodou frázování natrénovaném na konkrétním řečnickovi je jeho konzistence se stylem frázování v nahraných datech.

		<i>A</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>F1</i>			<i>A</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>F1</i>
korpus1	<i>Comma</i>	0.954	1.000	0.743	0.852	korpus2	<i>Comma</i>	0.990	1.000	0.938	0.968
	<i>LogReg</i>	0.972	0.870	0.960	0.912		<i>LogReg</i>	0.991	0.947	0.995	0.970
	<i>SVM</i>	0.971	0.873	0.954	0.912		<i>SVMn</i>	0.991	0.947	0.991	0.969
	<i>CRF</i>	0.973	0.895	0.944	0.919		<i>CRF</i>	0.991	0.949	0.994	0.971

Tabulka 1: Výsledky detekce hranic frází prezentované na dvou vybraných řečových korpusech. Na trénování bylo vždy použito 80 % náhodně vybraných vět, 20 % na testování.

Ne vždy máme k dispozici dostatečně velký řečový korpus, a tak jsem vytvořila generalizovaný frázovací model, který by bylo možné použít při syntéze „malých“ hlasů. K natrénování takového modelu jsem použila všech šest velkých korpusů nahraných pro účely TTS. Z výsledků v tabulce 2 je vidět, že úspěšnost je nižší než v předchozím případě, ale i tak klasifikační přístupy předčili základní algoritmus.

	<i>A</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>F1</i>
<i>Comma</i>	0.959	1.000	0.767	0.868
<i>LogReg</i>	0.960	0.813	0.953	0.877
<i>SVM</i>	0.959	0.809	0.946	0.872
<i>CRF</i>	0.963	0.829	0.953	0.887

Tabulka 2: Výsledky detekce hranic frází pro spojený korpus (20 % náhodně vybraných vět z tohoto spojeného korpusu bylo opět použito pro testování).

Podrobným zkoumáním chyb klasifikátorů jsem zjistila, že ne všechny chybně detekované/nedetekované hranice jsou opravdu chybami – někdy se jedná jen o jinou možnost frázování dané věty. Bylo zjištěno také několik „nesmyslně“ umístěných hranic frází (pauz, nádechů) v řečových korpusech, což bylo pravděpodobně způsobené „zadrhnutím“ řečníka či nádechem z důvodu nedostatku dechu před koncem věty.

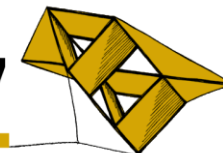
Podrobné výsledky všech experimentů, včetně vyhodnocení na manuálně připravených datech, jsou popsány v Jůzová (2017a) a Jůzová (2017b).

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem číslo SGS-2016-039.

Literatura

- Palková, Z.(1974) *Rytmická výstavba prozaického textu*. Studia ČSAV, Academia, 1974.
- Jůzová, M. (2017) *Prosodic Phrase Boundary Classification Based on Czech Speech Corpora*. Přijato na TSD 2017.
- Jůzová, M. (2017) *CRF-based Phrase Boundary Detection Trained on Large-Scale TTS Speech Corpora*. Odesláno na SPECOM 2017.



Identifikace silových dynamických koeficientů ucpávek s využitím aktivních magnetických ložisek

Ing. Karel Kalista¹

Úvod

Poptávka po co největší produktivitě a výkonosti turbosoustrojí sebou nese požadavky na vyšší otáčky, delší životnost a vyšší efektivitu. V případě bezkontaktních ucpávek jsou zmenšovány vůle mezi rotorem a statorem, tak aby docházelo, k co nejmenším únikům media mezi stupni a tudíž vyšší účinnosti stroje. Vibrující rotor spolu s proudícím mediem však mohou vyvolávat významné destabilizační účinky závislé na zatížení, které mohou vést až k havárii. Na základě zkušeností a výzkumu bylo prokázáno, že právě ucpávky mají významný vliv na celkovou stabilitu. Proto jsou vynakládány nemalé prostředky a úsilí, co nejpřesněji modelovat vliv ucpávek na celé turbosoustrojí za různých provozních podmínek. V současnosti existuje a je vyvíjena řada komplexních numerických modelů, avšak v drtivé většině případů nedochází ke shodě ve výsledcích. Z tohoto důvodu je kladen důraz na ověření validity numerických modelů experimentálně na reálných zařízeních, povětšinou laboratorních.

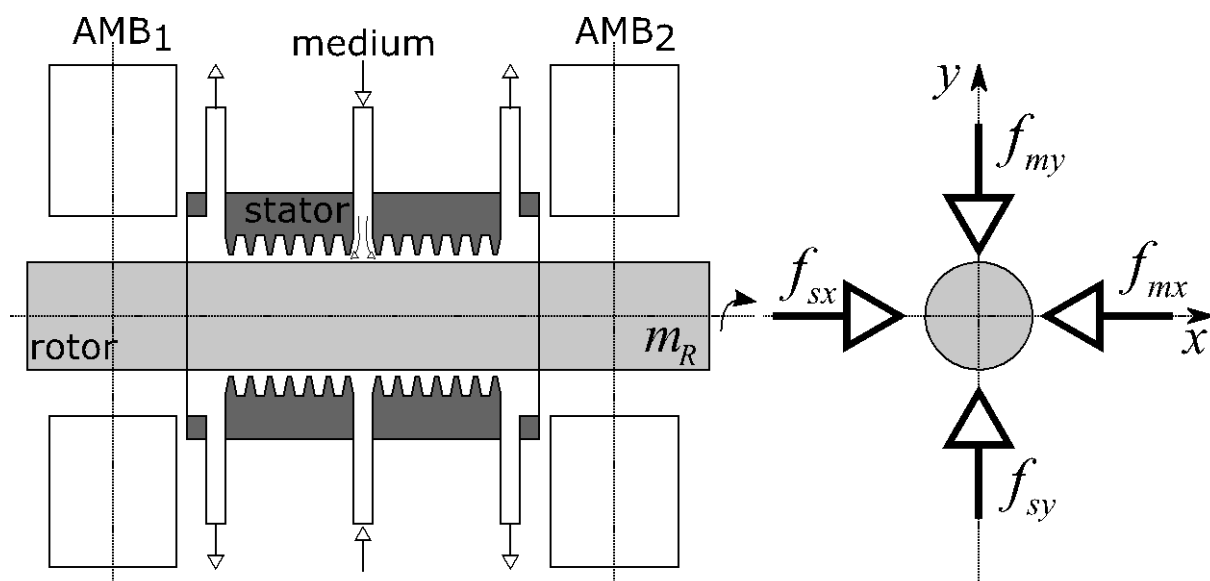
Identifikace modelu

Pohybová rovnice ucpávky je reprezentována rovnicí (1). Model s dvěma stupni volnosti v kartézském systému (x, y) obsahuje koeficienty tuhosti K_{ij} a tlumení C_{ij} , které popisují vliv ucpávky na rotordynamiku a jsou předmětem identifikace. Dále v modelu vystupují výchylky rotoru ve směrech x a y , které jsou měřeny. Nejvýznamnějším vstupem do modelu je informace i silách f_x a f_y , kterými proudící medium v ucpávce působí na rotor.

$$-\begin{bmatrix} f_x \\ f_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{xx} & K_{xy} \\ K_{yx} & K_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{xx} & C_{xy} \\ C_{yx} & C_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} \quad (1)$$

V rámci experimentu je zapotřebí vybudit proudící medium, tak aby se projevíly reakční síly. Vybuzení media neboli jeho perturbaci docílíme změnou relativní polohy rotujícího rotoru vůči statoru. Dříve býval rotor uložen v konvenčních ložiskách a pohybovalo se statorem, na který se působilo známou silou pomocí elektrických či pneumatických šejkrů. Avšak realizace pružně upevněného statoru byla velice náročná a náchylná k zanášení chyb měření nevhodnou realizací. Navíc ve skutečnosti je medium buzeno pohybem rotoru. To můžeme zajistit uložením v rotoru v aktivních magnetických ložiskách (AMB), která plní úlohu podpírání rotoru s možností řízení jeho polohy, a zároveň jsou využívána jako bezkontaktní snímač síly působící na rotor. Konfigurace experimentu je na obrázku (1).

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: kalistak@ntis.zcu.cz



Obrázek 1: Experimentu s ucpávkou a AMB

Měření magnetických sil f_m , kterou AMB vynakládají na udržení rotoru v požadované poloze, lze provádět různými přístupy. Je nezbytné se vypořádat s nelinearitami a parazitními jevy elektromagnetického pole jakou jsou hystereze, saturace, vířivé proudy a jiné, kterou způsobují chybu měření. Nejjednodušším přístupem je využít informaci o proudu a výchylce z regulátoru AMB a dosadit hodnoty do modelu elektromagnetického obvodu AMB. Další možností je měřit přímo magnetickou indukci ve vzduchové mezeře mezi pólem magnetického ložiska a rotorem pomocí Hallovovy sondy. Třetí alternativou je měřit sílu siloměrem, které je umístěný mezi ložiskem a základnou, k němuž se síla působící na rotor přeneše přes statorovou část.

Do modelu popsaného rovnicí (1) vstupují síly od ucpávek f_s , nikoli od magnetických ložisek. Proto je nutné experiment provést dvakrát, jednou s ucpávkami a jednou bez nich, a změřené síly od sebe odečíst.

Závěr

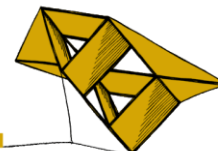
Identifikace dynamických silových koeficientů ucpávek pomocí AML je komplexní úloha propojující oblasti mechaniky, elektroniky a kybernetiky. V současnosti probíhá příprava realizace testovacího standu s magnetickými ložisky na katedře kybernetiky. Po dokončení prací na řídicím algoritmu AMB bude stand sestaven v prostorách Škoda Doosan Power, kde bude k dispozici zdroj vzduchu popř. páry. Měření sil se předpokládá realizovat z informace z regulátoru o výchylce rotoru a proudu cívek elektromagnetů. Tento přístup by měl zajistit, dle uvedené literatury, maximálních chybu měření sil do 10%.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-031.

Literatura

- Childs, D., (1993) *Turbomachinery Rotordynamics: Phenomena, Modeling and Analysis*, New York: Wiley & Sons, Inc.,
- Maslen, E., Schweitzer, G., (2009) *Magnetic Bearings: Theory, Design, and Application to Rotating Machinery*, London: Springer



Robotický manipulátor pro automatický test klimatizačních jednotek

Alois Krejčí¹

Úvod

Poptávka po automatizaci výrobních procesů má stále rostoucí trend. Tento trend je zásadně příživován nedostatkem kvalifikované pracovní síly, požadavky na zrychlení výroby či odstranění chyb lidského faktoru. Potřebu částečné automatizace výrobní linky má i společnost Daikin, kde se vyrábí klimatizační jednotky. Většina úkonů při montáži a testování je prováděna ručně. Nedostatek pracovní síly neumožňuje společnosti maximální využití linky a způsobuje jí značné finanční ztráty. V rámci spolupráce Západočeské univerzity s firmou Daikin byl vyvinut funkční vzorek robotického manipulátoru pro potřeby automatického vysokonapětového (HV) testu klimatizačních jednotek na výrobní lince F1.

Návrh robotického manipulátoru

Návrh robotického manipulátoru byl z důvodu značné složitosti rozdělen do dílčích částí a to - návrh konstrukce, výběr a zprovoznění elektrických pohonů, konstrukce rozvaděče, zpracování obrazu (rozpoznávání QR kódů a polohy konektoru), řízení manipulátoru a komunikace s nadřazenými systémy, ovládání a vizualizace.

Robotický manipulátor

Vyvinutý robotický manipulátor (Obrázek 1) pro automatické testování klimatizačních jednotek, se skládá ze čtyř elektrických os (pohyb v ose, X, Y, Z a Y_{rotace}) pro polohování měřicího konektoru. Pro polohování uzemňovací osy byl použit elektrický pohon v ose Y_{uzem} , doplněný o pohon pneumatický pro polohování v ose X_{uzem} . Celé řízení robotického manipulátoru je realizováno průmyslovým PC s řídicím systémem REX, za použití pokročilých bloků jako například REXLANG (volně programovatelný blok) či EATMT (konečný automat až s 256 stavy a 256 podmínkami přechodů mezi nimi).

Poloha konektoru není předem známa a je rozpoznávána pomocí kamery. Rozpoznávání polohy konektoru vychází z metody template matching. Aktuální snímek z kamery je porovnán se vzorem. Z toho je určena poloha konektoru v osách (X,Y, Y_{rotace}). Dále se rozpoznává QR kód, ze kterého se určuje typ aktuálně testované jednotky. Z typu jednotky se určuje poloha manipulátoru v ose Z, tato poloha je pro daný typ vždy stejná s přesností jednotek milimetrů. Drobná nepřesnost je kompenzována pružnými piny na měřící hlavě. Pro zvýšení spolehlivosti celého systému byly použity dvě kamery.

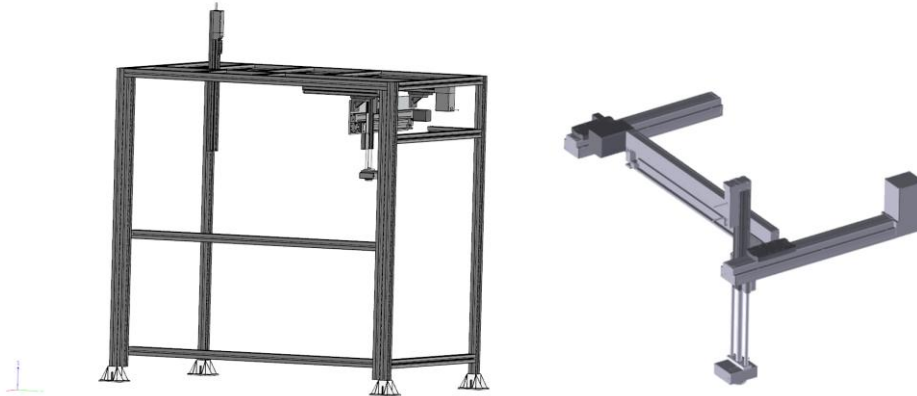
Systém komunikuje s celou řadou dalších systémů (databáze QR kódů, řídicí systém napětového testu, řídicí systém dopravníku).

Ve finální fázi byl robotický manipulátor namontován na výrobní linku a spuštěn do zkušebního provozu (Obrázek 2).

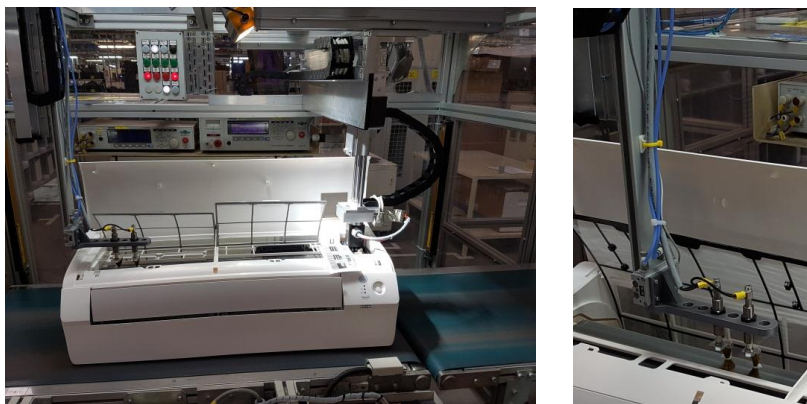
¹ student navazujícího doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: krejcia@ntis.zcu.cz

Použitý HW:

- Řídicí počítač B&R Panel PC 900 single-touch
- I/O B&R
- Kamery Basler acA3800
- Průmyslové osvětlení EFFI-Flex
- Pneumatika SMC
- Elektrické pohony SMC – LERK10K, LEYG16MB, LEMH25T, LEFBT32T, LEFS16A



Obrázek 1: Konstrukce robotického manipulátoru 3D výkres



Obrázek 2: Robotický manipulátor v provozu

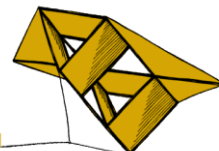
Závěr

Zkušební provoz v průmyslovém prostředí firmy Daikin ověřil funkčnost navrženého manipulátoru pro automatické testování klimatizačních jednotek. Součástí řešení je konstrukční návrh, řídicí systém a uživatelské rozhraní robotického manipulátoru.

Manipulátor provádí rozpoznávání a testování cca 22 s, což je o 7 s rychleji než byl požadavek zadavatele. Na tomto pracovišti by tedy mohla být zrychlena výroba. Manipulátor dosahuje spolehlivosti 99,8%, což je zhruba 1 chyba za směnu (požadavek zadavatele 99%).

Poděkování

Tato práce byla podpořena Technologickou agenturou ČR z projektu CIDAM TE02000103.



Měření torzních vibrací rotoru turbogenerátoru

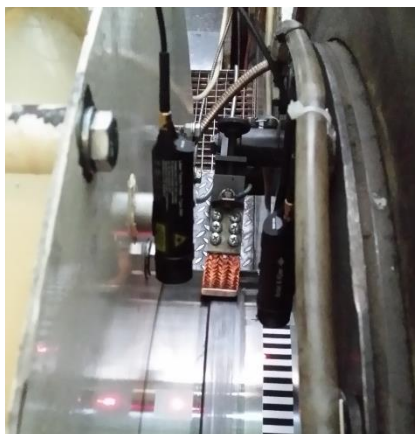
Sven Kunkel¹

Úvod

Rotor turbogenerátoru koná kromě stejnosměrného otáčivého pohybu na nominální frekvenci i některé vibrační pohyby. Vibrace jsou nežádoucí, neboť způsobují namáhání dotčených částí stroje, čerpání životnosti a mohou být i důvodem k odstávce bloku.

Charakteristickou vlastností torzních vibrací je velmi malé tlumení, které je omezeno téměř výlučně na vnitřní tlumení materiálu rotoru. V důsledku toho mohou torzní kmity při rezonanci nebo při opakovaném vybuzení dosahovat značných amplitud. Riziko spočívá i v tom, že vzhledem k zanedbatelné torzní vazbě mezi rotorem a statorem se torzní vibrace na venek neprojevují a detekovat je lze pouze cíleným měřením.

Systémy pro měření torzních vibrací, které byly dosud vyvinuty a z nichž většina jsou systémy experimentální, lze rozdělit do dvou skupin. První skupina systémů využívá sensory (zpravidla tenzometry) upevněné přímo na rotoru, druhá skupina využívá tzv. *time interval measurement*, při němž se měří časy průchodu značek enkodéru kolem stacionárního snímače. Druhého přístupu využívá i systém popisovaný ve zbytku tohoto textu. Jako enkodér slouží páska se střídajícími se bílými a černými proužky (*zebra tape*) a optický snímač detekující přechod mezi černým a bílým proužkem.



Obrázek 1: Optický snímač a enkodér (zebra tape) v místě mezi generátorem a ložiskem u NT dílu turbíny.

Ze známé úhlové vzdálenosti dvou sousedních proužků a časů jejich detekce stacionárním snímačem lze spočítat průměrnou rychlost rotoru v období mezi detekcí těchto dvou proužků podle vztahu

$$\omega(k) = \frac{\varphi(k+1) - \varphi(k)}{t(k+1) - t(k)}, \quad (1)$$

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: kunkel@students.zcu.cz

kde $\varphi(k)$ značí úhlovou polohu a $t(k)$ čas detekce k -tého proužku. Index k není omezen počtem proužků enkodéru N . Úhlovou polohou k -tého proužku pro $k > N$ se rozumí úhlová poloha stejného proužku při první otáčce navýšená o příslušný počet otáček. Veličiny φ a t tedy tvoří monotónně rostoucí posloupnosti.

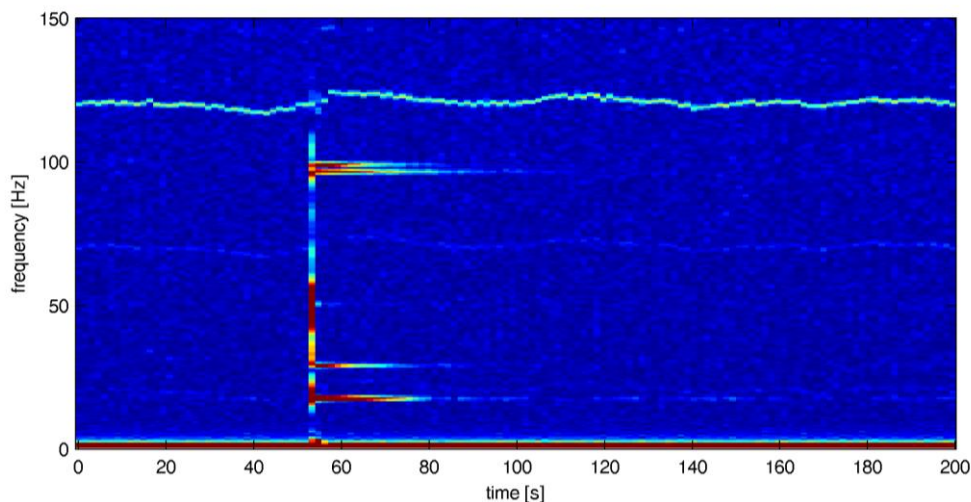
Výpočet veličiny ω je komplikován několika praktickými problémy, z nichž některé jsou blíže adresovány v pracích Resora et al. (2005) nebo Diamonda et al. (2016).

Z veličiny ω lze následně spočítat Fourierovo spektrum a v něm identifikovat amplitudy jednotlivých torzních vlastních frekvencí.

Vyhodnocení dat změřených za provozu turbogenerátoru

Popsaná metodika měření a vyhodnocení torzních vibrací rotoru byla využita při monitoringu torzních vibrací rotoru na několika elektrárnách. Jako nejnázornější případ z dosud naměřených dat lze použít situaci z května 2016, kdy v sousedství monitorovaného turbogenerátoru došlo k výpadku jiného bloku a následného přechodného děje v elektrizační síti. Tento přechodný děj následně torzně vybudil monitorovaný turbogenerátor.

Spektrogram z okamžité úhlové rychlosti vyhodnocené kolem této události je zobrazen na obr. 2. V čase 55 je dobře patrné vybudění první a druhé torzní vlastní frekvence rotoru (17 Hz a 28 Hz) a vlastních frekvencí vázaných kmitů soustavy rotoru a lopatek NT dílu (96 Hz a 98 Hz). Ostatní komponenty nemají z hlediska analýzy torzních kmitů význam.



Obrázek 1: Spektrogram okamžité úhlové rychlosti rotoru.

Ve své poslední verzi je systém pro měření torzních vibrací (TVMS) vybaven GUI pro on-line monitoring, automatickou detekci událostí a emailovou notifikací v případě detekce nebezpečných stavů.

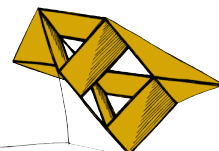
Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-031.

Literatura

Resor, B.R., Trethewey, M.W., Maynard, K.P (2005) Compensation for encoder geometry and shaft speed variation in time interval torsional vibration measurement. *Journal of Sound and Vibration*, pp 897-920.

Diamond, D.H., Heyns, P.S., Oberholster, A.J (2016) Online shaft encoder geometry compensation for arbitrary shaft speed profiles using Bayesian regression. *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol. 81, pp 402-418.



Stabilita a praktické aspekty vlnového řízení

Martin Langmajer¹

1 Úvod

Vlnové řízení má potenciál stát se efektivní metodou pro návrh regulátorů určených k tlumení mechanických vibrací. Jediným návrhovým požadavkem metody je, aby aktuátor potlačil takovou mechanickou vlnu, která se k němu prostřednictvím řízeného systému šíří. Stabilita či další vlastnosti regulační smyčky nejsou zahrnuty do návrhových specifikací a nejsou obecně garantovány. Nespornou výhodou této metody je možnost současného tlumení vibrací a řízení dalšího stavu systému, například pozice nebo rychlosti. Toho lze dosáhnout za použití pouze jednoho snímače umístěného na rozhraní aktuátoru a řízeného systému. Tato metoda je stále relativně mladá a mnohé její aspekty stále zůstávají předmětem výzkumu. Tento článek se zabývá stabilitou vlnového řízení a jeho aplikací na reálný systém s neznámými parametry.

2 Vlnové řízení

V roce 1997 navrhli W.J.O'Connor a D.Lang novou metodu řízení vibrací mechanických soustav, takzvané vlnové řízení. Jejich metoda zahrnuje aktuátor schopný vyslat do systému mechanickou vlnu, postupující systémem vpřed a současně tlumit odražené mechanické vlny postupující opačným směrem. Tato metoda vyžaduje dekompozici reálného pohybu systému na dopřednou a zpětnou vlnu. Takový pohyb je dán superpozicí těchto vln. Za tímto účelem O'Connor s Langem navrhli takzvanou vlnovou přenosovou funkci $G(s)$, danou jako přenos z pozice jednoho hmotného bodu $X_i(s)$ na pozici následujícího hmotného bodu $X_{i+1}(s)$ v oboustranně nekonečném řetězci hmotných bodů spojených ideálními pružinami.

$$G(s) = X_{i+1}(s)/X_i(s). \quad (1)$$

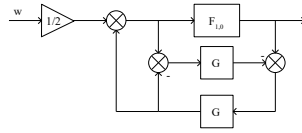
Vlnová přenosová funkce má dvě řešení

$$G(s) = 1 + \frac{1}{2} \frac{m}{k + bs} s^2 \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m}{k + bs}} s \sqrt{4 + \frac{2m}{k + bs} s^2}, \quad (2)$$

kde m je hmotnost každého hmotného bodu v řetězci, k je tuhost pružin mezi hmotnými body, b je koeficient tlumení mezi hmotnými body a s je komplexní proměnná.

Tato dvě řešení vlnové přenosové funkce odpovídají dvěma směrům šíření mechanických vln. Zavedením okrajových podmínek pro systémy, které nejsou oboustranně nekonečné, je navíc možné získat takzvanou smyčku vlnových přenosových funkcí jako užitečný nástroj pro modelování pružných systémů. Ze smyčky vlnových přenosových funkcí je pak patrné, jakým způsobem navrhnout systém provádějící dekompozici kmitání systému na dopřednou a zpětnou vlnu. Navíc napovídá i jak navrhnout celý řídicí systém. Vlnový přenos G není celočíselného řádu a je tak nezbytné ho aproximovat.

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: mlangos3@gmail.com

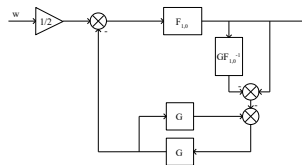


Obrázek 1: Regulační smyčka

3 Vlnové řízení pro systémy se spojitě rozloženými parametry

Výše popsáný způsob vlnového řízení je velice efektivní, rychlá a robustní metoda řízení pohybu systémů sestávajících z tuhých hmotných částí a pružných téměř nehmotných částí, které lze aproximovat řetězcem hmot a pružin. Pro systémy se spojitě rozloženými parametry je však nutné metodu upravit.

Nejprve je nutné parametry identifikovat. K tomu je možné zvolit takový model systému, který bude mít soustředěné parametry. Po změření frekvenční charakteristiky reálného systému lze nastavit parametry modelu tak, aby se jeho frekvenční charakteristika co nejvíce blížila charakteristice reálného systému. Celou regulační smyčku z obrázku 1 je pak možné překreslit jako na obr. 2 V tomto tvaru lze odvodit přenos otevřené smyčky



Obrázek 2: Alternativní forma regulace

$$L = -\frac{\hat{G}}{1 - \hat{G}^2} (F_{1,0} - \hat{G}), \quad (3)$$

který lze využít k vyšetření stability regulačního obvodu pomocí Nyquistova kritéria. Lze také přejít ke zpětnovazebnímu regulátoru

$$C_f = -\frac{\hat{G}}{1 - \hat{G}^2} (1 - F_{1,0}^{-1} \hat{G}). \quad (4)$$

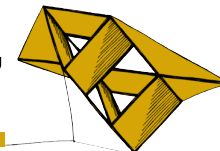
Právě vlnové řízení v takovém tvaru je možné využít pro systémy se spojitě rozloženými parametry. Má-li reálný systém hmotnost M , tuhost K a tlumení B , pak jeho aproximace ve tvaru řetězce o n hmotnostech a pružinách bude mít parametry $m = M/n$, $k = K * n$ a $b = B * n$. Čím více hmotných bodů, tím lepší aproximace, a pro návrh regulátoru C_f pro systémy se spojitě rozloženými parametry je tak možné využít limitního přechodu, kde n se blíží nekonečnu a tento regulátor následně implementovat.

4 Závěr

Metoda vlnového řízení je moderní metodou řízení pro systémy se soustředěnými parametry. Je-li však správně modifikována, lze jí úspěšně využít i pro řízení systémů se spojitě rozloženými parametry. Byla provedena identifikace parametrů malého vetknutého nosníku a následně aplikována metoda vlnového řízení, upravená pro systémy se spojitě rozloženými parametry.

Poděkování

Tato práce byla podpořena Technologickou agenturou ČR z projektu CIDAM TE02000103.



Inteligentní vyhledávání dokumentů

Jiří Martínek¹

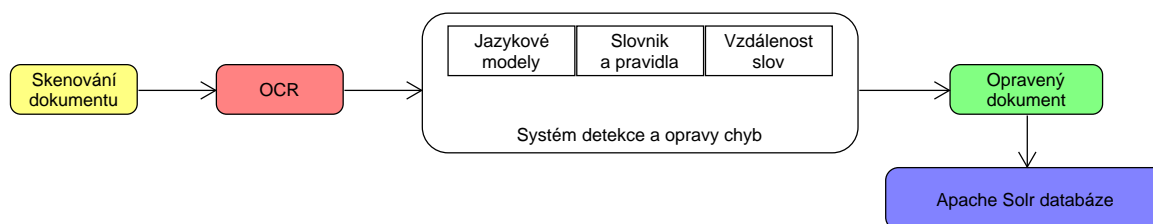
1 Úvod

V současné době je většina dokumentu v nestrukturované podobě. Tato podoba dokumentu je pro počítač nečitelná. Nejčastěji se jedná o naskenované dokumenty, různé ručně psané poznámky či dokumenty staršího data psané na psacím stroji. Tyto dokumenty jsou čitelné pro člověka, ale s jejich zvyšujícím se počtem se zhoršuje schopnost v nich efektivně vyhledávat informace.

Skenované dokumenty je nejprve nutné z obrazové podoby převést do textové pomocí optického rozpoznávání znaků. V rámci převodu bohužel dochází k chybám, proto je nutná existence systému na detekci a korekci těchto chyb. Opravené dokumenty jsou posléze zaindexovány do fulltextové databáze. Vyhledávání je posléze možné prostřednictvím fulltextového dotazu.

2 Hlavní aspekty realizace

Na základě analýz byl jako vyhledávací systém a fulltextová databáze zvolen systém **Apache Solr** (viz Potter (2014)). K realizaci optického rozpoznávání znaků (viz např. publikace Pavlidis (2014)) je použit *open-source* program **Tesseract**. Pro detekci a opravu chyb byla zvolena kombinace strojového učení – **jazykové modelování** (viz Brychcin (2012)) a pravidlového přístupu založeném na slovníku a vzdálenosti slov. Pro zvýšení efektivity vyhledávání a možnosti vyhledávání dle třídy dokumentů byla implementována komponenta klasifikace dokumentů pomocí knihovny strojového učení **Brainy** (viz Konkol (2014)). Souhrnně znázorňuje práci systému obrázek 1.



Obrázek 1: Znázornění práce systému

¹ student navazujícího studijního programu Inženýrská informatika, obor Softwarové inženýrství, e-mail: jimar93@students.zcu.cz

3 Závěr

Oprava chyb přispívá ke zlepšení přesnosti vyhledávání v množině skenovaných dokumentů. Pro ověření úspěšnosti a přesnosti rozpoznávání textu byly vytvořeny experimenty, jejichž účelem bylo otestovat přesnost a chybovost rozpoznávání. V kolekci testovaných obrázků byly dokumenty různých kvalit a obsahů. Experimentálně byla nastavena optimální konfigurace celého systému.

U vstupního textu, kde se objevují cizí jména, názvy, zkratky či celé pasáže v jiném než českém jazyce, vykazuje program horší úspěšnost.

System by bylo možné vylepšit přidáním dalších metod strojového učení, například metody sumarizace textu, kdy by byl bezprostředně po fázi rozpoznávání textu vytvořen souhrn, který by obsahoval pouze důležité a klíčové termíny. S takovouto reprezentací by bylo možné snížit velikost indexu a v důsledku toho zefektivnit vyhledávání.

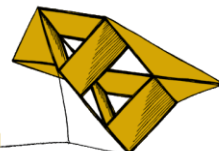
Literatura

Bryhcín, T. (2012) *Unsupervised methods for language modeling*: technical report no. DCSE/TR-2012-03

Grainger, T., Potter, T, Seeley, Y. (2014) *Solr in action*

Konkol, M. (2014) *Brainy: A machine learning library*. In: International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing. Springer International Publishing, p. 490-499.

Pavlidis, T., Mori, S. (1992) *Optical character-recognition*.



Využití artikulačních příznaků v syntéze řeči

Martin Matura¹

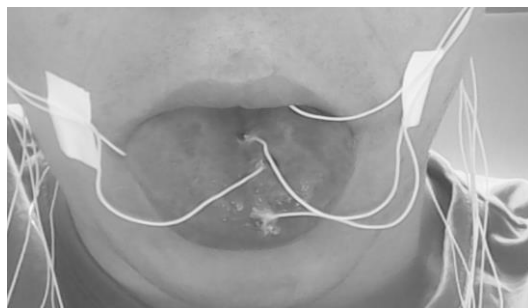
1. Úvod

Pro syntézu řeči v poslední době používáme nejčastěji metodu výběru jednotek. Každá jednotka má definované určité parametry, příznaky, podle kterých se vybírá posloupnost jednotek tak, aby odpovídala požadované promluvě. Mezi příznaky nyní řadíme informaci o frekvenčním spektru v podobě MFCC (z angl. *Mel-frequency cepstrum coefficient*) (M), energii signálu (E) a jeho základní frekvenci (F). Další přídatnou informaci, která by podle Richmond a King (2016) mohla vést k lepší kvalitě syntetizované řeči, by mohly poskytnout artikulační příznaky.

Artikulační příznaky popisují artikulační trajektorie, tj. pohyb, který vykonávají artikulátory (jazyk, rty, spodní čelist, atd.) při vytváření řeči. Trajektorie získáváme zpracováním dat z elektromagnetického artikulografu, který je schopen tyto pohyby měřit pomocí senzorů.

2. Získání dat

K získání artikulačních trajektorií jsme použili 3D elektromagnetický artikulograf AG501. Pro snímání jsme použili 7 senzorů – tři referenční, které snímaly pozici hlavy a čtyři pro měření trajektorií, z nichž tři byly upevněny na jazyku (obr. 1) a jeden na spodní čelisti.



Obrázek 1: Upevnění senzorů na jazyku

K našemu experimentu jsme pak využili 380 nahraných vět (přibližně 35 minut řeči). Ze zvukových nahrávek byla vytvořena databáze jednotek (difonů) a nahraná data jsme museli předzpracovat. Byla provedena filtrace šumu, korekce dat od pohybů hlavy a přiřazení artikulačních trajektorií k odpovídajícím difonům. Takto připravená data jsme použili k syntéze vět a zajímalo nás, zda začleněním artikulačních příznaků vylepšíme výslednou kvalitu syntézy a také, zda bychom těmito příznaky mohli nahradit informaci z MFCC – to by bylo možné, pokud by se prokázala korelace mezi standardní konkatenační cenou (MEF) a konkatenační cenou, kde jsou MFCC nahrazeny artikulačními příznaky (AEF).

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika,
e-mail: mate221@kky.zcu.cz

3. Korelace s používanými příznaky

Po přidání artikulačních příznaků jsme v kvalitě výsledné syntézy žádné znatelné zlepšení nezaznamenali, což s největší pravděpodobností způsobuje malý počet dat, ze kterých se hlas pro syntézu vytvářel. Dále jsme pak zjišťovali, jaká je korelace mezi konkatenací cenou s příznakem MEF a konkatenací cenou s příznakem AEF podle:

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\left(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2\right)\left(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2\right)}}. \quad (1)$$

Korelaci jsme zjišťovali pro různý počet vět, jak ukazuje tabulka 1, která přehledně shrnuje výsledné korelační koeficienty. Jak je vidět, korelační koeficient se u sta vět pohybuje kolem 0.77, což značí poměrně velkou míru korelace.

Počet vět	1	10	100
Korelační koeficient	0.7144	0.7770	0.7740

Tabulka 1: Korelace se všemi používanými příznaky (MEF vs. AEF)

Pro lepší představivost závislosti artikulačních příznaků a MFCC jsme však ještě spočítali korelaci, kdy jsme z příznaků odebrali energii a fundamentální frekvenci (viz tab. 2). Konkatenací ceny jsou tedy závislé jen na MFCC nebo na artikulačních příznacích.

Počet vět	1	10	100
Korelační koeficient	0.7988	0.7910	0.8002

Tabulka 2: Korelace pouze s MFCC (M vs. A)

Zde korelační koeficient ještě vzrostl, z čehož usuzujeme, že mezi MFCC a artikulačními příznaky existuje nějaký vztah blízký lineární závislosti.

4. Plánované experimenty

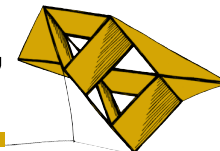
To, že korelační koeficient není roven jedné, by mohlo znamenat, že v artikulačních příznacích může být skryta nějaká informace, která v MFCC není a která by, pokud se nám podaří získat více dat, mohla vést ke zlepšení kvality. Jedním z našich dalších cílů je tedy nahrát hlas, který bude obsahovat více řečových dat. Získání artikulačních dat pomocí nahrávání však není příliš jednoduché, a proto bychom také do budoucna chtěli odhadovat artikulační parametry přímo z řečového signálu.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SVK1-2017-021.

Literatura

Richmond, K., a King, S., 2016. Smooth Talking: Articulatory Join Cost for Unit Selection. *Proceedings, 41st Int. Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing.*



Automatická detekce chyb na mateřských deskách

Michal Medek¹

1 Úvod

Neuronové sítě jsou v posledních letech více a více používány pro automatizování výroby. Jejich hlavní předností je schopnost učit se. Síť je schopná se v čase zdokonalovat a dosahovat tak vyšší úspěšnosti na základě předchozích špatných rozhodnutí. Nejlepších výsledků v podobných úlohách dosahují konvoluční neuronové sítě.

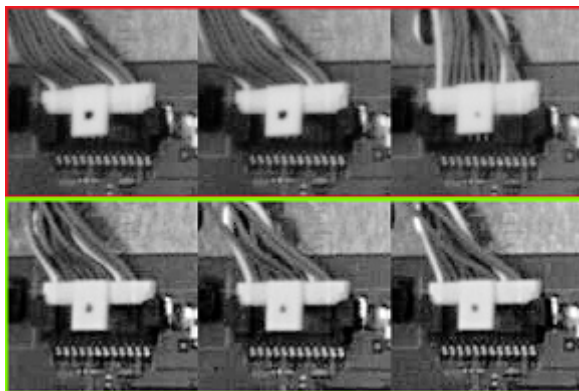
Cílem práce bylo vytvořit program, který za pomoci strojového učení bude s co možná největší úspěšností rozhodovat, zda jsou základní desky televizorů společnosti Panasonic v pořádku nebo ne. V práci bylo využito několik konvolučních neuronových sítí a implementován systém, který umožňuje detekovat a označit chyby na základní desce.

Výsledný program by měl být v případě spokojenosti zákazníka nasazen a působit tak jako takzvaný druhý čtenář pro dodatečnou kontrolu desek. Může se totiž stát, že se pracovník kvality přehlédne a nebo si chyby nevšimne. Další možné využití programu je ještě před první kontrolou zúžit množinu potenciálně vadných desek a upozornit tak pouze na tyto desky. Dostatečně zdokonalený program by v budoucnu pracovníka kvality mohl nahradit úplně.

2 Podoba řešení

Pro realizaci projektu byla použita označovaná data v podobě 768 obrázků ve formátu SVG a ke každému z nich obrázek o velikosti 1280 x 1024 pixelů ve formátu JPG. Na snímcích, které byly označeny jako chybné, můžeme najít 13 různých chyb a těchto snímků je 33. Od začátku nás tedy trápil velmi malý počet pozitivních snímků.

Obrázek 1: Ukázka z množiny dat



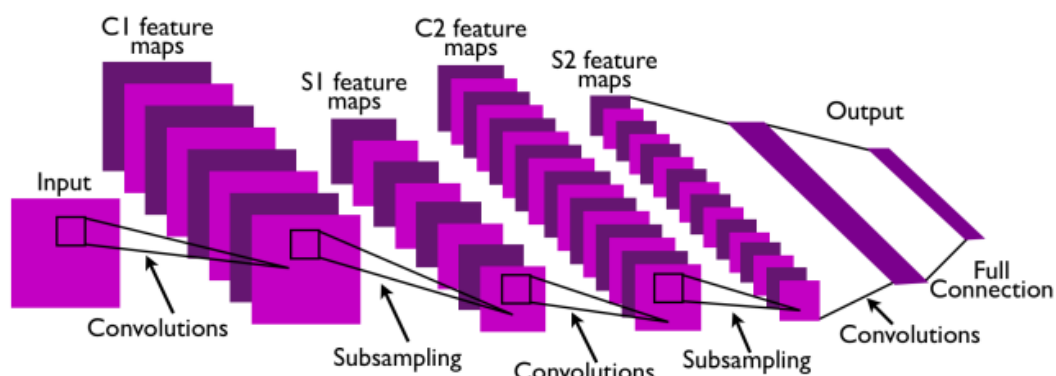
Předzpracování bylo realizováno pomocí údajů o označovaných datech z SVG sou-

¹ student navazujícího studijního programu Inženýrská informatika, obor Softwarové inženýrství, specializace Zpracování přirozeného jazyka, e-mail: mmedek@students.zcu.cz

borů pozitivních snímků, kde jsme nejdříve našli souřadnice stejných chyb a poté na základě těchto souřadnic vyřezali ROI (Region Of Interest) jak z pozitivních, tak z negativních snímků, abychom získali množinu dat pro trénování a testování neuronové sítě. Nad množinou pozitivních snímků byly poté použity geometrické transformace za účelem zvětšení této množiny.

Použitá konvoluční neuronová síť pro detekci chyb je tvořena konvoluční vrstvou následovanou ReLU aktivační funkcí, poté se opakuje stejná kombinace konvoluční vrstvy a ReLU aktivace. Další vrstva je max pooling následovaný dropout vrstvou, která zapříčiní vynulování všech neuronů s aktivační funkcí, jejímž výsledkem je hodnota 0,5. Takto je sestavená část pro extrakci příznaku. Klasifikaci provádí plně propojená neuronová síť s ReLU aktivační funkcí. Poslední vrstvu tvoří dva neurony reprezentující klasifikované třídy a jako aktivační funkce je použit softmax, který se pro výstupní vrstvu obvykle používá.

Obrázek 2: Konvoluční neuronová síť Leonard (2015)



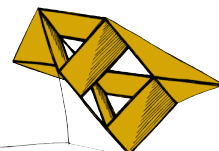
3 Výsledky a zhodnocení

Výsledkem projektu je funkční prototyp aplikace, která velmi spolehlivě rozpoznává chyby na základních deskách. Největším úspěchem je schopnost sítě spolehlivě rozpoznat na testovaných datech (tedy datech, které síť předtím neviděla) všechny chyby. Zvolená konvoluční síť je velmi malá na rozdíl od jiných publikovaných řešení a s největší pravděpodobností především díky vhodnému předzpracování pracuje velice spolehlivě.

Nutno však říci, že za bezchybnou můžeme síť prohlásit jen v případě prvních deseti druhů chyb, kde při testování nedocházelo k překrytí testovací množiny (byť s transformovanými daty). Ve zbývajících třech případech byla totiž chyba zachycena v obdržených datech pouze jednou.

Literatura

Leonard, N. (2015) *Torch 7: Applied Deep Learning for Vision and Natural Language*



Vývoj multifunkčního kolového robota

Petr Neduchal¹, Miroslav Flídr²

Úvod

Ruku v ruce s automatizací lidské činnosti jde rozvoj robotiky a umělé inteligence. V posledních letech se zvláště rozvíjí možnosti v oblasti mobilní robotiky, která se začíná prosazovat v mnoha oblastech jako například v tzv. inteligentním zemědělství či pro použití při záchranných operacích.

Důsledkem tohoto rozvoje je také projekt na vývoj multifunkčního mobilního robota, který by byl schopen vykonávat různé úkoly automaticky či polo-automaticky. Hlavní motivací bylo zejména využití pro záchranné složky při prohledávání budov. V dalším textu bude kolový robot popsán nejdříve z pohledu hardwaru a následně z pohledu softwaru.

Kolový robot

Vyvíjený kolový robot (Obrázek 1 vlevo) se v současné skládá ze dvou základních částí. Prvním je podvozek z RC modelu Traxxas s Ackermanovým řízením předních kol. Podvozek s Ackermanovým řízením není pro potřeby mapování povětšinou vhodný. Lepší je použít některý z podvozků s diferenčním řízením kol. S minimem úprav by bylo možné použít například podvozek jackal od výrobce Clearpath Robotics (Obrázek 1 vpravo) nebo některý z pásových podvozků.



Obrázek 1: Vyvíjený kolový robot a podvozek od Clearpath robotics

Druhou částí je sensorová plošina, která je vyvíjena tak, aby byla na použitém podvozku co nejvíce nezávislá. Aktuálně je na sensorové plošině sada tří monochromatických kamer,

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, specializace Počítačové vidění a Robotika, e-mail: neduchal@kky.zcu.cz

² odborný asistent, Katedra Kybernetiky, e-mail: flidr@kky.zcu.cz

termokamera, laserový sensor (LiDAR) a IMU jednotka. Na plošině je umístěno výkonné PC určené ke sběru dat, mapování a komunikaci se vzdáleným stanovištěm.

Software

Softwarové vybavení robota je postaveno na linuxové distribuci Ubuntu a frameworku Robot Operating System (ROS) představeném v článku Quinley et al. (2009), který obsahuje velké množství modulů jak pro práci se senzory a aktuátory tak i modulů řešících úlohy s robotikou spojené. Použití ROS je výhodné zejména kvůli implementovanému systému zpráv, které lze posílat mezi jednotlivými částmi systému v rámci ROS prostředí. Většinou je v prostředí spuštěna sada balíků. Každý balík obsahuje spustitelné jednotky – tzv. uzly. Každý uzel pak běží ve vlastním procesu. Uzel má možnost vysílat nebo odebírat zprávu určitého typu do a nebo z tzv. topicu. Topic je pojmenované místo v prostředí, kde jsou zprávy vystaveny než je přijme některý z přihlášených odběratelských uzlů. Zpráva může být jednoduchá – např. celé číslo, řetězec, nebo komplexní složená ze základních datových typů či jednodušších zpráv. Podobně v rámci ROSu existují i tzv. služby, které se liší v tom, že místo odběru topicu si uzel přímo zažádá dané službě o nějakou informaci či výsledek výpočtu na základě předaných parametrů. Služba se dá přirovnat k funkci. Dále je výhodou ROS, že může běžet na více počítačích, přičemž i zde funguje výměna zpráv. Není tedy nutné řešit předávání dat mezi počítači.

V rámci vyvíjeného kolového robota byla v ROS implementována řada uzlů pro ovládání robota ze vzdáleného počítače, komunikaci s webovým GUI pro operátora, snímání senzorů či mapování okolí. K mapování může být v rámci systému použit libovolný systém řešící úlohu Simultánní Lokalizace a Mapování (SLAM) – článek Durrant-Whyte a Bailey (2006) –, která tvoří 2D mapu v podobě tzv. grid mapy. V případě vyvíjeného kolového robota byl nasazen systém Google Cartographer, který byl představen v článku Hess et al. (2016).

Závěr

V rámci projektu byl vytvořen kolový robot ovládaný ze vzdáleného stanoviště schopný pohybu v terénu. Do budoucna se nabízí rozšíření o plně autonomní mód a vzhledem k přítomnosti monochromatických kamer a termokamery i k rozšíření funkcionality v oblasti rozpoznávání objektů z těchto dat.

Poděkování

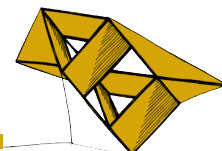
Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SVK1-2017-021

Literatura

Hess, W., Kohler, D., Rapp, H., a Andor, D. (2016) Real-Time Loop Closure in 2D LIDAR SLAM, *Robotics and Automation (ICRA), 2016 IEEE International Conference on. IEEE* , pp. 1271–1278.

Durrant-Whyte, H., and Bailey, T. (2006) Simultaneous localization and mapping (SLAM): Part 1 *Robotics & Automation Magazine, IEEE*, Volume 13, pp. 99–108

Quigley, Morgan, Conley, Ken, Gerkey, Brian, Faust, Josh, Foote, Tully, Leibs, Jeremy, Wheeler, Rob, Ng a Andrew Y. (2009) ROS: an open-source Robot Operating System, *ICRA workshop on open source software*, Volume 3



Klasifikace textových dokumentů bez učitele

Jaromír Novotný¹

1 Úvod

Cílem je příprava vstupních textových dat a následná klasifikace dokumentů za použití metod učení bez učitele. Jedna důležitá část předzpracování dat je převedení vstupních textů do tvaru vektorové reprezentace. Existuje mnoho klasifikačních metod, z nichž jsou vybrány dvě – “klasický” K-means shlukovací algoritmus a Latent Dirichlet Allocation (LDA) přizpůsobená ke klasifikaci dokumentů.

Nakonec vybrané klasifikační metody jsou porovnány s již používanými metodami a i s metodami využívající informaci učitele. Porovnání je provedeno na *20NewsGroup* anglickém data setu složeného z elektronické korespondence. Pro zajímavost jsou metody ozkoušeny na *CNO* českém data setu složeného z online novinových článků.

2 Příprava data setů, jejich zpracování a ohodnocení

Pro účely klasifikace byl vybrán často používaný anglický data set *20NewsGroup*. Menší data sety (*Binary20NG*, *20NG*, *10NG*, *Binary_{0,1,2}*, *5Multi_{0,1,2}*, *10Multi_{0,1,2}*) podle Slonim et al. (2002) získány z původního *20NewsGroup*. Další data set *CNO* a byl získán z databáze novinových článků *JMZW* Západočeské Univerzity (pouze malá část z celkové databáze). Před tím, než se vytvoří reprezentační vektory je důležité řádně data sety (texty) předzpracovat. Nejdříve všechny znaky velkých písmen jsou převedena na znaky malých písmen a veškeré znaky čísel jsou převedena na jednotný symbol. Dále je provedena lemmatizace, na což byl použit algoritmus *MorphoDiTa* (2017) zpřístupněný v pythonu přes balíček *ufal*. Pro odstranění stop slov je využita inverzní frekvence dokumentů (*idf*), po té zbylá slova mohou být použita jako reprezentanty v reprezentačních vektorech. Další možnost je vybrání n nejlepších slov jako reprezentanty podle Vzájemné Informace (Mutual Information – MI) podle Siolas et al. (2000). Předzpracovaná vstupní data lze převést do *gensim* *gensim* (2017) *slovníku* a vytvoření *korpusu* (použitím *doc2bow* funkce *gensim* (2017) *slovníku* přes všechny reprezentační vektory lemmat). Tento *slovníku* a *korpusu* následně využívá *LDA* metoda. Metoda *K – means* využívá matici *tf – idf* vah, jež lze vytvořit z předzpracovaných vstupních dat (k vytvoření je využít python balíček *sklearn*). Dále je provedeno snížení dimenze získané matice vah za pomoci metody Latentní sémantické analýzy *LSA* (vyžít modul *TruncatedSVD* z python balíčku *sklearn*). Výstupní matice z metody *LSA* je následně používána jako vstup metody *K – means*. Z mnoha možností ohodnocení konečných výsledků použitých metod byly vybrány následující: Accuracy, přesnost (P) a úplnost (R). Míry P a R jsou počítány jako mikro-průměry podle Slonim et al. (2002).

¹ student navazujícího doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, specializace Umělá inteligence, e-mail: fallout7@kky.zcu.cz

3 Výsledky

Tabulka 1: Výsledky testovaných metod a metod v Siolas et al. (2000).

Metody	Accuracy míra [%]
KNN+P	80.13
SVM+P	88.52
LDA	56.46
K-Means+LSA	75.47

Tabulka 2: Výsledky metod na *CNO* data setu.

	Přesnost <i>P</i> metod [%]		
	LDA	K-means+LSA (dim. 2000)	K-means+LSA (dim. 31)
CNO	14.67	42.59	41.72

20NewsGroup sub-sets	Přesnost <i>P</i> metod [%]				
	sIB	sK-means	LDA	K-means+LSA	K-means+LSA <i>n</i> repr.)
Průměr z 20NG & 10NG	68.50	65.20	22.84	41.69	43.43
Průměr z malých	83.30	47.60	55.02	74.74	77.28

Tabulka 3: Porovnání testovacích metod s metodami v Slonim et al. (2002).

Průměr z malých v Tabulce 3 obsahuje pod-setsy *Binary*_{0,1,2}, *5Multi*_{0,1,2}, *10Multi*_{0,1,2}.

4 Závěr

Byl předveden postup jak připravit vstupní textová data pro použití zpracování textu (hlavně v případě shlukování dokumentů se stejným nebo podobným tématem). Metoda *LDA*, jak je vidět v Tabulkách 1, 2 a 3, nedosahuje vhodných výsledků (v aktuální podobě). V Tabulce 1 se porovnává náš přístup učení bez učitele s metodami učení s učitelem a se sémantickými kernely. V Tabulce 2 lze vidět výsledky našich metod na *CNO* data setu. Výsledné hodnoty v Tabulce 3 zobrazují porovnání s metodami Slonim et al. (2002). Je vidět, že náš postup zlepšuje klasické *K-means*, ovšem zaostává za *sIB* (sequential Information Bottleneck). V budoucnu bude dobré se zaměřit na lepší přípravu vstupních dat, vyzkoušet jiné metody a popřípadě využít kombinaci více metod pro vylepšení jejich jednotlivých nedostatků.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SVK1-2017-021

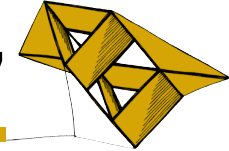
Literatura

Slonim, N. F., N. T. (2002) *Unsupervised Document Classification using Sequential Information Maximization*, Jerusalem, Israel, SIGIR'02

G. Siolas, F. d'Alché-Buc (2000) *Support Vector Machines based on a Semantic Kernel for Text Categorization*, Université Pierre et Marie Curie.

Python balíček gensim dostupný na: <https://radimrehurek.com/gensim/>.

MorphoDiTa, Institute of Formal and Applied Linguistics, Charles University, Czech Republic Faculty of Mathematics and Physics, <http://ufal.mff.cuni.cz/morphodita>



Driving Range Estimation and Trajectory Planning for Electric Vehicles

Bc. Robin Popelka¹

1 Introduction

The main objective of this study is to design a solution of trajectory planning for electric vehicles, taking into account the location of charging stations and their power. The next objective is to display driving range on the map as a polygon with respect to the vehicle's battery capacity.

The supervisor of the thesis is Porsche Engineering Services s.r.o. The developed algorithms and HMI will be used in a demonstration vehicle by the company.

2 Driving Range Polygon

Today's vehicle market provides, in most cases, only a circle to show driving range. This radius does not provide us an accurate solution. It is computed as great-circle distance and it does not account for the diversity of the roads, so by using the help of the Google APIs, we get a more accurate solution.

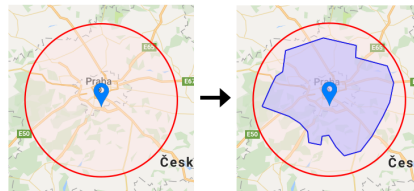


Figure 1: An example of driving range shown as polygon shape on the map.

3 Trajectory Planning and Optimization

Using several approaches and Google APIs was created an algorithm for route planning. There were chosen two graph algorithms to solve this problem. The first one was Floyd-Warshall algorithm and the second one was Dijkstra graph algorithm. Both algorithms can find the shortest path between two vertices in the graph.

3.1 Problem definition

The idea of the algorithm is to find the path between origin and the destination through charging stations with respect the optimal time results. On each station may be or not the battery charged to the full capacity.

¹ Student of Applied Sciences and Informatics, field: Cybernetics, specialization: Artificial Intelligence, e-mail: popelkar@students.zcu.cz

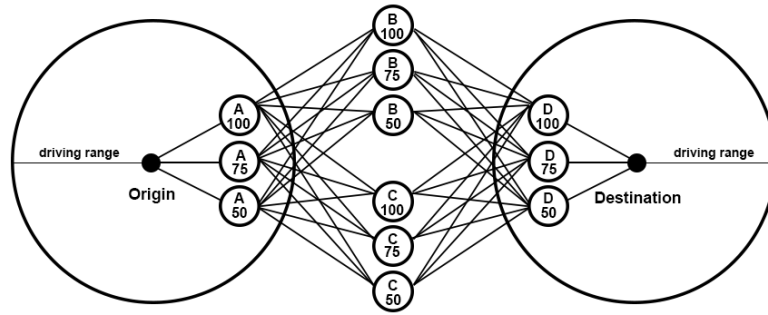


Figure 2: Route planning with different states of charge.

3.2 Proposed solution

The algorithm is divided into two parts. The first part is based on dynamic programming which finds the shortest time path through charging stations. In the second part of this algorithm is the founded path checked with Google API. There is returned more accurate time result with consideration of actual traffic conditions taken into account.

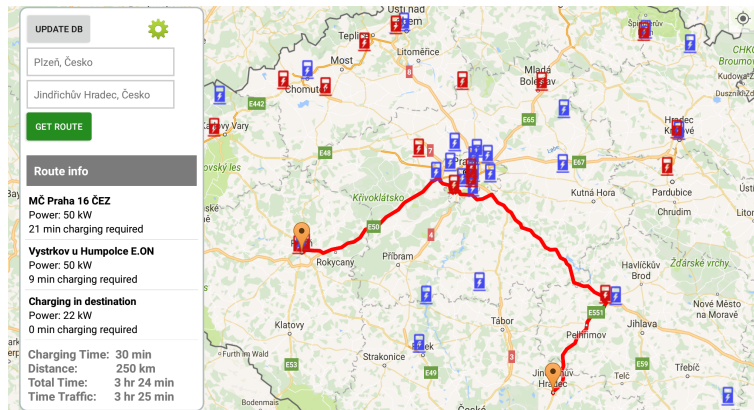


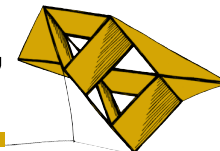
Figure 3: An example of route planning including route information summarization.

4 Implementation to the Delivered Application

The developed algorithms were implemented in a java-based application for Android. Application was tested using software in the loop approach (using a recorded data) and also directly in a demonstration vehicle.

References

- Kolar, Josef. (2004) *Teoretická informatika. 2.* Prague.
- Burnette, Ed. (2009) *Hello, Android introducing Google's mobile development platform 2nd.* Dallas, Texas



Pokročilé vyhledávání v datech ze zpravodajských portálů

Pavel Příbář¹

1 Úvod

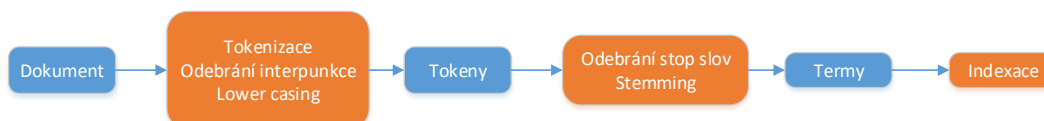
Každý den je na internetu vygenerováno obrovské množství dat a vyhledávání informací v těchto datech se v dnešní době stalo pro většinu populace rutinní záležitostí. Většina uživatelů si už ale neuvědomuje, jak složitým problémem je vyhledávání v tak velkém množství dat.

Systém MediaGist, viz Steinberger (2016), pravidelně seskupuje nové články v několika jazycích ze zpravodajských portálů do clusterů (skupina článků s podobným či stejným tématem) a vytváří z nich souhrny obsahu. Ve vytvořených souhrnech ale není možné vyhledávat. Cílem práce bylo implementovat vyhledávání v datech systému MediaGist a otestovat úspěšnost vytvořeného vyhledávání.

2 Vytvořené řešení

Pro implementaci vyhledávání byl použit nástroj **Elasticsearch**, který byl vybrán na základě porovnání s **Apache Solr**. Vytvořené řešení obsahuje fulltextové a pokročilé textové vyhledávání.

Pro vyhledávání v textových datech je klíčové předzpracování textu a jeho indexace. Pro předzpracování textu byly použity standardní postupy (odebrání stop slov, stemming aj.), viz obr. 1. Důležitou částí řešení byl také návrh indexů pro jednotlivé jazyky, který bylo potřeba vytvořit tak, aby bylo možné zadat dotaz, který bude vykonán nad všemi jazyky najednou.



Obrázek 1: Znázornění postupu předzpracování dokumentů před indexací

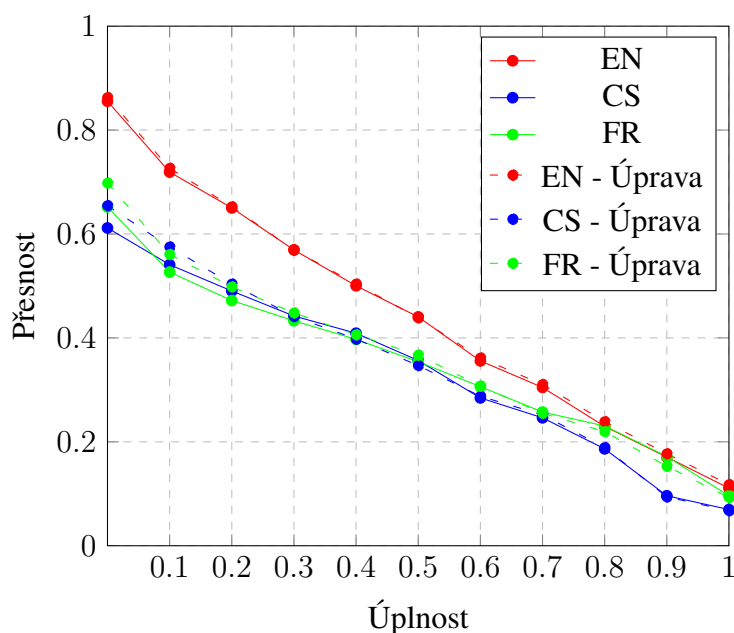
3 Testování a experimenty

Cílem testování bylo ověřit úspěšnost vytvořeného vyhledávání a na základě provedených experimentů zjistit, jaký vliv mají jednotlivé kroky předzpracování textu na kvalitu výsledků implementovaného vyhledávání. Pro porovnání výsledků jednotlivých experimentů byla použita **MAP** (Mean Average Precision) míra, viz Croft et al. (2010), a velikosti indexů pro jednotlivé jazyky. Testování probíhalo nad daty z balíčku **CLEF AdHoc - News 2004-2008** a bylo provedeno pro tři jazyky – češtinu, angličtinu a francouzštinu.

Nejprve byla vyhodnocena MAP míra pro základní navržené předzpracování. Celkem bylo provedeno 15 experimentů a při každém z experimentů bylo předzpracování částečně upraveno (např. změněn stemmer, vynechán některý krok předzpracování apod.). Na základě

¹ student navazujícího studijního programu Inženýrská informatika, obor Softwarové inženýrství, e-mail: pri-banp@students.zcu.cz

experimentů byl upraven původní postup při předzpracování. Hodnoty MAP míry získané touto úpravou (viz tučné výsledky v tab. 1) byly porovnány s řešeními CLEF AdHoc úloh z roku 2007 Di Nunzio et al. (2008) a roku 2006 Di Nunzio et al. (2006).



Obrázek 2: Přesnost/úplnost graf pro testování před a po úpravě předzpracování

Pořadí	Angličtina	Čeština	Franc.
1.	0.4402	0.4242	0.4468
2.	0.4342	0.3586	0.4096
3.	0.4317	0.3484	0.4077
4.	0.4274	0.3419	0.3828
5.	0.4057	0.3267	0.3794
6-9	-	-	0.3490

Tabulka 1: Nejlepší výsledky MAP míry pro řešení CLEF Ad-Hoc úloh a dosažené výsledky MAP míry (tučně) v této práci

4 Výsledky

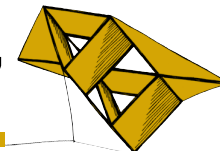
Jako nejlepší stemmer pro angličtinu se ukázal stemmer pojmenovaný v nástroji Elasticsearch **light_english**¹ a pro francouzštinu **light_french**. Dále bylo zjištěno, že nejvyšší MAP míry pro český jazyk je dosaženo při indexaci bigramů a při neodstranění stop slov. Pro anglický jazyk se jeví jako nejlepší řešení použití trigramů a pro francouzský použití trigramů a čtyřgramů. Na obr. 2 je zobrazen přesnost/úplnost graf před (plná křivka) a po (čárkovaná křivka) konečné úpravě předzpracování.

Po úpravě předzpracování došlo k mírnému zlepšení MAP míry, ale také k výraznému snížení velikosti jednotlivých indexů. Porovnání s řešeními z CLEF AdHoc úloh ukazuje, že vytvořené řešení je podle MAP míry téměř na stejné úrovni a nijak výrazně nezaostává.

Literatura

- Steinberger, J. (2016). MediaGist: A cross-lingual analyser of aggregated news and commentaries. *ACL*.
- Croft, W. B., Metzler, D., Strohmann, T. (2010). *Search engines*. Pearson Education.
- Di Nunzio, G. M., Ferro, N., Mandl, T., Peters, C. (2006, September). CLEF 2006: Ad hoc track overview. In *Workshop of the CLEF for European Languages*. Springer Berlin Heidelberg.
- Di Nunzio, G., Ferro, N., Mandl, T., Peters, C. (2008). Clef 2007: Ad hoc track overview. *Advances in Multilingual and Multimodal Information Retrieval*, 13-32.

¹Podrobnosti o použitých stemmerech lze nalézt v oficiální dokumentaci Elasticsearch na www.elastic.co



Automatická extrakce příspěvků z diskusních fór

Jakub Sido¹

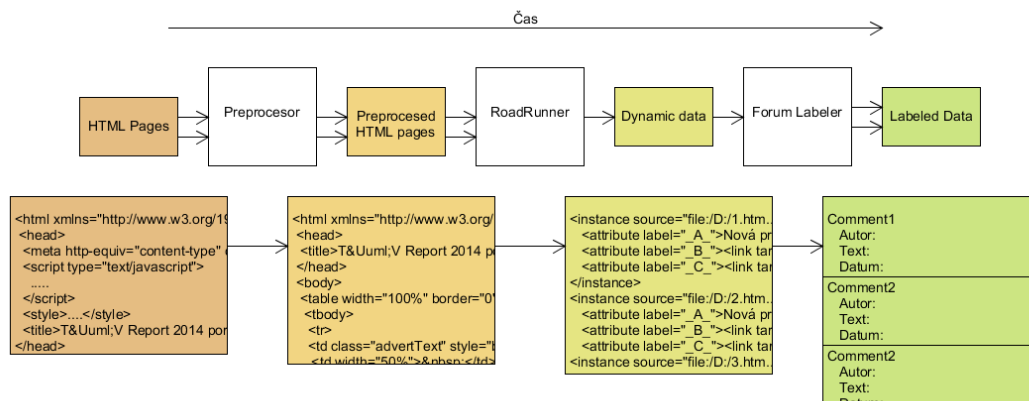
1 Úvod

Internet je velice rychle rostoucí médium. Stává se více žádané data na něm obsažená zpracovávat automaticky. Tato práce se zabývá extrakcí informací z webových zdrojů, především z webových diskusních fór. Pojednává o tomto oboru a zkoumá existující systémy. Následně jsou tyto poznatky aplikovány a je navrhnout systém, který tento úkol plní bez zásahu člověka. Dále jsou použity metody strojového učení a analýzy přirozeného jazyka k označení významu získaných dat.

2 Hlavní aspekty realizace

Existují způsoby, jak vytvořit nástroj, který bude extrahovat žádaná data z konkrétních webových stránek. Je však vždy potřeba optimalizovat systém pro určitý zdroj. Cílem této práce je však vytvořit prostředek, kterým bude možné automaticky získávat data z velkého množství malých webových diskuzí.

Byl použit existující systém na extrakci dynamických dat z webových stránek a následně byla provedena analýza možností hledání významu těchto dat, které budou označeny pro pozdější použití.



Obrázek 1: Data Flow

¹ student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Inženýrská informatika – Softwarové inženýrství e-mail: sidoj@students.zcu.cz

3 Závěr

Bylo prozkoumáno několik systémů, které se věnují extrakci dat z webových stránek obecně, i těch, které se zabývají konkrétně webovými diskuzemi RR (2005) EE (2012). Tato práce kombinuje několik ověřených přístupů, avšak navrhuje a aplikuje v této oblasti nové postupy.

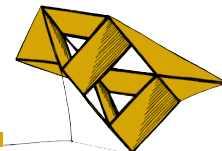
Byly použity statistické metody, strojové učení a analýza přirozeného jazyka na webové stránky obsahující zmíněná data. Také se objevilo několik nedostatků, které se týkají jednotlivých částí procesu. Především to byl problém s extrakcí dynamických dat pomocí šablony.

Tato data mohou být použita různými způsoby, od cílených reklam přes analýzu názorů po vyhledávání nevhodných činností ve virtuálním světě, jako je například šikana, zneužívání dětí nebo extrémistické chování.

Literatura

Crescenzi, V. (2005) *Roadrunner: Towards automatic data extraction from large web sites.*. In VLDB, 1, s. 109 118, 2001.

Machová, K. Penzés, T. (2012) *Extraction of web discussion texts for opinion analysis.* International Symposium on, s. 31 35. IEEE, 2012.



Exercise and Wellness – stravování a cvičení

Pavel Šnejdar¹, Petr Volf², Tomáš Ballák³

1 Úvod

Intenzivní rozvoj technologií v poslední době značně ovlivňuje dnešní společnost, jež se stává stále více závislou na vymoženostech moderní doby. Lidé nemají potřebu trávit svůj volný čas aktivně a preferují pasivní zábavu jako například sledování televize či hraní počítačových her. Tyto skutečnosti však spolu s dalšími špatnými návyky vedou k nárůstu takzvaných civilizizačních chorob způsobených nezodpovědným přístupem ke svému fyzickému i duševnímu zdraví. Cílem projektu tedy je poukázat na problém správné životosprávy a umožnit lidem sledování svých sportovních výkonů a stravování.

2 Princip sběru dat

Sběr dat probíhá přes mobilní aplikaci na platformě Android nebo iOS. Uživatel přes tuto aplikaci zadává zkonsumované jídlo, vypitou vodu a svou fyzickou aktivitu. Pro sběr dat o zkonsumovaném jídle se používá volně dostupná databáze jídel *USDA National Nutrient Database for Standard Reference*⁴. Databáze obsahuje okolo 7000 nekomerčních jídel a základní informace o jejich nutričních hodnotách – jako například kalorie, sacharidy, bílkoviny, tuky a vodu na 100g hmotnosti potraviny. Uživatel při zadávání svého jídelníčku jídlo vyhledá z databáze a zadá jeho hmotnost (popřípadě upraví jeho nutriční hodnoty). Při zadávání jednoho záznamu lze jídlo složit z více položek.

Druhá (jednodušší) možnost sběru zkonsumovaného jídla je odesláním jeho fotografie na server. V tomto případě nelze sledovat statistiky zkonsumovaných složek potravy a plnění denních cílů. Tato metoda ovšem nabízí jednoduchost i kvalitní přehled o jídelníčku uživatele. Metody fotografií i zadávání jídel z databáze lze kombinovat.

Aplikace rovněž nabízí zadávání pohybové aktivity. Uživatel si po každém cvičení zaznamená typ aktivity (např. plavání, běh, ...) a délku cvičení.

3 Komunikace mezi serverem a klientem

Komunikace mezi serverem a mobilní aplikací probíhá prostřednictvím REST API. Uživatel prokáže svými přihlašovacími údaji svou identitu. Server mu záhy vrátí seznam do-

¹ student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Medicínská informatika, specializace Analytik a vývojář pro klinickou praxi, e-mail: snejdar@students.zcu.cz

² student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Inženýrská informatika, e-mail: volfpe@students.zcu.cz

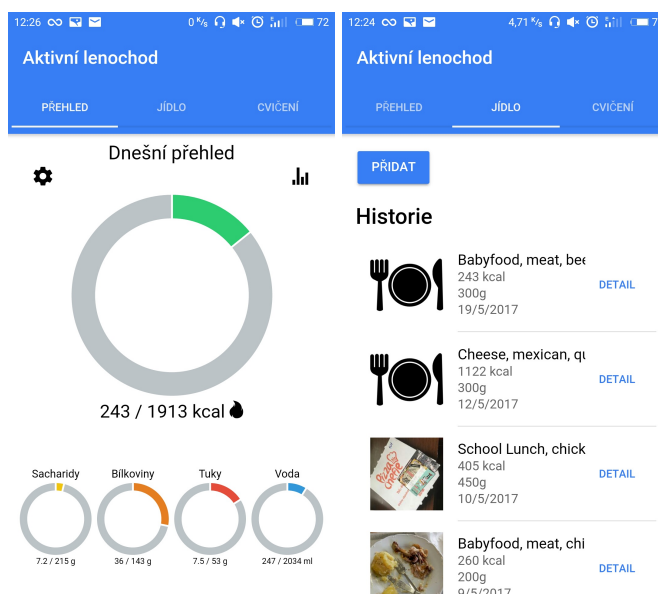
³ student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Inženýrská informatika, e-mail: ballakt@students.zcu.cz

⁴<https://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md/beltsville-human-nutrition-research-center/nutrient-data-laboratory/docs/usda-national-nutrient-database-for-standard-reference/>

stupných cviků, jídel a statistik. Ukládání fotografií na server řeší oddělený modul, který v rámci projektu *Exercise and Wellness Health Strategy Framework* Brůha at. al. (2017) zajišťuje práci s datovým úložištěm.



Obrázek 1: Komunikace mezi mobilní aplikací a serverem.



(a) Denní přehled.

(b) Historie jídel.

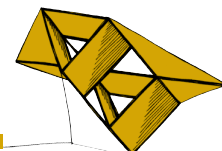
Obrázek 2: Snímky obrazovky aplikace.

4 Závěr

Podařilo se implementovat mobilní aplikaci pro správu stravování a cvičení. Pro ukládání dat bylo rozšířeno již existující úložiště projektu *Exercise and Wellness Health Strategy Framework* Brůha at. al. (2017). Do databáze potravin a cviků je možné snadno přidávat nové záznamy. Aplikace je připravena na rozšíření o GPS modul, který bude zaznamenávat polohu uživatele a rychlost pohybu při vykonávání fyzické aktivity. Další z plánovaných rozšíření je zpětná vazba odborníka a plánování jídelníčku.

Literatura

BRŮHA, Petr, Roman MOUČEK, Pavel ŠNEJDAR, David BOHMAN, Václav KRAFT a Peter REHOR. (2017) *Exercise and Wellness Health Strategy Framework: Software prototype for rapid collection and storage of heterogeneous health related data*. In *Proceedings of the 10th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies*. Plzeň, Západočeská univerzita v Plzni.



Detekce specifických objektů v digitálním snímku pro potřeby určení druhu obsahu scény

Tereza Štanglová¹

1 Úvod

Cílem této práce je navržení a implementování konvoluční neuronové sítě s použitím existující knihovny, která bude spolehlivě identifikovat pornografické scény. Po pečlivém zvážení byl z několika možných alternativ vybrán framework *CNTK*¹. V rámci práce byly vytvořeny i webové stránky, které slouží k uživatelskému testování modelu. Stránky jsou umístěny na adrese <http://147.228.64.42/pdetect/>.

2 Konvoluční neuronové sítě

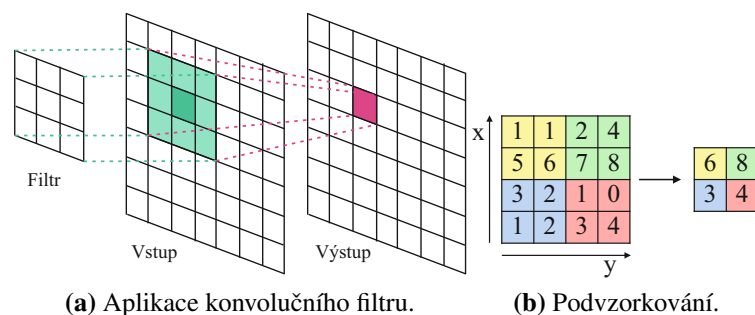
Konvoluční neuronové sítě jsou speciálním druhem vícevrstevných dopředných neuronových sítí. Byly navrženy pro rozpoznávání snímků přímo z pixelů s minimálním předzpracováním Karpathy (2016). Skládají se z vrstev, z nichž každá má svou specifickou funkci. Popis vrstev:

- **Vstupní** – Vstupem je matice obrazových bodů ve formátu *výška snímku* × *šířka snímku* × *počet barevných kanálů*.
- **Konvoluční** – Slouží k extrahování příznaků ze snímků. Obsahuje sadu konvolučních filtrů. Provádí se operace konvoluce mezi vstupem a filtry. Výstupem jsou příznakové mapy. Konvoluce je zobrazena na obrázku 1 v části (a).
- **Aktivační** – Slouží k aplikaci nelineární aktivační funkce na výstup konvoluční vrstvy.
- **Podvzorkovací** – Slouží k redukci dimenze pro snížení počtu parametrů. Příklad aplikace je ilustrován na obrázku 1 v části (b).
- **Plně propojená** – Každý neuron této vrstvy je propojený se všemi neurony vrstvy předchozí.
- **Výstupní** – Je plně propojená s předchozí. Obsahuje tolik neuronů, kolik je klasifikačních tříd.

Pro natrénování neuronové sítě byly vytvořeny dvě množiny dat. Množina cílových snímků obsahujících pornografii a množina necílových snímků, které pornografii neobsahují. Pro porovnání bylo implementováno několik architektur. Zdokumentovány byly architektury pro nedoučenou a přeúčenou síť. Dále byl zkoumán vliv různého nastavení počátečních hodnot vah a prahů sítě a vliv různé velikosti trénovací množiny na průběh učení sítě.

¹ studentka navazujícího studijního programu Inženýrská informatika, obor Inteligentní počítačové systémy, e-mail: stanglov@students.zcu.cz

¹<https://github.com/Microsoft/CNTK/>



Obrázek 1: Operace v konvolučních sítích.

3 Výsledky

V tabulce 1 je uvedeno pro představu srovnání dvou architektur s pěti a třemi konvolučními vrstvami pro různě velké trénovací sady dat. V tabulce jsou uvedeny počty cílových a necílových vzorků. Počet viděných vzorků reprezentuje velikost datové množiny po jejím umělém zvětšení.

Tabulka 1: Srovnání použitých architektur pro různě velké sady trénovacích dat.

Architektura	Počet celkem	Počet cílových	Počet necílových	Počet viděných	Chyba v testovací fázi [%]
Architektura 1 (5 konv. vrstev)	4052	2036	2016	121560	8.202
Architektura 2 (3 konv. vrstvy)					8.954
Architektura 1 (5 konv. vrstev)	8403	4199	4204	252090	3.085
Architektura 2 (3 konv. vrstvy)					3.010

V rámci uživatelského testování od 15.3.2017 do 20.4.2017 bylo celkem evidováno 473 nahraných vzorků. Výsledky ilustruje tabulka 2. Správně byly klasifikovány vzorky, u nichž se predikovaná třída shoduje s třídou označenou uživatelem.

Tabulka 2: Výsledky uživatelského testování.

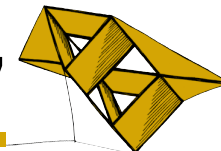
		Odpověď uživatele	
		1	0
Predikce	1	20	66
	0	15	372

4 Závěr

V průběhu práce se podařilo experimentálně vytvořit konvoluční neuronovou síť, která uspokojivě klasifikovala digitální snímky. Model sítě byl nasazen k reálnému testování uživateli na webových stránkách. Problém při realizaci byl například v nepochopení účelu stránek uživateli. Několika uživatelům musel být účel práce individuálně vysvětlen. I přesto se v rámci uživatelského testování podařilo nasbírat dostatečné množství vzorků.

Literatura

Karpathy, A. (2016) *Convolutional Neural Networks for Visual Recognition*. Dostupné na <http://cs231n.github.io/> [Citováno 3.4.2017]



Vizualizace profilových dat se zohledněním časové složky

Martin Úbl¹

1 Úvod

Vizualizace profilových dat je obor, který v posledních letech nebyl příliš rozvíjen. V komplexních a víceúčelových projektech však stále přetrvává problém v identifikaci slabých míst specifického charakteru, a to často takových, které přímo souvisí s časovou složkou. Mluvíme o problémech nárazového, periodického a kumulativního charakteru.

2 Existující techniky

Nejčastější vizualizační technikou je standardní tabulkový pohled zvaný *flat view*, který sestává ze záznamů funkcí, jejich souhrnných exkluzivních a inkluzivních časů (vzorků) a počtem volání. Tento pohled dovoluje identifikovat problémy globálního charakteru, a to pouze v takových funkcích, které v součtu za celý průběh programem předčí všechny méně výrazné.

Dalšími pohledy jsou graf a strom volání. Obě tyto techniky přidávají omezený nebo úplný kontext volání, opět však nezohledňují možnost, že by mohl být případný problém skrytý za sumu všech ostatních. Příbuzným pohledem ke stromu volání je flame graph, jehož výraznou vlastností je pouze jiná vizuální reprezentace stromu volání. Také tedy nezvýrazňuje problémy spojené s časovou složkou. Má však jiné výhody, které popisuje Gregg (2016).

O těchto technikách více pojednává předcházející bakalářská práce (Úbl (2016)).

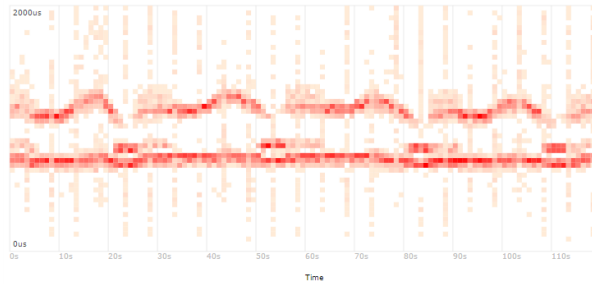
3 Nová metoda

Z těchto důvodů je nutné navrhnout takovou metodu, která bude zohledňovat časové údaje uvedené v profilových formátech a vhodným způsobem bude získané informace předávat vývojáři. Inspirace pro novou metodu pochází z pohledu zvaného *heat map*, který je doposud používán ve výkonostní analýze například odezvy disku nebo síťových prvků, jak uvádí Gregg (2010). Horizontální osa představuje čas probíhajícího měření diskretizovaný do úseků po např. jedné sekundě, vertikální osa doby odezvy a barva pole znázorňuje četnost vzorků. Důležitou vlastností tohoto pohledu je definovaná metrika na obou osách.

Nová metoda dostala název *time-sliced flat map* vzhledem k tomu, že jde o bezkontextový (flat) pohled uspořádaný do mapy, zohledňující časovou složku. Na horizontální ose zůstává diskretizovaná časová složka, osa vertikální je pak představována jednotlivými funkcemi. Barva pole znázorňuje četnost nasbíraných vzorků nebo sumu časů (podle použitého profileru). Velkým rozdílem oproti *heat map* pohledu je neexistence metriky ve vertikálním směru, a proto je nutné dbát na rozlišitelnost pomocí vhodně zvolené barvené škály.

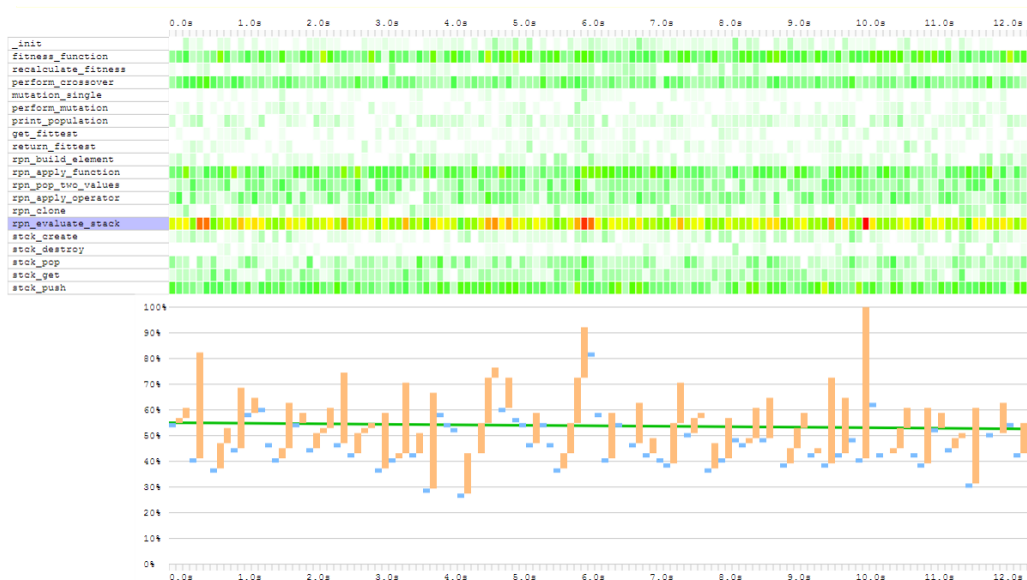
Nová metoda taktéž zahrnuje horizontální řez, kterým je vývoj počtu vzorků (sumy času) v jednotlivých úsecích pro zvolenou funkci. Dále zahrnuje řez vertikální, kterým je v podstatě

¹ student navazujícího studijního programu Inženýrská informatika, obor Počítačové systémy a sítě, specializace Počítačové sítě, e-mail: ublm@students.zcu.cz



Obrázek 1: Pohled *heat map* pro odezvu pevného disku

pouze již zmíněný *flat view*, jen omezený na konkrétní časový úsek.



Obrázek 2: Pohled *time-sliced flat map* pro průběh genetického algoritmu s viditelným horizontálním řezem

4 Závěr

Byl navržen nový pohled na profilovací data, který zohledňuje časovou složku. Umožňuje identifikovat problémy rázové a periodické a některé problémy kumulativní. Pohled byl implementován do již hotového nástroje *Profiler-Independent Visual Output* dostupného veřejně¹.

Poznámka

Práce byla realizována v rámci semestrální práce předmětu KIV/VINF - Vizualizace informací.

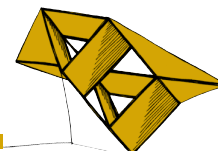
Literatura

Gregg. B (2016) *The Flame Graph*. Com. of ACM 14, No.2, 2016.

Gregg. B (2010) *Visualizing System Latency*. Com. of ACM 8, No.5, 2010.

Úbl. M (2016) *Aplikace pro vizualizaci profilovacích dat*. Bakalářská práce. ZČU, Plzeň

¹<https://github.com/ProjectPIVO>



Detection of gold nanoparticles in transmission electron microscopy images

Pavla Urbanová¹

1 Introduction

Gold nanoparticles in transmission electron microscopy (TEM) serve for immunolabeling of antibodies in biological experiments [Von Byern (2016)]. The images are intensity (grayscale), there is no color defined in the electrons beam. The image properties (contrast, bit-depth, dynamic range, resolution, ...) are person-specific, since the experts have an individual imaging-behavior. Thus we are not able to control the acquisition before the image processing. The aim of this work is to detect the presence of the nanoparticles in the image area, label their position, and evaluate their amount. The particles are supposed to be spherical, however there are various imperfections during the manufacturing, as well as quantization effects of digital images. Moreover, the size of the particles is around 50 gold atoms. The particles should be always the darkest objects, except the very large areas. The background and type or size of other objects vary due to biological reasons.

2 Methods

The set of input images was separated into training and testing subsets. On the training images following methods were carried out, compared, and tuned. The successful approach was evaluated using the testing images. Basic morphological operations [Urban (2012)] were performed using

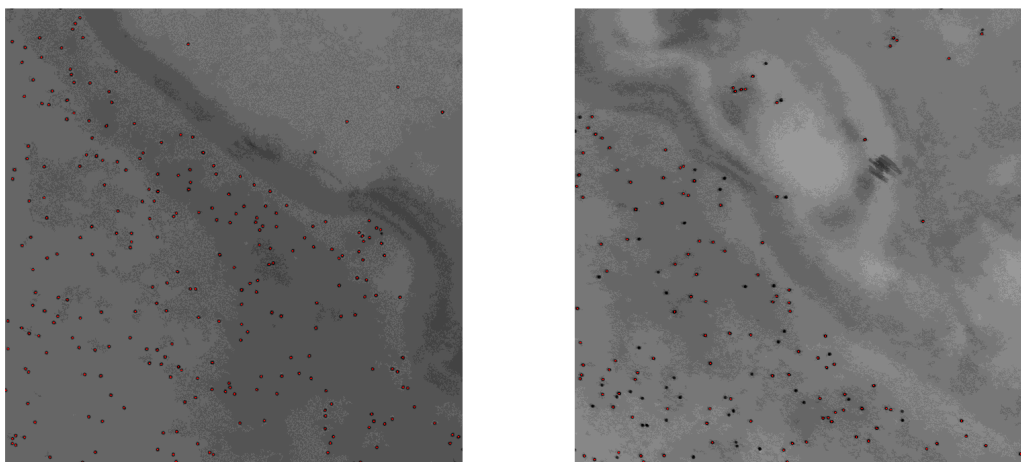
- edge detectors;
- Beucher morphology [Beucher (1995)];
- Otsu between class segmentation [Otsu (1979)];
- and object parametrization (area, perimeter, circularity, convexity, inertia, center coordinates).

The Hough transformation [Duda (1972)] is not recommended for this task, the gold nanoparticles are too small and not perfectly round. The computational burden is the typical disadvantage of the Hough method. The edge detectors are quite successful due to particles low intensity. Otsu segmentation works perfectly to distinguish two classes of intensities. Object parametrization is the main subtask, while the specification of the criterion function determines the overall results of the detection algorithm. The processing of the Tiff images was performed using Matlab Image processing toolbox and Python with OpenCV. The size of the images was 2044×2048 pixels.

¹ student of doctoral study Applied Sciences and Informatics, field Cybernetics, e-mail: urbanovp@kky.zcu.cz

3 Results and discussion

Average time of detection was 58 [sec] on Intel Core2 Duo CPU E8400, 3GHz, 4GB, using double precision. During the detection some of the nanoparticles escaped from detection in both cases: on the training and testing set. The increase of multiplier for standard deviation of circularity parameters suffers in false positive results occurrence. The future work will be focused on the background normalization, contrast enhancement, automatic multiparametric thresholding, and advanced morphological operations.



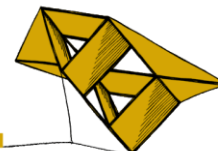
Obrazek 1: Example of results for gold nanoparticles TEM detection: left - on image of training set, right - on image of testing set. Detected particles are labeled by red marks.

4 Acknowledgement

This work was supported by project SGS-2016-039. Author thanks to Pavel Souček and Norbert Cyran for discussion.

Literatura

- Von Byern, J., Dorrer, V., Merritt, D. J., Chandler, P., Stringer, I., Marchetti-Deschmann, M., McNaughton, A., Cyran, N., Thiel, K., Noeske, M., Grunwald, I. (2016) Characterization of the fishing lines in titiwai (*Arachnocampa luminosa* Skuse, 1890) from New Zealand and Australia, *PLoS ONE*, Volume 11(12), e0162687.
- Urban J. (2012) *Automatic image segmentation of HeLa cells in phase contrast microphotography*. Saarbrücken, Lap LAMBERT Academic Publishing.
- Beucher S. (1995) Applications of mathematical morphology in material sciences: A review of recent developments. *Proceedings, International Metallography Conference MC95*. Colmar, France, pp. 41-46.
- Otsu N. (1979) A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, Volume 9(1), pp. 62–66.
- Duda, R. O., and P. E. Hart (1972) Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures. *Communications of the ACM*, Volume 15(1), pp. 11-15.



Vliv provozních veličin na vyhodnocení stavu lopatek pomocí signálu relativního rotorového chvění

Vojtěch Vašíček¹

1 Úvod

Monitorování rotačních zařízení a jejich diagnostika je základním předpokladem jak předcházet provozu stroje v některém z nenávrhových stavů, souvisejícím s ekonomickými ztrátami. Energetickým systémem, provozovaným s požadavkem maximální spolehlivosti, je turbína. Tento text se bude zabývat monitorováním oběžných lopatek posledního kola nízkotlakého dílu, kde dochází obecně k největšímu mechanickému namáhání.

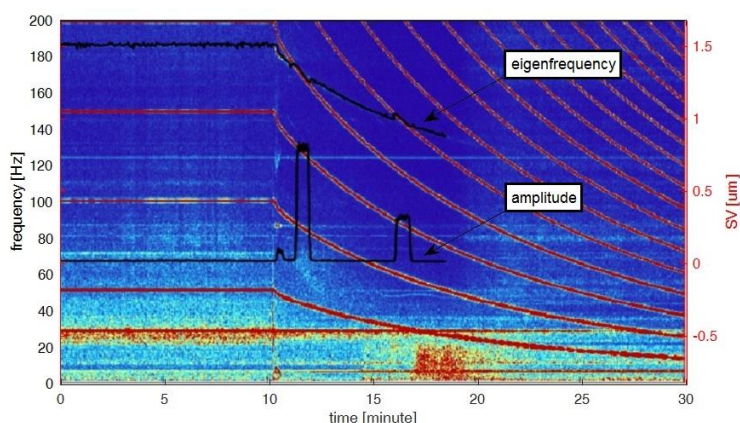
Kmitání lopatek je významné především v oblasti rezonance. Ta je popisována obvykle v závislosti na budicí frekvenci, kterou je otáčková rychlost. Ukazuje se však, že vlastní frekvence lopatek je závislá také na některých dalších provozních veličinách. Tento příspěvek se tak zabývá rozšířením běžně používané závislosti zobrazované v Campbellově diagramu a poskytuje tak provozovateli bližší informaci o stavu sledované lopatky.

2 Měření a předzpracování dat

Samotné měření je prováděno pomocí systému RAMS, vyvinutým v laboratoři DiagEn na katedře kybernetiky. Ten využívá standardně instalované snímače relativního rotorového chvění, a jeho použití tak může být pro provozovatele turbíny ekonomicky zajímavé.

Naměřená data jsou zpracována pomocí krátkodobé Fourierovy transformace (STFT) popsané mj. v Vasicek (2016) a z napočtených spektrogramů jsou určeny vybrané lopátkové charakteristiky, tj. amplituda, frekvence a medián sledovaného frek. pásma. Zde je také vhodné zmínit, že lopátkové vibrace jsou v signálu relativního rotorového chvění amplitudově modulovány.

Obr. 1 ilustruje STFT rotorového chvění spolu s průběhem amplitudy, resp. frekvence.



Obrázek 1: Krátkodobá Fourierova transformace vs. lopátkové charakteristiky

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: vasicekv@ntis.zcu.cz

3 Analýza a vyhodnocení

Analyzováno je vždy několik úseků dat. Nejprve je vypočten korelační koeficient mezi provozními veličinami a amplitudou vibrací lopatek při rezonanci. Následně jsou vybrány ty veličiny, které vykazují největší míru korelace.

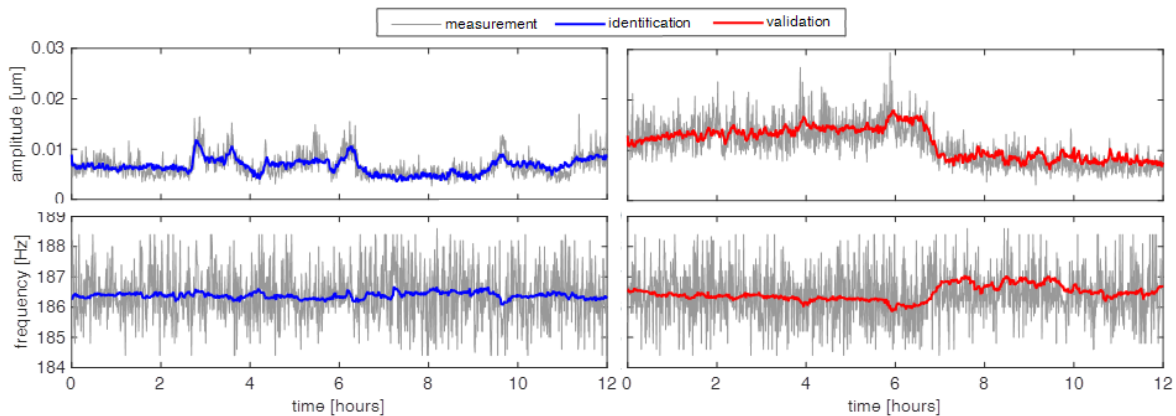
Posledním krokem je samotná identifikace hledaného FIR filtru (1), resp. systému s více vstupy a jedním výstupem, kterým je průběh amplitudy, resp. rezonanční frekvence.

$$z(t) = e(t) + \sum_{k=1}^N \sum_{\tau=0}^{M-1} h_k(\tau) u_k(t-\tau) \quad (1)$$

Lze ukázat, že odhad koeficientů hledaného FIR filtru ve smyslu nejmenších vážených čtverců je dán ve tvaru (2), a to v případě, že rovnice (1) je uvažována v maticové formě, tzn. $\mathbf{z} = \mathbf{e} + \mathbf{U}\mathbf{h}$. Diagonální matice \mathbf{W} definuje váhy jednotlivých měření, které jsou stanoveny jako poměr amplitudy a mediánu lopatkových vibrací získaných pomocí STFT.

$$\mathbf{h}_{SSE} = (\mathbf{U}^T \mathbf{W} \mathbf{U})^{-1} \mathbf{U}^T \mathbf{W} \mathbf{z} \quad (2)$$

Na obr. 2 jsou porovnány výsledné průběhy identifikovaného filtru s naměřenými daty (šedě). Horní část reprezentuje amplitudový filtr, spodní část pak frekvenční filtr. Identifikace byla provedena nad souborem dat vlevo, validace pak nad souborem dat vpravo. Je zřejmé, že navržený filtr byl úspěšně validován, neboť dostatečně dobře sleduje měřená data.



Obrázek 2: Identifikace (vlevo) a validace (vpravo) FIR filtru

4 Závěr

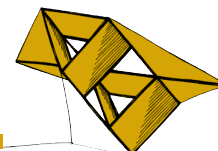
Uvedený postup identifikace FIR filtru lze využít pro rozšíření modelu, resp. dříve navržené metody pokročilé řádové analýzy viz. Vasicek (2016). Vlastní frekvence lopatek tak může být kromě otáček kvantifikována také v závislosti na provozních veličinách v případě, že jsou k dispozici. Tento přístup zpřesňuje dříve získané výsledky.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-031.

Literatura

Vasicek, V., Liska, J., Jakl, J. (2016), *Turbine Blades State Monitoring based on Advanced order Analysis*, Proceedings of 13th International Conference on Condition Monitoring and Failure Prevention Technologies, British Institute of NDT.



WaveNet - nová metoda syntézy řeči

Jakub Vít¹

1 Úvod

Hluboké neuronové sítě zažívají ohromný rozmach. Přestože je koncept znám už více než padesát let, jejich potenciál se odkrývá díky stále se zvyšujícímu výpočetnímu výkonu až nyní. Neuplyne týden, kdy by nebyla představena neuronová síť, která zvládla vyřešit problém, jež se až doteď zdál neřešitelný a to hlavně v oblastech umělé inteligence. Jejich použití se stále rozšiřuje do více a více stávajících problémů, kde nahrazují dosavadní state of the art algoritmy. Ani syntéza řeči nezůstala ušetřena.

2 WaveNet

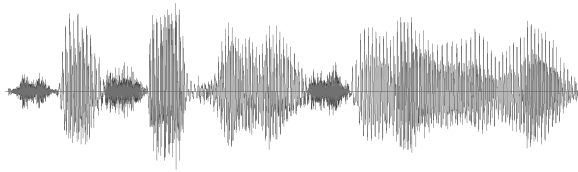
Po mnoho let existovaly dva ustálené přístupy v syntéze řeči. Asi nejpoužívanější je metoda konkatenační, která je založená na spojování úseků existující řeči. Protipólem jsou parametrické metody, které se snaží modelovat řečové parametry, z nichž se pak pomocí filtru a buzení (tzv. vokodéru) generuje lidská řeč. Pro generování parametrů se dlouhou dobu používaly skryté markovské modely. Ty byly postupně nahrazeny rekurentními neuronovými sítěmi. Slabinou parametrických metod ale stále zůstává použití vokodéru.

Skutečná revoluce přišla až koncem minulého roku, kdy společnost DeepMind vlastněná Googlem představila v článku síť WaveNet. WaveNet je neuronová síť, která dokáže generovat lidskou řeč s mnohem vyšší kvalitou než parametrické metody a bez artefaktů, které vznikají při řetězení signálu v konkatenační metodě. Asi nejzajímavější je však způsob, jak funguje. Tato síť totiž generuje řečový signál vzorek po vzorku, což pro audio bývá 16 tisíc vzorků za sekundu. Tento postup je obdivuhodný, neboť řečový signál je velmi komplexní a složitý (obr. 1). Takový přístup se dříve zdál být nemožný. Vstupem sítě je její předchozí výstup, takže je tzv. autoregresivní. Součástí vstupu jsou také podmiňující lingvistické příznaky, které docílí, že vygenerovaná řeč obsahuje zadaný text.

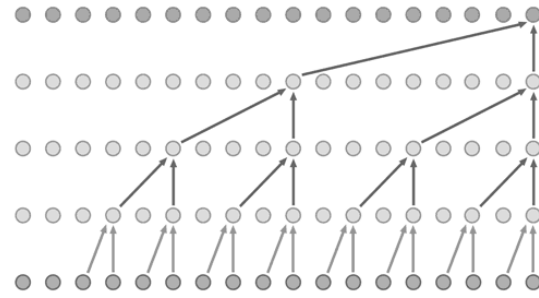
3 Architektura

WaveNet je hluboká konvoluční neuronová síť. Pro zvýšení receptivního pole se používá tzv. dilatovaná konvoluce (obr. 2), kde s každou další vrstvou roste dilatace o dvojnásobek. Pro urychlení trénování jsou použity tzv. skip connections (obr. 3), které byly představeny rovněž nedávno. Síť negeneruje konkrétní hodnotu následujícího vzorku, ale generuje histogram rozložení. Z tohoto rozložení se poté hodnota následujícího vzorku určí náhodným výběrem. Tato síť tak vlastně neprovádí regresi ale klasifikaci (obr. 4). Vzorky audia se standardně ukládají pomocí 16 bitového kódování. Jelikož klasifikace do tolika tříd by nebyla možná, používá se 8-bitové μ -law kódování.

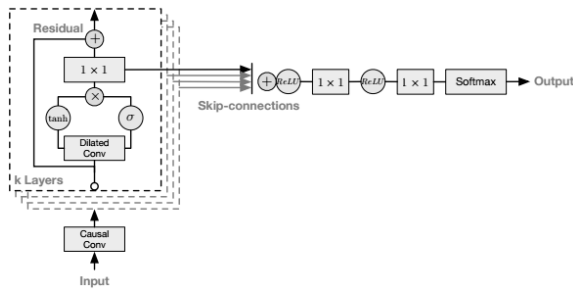
¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, specializace Umělá inteligence, e-mail: jvit@students.zcu.cz



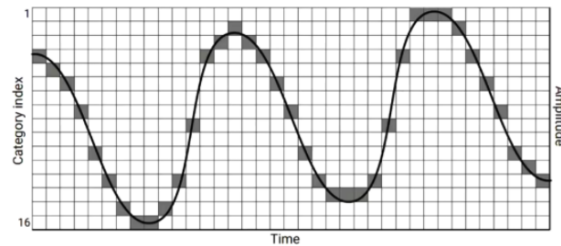
Obrázek 1: Vygenerovaný audio signál



Obrázek 2: Dilatovaná konvoluce



Obrázek 3: Architektura sítě



Obrázek 4: Kategorizace vstupu

4 Realizace

Pro implementaci jsem zvolil framework TensorFlow, což je open-source knihovna pro numerické výpočty od společnosti Google. Dnes je to asi nejpopulárnější framework pro neuronové sítě. Pro kvalitní syntézu je nutné trénovat několik miliónů velmi citlivých parametrů a to pro 20 hodin záznamu. K tomu je nutný velký výpočetní výkon. Trénování jsem proto prováděl na gridové infrastruktuře MetaCentrum. Samotné trénování běží až na 100 strojích po několik dnů nebo týdnů. Výpočet lze urychlit použitím strojů s GPU.

5 Závěr

Implementace sítě a zprovoznění distribuovaného trénování byly velmi nelehké úkoly, ale výsledek rozhodně stál za vynaložené úsilí. Díky tomu disponujeme na naší katedře novou metodou, která je teprve půl roku stará a představuje aktuální state of the art v úloze syntézy řeči. V dalších měsících bude nutné provést mnoho experimentů pro vyladění a nastavení sítě tak, aby se dala použít i v produkčním prostředí. Jednou z výzev je například syntéza v reálném čase. Ta je velmi obtížná, neboť vzorkovací frekvence je vysoká, a vzhledem k architektuře sítě nelze proces generování paralelizovat. Nedávné články však dokazují, že to není nemožné.

Poděkování

Děkuji MetaCentru za výpočetní zdroje poskytnuté v rámci programu „Projects of Large Research, Development, and Innovations Infrastructures“ (CESNET LM2015042).

Literatura

van den Oord, A., Dieleman, S., Zen, H., Simonyan, K., Vinyals, O., Graves, A., Kalchbrenner, N., Senior, A., Kavukcuoglu, K. (2016) *WaveNet: A Generative Model for Raw Audio*. Available from: <https://arxiv.org/abs/1609.03499>

Název: SVK FAV 2017– magisterské a doktorské studijní programy, sborník rozšířených abstraktů

Editor: Vladimír Lukeš

Autor obálky: Petr Lobaz

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

Datum vydání: květen 2017

ISBN 978-80-261-0706-4