

Oponentský posudok

na dizertačnú prácu Ing. Richarda Cimlera

„Implementace dynamických modelů v oblasti specifických komplexních systémů“

Predložená dizertačná práca sa zaoberá aplikáciou numerických modelov dynamických systémov pri ich analýze a simulácii, návrhom a implementáciou simulačných frameworkov komplexných systémov, ale aj špecifikáciou vhodných technológií na ich použitie v modeloch predikcie neinfekčnej choroby v populácii. Ďalej popisuje multiagentové modelovanie, fuzzy logiku a možnosti ich implementácie v modeloch prognóz vývoja počtu nemocných osôb v danej populácii s neinfekčnou chorobou.

Práca nadväzuje na výsledky viacerých autorov v oblasti populačných modelov v biológii, demografii alebo ekológii využívajúce teóriu hier, pravdepodobnostné prístupy optimalizácie či agentové a simulačné modely zamerané na predikciu AD v populácii prezentovaných v prácach [3, 15, 16, 17, 34, 82, 83, 90] a hlavne na výsledky výskumu autora publikovaných v [23, 29, 65, 77, 78].

Samotná práca je členená do deviatich kapitol. Tretia kapitola pojednáva o dynamických modeloch a modelovacích nástrojoch. Nelineárne chaotické systémy a komplexné adaptívne systémy sú popísané v štvrtej kapitole a v piatej kapitole sa autor venuje popisu teoretických základov fuzzy množín a procesmi fuzzifikácie a defuzzifikácie.

Nasledujúca kapitola šesť je venovaná analýze súčasného stavu v oblasti populačných modelov a predikcii výskytu neinfekčnej choroby. Ťažiskom práce sú nasledujúce dve kapitoly. V siedmej kapitole sú navrhnuté dva simulačné frameworky komplexných systémov a to všeobecný populačný model a populačný model vývoja neinfekčnej choroby.

Zvlášť cenné výsledky sú prezentované v ôsmej kapitole, v ktorej sa nachádza samotná implementácia frameworku pre simuláciu vývoja počtu jedincov s neinfekčným ochorením, pričom výsledky simulácie používajúcej systémovú dynamiku boli publikované v impaktovanom časopise [93], využitie jazyka RUST pre tvorbu agentovej simulácie bolo prezentované v publikácii [22] a porovnanie agentového prístupu so systémovou dynamikou a numerickým prístupom boli zaslané autorom na publikovanie [24].

Časť 8.4 popisuje využitie fuzzy logiky s ukážkou použitých fuzzy pravidiel. Treba tu však zdôrazniť a oceniť autorov prístup vyhodnocovania simulácií z pohľadu výpočtovej a pamäťovej zložitosti. Samotné zhodnotenie modelovacích prístupov je v kapitole deväť a závery práce sú zhrnuté v kapitole desať.

Získané výsledky sú nové a netriviálne, sú prínosom k štúdiu simulačných frameworkov komplexných systémov a ich aplikácií a vhodne rozširujú naše vedomosti o týchto problémoch z hľadiska dynamických systémov.

Práca je písaná veľmi prehľadne. K predkladanej práci nemám žiadne zásadné pripomienky, až na niekoľko preklepov, ktoré som v práci vyznačil, nenašiel som v nej vecnú ani logickú chybu, je na výbornej grafickej úrovni čo zvyšuje jej prehľadnosť a orientáciu pri čítaní, výsledky sú demonštrované na vhodnom a pomerne pestrom výbere príkladov, tabuliek a aplikácií.

Okrem toho je treba vysoko oceniť publikačnú činnosť autora, ktorá pozostáva z 13 prác s priznaným IF alebo SJR, pričom 3 z nich sú publikované v prestížnom časopise FSS. Ďalej je spoluautorom 27 publikácií v indexovanom zborníku konferencií a ďalších publikácií. Počet publikácií vysoko prekračuje požadované kritéria úspešného ukončenia PhD. štúdia.

Moje otázky:

1. Bolo by možné adaptovať prezentované modely a simulácie na vývoj nádorov, napríklad tak, že agent by v tomto prípade zastupoval bunku, resp., porovnať ich s matematickými modelmi popísanými v [1], [13], [95].

2. V tabuľke 8.7 sa nachádza porovnanie predikcie populácie EU s AD vypočítané numerickými metódami, systémovou dynamikou a agentovým modelom, pričom výsledky sú takmer zhodné. Z čoho vyplývajú takéto minimálne odchýlky? Bolo by možné okomentovať výsledky podrobnejšie ako je zdôvodnenie na strane 66?

Doktorand preukázal, že podrobne preštudoval problematiku dynamických modelov, komplexných systémov, fuzzy množín, ktoré tvorivo použil na návrh a implementáciu simulačných frameworkov a získal hlboké teoretické vedomosti a schopnosť využiť ich na ďalšiu tvorivú vedeckú prácu. Vzhľadom na uvedené skutočnosti a bohatú publikačnú činnosť autora práce navrhujem, aby dizertačná práca bola prijatá ako podklad pre udelenie vedecko-akademickej hodnosti PhD.

V Košiciach 9. 8. 2017

prof. RNDr. Ján Plavka, CSc.
Katedra matematiky a teoretickej informatiky
FEI TU Košice

Príloha: zoznam horeuvedených referencií

Referencie:

- [1] ALTROCK, P. M., LIU, L. L., AND MICHOR, F. The mathematics of cancer: integrating quantitative models. *Nature Reviews Cancer* 15, 12 (2015), 730–745.
- [3] ARIZAGA, R. Epidemiology of dementia. *Dementia: a multidisciplinary approach* 2 (2005), 7–17.
- [13] BEERENWINKEL, N., SCHWARZ, R. F., GERSTUNG, M., AND MARKOWETZ, F. Cancer evolution: mathematical models and computational inference. *Systematic biology* 64, 1 (2015), e1–e25.
- [15] BROOKMEYER, R., GRAY, S., AND KAWAS, C. Projections of alzheimer's disease in the united states and the public health impact of delaying disease onset. *American journal of public health* 88, 9 (1998), 1337–1342.
- [16] BROOKMEYER, R., JOHNSON, E., ZIEGLER-GRAHAM, K., AND ARRIGHI, H. M. Forecasting the global burden of alzheimer's disease. *Alzheimer's & dementia* 3, 3 (2007), 186–191.
- [17] BROOKMEYER, R., JOHNSON, E., ZIEGLER-GRAHAM, K., ARRIGHI, M., AND HACKMAN, A. Internet-based forecasting of the burden of alzheimer's disease. 2009.
- [22] CIMLER, R., DOLEŽAL, O., AND PSCHEIDL, P. Comparison of rust and c# as a tool for creation of a large agent-based simulation for population prediction of patients with alzheimer's disease in eu. In *International Conference on Computational Collective Intelligence* (2016), Springer, pp. 252–261.
- [23] CIMLER, R., OLŠEVIČOVÁ, K., MACHÁLEK, T., AND DANIELISOVÁ, A. Agentbased model of agricultural practices in late iron age. Paper accepted to CJS2012: 15th Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making under Uncertainty.
- [24] CIMLER, R., TOMASKOVA, H., KUHNNOVA, J., DOLEZAL, O., PSCHEIDL, P., AND KUCA, K. Numeric, agent-based or system dynamics model? which modeling approach is the best for vast population simulation? *Current Alzheimer Research*.
- [29] DANIELISOVÁ, A., OLŠEVIČOVÁ, K., CIMLER, R., AND MACHÁLEK, T. Understanding the iron age economy: sustainability of agricultural practices under stable population growth. In *Agent-based modeling and simulation in archaeology*. Springer, 2015, pp. 183–216.
- [34] FERRI, C. P., PRINCE, M., BRAYNE, C., BRODATY, H., FRATIGLIONI, L., GANGULI, M., HALL, K., HASEGAWA, K., HENDRIE, H., HUANG, Y., ET AL. Global prevalence of dementia: a delphi consensus study. *The lancet* 366, 9503 (2006), 2112–2117.
- [65] MACHÁLEK, T., OLŠEVIČOVÁ, K., AND CIMLER, R. Modelling population dynamics for archaeological simulations. In *Proceedings of the 30th International Conference Mathematical Methods in Economics* (2012), pp. 536–539.
- [77] OLŠEVIČOVÁ, K., AND CIMLER, R. Simulation of visitor flow management with contextbased information system. In *Workshop Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Environments* (2013), vol. 17, IOS Press, p. 386.
- [78] OLŠEVIČOVÁ, K., CIMLER, R., TOMÁŠKOVÁ, H., AND DANIELISOVÁ, A. Model of carrying capacity–system dynamics in netlogo and stella.
- [82] PRINCE, M., BRYCE, R., ALBANESE, E., WIMO, A., RIBEIRO, W., AND FERRI, C. The global prevalence of dementia: A systematic review and metaanalysis. *Alzheimer's and Dementia* 9, 1 (2013), 63–75.

[83] PRINCE, M., BRYCE, R., ALBANESE, E., WIMO, A., RIBEIRO, W., AND FERRI, C. P. The global prevalence of dementia: a systematic review and metaanalysis. *Alzheimer's & Dementia* 9, 1 (2013), 63–75.

[90] SOSA-ORTIZ, A. L., ACOSTA-CASTILLO, I., AND PRINCE, M. J. Epidemiology of dementias and alzheimer's disease. *Archives of medical research* 43, 8 (2012), 600–608.

[93] TOMASKOVA, H., KUHNOVA, J., CIMLER, R., DOLEZAL, O., AND KUCA, K. Prediction of population with alzheimer's disease in the european union using a system dynamics model. *Neuropsychiatric Disease and Treatment* 65 (2016), 99–103.

[95] TONEKABONI, S. A. M., DHAWAN, A., AND KOHANDEL, M. Mathematical modelling of plasticity and phenotype switching in cancer cell populations. *Mathematical Biosciences* 283 (2017), 30–37.