

Kognícia a umelý život 2019

zostavili

Igor Farkaš
Márian Tóth
Peter Gergel'
Máťa Tomko

Univerzita Komenského v Bratislavе - 2019



Akademie věd
České republiky
Strategie AV21



Hotel Barónka
Bratislava - Rača
29. 5. - 31. 5. 2019

Kognícia a umelý život 2019
(recenzovaný zborník)

Vznik tejto publikácie bol podporený Kultúrnou a edukačnou agentúrou Ministerstva školstva, vedy a športu Slovenskej republiky (KEGA), v rámci projektu č. 042UK-4/2019.

Recenzenti príspevkov:

prof. RNDr. Ľubica Beňušková, PhD.
Ing. Ivana Budinská, PhD.
RNDr. Barbora Cimrová, PhD.
doc. PaedDr. Vladimíra Kurincová Čavojová, PhD.
Ing. Mgr. Jiří Čeněk, PhD.
prof. PhDr. Andrej Démuth, PhD.
Mgr. Katarína Dudeková, PhD.
prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.
Mgr. Miroslava Galasová, MA
Mgr. Juraj Hvorecký, PhD.
PhDr. Jana Kuzmíková, CSc.
RNDr. Andrej Lúčny, PhD.

prof. RNDr. Ľubica Lacinová, DrSc.
Mgr. Martin Marko, PhD.
doc. RNDr. Mária Markošová, PhD.
PhDr. Eva Ballová Mikušková, PhD.
doc. PhDr. Ján Rybár, PhD.
doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.
doc. PhDr. Filip Smolík, PhD.
doc. Ing. Petr Sosík, Dr.
Mgr. Aleš Svoboda
Mgr. Čeněk Šašinka, PhD.
doc. RNDr. Martin Takáč, PhD.
Mgr. Michal Vavrečka, PhD.

Vydavateľ:

Univerzita Komenského v Bratislave
Šafárikovo nám. 6
81000 Bratislava

Zostavili:

prof. Ing. Igor Farkaš, Dr., 2019
doc. RNDr. Martin Takáč, PhD., 2019
Mgr. Peter Gergel', 2019
Mgr. Matúš Tomko, 2019

Autorské práva © autori príspevkov, 2019

Dizajn obálky © Marcel Klímo a Peter Gergel', 2019

Tlač: Univerzita Komenského v Bratislave

Vydané v Bratislave v máji 2019

ISBN 978-80-223-4720-4

Predstaviteľ

Milé kolegyne a kolegovia,

v poradí už 19. vydanie zborníka konferencie Kognícia a umelý život je na svete, a to vďaka Vám, našej stabilnej česko-slovenskej komunite, ktorá reflektovala na toto podujatie a rozhodla sa prispieť svojou aktívou účasťou. Je skvelé, že tohoročný počet účastníkov opäť prekročil päťdesiatku, a to vďaka, napriek, alebo možno nezávisle od novej lokality, v Bratislave, kam sme sa rozhodli tohoročné podujatie umiestniť.

Na minuloročnej konferencii organizovanej kolegami z Brna sme zažili bujarý kultúrny program, s ktorým je ľahké súperiť ☺. My sme sa rozhodli pre striedmejší model – veríme, že neštruktúrované večery využijete na pokračovanie plodných interdisciplinárnych diskusií a na prehĺbenie osobných vzťahov. Tiež dúfame, že v publikovaných dlhších i krátkych príspevkoch v zborníku nájdete inšpiračné zdroje pre ďalšie skúmanie v oblastiach vášho záujmu. Myslíme si, že eko-prístup sa už stal štandardom, a tak sme i tento rok ušetrili nejaký ten strom elektronickým zborníkom.

Tradičnou súčasťou programu budú tri pozvané odborné prednášky. Prof. Zsolt Cséfalvay (Pedagogická fakulta UK v Bratislave) nás uvedie do výskumu degradácie prirodzeného jazyka v dôsledku starnutia, jej diagnostiky a prípadnej terapie. Doc. Marián Špajdel (Filozofická fakulta Trnavskej univerzity) ponúkne prehľad výskumu kognitívnych funkcií vo vzťahu k funkčnej asymetrii hemisfér a vysvetlí metodologické otázky skúmania tejto problematiky pomocou neinvazívnych behaviorálnych techník. Dr. Michal Vavrečka (ČVUT Praha) nás opäť vráti do sveta jazyka, ale z pohľadu modelovania a strojového učenia v rámci kognitívnej robotiky, keď pozornosť zameria na osvojovanie si jazyka opisujúceho statické a dynamické vizuálne scény.

Spektrum príspevkov pokrýva rôzne oblasti od psychológie, cez neurovedu, jazykovedu, umelú inteligenciu, až po filozofiu, a to v podobe prác teoretického aj experimentálneho charakteru. Príspevky prešli recenzným konaním, ktoré prebehlo vďaka ochote a poctivej práci všetkých 24 oslovených recenzentov, za čo im srdečne ďakujeme. Opäť sme pripravili aj posterovú sekciu, ktorá umožňuje dlhšie interakcie autorov so záujemcami.

Za pomoc pri príprave konferencie patrí veľké podčiarkovanie členom Centra pre kognitívnu vedu na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave. Osobitne oceňujeme nasadenie Petra Gergela, Matúša Tomka, Kristíny Malinovskej a Xenie Daniely Poslon.

Veľké podčiarkovanie patrí aj Mgr. Jurajovi Hvoreckému, PhD, ktorému sa opäť podarilo získať grant v rámci programu Stratégia 21 Akadémie vied ČR a finančne podporiť našu konferenciu, vďaka čomu sme dokázali znížiť vložné. Slovenská spoločnosť pre kognitívnu vedu podporila účasť študenta Ondreja Spišáka.

Vydanie konferenčného zborníka bolo podporené Kultúrnou a edukačnou agentúrou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky (KEGA) v rámci projektu č. 042UK-4/2019.

Užite si KUŽ 2019!

Bratislava, máj 2019

Igor Farkaš a Martin Takáč

Obsah

Pozvaní rečníci	7
Gender and risk taking: in need of replication, structure and common sense <i>Magdalena Adamus, Katarína Dudeková</i>	8
Does analytical thinking protect people against unfounded beliefs? Cognitive reflection, depression, proneness to paranormal explanation and astrology <i>Eva Ballová Mikušková, Vladimíra Čavojová</i>	10
What are they afraid of? Cognitive predictors of risk assessment related to refugees. <i>Jana Bašnáková, Lenka Valuš</i>	13
SkyBat: model swarmového správania inšpirovaný prírodou <i>Ivana Budinská, Tomáš Kasanický, Ján Zelenka</i>	15
To be or not to be bullshit? Obscuring the form vs. moving away from truthfulness <i>Vladimíra Čavojová, Marek Jurkovič, Ivan Brezina</i>	17
Pre-processing eye-trackingových dat z více zařízení a jejich analýza v programu Ogama <i>Jiří Čeněk</i>	20
Etické principy regulace chování umělé inteligence <i>David Černý</i>	22
Meranie kapacity vizuálnej priestorovej pracovnej pamäte a schopnosti filtrácie <i>Barbora Cimrová, Igor Farkaš, Peter Gergel, Roman Rosipal</i>	29
A connectionist model of acquisition of noun phrases with syntactic bootstrapping <i>Benjamin Fele, Martin Takáč</i>	31
Syntaktický priming v českom jazyku <i>Maroš Filip, Filip Smolík</i>	33
Zachraňovanie nevinných mačiatok aktívne otvoreným myslením <i>Miroslava Galasová, Lenka Valuš</i>	35
On the multimodal metaphor "Dance is Language <i>Silvia Gálíková</i>	37

Webové kolaboratívne virtuálne prostredie pre podporu kognitívneho tréningu <i>Marián Hudák, Branislav Sobota, Štefan Korečko</i>	39
Komponentná analýza vedomých stavov <i>Juraj Hvorecký</i>	41
Eye-tracking ve virtuální realitě: implementace a možnosti měření <i>Vojtěch Juřík, Čeněk Šašinka, Pavel Ugwitz</i>	45
Analysing and modelling functional brain networks <i>Andrej Jursa, Mária Markošová</i>	48
Generatívne modely vývoja biologických štruktúr <i>Alica Kelemenová</i>	54
Koordinácia ruka-oko v simulátore humanoidného robota <i>Martin Kellner, Igor Farkaš</i>	59
Emergentnosť literárnej metafory <i>Jana Kuzníková, Marcel Kvassay, Peter Krammer, Mária Kénesy Túnyiová</i>	61
Metody počítačového testování kognitívного stylu <i>David Lacko</i>	63
Integrácia moderných prostriedkov umelej inteligencie do mobilného robota <i>Andrej Lúčny</i>	70
Život a umelá inteligencia – hľadanie analógií <i>Anton Markoš</i>	75
Umelá inteligencia pomáha deťom s osvojovaním čítania <i>Marek Nagy</i>	79
Učenie posilňovaním a interná motivácia <i>Matej Pecháč</i>	85
Political discourse perception predicts Roma stereotype endorsement <i>Xenia D. Poslon, Barbara Lášticová, Miroslav Popper, Anna Kende</i>	87
Simple minds—yeast as a model neuron <i>Isabella Sarto-Jackson, Lubomír Tomaška</i>	89
Virtuálne prostredie pre experimentálne posúdenie kognitívnych funkcií <i>Branislav Sobota, Štefan Korečko, Igor Farkaš, Marián Hudák, Martin Sivý, Peter Vasiľ, Dominik Trojčák</i>	93
Vision-based Adaptation of the Frequency-dependent Weighting of the Localization Cues <i>Ondrej Spišák, René Šebeňa, Peter Lokša, Maike Ferber, Bernhard Laback, Norbert Kopčo</i>	99

Virtuální realita v procesu komunikace kartografické informace <i>Zdeněk Stachoň, Ondřej Kvarda, Lukáš Herman, Čeněk Šašinka</i>	101
Learning a peripersonal space representation using Conditional Restricted Boltzmann Machine <i>Zdeněk Straka, Matěj Hoffmann</i>	104
Suprematismus, rayonismus, neoplasticismus a elementarismus v kontextu imitační hry <i>Aleš Svoboda</i>	106
Ztraceno v kontrole <i>Čeněk Šašinka, Alžběta Šašinková, Vojtěch Juřík</i>	110
Kolaborativní imerzivní virtuální prostředí jako nástroj pro výzkum interkulturních rozdílů <i>Alžběta Šašinková, Čeněk Šašinka</i>	112
Modulární neuronové sítě: metody zvyšující robustnost sémantického popisu scény <i>Gabriela Šejnová, Michal Vavrečka</i>	114
Jak číst standard(y) a něco si z toho vzít <i>Petr Švarný, Matěj Hoffmann</i>	116
Computational model of CA1 pyramidal cell with meta-STDP stabilizes under ongoing spontaneous activity as in vivo <i>Matúš Tomko, Lubica Beňušková, Peter Jedlička</i>	118
Few-shot semantic segmentation using REPTILE meta-learning approach <i>Matúš Tuna, Igor Farkaš</i>	124
Prototyp nástroje TrailScript pro evaluaci chování ve virtuálním prostředí <i>Pavel Ugwitz, Zdeněk Stachoň, Lukáš Herman</i>	126
Význam, uplatnění a návrhy na vylepšení smečkových algoritmů <i>Daniel Valenta, Petr Sosík</i>	129
Mind the next generations: Boosting pro-ecological worldviews via social responsibility appeals <i>Lenka Valuš, Viera Bačová</i>	135
Inteligentní infrastruktury: požehnání, nebo prokletí? <i>Jiří Wiedermann</i>	137
Register autorov	141

Pozvaní rečníci

prof. PaedDr. Zsolt Cséfalvay, PhD., Katedry logopédie, Pedagogická fakulta, UK v Bratislave, a Neurologická klinika a Centrum klinických neurovied na 1. LF UK v Prahe



Prof. Cséfalvay pôsobil 10 rokov na I. neurologickej klinike Fakultnej nemocnice v Bratislave ako klinický logopéd. Absolvoval niekoľko krátkodobých študijných pobytov v Kanade, vo Švédsku a v Nórsku, v rokoch 1998-99 bol na študijnom pobytne na Univerzite v Arizone (Fulbrightovo štipendium). Viac ako 30 rokov sa venuje výskumu afázie a dysartrie, s osobitným akcentom na diagnostiku a terapiu neurogených porúch komunikácie u dospelých. Prednáša na postgraduálnych kurzoch z afaziológie na Slovensku, v ČR a v Maďarsku. Po návrate z USA založil a viedol prvú konverzačnú skupinu pre pacientov s afáziou na Slovensku. Bol iniciátorom a organizátorom slovensko-českých (neskôr aj medzinárodných) afaziologických sympózíí. V posledných rokoch sa jeho výskumné zameranie rozšírilo okrem vaskulárne podmienených afázií na sledovanie jazykových deficitov pri neurodegeneratívnych ochoreniach (Alzheimerova choroba, Parkinsonova choroba), osobitne na výskum jazykovo-špecifických demencií - primárnu progresívnu afáziu.

doc. PhDr. Marián Špajdel, PhD., Katedra psychológie, Filozofická fakulta, Trnavská univerzita v Trnave



Doc. Špajdel pôsobil 10 rokov ako výskumný pracovník v Laboratóriu kognitívnej neurovedy v Ústave normálnej a patologickej fyziológie SAV v Bratislave. Jeho hlavným zameraním je psychológia a kognitívna neuroveda, so špecializáciou na výskum kognitívnych funkcií vo vzťahu k funkčnej asymetrii mozgu, na výskum spracúvania zrakových a sluchových informácií, pozornostných procesov a vplyv emócií na kogníciu. Vo výskume využíva techniku monitorovania očných pohybov (eye-tracking), EEG, dichotickú stimuláciu, meranie variability srdcového rytmu a meranie kožno-galvanickej reakcie. Má bohaté skúsenosti v oblasti metodológie a bioštatistiky pre psychologické výskumy a medicínske klinické štúdie.

Mgr. Michal Vavrečka, PhD., Oddelenie Robotiky a strojového vnímaní, Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (ČIIRK), Praha



Mgr. Vavrečka, vyštudovaný psychológ, vedie skupinu kognitívneho modelovania Incognite. K jeho odborným záujmom patrí kognitívna sémantika, prieskumová kognícia a robotika. Venuje sa implementácii kognitívnej architektúry do humanoidného robota, pomocou ktorej dokáže komunikovať s človekom v prirodzenom jazyku. Jadrom architektúry je formalizovaný mentálny model, ktorý má robotovi umožniť slovne opísť aktuálny stav sveta, odpovedať na otázky týkajúce se vzťahov medzi objektmi, predikovať možné stavy sveta a vykonávať akcie podľa zadaných verbálnych inštrukcií.

Gender and risk taking: in need of replication, structure and common sense

Magdalena Adamus, Katarína Dudeková

Centre of Social and Psychological Sciences, S.A.Sc.
Dúbravská cesta 9, 84104 Bratislava, Slovenská Republika
magdalena.adamus@savba.sk; katarina.dudekova@savba.sk

Abstract

The paper aims at introducing theoretical background and indicating field-specific issues that can affect the replicability of studies related to sex/gender¹ differences in risk-aversion. A starting point was our recent study (Adamus, Dudeková 2018) which failed to replicate any of the effects observed by the original authors (Carr, Steele 2010). Briefly discussing previous studies, the paper concludes that with its mixed results, risk-aversion seems a natural candidate for a replication study. In this exercise, we also followed the call by scholars to investigate the issue of gender identity more thoroughly to avoid reification of negligible, trivial or non-existent effects. To secure highest quality, data collection for the present study is currently being outsourced to an external agency.

1 The replicability challenge

The study on risk-aversion has already a very long tradition that goes back to the '50s of the previous century. However, only with the development of behavioural and experimental economics providing innovative and interdisciplinary tools for studying the phenomenon, it flourished. Currently, there are numerous risk-elicitation methods (REMs) ranging from questionnaires, actual and hypothetical lotteries to experiments often providing us with inconsistent results. It means that not only the size of an individual's risk-aversion differs but also her relative position to others within the same sample changes when different REMs measured attitudes toward risk. In other words, an individual can be more risk-averse than another one when her attitude is being elicited with one method but not when using a different REM. Even subtle and seemingly unimportant changes in the context of the study can affect its outcomes significantly (Pedroni et al. 2017). With the recent challenge posed by attempts to replicate the results of previous studies in areas such as medicine or genetics (Freese, Peterson 2017), it cannot be surprising that many findings within social sciences

raise concerns. Studies by Camerer et al. (2016; 2018) give us a hint about the situation within the experimental economics. The authors managed to replicate about 60% of effects of studies published in the most respectable journals (*American Economic Review*, *Quarterly Journal of Economics*, *Nature* and *Science*). The new effect sizes, however, were usually only 66% of the original one. None of the studies they attempted to replicate was related to risk-aversion, leaving an open space for others to contribute to the field.

2 Women and risk-taking

The issue of sex/gender differences in risk-attitudes itself proved to be equally controversial as the replicability of results. Soon after studies on risk-aversion had become widespread, it became apparent that men and women have different attitudes toward risk. Numerous scholars claimed that women are systematically more risk-averse and, as a consequence, less rational in their economic decisions (Eckel, Grossman 2008; Croson, Gneezy 2009; Charness, Gneezy 2012). Recently, however, these findings are being questioned from various perspectives. Not only the results proved to be mixed and inconclusive (Nelson 2018), but also it was shown that risk-aversion of both men and women could be affected by factors, such as culture, single-sex or coeducational learning environment or even salivary testosterone (Booth, Cardona-Sosa, Nolen 2014; Henrich, McElrath 2002; Apicella et al. 2008). Finally, it has been demonstrated that the magnitude of differences between men and women can be related to the REMs used in a study (Csermely, Rabas 2016; Filippin, Crosetto 2016). All these should encourage us to reflection that possibly our beliefs about sex/gender differences in risk-aversion require more detailed scrutiny. It seems likely that biological sex should no longer be perceived as a predictor of behaviour although there are already studies implying that (self-assigned) gender identity play a substantial role in shaping risk-attitudes (Meier-Pesti, Penz 2008). Scrupulous meta-analyses in various areas believed to be sex/gender sensitive showed that differences are often inflated or exaggerated (Hyde 2005). Furthermore, most traits are distributed between

¹ We use the construct "sex/gender differences" to avoid premature conclusion that only one group of factors, either biological or social, is responsible for an individual's risk-aversion.

men and women, meaning that there is no single psychological trait recognised only among representatives of one biological sex (Hyde et al. 2018). In the context of risk-aversion itself, Nelson (2018) introduced a similarity index indicating that men and women are considerably more similar in their risk-preferences than they are different.

3 Conclusion

The plurality of methods and approaches accompanied with the volatility of findings makes the issue of women's risk-aversion an ideal candidate for replication. It is also an excellent litmus test for robustness of many sex/gender differences generally recognised as true or even self-evident, opening up space for detailed scrutiny and verification. As the experience shows, scientific findings (even those published in the most respectable journals), ought to be taken with sufficient caution and scepticism. On the other hand, however, even done with most care, replications can fail for various reasons, including systematic and random errors, unintentional differences between samples and conditions, false positive and false negative effects (Freese, Peterson 2017). Therefore, it is important to remember that a failure does not necessarily mean the results were red herrings. Replications never meant to be a witch-hunt but rather a quest for better, robust, more reliable and possibly also more context-conscious social sciences. If, after all, some axioms fall down when brought into the limelight, it is only for the sake of scientific progress itself. Replication studies instead of being judgemental, should help us identifying good practices, controlling research quality, increasing transparency with the ultimate goal of producing knowledge and raising public trust in science and scientists (Nature 2014, p. 7).

Acknowledgment

This research was supported by a grant from the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic VEGA 2/0118/17: *Risk assessment in decision making of individuals on the personal and company/business finances and business opportunities*.

References

- Adamus, M., Dudeková, K. (2018). Gender Stereotypes and Risk-Taking: a replication study on stereotype threat and financial decision-making. In *Kognice a umělý život XVIII. Sborník příspěvků*. Brno: Flow, z.s., 1-2.
- Apicella, C., Dreber, A., Campbell, B., Gray, P., Hoffman, M., Little, A. (2008). Testosterone and financial risk preferences. *Evolution and Human Behavior*, 29, 384-390.
- Booth, A., Cardona-Sosa, L., Nolen, P. (2014). Gender differences in risk aversion: Do single-sex environments affect their development? *Journal of Economic Behavior and Organization*, 99, 126-154.
- Camerer, C. et al. (2016). Evaluating replicability of laboratory experiments in economics. *Science*, 351(6280), 1433-1436.
- Camerer, C. et al. (2018). Evaluating the replicability of social science experiments in *Nature* and *Science* between 2010 and 2015. *Nature: Human Behaviour*, 2, 637-644.
- Carr, P.B., and Steele, C.M. (2010). Stereotype threat affects financial decision making. *Psychological Science*. 21(10): 1411-1416.
- Charness, G., Gneezy, U. (2012). Strong Evidence for Gender Differences in Risk Taking. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 83, 50-58.
- Croson, R., Gneezy, U. (2009). Gender Differences in Preferences. *Journal of Economic Literature*, 47(2), 1-27.
- Csermely, T., Rabas, A. (2016). How to reveal people's preferences: Comparing time consistency and predictive power of multiple price list risk elicitation methods. *Journal of Risk and Uncertainty*, 53(2-3), 107-136.
- Eckel, C., Grossman, P. (2008). Men, Women and Risk Aversion: Experimental Evidence. *Handbook of Experimental Economics Results*, 1(113), 1061-1073.
- Filippin, A., Crosetto, P. (2016). A Reconsideration of Gender Differences in Risk Attitudes. *Management Sciences*, Article in Advance, 1-23.
- Freese, J., Peterson, D. (2017). Replication in Social Science. *Annual Review of Sociology*, 43, 147-165.
- Henrich, J., McElreath, R. (2002). Are peasants risk-averse decision makers? *Current Anthropology* 43(1), 172-181.
- Hyde, J. (2005). The Gender Similarity Hypothesis. *American Psychologist*, 60(6), 581-592.
- Hyde, J., Bigler, R.S., Joel, D., Tate, C.C., van Anders, S.M. (2018). The Future of Sex and Gender in Psychology: Five Challenges to the Gender Binary. *American Psychologist*, 1-23.
- Meier-Pesti, K., Penz, E. (2008). Sex or gender? Expanding the sex-based view by introducing masculinity and femininity as predictors of financial risk-taking. *Journal of Economic Psychology*, 29, 180-196.
- Nature. (2014). Journals unite for reproducibility. *Nature*, 515, 7.
- Nelson, J. (2018). *Gender and risk-taking. Economics, evidence, and why the answer matters*. Routledge: New York.
- Pedroni, A., Frey, R., Bruhin, A., Dutilh, G., Hertwig, R., Rieskamp, J. (2017). The risk elicitation puzzle. *Nature: Human Behaviour*, 1, 803-809.

Does analytical thinking protect people against unfounded beliefs? Cognitive reflection, proneness to paranormal explanation and astrology.

Eva Ballová Mikušková & Vladimíra Čavojová

Ústav experimentálnej psychológie, Centrum spoločenských a psychologických vied SAV

Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava

expsbal@savba.sk; vladimira.cavojova@savba.sk

Abstract

Analytic thinking style and willingness to engage in more effortful thinking overriding one's intuition has been linked with diverse outcomes in everyday life, such as higher skepticism toward paranormal beliefs. In this paper, we attempt to verify and extend findings that less analytical thinkers, as well as more depressive people, are more likely to attribute supernatural causation to anomalous experiences. In an online survey, adult non-student participants ($N=79$) first read their individual personality profile allegedly based on their date of birth (in fact Barnum profile with the same vague description same for everyone) and then they rated how accurate it is and completed measures of cognitive reflection, proneness to anomalous experiences and depression scale from the Big5. We found that non-reflective thinkers were more likely than reflective thinkers to accept fake astrological profile as accurate, but contrary to our expectations it was not connected to their proneness to a paranormal explanation of anomalous experiences.

1 Introduction

The various unfounded beliefs are widespread in society and do not show any tendency to disappear. One such instance of popular belief is astrology – every fourth American (Newport & Strausberg, 2001) and 12.9 % of Slovak population (Čavojová & Jurkovič, 2017) indicates a strong belief in the ability of astrology to predict one's future and personality.

Analytic cognitive style is one of the most established negative predictors of proneness to various epistemically suspect beliefs (Pennycook, Fugelsang, & Koehler, 2015). People who rely less on analytical thinking and use more intuitive strategies for reasoning usually have more epistemically suspect beliefs, such as belief in paranormal phenomena, pseudoscience and conspiracy explanations, are more religious and more susceptible to various kind of bullshit (Čavojová, Secară, Jurkovič, & Šrol, 2018; Pennycook, Cheyne, Barr, Koehler, & Fugelsang, 2015). Analytic thinking is so important in rejecting unfounded beliefs because we are intuitive believers. Research has shown that believing is primary and automatically comes with understanding any statement; thus unbeliefing something represents an effortful and deliberative process of rejecting some claim (Shermer, 2011).

Analytic cognitive style is also critical when one experiences an uncanny event that seemingly invites a supernatural explanation, as it is more intuitively compelling. In a controlled experimental study, Bouvet and Bonnefon (2015) showed that irrespective of their prior beliefs in the supernatural, non-reflective thinkers were more likely than reflective thinkers to accept supernatural causation after an uncanny encounter with astrology and extra-sensory perception (ESP). However, although they induced experience with two uncanny events, they did not control for general proneness to anomalous events and paranormal attribution or self-deceptive enhancement. It is necessary to establish, whether cognitive style explains paranormal attribution better than general proneness to anomalous experiences and paranormal attributions. Also, it has been shown that mildly depressed people have a more realistic view on themselves and are less prone to self-serving biases (Moore & Fresco, 2012) and that depression is associated with tendencies to paranormal beliefs (Sharps, Matthews, & Asten, 2006). Because Barnum profile used in Bouvet and Bonnefon's (2015) is vague and self-flattering, it is possible that depression can moderate the willingness to accept this description as unique and precise. Therefore, in this paper, we attempt to verify and extend their finding by addressing these issues. We expect that higher cognitive reflection will be related to lower perceived accuracy of fake astrological profile rating and that the perceived accuracy will be also connected with proneness to a paranormal explanation of anomalous events. We controlled for self-deceptive enhancement by measuring participants' level of depression.

2 Methods

2.1 Participants

The final sample consisted of 79 participants (12 men and 67 women, $M_{age} = 31.75$, $SD = 8.5$). Our target sample size was 70 (based on a power of .80 to detect a correlation of .30 at the .05 level). Participants were recruited online on social networks. No financial compensation was offered to participate, and sessions lasted between 10 and 15 min. At the end of the survey participants were asked what the purpose of the study was, and they were then thoroughly debriefed about the objectives and the methods.

2.2 Procedure and materials

We asked participants to indicate their age, gender and their experience with astrology (from 1 = “Sometimes I see a horoscope.” to 4 = “I can make myself and others develop an astrological profile”, 0= no experience; $M=.67$, $SD=.59$). Then they filled in their precise date of birth to calculate their unique personal astrology profile, which appeared together with their Zodiac sign. The personality profile was, in fact, *Barnum description of personality* used by Forer (1949), which consists of 12 vague and ambiguous descriptions. Participants were then asked to rate how precise this astrological profile was and indicate the reasons for their perceptions. Mean rating of perceived accuracy of the astrological profile (Barnum index) was 5.05 ($SD = 1.32$). Next, participants were asked to rate their agreement with three explanations of what just happened (1=strongly disagree – 7 = strongly agree): “it was coincidence, luck,” “these statements may characterize many people, regardless of their date of birth,” and “the result is proof that astrology works, that the position of stars and planets at the time of our birth affects how we are.” The ratings of the first two explanations formed an index of randomness as an explanation ($M = 5.13$, $SD = 1.35$), and the rating of the third explanation served as an index of ESP as an explanation ($M=3.41$, $SD=1.98$). Finally, participants were asked whether what happened could be qualified as mysterious or understandable, strange or mundane, and troubling or ordinary (7-point scale, index of uncanniness, $M = 5.19$, $SD = 1.49$).

Cognitive reflection Task (CRT)

We used a modified version of the CRT (Frederick, 2005), which consisted of 7 problems, in which participants have to override their initial intuitive (and incorrect) response to come to the correct solution. Mean score for our sample was 4.38 ($SD = 2.28$).

The Survey of Anomalous Experience (SAE)

The SAE (Irwin, Dagnall, & Drinkwater, 2013) comprises of 20 items addressing anomalous experiences and participants have to indicate whether it has already happened to them and further clarify their position by stating whether they attributed this experience to paranormal process or to a specified non-paranormal process. Based on the answers, two scores were computed: proneness to anomalous experiences was the percentage of the “yes” answers (PAE, $M = 42\%$, $SD = 16\%$) and proneness to anomalous attribution was the percentage of supernatural attribution to these anomalous experiences (PAA, $M = 10\%$, $SD = 16\%$).

Big Five 2 (BF2) – Slovak version – depression items

We used 4 items from BF2 – Slovak version (Soto & John, 2017, Slovak translation by Halama, Kohút) measuring tendency to depression. Mean score for our sample was 2.66 ($SD = 0.85$).

After completing all measures, participants were thoroughly debriefed and informed about the actual aim of the study and thanked for participation.

3 Results

The results of the correlation are presented in Table 1.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Barnum index								
2. experience with astrology	.240*							
3. index of randomness	-.234*	-.403**						
4. index of ESP	.149	.382**	-.558**					
5. index of uncanniness	-.151	-.116	.200	-.325**				
6. CRT	-.245*	-.238*	.211	-.383**	.103			
7. depression	.139	-.007	-.181	.101	.014	-.144		
8. PAE	.134	.051	-.030	.273*	-.082	-.072	.130	
9. PAA	.148	.181	-.238*	.464***	-.365**	-.080	.040	.516***

Tab. 1: Correlation between Barnum index, cognitive reflection (CRT) and proneness to anomalous experience (PAE) and to anomalous attribution (PAA)

We also performed hierarchical regression with Barnum index as the dependent variable, CRT was entered in the first step, depression in the second step and proneness to anomalous experiences and anomalous attribution in the third step. Only CRT emerged as significant predictor ($\beta = -0.245$, $p = .029$), explaining 4.8 % of all variance.

However, proneness to anomalous experiences and anomalous attribution or depression did not correlate with Barnum index and cognitive reflection.

4 Discussion and conclusion

The main finding of this study was that cognitive reflection predicted perceived accuracy of the fake astrological profile (Barnum index). This is consistent with results of Bouvet and Bonnefon (2015) and corroborates the hypothesis that reflective thinkers were able to override the temporary intuition that astrology might result in an accurate personality profile. Our participants viewed the fake astrological profile as pretty accurate (mean rating 5 out of a maximum of 7), but the more cognitively reflective the participant was, the less accurate he or she rated the profile. In other words, the high mean of Barnum index suggests that although people generally considered the Barnum statements as correct descriptors of their personality, only the reflective thinkers appeared to suppress that belief (probably because of their mistrust of astrology as a source). However, in contrast with Bouvet and Bonnefon’s study we did not measure participants’ prior beliefs about astrology, but prior experiences with astrology and proneness to anomalous experiences. Surprisingly, participants with more experience with astrology perceived the astrology profile as more accurate (Barnum index). On the other side, the experience of participants in astrology was not very intensive (87% admitted to the occasional reading

of the horoscope), which could explain why participants did not detect simplified fake astrology profile. Contrary to our expectations, neither proneness to anomalous experiences nor their attribution to supernatural phenomena correlated with perceived accuracy of the fake astrological profile (moreover, the more participants attributed the explanation to randomness, the less accurate they rated the profile). Similarly, depression was not connected to the perceived accuracy, probably because there were not many depressive participants in our sample.

Another possible explanation of our results could be that more cognitively reflective participants refuse astrology as a valid method of personality assessment, because they are less prone to have many unfounded beliefs (Pennycook, Cheyne, Seli, Koehler, & Fugelsang, 2012), thus they could be more suspicious toward the Barnum profile. We plan to address this possibility in future research by manipulating the way how the profile is “produced” to examine, whether cognitive reflection helps to suppress initial intuition about the accuracy of the profile or whether the mentioning of astrology serves as a cue for some people to reject a profile produced in this way and they would perceive the same profile as more accurate if produced by less “suspicious” method.

Acknowledgment

This work was supported by Slovak grant agency of Ministry of Education and Slovak Academy of Sciences -- VEGA 2/0085/17.

References

- Bouvet, R., & Bonnefon, J. F. (2015). Non-Reflective thinkers are predisposed to attribute supernatural causation to uncanny experiences. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 41(7), 955–961. <https://doi.org/10.1177/0146167215585728>
- Čavojová, V., & Jurkovič, M. (2017). Intuition and irrationality. In L. Pitel (Ed.), *Sociálne procesy a osobnosť 2016* (pp. 77–83). Bratislava: Ústav experimentálnej psychológie, CSPV SAV. Retrieved from <http://www.spao.eu/pastevents.php>
- Čavojová, V., Secară, E. C., Jurkovič, M., & Šrol, J. (2018). Reception and willingness to share pseudo-profound bullshit and their relation to other epistemically suspect beliefs and cognitive ability in Slovakia and Romania. *Applied Cognitive Psychology*, 1–13. <https://doi.org/10.1002/acp.3486>
- Forer, B. R. (1949). The fallacy of personal validation: A classroom demonstration of gullibility. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*. <https://doi.org/10.1037/h0059240>
- Frederick, S. (2005). Cognitive reflection and decision making. *Journal of Economic Perspectives*, 19(4), 25–42. <https://doi.org/10.1257/089533005775196732>
- Irwin, H., Dagnall, N., & Drinkwater, K. (2013). Parapsychological Experience as Anomalous Experience Plus Paranormal Attribution: A Questionnaire Based on a New Approach to Measurement. *The Journal of Parapsychology*, 7(1), 39.
- Moore, M. T., & Fresco, D. M. (2012). Clinical Psychology Review Depressive realism: A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review*, 32(6), 496–509. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2012.05.004>
- Newport, F., & Strausberg, M. (2001). Americans' Belief in Psychic and Paranormal Phenomena Is up Over Last Decade. Retrieved February 26, 2019, from <https://news.gallup.com/poll/4483/americans-belief-psychic-paranormal-phenomena-over-last-decade.aspx>
- Pennycook, G., Cheyne, J. A. A., Barr, N., Koehler, D. J., & Fugelsang, J. A. (2015). On the reception and detection of pseudo-profound bullshit. *Judgment and Decision Making*, 10(6), 549–563. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00279>
- Pennycook, G., Cheyne, J. A., Seli, P., Koehler, D. J., & Fugelsang, J. a. (2012). Analytic cognitive style predicts religious and paranormal belief. *Cognition*, 123(3), 335–346. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.03.003>
- Pennycook, G., Fugelsang, J. a., & Koehler, D. J. (2015). Everyday consequences of analytic thinking. *Current Directions in Psychological Science*, 24(6), 425–432. <https://doi.org/10.1177/0963721415604610>
- Sharps, M. J., Matthews, J., & Asten, J. (2006). Cognition and belief in paranormal phenomena: Gestalt/feature-intensive processing theory and tendencies toward ADHD, depression, and dissociation. *Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 140(6), 579–590. <https://doi.org/10.3200/JRLP.140.6.579-590>
- Shermer, M. (2011). *The believing brain : from ghosts and gods to politics and conspiracies--how we construct beliefs and reinforce them as truths*. Times Books.
- Soto, C. J., & John, O. P. (2017). The next Big Five Inventory (BFI-2): Developing and assessing a hierarchical model with 15 facets to enhance bandwidth, fidelity, and predictive power. *Journal of Personality and Social Psychology*, 113, 117–143. <https://doi.org/10.1037/pspp0000096>

What are they afraid of? Cognitive predictors of risk assessment related to refugees

Jana Bašnáková, Lenka Valuš

Institute of Experimental Psychology, Center of Social and Psychological Sciences SAS
Dúbravská cesta 9, 84104 Bratislava, Slovakia
jana.basnakova@gmail.com; valus.lenka@gmail.com

Abstract

In our study with a representative sample of Slovak public ($N=500$), we examined whether risk assessment related to refugees can be predicted with education, science literacy, cognitive reflection, open-minded thinking, and subjective and objective knowledge. Participants' estimates of how much they know were grossly overstated. Still, this subjective feeling of being knowledgeable about the crisis coupled with the participants' level of closed-mindedness, were the strongest predictors of perceived risks and fear associated with refugees. Yet, the predictive accuracy of our models substantially increased after including personal values, such as conservatism and racism, suggesting that cognitive factors alone cannot explain risk perception in this domain.

1 Introduction

During the refugee crisis in 2017, there was a marked increase in public mistrust and fear associated with the presence of war refugees from conflicts in Syria and elsewhere in our country, as well as in the rest of the EU. This was despite the fact that Slovakia was neither a transit country, nor their preferred destination. In order to understand these sentiments, we examined what cognitive factors are associated with feelings of fear and risk perceptions related to refugees.

We hypothesized that risk assessment would be influenced by the following factors: a) how much people know about the crisis' sources and outcomes, which we probed at both a subjective ("How much had you known about the refugee crisis until today?") and objective level [5 multiple-choice questions about basic facts such as what population groups are mostly commonly fleeing their homes (women, children, or men) or which countries have received the largest share of refugees (those neighboring the conflict zones or Western European countries)]; b) education; c) basic scientific literacy, including awareness of how scientific knowledge is generated; d) the degree to which they are open to reassess their beliefs in light of new evidence; and e) the tendency to react intuitively without further cognitive reflection. Apart from cognitive predictors, we

also included items about participants' values, such as their degree of conservatism, support for state interventions and racist attitudes.

2 Method

A representative sample of 500 Slovak adults (50% women), recruited via a market research agency, aged 18 to 86 years ($Mdn=39$, $IQR=23$) took part in our online questionnaire. Their education level was distributed as follows: 9% elementary school, 31% vocational high school, 40% high school with diploma, 20% university degree.

Half of the sample answered refugees-related items first: subjective and objective knowledge, and perceived risks and fear (2+2 items). The other half filled in the questionnaires first: i) the science literacy scale (SL; Miller, 1998; 9 items), ii) the scientific reasoning scale (SR; based on Drummond & Fischhoff, 2017; 7 items), iii) the cognitive reflection tests (CRT; Dudeková & Kostovičová, 2015; Sirota et al., 2018; 1-factor solution, 13 items, $\alpha=.82$) iv) the actively open-minded thinking scale (AOT; Svedholm-Häkkinen & Lindeman, 2018; 1-factor solution, 11 items, $\alpha=.74$), v) personal values scale (Bútorová et al., 2012; European Social Survey, 2015; 3-factor solution, racism: 4 items, $\alpha=.70$; conservatism: 3 items, $\alpha=.75$; state interventions: 2 items, $\alpha=.63$).

3 Results

Subjective knowledge (SK; $Mdn=4$, $IQR=1$) was not correlated with objective knowledge (OK; $Mdn=1$, $IQR=2$), $r_s=.04$, $p=.421$. Participants' estimates of how much they know were severely overstated - the average participant correctly answered only 25% of the knowledge questions, while estimating their expertise at 70%.

However, SK was the strongest cognitive predictor of perceived risks (PR; $\beta=.28$) and perceived fear (PF; $\beta=.24$), with AOT being the second one (PR: $\beta=-.15$, PF: $\beta=-.17$). Intriguingly, PR positively correlated with SR ($\beta=.12$). The models explained 11.6% of PR ($p<.001$) and 9.4% of PF ($p<.001$) variance.

After including personal values, predictive power of our models increased. PR was predicted by racism ($\beta=.43$), SK ($\beta=.20$), conservatism ($\beta=.10$) and SR ($\beta=.09$), $R^2=.29$, $p<.001$. PF was predicted by racism ($\beta=.41$), SK ($\beta=.16$), AOT ($\beta=-.13$) and state interventions ($\beta=.08$), $R^2=.27$, $p<.001$.

4 Discussion

The most surprising finding was one of no correlation between how much people objectively knew about the crisis and how much they thought they knew. In fact, the average participant correctly answered only one fourth of the multiple-choice knowledge questions, although their subjective estimate was seventy percent. This suggests that much of what people thought they knew were in facts inaccurate information or myths about refugees.

Crucially, this false sense of being knowledgeable about the refugee crisis, together with lack of open-minded thinking, significantly predicted risk assessment and the subjective feeling of fear associated with refugees. A possible explanation is that this might be the result of consistent “scare-mongering” by various parties in Slovakia who reinforced negative information about refugees and framed the situation as a threat to our national sovereignty, culture and religion (e.g., Chadwick, 2016). Coupled with dogmatic thinking and fact resistance characteristic for people who score low on the open-minded thinking scale, it is likely that those who did not actively seek more accurate information about what is going on were led to believe that the threat associated with refugees is indeed very high.

Intriguingly, higher risk was also positively correlated with scientific reasoning skills. This is an unexpected finding, as we predicted that those who have the tools to interpret complex information - such as scientific studies - would be able to accurately interpret information related to the crisis and thus show lower risk perception.

The predictive accuracy of our models substantially increased after including a measure of personal values, such as conservatism and racist attitudes. People who considered refugees a risk scored substantially higher on items which reflected racist attitudes towards the Roma minority or ethnic minorities in general - for example, they endorsed the view that there are genetic differences in how much people from different ethnic backgrounds like to work, or in their intelligence. In addition, they also scored higher on a measure of conservatism, taking a stand against equal rights for homosexuals and being anti-choice on the issue of abortion. Thus, the resulting picture is one where risk perception cannot be explained by cognitive factors only. Our data suggest that it is a combination of not having accurate information about the situation, being a

dogmatic thinker and having values which are associated with a non-egalitarian view of the world.

Acknowledgment

This research was supported by VEGA grant No. 2/0085/17 – ‘Cognitive limits of effective information processing and communication’ and by the Institute for Strategic Analyses as a part of the project “Social Analysis of Slovakia”.

References

- Bútorová, Z., Gyárfášová, O., & Slosiarik, M. (2012). Verejná mienka a voličské správanie. In V. Krivý (Ed.), *Slovenské voľby '12: Čo im predchádzalo, postoje a výsledky* (pp. 137–202). Bratislava: Sociologický ústav SAV.
- Chadwick, V. (2016, May 26). *Robert Fico: 'Islam has no place in Slovakia'*. Retrieved from <https://www.politico.eu/article/robert-fico-islam-no-place-news-slovakia-muslim-refugee/>
- Drummond, C., & Fischhoff, B. (2017). Development and validation of the Scientific Reasoning Scale. *Journal of Behavioral Decision Making*, 30(1), 26–38.
- Dudeková, K., & Kostovičová, L. (2015) Oscary, HDP a CRT: Efekt ukotvenia u finančných profesionálov v kontexte doménovej špecifickosti a kognitívnej reflexie. In I. Farkaš, M. Takáč, J. Rybár & J. Kelemen (Eds.), *Kognícia a umelý život 2015* (pp. 50–56). Bratislava: Univerzita Komenského.
- European Social Survey (2015). *Round 7 module on attitudes towards immigration and their antecedents - question design final module in template*. London: Centre for Comparative Social Surveys, City University London.
- Miller, J. D. (1998) The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science*, 7(3), 1–21.
- Sirota, M., Kostovičová, L., Juanchich, M., Dewberry, C., & Marshall, A. C. (2018). *Measuring cognitive reflection without math: Developing and validating Verbal Cognitive Reflection Test*. Manuscript under review.
- Svedholm-Häkkinen, A., & Lindeman, M. (2018). Actively open-minded thinking: development of a shortened scale and disentangling attitudes towards knowledge and people. *Thinking & Reasoning*, 24(1), 21–40.

SkyBat: model swarmového správania inšpirovaný prírodou

Ivana Budinská, Tomáš Kasanický, Ján Zelenka

Ústav informatiky Slovenskej akadémie vied

Dúbravská cesta 9, 845 07 Bratislava

{budinska, [zelenka](mailto:zelenka@savba.sk)}@savba.sk, tomas.kasanicky@gmail.com

Abstrakt

Počítačový model SkyBat vznikol na základe pozorovania skupiny netopierov typu Nyctalus leisteri v rámci spolupráce s výskumníkmi z Ústavu ekológie lesa SAV. Model bol vytvorený s cieľom čo napresnejšie kopírovať správanie netopierov v prírode a vytvoriť simulačné prostredie, v ktorom môžu biológovia overovať hypotézy o mechanizmoch swarmového správania. Ďalším cieľom vytvorenia modelu SkyBat je overenie jeho vlastností s cieľom aplikovať ich pre iné vedné oblasti (napr. swarm robotika). K jedinečným vlastnostiam tohto modelu patrí schopnosť nájsť riešenia v ohraničenom čase, decentralizované, rýchlo a efektívne rozhodovať v dynamicky sa meniacom prostredí a schopnosť vyhodnocovať kvalitu nájdeného riešenia.

1 Úvod

V roku 2010 publikoval Xi-She Yang (Yang, 2010) algoritmus založený na správaní netopierov, jediných lietajúcich cicavcov na svete. Svoj algoritmus založil hlavne na modelovaní echolokácie, ktorá slúži netopierom na orientovanie sa v priestore. Od čias prvého publikovania netopierieho algoritmu sa v literatúre objavil rad ďalších podobných algoritmov, ktoré našli uplatnenie v rôznych oblastiach od optimalizácie, cez klasifikáciu, spracovanie obrazu, dolovanie dát až po swarm robotiku. Práve vlastnosť echolokácie robí algoritmus vhodným pre aplikácie v robotike, kde sa využíva pri výhýbaní sa prekážkam a na zabránenie vzniku kolízií. Väčšina publikovných algoritmov sa zameriava na simuláciu jedincov a ich správania. Nás algoritmus sa orientuje na správanie skupiny ako celku (Zelenka, 2019).

Nedostatky predchádzajúcich modelov sú predovšetkým v ich nepresnom zrkadlení správania reálnych netopierov. Model SkyBat vychádza z pozorovania fission-fusion dynamiky u stromových netopierov typu Nyctalus leisteri. Aby sme sa vyhli prílišnému zovšeobecňovaniu a nepresnému modelovaniu, spolupracujeme na integrovanom výskume pod vedením biológov z Ústavu ekológie lesa SAV. Základné smery výskumu sú: (i) Výskum správania stromových netopierov Nyctalus leisteri. (ii) Tvorba počítačového simulačného modelu s cieľom

podporiť biologický výskum a umožniť biológom lepšie pochopiť mechanizmus swarmového správania a overovať hypotézy a mechanizmy swarmovania. (iii) Tvorba algoritmu na základe zovšeobecnenia pozorovaní s cieľom vyvinúť metódu pre koordináciu skupiny agentov. (iv) Výskum a vývoj technológie na zaznamenávanie pohybu netopierov typu Nyctalus leisteri (napr. ultraťahké snímače GPS).

2 Opis agentového modelu

Simulačný model bol vytvorený na základe prác L. Naďa a P. Kaňucha (2013 a 2015). Základom je dynamika známa v biológii ako "fission-fusion". Ide o také správanie skupiny jedincov, kedy sa striedajú dva funkčné módy. V prvom móde sa skupina úplne dezintegruje a jedinci samostatne lovia, resp. zháňajú potravu. V druhom móde sa skupina zhromažďuje na jednom, vopred neurčenom mieste, aby tam prečkala obdobie odpočinku. V tomto období sú jednotlivce ľahko zraniteľné a skupiny im poskytuje dostatočné bezpečie. Doba jednoho a druhého módu je obvykle daná striedením dňa a noci. Skupina začína vyhľadávať spoločné útočisko a zhromažďovať sa, v určitom čase, ktorý nie je dopredu známy. V skupine nie je dané, ktorý jedinec, alebo jedinci, sú zodpovední za nájdenie vhodného útočiska a za zvolanie skupiny. V modeli založenom na pozorovaní stromových netopierov boli zohľadené viaceré skutočnosti. Stromové netopiere menia často dutiny, v ktorých prečkajú deň, aby zabránili šíreniu chorôb a parazitov, aby znížili riziko napadnutia predátormi a aby mali vhodné a bezpečné prostredie aj pre svoje mladé. Netopier, ktorý po tom, ako získa dostatok potravy, začína hľadať vhodné miesto na prečkanie dňa. Ak nájde vhodnú dutinu, začína signalizovať ostatným netopierom, ktorí môžu, ale nemusia na jeho signál odpovedať. Signalizovanie je pre jedinca energeticky náročný proces, preto ho môže vykonávať len určitú krátku dobu. Ak sa mu nepodarí prilákať dostatok netopierov, opúšťa dutinu. Množstvo netopierov, ktoré majú tendenciu reagovať na signalizáciu a uberať sa k dutine stúpa s postupujúcim časom. V čase krátko pred svitaním je nutné, aby všetky netopiere boli v dutine. Z publikovaných biologických pozorovaní sme prevzali také charakteristiky, ako rýchlosť pohybu/letu agenta, vzdialenosť, do ktorej lietajú počas lovenia, čas

signalizovania agenta a dosah signalizácie. Ďalšie parametre simulácie sú dané prostredím, v ktorom stromové netopiere Nyctalus lesteri žijú. V našom modeli sme použili pravidelný tvar prostredia rozdelený na štvorce. Dutiny v ňom boli rozmiestnené náhodne. Na začiatku simulácie sme nastavili inicializačné hodnoty pre kvalitu dutín. Kvalita dutína sa v priebehu simulácie mení, podobne ako v prírode. Dutiny, ktoré boli použité, stratia na kvalite a ich kvalita neskôr pomaly narastá. Kvalita dutiny závisí aj od jej umiestnenia, t.j. aby sa v blízkosti nenachádzali nebezpečné objekty a aby poskytovala čo najväčšiu ochranu pred predátormi. Rovnako dôležitá je aj veľkosť dutiny.

Pre skupinu netopierov je podstatné, aby v procese hľadania novej dutiny sústavne vyhodnocovala výhody a nevýhody jednotlivých dutín a v danom časovom intervale našla čo najvhodnejšiu dutinu pre prečkanie do dňa.

Trvanie simulácie je stanovené na 8 hodín - obvyklá doba noci, počas ktorej netopiere operujú v priestore. Simulácia je rozdelená na tri časti: i) zháňanie potravy, lov, ii) hľadanie dutiny a signalizovanie, iii) brieždenie (posledných 300 sek. simulačného cyklu).

3 Simulačné experimenty

Na začiatku simulácie agenty vychádzajú z jednej dutiny a v priebehu prvej fázy sa pohybujú náhodne a nezávisle. Po ukončení tejto períody sú agenty rozmiestnené v priestore a začínajú hľadať vhodné dutiny, t.j. začínajú interagovať s dutinami v prostredí. Agent vyberie náhodne dutinu v rámci svojej operačnej oblasti - v dosahu svojich senzorických možností a pohybuje sa smerom k nej. Následne vyhodnotí jej kvalitu a v prípade, že hodnota kvality je nad prahovou hodnotou, začne signalizovať. Takýmto spôsobom začína signalizovať niekoľko agentov - netopierov. Ostatné netopiere v dosahu vnímania sú prítahované k dutinám, ktoré majú signalizujúceho agenta. Agent po príchode do dutiny začína tiež signalizovať. Avšak, ako už bolo spomenuté, doba signalizovania je obmedzená. V simulácii je nastavená na základe pozorovania biológov. Ak v určitom čase v dutine nie je dostatok netopierov, prítomné netopiere ju opúšťajú a hľadajú nové útočisko rovnakým mechanizmom.

Čas $t_{attract}$, počas ktorého je signálizujúci agent ochotný vysielať signál a prítahovať ostatných agentov do dutiny, sa počíta podľa rovnice:

$$t_{attract} = HR + NB + 100/TTS \text{ [s]} \quad (1)$$

kde HR je výška v metroch, v ktorej sa dutina nachádza, NB je počet netopierov v dutine a TTS je čas do svitania (ukončenia simulácie). Agent sa rozhoduje, či investuje energiu do signalizovania na základe vnútorného merania času $t_{attract}$. Ak sa agent rozhodne ďalej signalizovať a prítahovať ďalších agentov do dutiny, dĺžka bonusového času pre

prítahovanie ostatných agentov závisí od aktuálneho počtu agentov v dutine a počíta sa podľa nasledujúceho vzťahu:

$$t_{attract_bonus} = test * NB \text{ [s]} \quad (2)$$

kde $test$ je koeficient vyjadrujúci závislosť dĺžky prítahovania od počtu signalizujúcich netopierov. Experimenty sme vyhodnocovali jednak z hľadiska podobnosti swarmového správania a reálneho správania netopierov a jednak z hľadiska výpočtovej náročnosti.

4 Záver

Predstavený model SkyBat má niektoré jedinečné vlastnosti, ktoré sa ukazujú byť vhodné pre použitie napr. v swarm robotike. Model ukazuje efektívny mechanizmus pohybu skupiny z jednoho miesta do druhého bez vodcu, schopnosť skupiny nachádzať a vyhodnocovať špecifické miesta (dutiny) v neznájom prostredí a schopnosť uskutočňovať rýchle a efektívne decentralizované rozhodovanie v meniacom sa prostredí. Predstavený model je flexibilný a škálovateľný. Je nezávislý na zmene počtu členov skupiny.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantovej agentúry APVV v rámci grantovej úlohy APVV -17-0116.

Literatúra

Yang, X.S. (2010). A new metaheuristic bat-inspired algorithm. *J.R. Gonzales et al., eds. Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization. Studies in Computational Intelligence*. Berlin, 284, Springer, 6574.

Náďo, L. a Kaňuch, P. (2013). Dawn swarming in tree-dwelling bats an unexplored behaviour. *Acta Chiropterologica*, 15:387392.

Náďo, L. a Kaňuch, P. (2015). Swarming behaviour associated with group cohesion in tree-dwelling bats. *Behavioural Processes*. 120:8086.

Zelenka, J., Kasanický T., Budinská I., Náďo L., Kaňuch P. (2019) SkyBat: A swarmrobotic model inspired by fission-fusion behaviour of bats. Mechanisms and Machine Science: Advances in Service and Industrial Robotics. RAAD 2018, Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, vol 67, pp. 521-528, ISSN 2211-0984.

To be or not to be bullshit? Obscuring the form vs. moving away from truthfulness

Vladimíra Čavojová, Marek Jurkovič, Ivan Brezina

Ústav experimentálnej psychológie, Centrum spoločenských a psychologických vied SAV

Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava

vladimira.cavojova@savba.sk; marek.jurkovic@savba.sk; ivan.brezina@savba.sk

Abstract

Do we make a stronger impression by using big words or by articulating ourselves clearly? The deceptive strategy of using complicated and obscure words to create an impression of competence results in so-called bullshit - i.e. something that may sound right and inspiring while in fact being nonsense. In this study our main aim was to examine whether impressiveness (measured by likeability) of a statement is better predicted by truthfulness or comprehensibility of a given statement. 234 students (80.1 % women) rated 4 different forms (created by manipulating their obscurity and truthfulness) of the set of statements and the results showed that likeability was predicted by both perceived truthfulness and comprehensibility. It suggests that impressiveness is attained not by use of obscure language, but rather by perceived truthfulness and comprehensibility by the recipient.

1 Introduction

We live in an era, which is often described as post-factual or post-truth and one of its main features is the prevalence of so-called bullshit. Although everybody has encountered some form of bullshit in daily life, its exact definition is quite elusive to. There have been attempts mainly by philosophers and linguists (Black, 1982; Frankfurt, 2005; Postman, 1969), but it were psychologists who empirically studied one of its forms – pseudo-profound bullshit (Pennycook, Cheyne, Barr, Koehler, & Fugelsang, 2015). Pennycook et al. (2015) used randomly-generated statements resembling New Age spirituality using buzz words from quantum mechanics, thus creating pseudo-profound bullshit. They focused on cognitive characteristics distinguishing people who find pseudo-profound bullshit more profound from those that do not. Their results show that people rating pseudo-profound bullshit as more profound have lower analytic thinking and intelligence, have more epistemically suspect beliefs and were more ontologically confused. However, one of the criticisms of that study was that they used pseudo-profound bullshit from spiritual domain, where interpretation of meaning might be subjective and determined by participant's beliefs. Similar to beauty that is in the eye of the beholder, what is viewed as bullshit by one person can be seen as transcendental by another (Dalton, 2016).

Following the criticism by Dalton (2016), we tried to establish more objective criteria in defining what can be considered bullshit and what factors influence the impressiveness of bullshit, i.e. focus more on the features of the bullshit rather than the individual differences between people receptive to bullshit.

As a starting point we took definition of bullshit by Frankfurt (2005) that stresses two main features of bullshit: (1) its lack of concern for the truth and (2) its goal to impress by suggesting that speaker is more knowledgeable than he or she is. Thus, we created new, more general measure of bullshit receptivity (Brezina, Čavojová, & Jurkovič, 2018; Jurkovič, Čavojová, & Brezina, 2018) and had participants to rate all the statements on three dimensions: how truthful do they perceive any given statement (truthfulness), how easy is it to understand it (comprehensibility) and how much do they like it (likeability). The goal of the current study was to examine what factors affect likeability the most (obscurity, truthfulness, comprehensibility)? In other words, we examined whether likeability is predicted by truthfulness or comprehensibility of the statement, or both.

2 Methods

2.1 Participants

Sample consisted of 234 students (188 women) of two major Slovak universities who were recruited in exchange for credits. Mean age of the sample was 22.11 ($SD = 2.7$).

2.2 Materials

Participants completed an online survey that consisted of 48 preliminary General Bullshit Receptivity Scale (GBRS) items in randomized order (the order of thematic blocks was randomized, as well as the order of items within a block). Items were collected out of four categories of human knowledge: (1) Health, (2) Politics & Economy, (3) Relationships & sex, and (4) Emotions. In each category we had one neutral (N) definition and three modifications: (F) the form modified by using obscure and complicated synonyms, while preserving the content; referring to quality of impressiveness; (C) only the content of neutral vocabulary definition was

modified while the form was kept the same; referring to lack of concern for the truth;
 (FC) both form and content were modified; combining both aspects of bullshit.

To measure the two main defining features of bullshit – impressiveness and lack of concern for the truth – we asked participants to assess the truthfulness and likeability of each statement. This enabled us to see whether participants were able to discern loose relation to truth in C (and FC) statements and how obscurity affected the impressiveness (likeability). We controlled for comprehensibility of each statement. Participants evaluated truthfulness, comprehensibility and likeability of statements on 7-point Likert scale. The scores were reversed, so that higher score indicates higher truthfulness, comprehensibility and likeability. Descriptive statistics for mean ratings of truthfulness, comprehensibility and likeability are in Table 1.

	Truthfulness	Comprehensibility	Likeability
N	6.27 (0.60)	6.30 (0.70)	5.54 (0.99)
F	5.16 (0.75)	4.38 (0.89)	3.89 (0.86)
C	4.02 (1.04)	5.12 (0.96)	3.78 (1.07)
FC	3.98 (0.86)	3.43 (0.95)	2.99 (0.99)

Tab. 1: Descriptive statistics for GBRS (standard deviations are in the brackets)

3 Results

We examined whether likeability is predicted better by the truthfulness or comprehensibility of a given statement, so we performed four regression analyses for each category of statement (N, F, C, FC).

In the first set of analyses, the score of likeability represented a dependent variable while comprehensibility and truthfulness were positioned as predictors. In category of neutral statements (N) both perceived truthfulness and comprehensibility contributed significantly to likeability and predicted 30.3 % of the variance ($F(2,229) = 50.764, p < .001$). In category of modified statements with changed form (F), both perceived truthfulness and comprehensibility contributed significantly to likeability and predicted 45 % of the variance ($F(2,228) = 94.261, p < .001$). In category of modified statements with changed content (C), both perceived truthfulness and comprehensibility contributed significantly to likeability and predicted 46.5 % of the variance ($F(2,229) = 100.568, p < .001$). In category of modified statements with both changed form and content (FC), both perceived truthfulness and comprehensibility contributed significantly to likeability and predicted 55.6 % of the variance ($F(2,229) = 144.620, p < .001$).

In the second set of analyses, we performed stepwise linear regression to determine which predictor might have had a biggest impact on likeability of each set (N, F, C and FC) of statements. Because most of the results

are same as in previous analyses (reported in previous paragraph and Table 2), we are reporting only percentage of variance explained by individual predictors as estimated by stepwise procedure. In category of neutral statements (N), the prediction model contained both predictors (likability and truthfulness). Likeability was primarily predicted by comprehensibility (29.1 % of variance in likeability explained) and to a lesser extent by truthfulness (1.8%).

likeability - N		
Predictors	β	<i>t</i>
truthfulness	0,224	2,436*
comprehensibility	0,361	3,928***
likeability - F		
Predictors	β	<i>t</i>
truthfulness	0,236	4,222***
comprehensibility	0,528	9,431***
likeability - C		
Predictors	β	<i>t</i>
truthfulness	0,585	11,724365***
comprehensibility	0,24	4,818***
likeability - FC		
Predictors	β	<i>t</i>
truthfulness	0,4	8,122***
comprehensibility	0,478	9,691***

Tab. 2: Truthfulness and comprehensibility as predictors of likeability (all 4 types)

In category of statements where only the form was modified (F), the prediction model contained both predictors (likability and truthfulness). Likeability was primarily predicted by comprehensibility (41.2 % of variance in likeability explained) and to a lesser extent by truthfulness (4.3%).

In category of statements where only the content was modified (C), the prediction model contained both predictors (likability and truthfulness). Likeability was primarily predicted by truthfulness (41.6 % of variance in likeability explained) and to a lesser extent by comprehensibility (5.4%).

In category of statements where both content and form were modified (FC), the prediction model contained both predictors (likability and truthfulness). Likeability was primarily predicted by comprehensibility (43.2 % of variance in likeability explained) and to a lesser extent by truthfulness (12.8%).

4 Discussion

The main aim of this paper was to examine whether likeability is predicted by truthfulness or comprehensibility of the statement, or both.

Our results show that both truthfulness and comprehensibility are predictors of likeability of statements, but their role was different in differently modified statements. Only in case of statements where content was modified was truthfulness the main predictor of likeability, in other sets of statements, comprehensibility was the main predictor.

From statements where content was modified, statements that used more obscure vocabulary (FC) were deemed to be less likeable, thus refuting assumption that use of complicated words might lead to an increased impressiveness (or likeability) of statements.

The reported reversal in importance of predictors in C statements might indicate that perceived truthfulness of statements might be more important in creation of impressive bullshit than perceived comprehensibility (or to be more precise, incomprehensibility, because in case of FC statements, we made them more incomprehensible by the use of more complicated and ‘erudite’ vocabulary).

Our preliminary results aim to form the basis for creating a scale for measurement of general bullshit. According to our results, it seems that the most prominent feature of bullshit is mimicking the truth by minor alterations in meaning to be more comprehensible, but less truthful at the same time. Familiarity heuristic might be one of the factors influencing impressiveness of bullshit statements. Usage of familiar buzzwords, jargon and metaphors, although in a wrong or nonsensical context, might be a more successful strategy than usage of largely incomprehensible synonyms. This assumption might be perhaps tested in some future research.

5 Acknowledgment

This work was supported by Slovak Research and Development Agency, Grant/Award Number: APVV-16-0153 and VEGA 2/0085/17 and Grant Agency of Ministry of Education of Slovak Republic VEGA 2/0085/17.

Literatúra

Black, M. (1982). The prevalence of humbug. *Philosophic Exchange*, 13(1). Retrieved from http://digitalcommons.brockport.edu/phil_ex/vol13/iss1/4

Brezina, I., Čavojová, V., & Jurkovič, M. (2018). Examining two components of bullshit: (Un)truthfulness and obscurity. In *Social processes and Personality 2017*. Brno: ČAV.

Dalton, C. (2016). Bullshit for you; transcendence for me. A commentary on “On the reception and detection of pseudo-profound bullshit.” *Judgment and Decision Making*, 11(1), 121–122.

Frankfurt, H. G. (2005). *On Bullshit*. Princeton University Press. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1080/10584600701641920>

Jurkovič, M., Čavojová, V., & Brezina, I. (2018). Looking for the most defining feature of bullshit: obscurity vs. untruthfulness. In Č. Šašinka, A. Strnadová, Z. Šmideková, & V. Juřík (Eds.), *Kognice a umělý život 2018. Sborník příspěvků* (pp. 33–34). Brno: Flow, z.s.

Oppenheimer, D. M. (2006). Consequences of erudite vernacular utilized irrespective of necessity: Problems with using long words needlessly. *Applied Cognitive Psychology*, 20(2), 139–156. <https://doi.org/10.1002/acp.1178>

Pennycook, G., Cheyne, J. A. A., Barr, N., Koehler, D. J., & Fugelsang, J. A. (2015). On the reception and detection of pseudo-profound bullshit. *Judgment and Decision Making*, 10(6), 549–563. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00279>

Postman, N. (1969). Bullshit and the art of crap detection. *National Convention for the Teachers of English [NCTE], November 28*, 1–3.

Preprocessing eye-trackingových dat z více zařízení v programech R a Ogama

Jiří Čeněk^{1,2}

¹Ústav sociálních studií, Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, Mendelova univerzita v Brně,
Zemědělská 1, 613 00 Brno

²Kabinet informačních studií a knihovnictví, Filozofická fakulta, Masarykova univerzita, Arna Nováka 1, 602 00 Brno
jiri.cenek@mendelu.cz

Abstrakt

Tento příspěvek se zabývá analýzou eye-trackingových (dále ET) dat v programech R a Ogama. Sbírá-li výzkumník ET data na více odlišných zařízeních, musí si již v počátečních fázích svého výzkumu zodpovědět otázky, které nemusí řešit v případě sběru dat na jednom zařízení, či na více identických zařízeních. Mezi tyto otázky patří problematika přesnosti a spolehlivosti zařízení, frekvence nahrávání, typ monitoru a jeho rozlišení, formát výstupních dat, či volba softwaru pro sběr a analýzu dat. Tato problematika je prakticky ilustrována na ET mezikulturním výzkumu vnímání statických podnětů, který proběhl v ČR a na Taiwanu.

1 Úvod

Základní a aplikovaný výzkum pohybů očí je v dynamicky se rozvíjející disciplíně hojně využívaná v psychologii, psychodiagnostice, psycholingvistice, kartografii, marketingu a mnoha dalších vědních oborech. V současné době je k dispozici množství typů ET systémů (např. statické desktop eye-trackery umístěné pod monitorem, „věže“ či mobilní eye-trackingové brýle) od různých výrobců (např. SMI, Tobii, EyeLink, Eye-Tribe, apod.) (Popelka, 2018). ET systémy se navzájem liší svými hardwarovými parametry jako je přesnost a frekvence nahrávání, a také jsou kompatibilní s různými typy softwaru, který determinuje např. typy stimulů, které lze v experimentu využít, možnost zároveň nahrávat pohyby myši, algoritmy užívané pro detekci fixací (IV-T vs. ID-T), formát výstupních dat, liší se také dostupnými analytickými nástroji (Holmquist et al., 2011; Popelka, 2014). Ne každý ET systém také umožňuje využití všech typů monitorů ve všech rozlišeních.

Zatímco při sběru dat na jednom zařízení, či na více identických zařízeních jsou zpravidla výše zmíněné parametry konstantní a nezpůsobují během výzkumu komplikace, při sběru dat na více odlišných zařízeních je potřeba snažit se o minimalizaci odlišností mezi zařízeními, také je v některých případech nutné užít dodatečných úprav a transformací vstupních dat.

Cílem tohoto příspěvku je demonstrovat některé tyto postupy preprocessingu ET dat, kterých bylo potřeba využít v rámci mezikulturní studie percepce komplexních statických scén.

2 Popis zařízení, podnětů a výzkumného souboru

Sběr ET dat pro výzkum probíhal v České republice (FF MU, HumeLab) a na Taiwanu (NCCU). Data byla sebrána na vzorku 129 participantů (60 Taiwanců a 69 Čechů).

2.1 Popis zařízení

Na Taiwanu byl k dispozici desktop ET systém Eye-link 1000. Stimuly byly prezentovány na 19" (ViewSonic P95f+) CRT monitoru s rozlišením 1024 x 768. V ČR byl využit SMI RED eye-tracker s 22" LCD monitorem s rozlišením 1680 x 1050.

2.2 Popis stimulů

Experiment sestával z celkem 60 obrázků – statických fotek reálného světa. Polovina fotek měla podobný charakter jako podněty využité v podobných studiích (např. Chua, Boland, & Nisbett, 2005). Skládaly se z fokálního (výrazného) objektu (zvířata, neživé objekty) umístěného na pozadí s různou měrou komplexity – od relativně uniformních po relativně komplexní. Druhá polovina podnětů měla podobný charakter, ale místo jednoho objektu se na fotce nacházely dva objekty. Kvůli nekompatibilitě ET systémů v ČR a na Taiwanu musely být podněty připraveny ve dvou verzích. Stimuly použité na Taiwanu (Obr. 1 vlevo) měly rozlišení 1024 x 768 v horní a spodní části byl černý pruh. V ČR měly podněty rozlišení 1228 x 768 (byly tedy o 204 px širší) a fotka tak byla ze všech stran rámována černou oblastí.



Obr. 1: Podnětový materiál

3 Preprocessing dat

Sběr dat na dvou odlišných ET zařízeních nás postavil před nutnost volby softwaru, ve kterém provést „sjednocení“ formátu dat a jejich preprocessing. Před samotným importem do Ogamy bylo potřeba vyřešit zejména tyto problémy: a) odlišné typy souborů (.csv u EyeLinku a .txt u SMI), b) odlišné pořadí sloupců v datech, c) ID participantů začínala číslem a nikoliv písmenem (podmínka importu v Ogamě), d) odlišné rozlišení monitorů, e) odlišný formát podnětu.

Při frekvenci snímání 500 Hz a prezentaci jednoho podnětu po dobu 4 sekundy měla data každého participanta přibližně 120.000 rádků. Takto velká data by bylo poměrně časově náročné zpracovávat individuálně např. v tabulkovém editoru. Bylo by také poměrně jednoduché při transformaci dat chybavit. V programu R verze 3.5.2 (R Core Team, 2017) byly napsány skripty (dostupné na vyžádání u autora) pro transformace dat tak, aby je bylo možno importovat do Ogamy (Voßkühler et al., 2008).

Data z ČR a Taiwanu byla transformována každá jiným skriptem tak, aby je bylo v Ogamě možno zpracovávat najednou v rámci jednoho „projektu“. U obou typů dat byly sloupce seřazeny do sekvence „ID participanta – pořadí podnětu – ID podnětu – kategorie podnětu – časová značka – souřadnice X – souřadnice Y – název obrázku“. Ostatní sloupce (např. průměr zornice, či poloha myši) byly ignorovány. Dále byla na začátek sloupce ID participanta doplněna písmena, neboť Ogama při importu neakceptuje, aby tento sloupec začínal číslem (lze upravit manuálně).

U dat z Taiwanu byla k souřadnici X přičtena hodnota 102 pixelů (reprezentující chybějící černou plochu na levé straně podnětu). U dat z ČR byl proveden přepočet rozlišení z 1680 x 1050 na 1228 x 768 (vynásobení souřadnic X a Y hodnotou 0,731) a převod dat z .txt na .csv.

Tyto transformace nám umožnily relativně snadný import do programu Ogama, kdy byl vytvořen projekt se „šířšimi“ podněty o velikosti 1228 x 768. V programu Ogama je nutné data importovat zvlášť po jednom participantovi a to i přesto, že Ogama umožňuje hromadný import. Jak upozorňuje Popelka (2018, str. 141), pokud časy jednotlivých záznamů nejsou unikátní, může v Ogamě při hromadném importu docházet k promíchání dat jednotlivých participantů.

V samotné Ogamě pak byly před exportem dat do statistických programů provedeny následující kroky: a) kresba oblastí zájmu (AOI), b) výpočet fixací za celé podněty a za jednotlivé AOI, c) analýza chybějících dat (Popelka, 2018, str. 151), d) kontrola detekce fixací (de facto analýza odlehlych hodnot u každého participanta a podnětu).

4 Závěr

V tomto příspěvku jsme se snažili popsat úskalí analýzy dat sebraných na více ET zařízeních s odlišnými parametry sběru dat (odlišnosti v podnětech, v rozlišení, ve formátu dat, apod.) Budeme rádi, pokud tento příspěvek pomůže v orientaci výzkumníkům potýkajícím se se stejnými úskalími.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou grantové agentury GAČR v rámci projektu GC19-09265J (Vliv sociokulturních faktorů a písma na percepci a kognici komplexních zrakových podnětů) a stipendia Short-term research award MoE Taiwan. Rád bych poděkoval J. Cahovi za pomoc se skripty v Rku a S. Popelkovi za konzultace k importu dat do Ogamy.

Literatura

- Chua, H., Boland, J., & Nisbett, R. (2005). Cultural variation in eye movements during scene perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(35), 12629-12633.
- Holmqvist, K., Nystrom, M., Dewhurst, R., Jarodzka, H., Van De Weijer, J. (2011). *Eye Tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press.
- Popelka, S. (2014). Optimal eye fixation detection settings for cartographic purposes. *SGEM 2014 Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing Proceedings Volume I*. Sofia, Bulgaria.
- Popelka, S. (2018). *Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii: Praktický průvodce tvorbou a vyhodnocením experimentu*. Olomouc: UPOL.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Voßkühler, A., Nordmeier, V., Kuchinke, L., Jacobs, A. M. (2008). OGAMA (Open Gaze and Mouse Analyzer): Open-source software designed to analyze eye and mouse movements in slideshow study designs. *Behavioral Research Methods*, 40(4), 1150-1162.

Etické principy regulace chování umělé inteligence

David Černý

Ústav státu a práva AV ČR, v. v. i.

Národní 18

11600 Praha 1

Centrum Karla Čapka pro studium hodnot ve vědě a technice

www.cevast.org

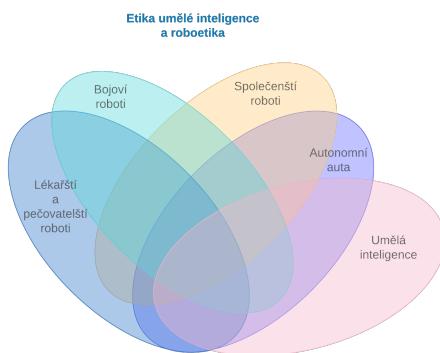
Email: david.cerny@ilaw.cas.cz

Abstrakt

V tomto příspěvku se pokusím načrtout kontury dvou důležitých etických teorií, jež nacházejí významné uplatnění v současné diskusi etiky umělé inteligence a roboetiky: utilitarismu a deontologie. Předložím stručnou charakteristiku obou etických teorií a poukáži na jejich silné a slabé stránky při řešení praktických problémů.

1 Etika a umělá inteligence

Vzhledem k mohutným pokrokům na poli výzkumu a aplikace umělé inteligence a robotiky se do popředí zájmu dostávají také hodnotové a etické otázky, které se dotýkají výzkumu, návrhu designu, pravidel jednání a nasazení systémů AI. Podívejme se na následující obrázek.



Obr. 1: Etika AI a roboetika

Obrázek ukazuje, že oblasti etického zkoumání AI a jejích různých forem „ztělesnění“ se překrývají, vyžadují však také řešení vlastních specifických problémů. Např. v případě etiky společenských robotů se klade velký důraz na sociální dimenzi těchto strojů, která se promítá nejen do hledání etických pravidel regulace chování, ale výraznou měrou zasahuje do samotného procesu vytváření jejich designu, který musí splňovat charakteristiky nutné pro to, aby tito roboti

mohli být skutečnými lidskými společníky. U bojových robotů se střetáváme s klasickými problémy *ius in bello* (etická pravidla vedení válečných konfliktů), u autonomních vozidel nás zase zajímají etická pravidla, jimiž by se tyto automobily měly řídit v případě neodvratné kolize, v níž je možné rozhodnout o distribuci újmy.

V tomto krátkém příspěvku se nemohu věnovat obecným otázkám etiky umělé inteligence či specifickým etickým problémům v rámci jejich různých sfér aplikace. Pokusím se proto charakterizovat dva důležité etické systémy, s nimiž se v dnešní diskusi setkáváme nejčastěji (utilitarismus a deontologickou etiku), a ukázat jejich silné i slabé stránky.

Oba dva etické systémy mají celou řadu různých variant, kterým se zde nemohu věnovat. Pokusím se je proto popsát způsobem, jenž se mi zdá nejvhodnější pro jejich aplikaci v kontextu AI a robotiky. Je však docela dobře možné, že různá ztělesnění AI budou využívat různé etické přístupy, například kombinaci utilitarismu a základních deontologických omezení, pravděpodobně se také setkáme s tím, že v rámci odlišných oblastí využívání AI bude třeba klást důraz na jiné etické systémy a jejich kombinace. Autonomní vozidla se například budou řídit sdílenou etikou AI, ale v případě kolizních situací se do popředí dostane utilitaristická etika minimalizace újmy. Podobně v případě lékařských expertních systémů bude důraz kladený na etiku deontologickou, v některých případech doplněnou utilitarismem, zatímco společenští roboti se budou podřizovat některým principům etiky péče a etiky ctností.

2 Utilitarismus

2.1 Charakterizace utilitarismu

Utilitarismus představuje jednu z nejvlivnějších současných etických teorií s širokou škálou aplikací ve všech oblastech lidské praxe, od vědeckého výzkumu, medicíny, vojenské etiky až po populační etiku či etiku umělé inteligence a roboetiku. Jedním z důvodů široké rozšířenosti utilitarismu je zdánlivě snadná aplikovatelnost v praxi, včetně řešení složitých etických dilemat, a poměrně minimální metaetické předpoklady.

Utilitarismus vychází z několika jednoduchých předpokladů (Mulgan (2007)).

1. **Konsekvenčialismus.** Je-li X nějaký aktér, ϕ_i možné jednání v situaci S a $\delta_1, \dots, \delta_n$ důsledky ϕ_i v S , potom o morálním hodnocení (správné – nesprávné) ϕ_i rozhodují pouze důsledky $\delta_1, \dots, \delta_n$ (Driver (2012)).
2. **Nestrannost.** Je-li X nějaký aktér a ϕ_1, \dots, ϕ_n jsou možné alternativy jednání v situaci S , potom X musí důsledky ϕ_1, \dots, ϕ_n posuzovat nestranně.

Stručný komentář:

1. X se v S rozhoduje, zda porušit (ϕ) či neporušit ($\neg\phi$) slib. Ve své praktické rozvaze bere v úvahu pouze jediný normativní faktor udělující ϕ a $\neg\phi$ jejich etické hodnocení: důsledky. Do své úvahy tedy nezačleňuje jiné možné normativní faktory, např. to, že porušení slibu může samo o sobě představovat typ jednání, které je morálně nesprávné. Jsou-li důsledky ϕ „lepší“ než důsledky $\neg\phi$, potom X slib poruší.
2. X se v situaci S rozhoduje mezi jednáním ϕ_1 a ϕ_2 , jejichž důsledky se dotýkají dvou lidských bytostí: ϕ_1 se dotýká L_1 , ϕ_2 se dotýká L_2 . X musí důsledky obou variant jednání hodnotit bez ohledu na to, zda a případně jak je vztažený k L_1 a L_2 (např. příbuzensky), dokonce i bez ohledu na to, zda platí $X = L_i$.

Kromě dvou předpokladů vymezujících třídu morálně relevantních faktorů (konsekvenčialismus) a způsobu jejich hodnocení (nestrannost) ještě potřebujeme procesní pravidlo, které pro každého aktéra X , situaci S a možné varianty jednání ϕ_1, \dots, ϕ_n jednoznačně vybere to jednání ϕ_i , které je morálně správné.

Předpokládejme, že se určitý systém umělé inteligence (SUI) nachází v situaci S , v níž se před ním otevírá několik možností jednání ϕ_1, \dots, ϕ_n . SUI přírádí každé variantě jednání ϕ_i určitý užitek I_i . Předpokládejme dále, že třída hodnot $\{I_1, \dots, I_n\}$ má maximum, jímž je řekneme hodnota I_3 . Podle utilitarismu je pro SUI v situaci S , zahrnující varianty jednání ϕ_1, \dots, ϕ_n , morálně správné jednání, které maximalizuje užitek, tj. v našem případě ϕ_3 . Namísto užitku budu také hovořit o hodnotě jednání ϕ_i a označovat ji $|\phi_i|$. Je zřejmé, že $|\phi_i| = I_i$.

Utilitarismus tedy požaduje, abychom **maximalizovali užitek**; maximalizace užitku je jediným procesním pravidlem tohoto etického systému.

Hodnotu $|\phi_i|$ jednání ϕ_i jsem označil za užitek. Utilitarismus je nekompletní, dokud přesně nespecifikujeme povahu tohoto užitku. Jak však užitek definovat a kvantifikovat? Utilitarismus patří mezi tzv. welfaristické

teorie, považuje welfare (jak dobrý život určitého subjektu S je) za klíčový normativní faktor, neboť důsledky $\delta_1, \dots, \delta_n$ variant jednání ϕ_1, \dots, ϕ_n vyhodnocujeme na základě jejich pozitivního či negativního (případně i neutrálního, nastane-li taková situace) příspěvku k welfare S .

Užitek je možné definovat různými způsoby, které odpovídají různým koncepcím welfare. Nejčastěji se v kontextu utilitarismu setkáváme s dvěma teoriemi welfare (dobrého života):

1. **Hédonismus** (Carson (2011)).

- Věcný stav „ S zažívá v čase t_i potěšení v míře D “ je jedinou kladnou hodnotou (pozitivním příspěvkem k dobrému životu).
- Věcný stav „ S zažívá v čase t_i utrpení v míře D “ je jedinou negativní hodnotou (negativním příspěvkem k dobrému životu).

2. **Preferencialismus** (Olsaretti (2006)).

- Věcný stav „ S v čase t_i touží po tom (přeje si, aby), aby propozice P byla pravdivá v míře D a P je pravdivá“ je jedinou kladnou hodnotou (pozitivním příspěvkem k dobrému životu).
- Věcný stav „ S v čase t_i touží po tom (přeje si, aby), aby propozice P byla pravdivá v míře D a P je nepravdivá“ je jedinou negativní hodnotou (negativním příspěvkem k dobrému životu).

Velmi důležitým prvkem utilitaristického kalkulu je předpoklad, že důsledky jednání lze vyjádřit v pojmech užitku, tj. lze je kvantifikovat a srovnávat (maximalizace totiž vyjadřuje ideu, že morálně správné jednání je takové, které má nejvyšší hodnotu). Jak by taková kvantifikace mohla vypadat? Ukažeme si to na příkladu hédonismu (Feldman (2004)). Nejdříve musíme stanovit nějakou základní jednotku potěšení – nazveme si ji hédonem a označíme $H -$, dále musíme určit základní jednotku utrpení – nazveme si ji dolorem a označíme $D -$, a nakonec určíme, že platí:

$$|H| = |D|. \quad (1)$$

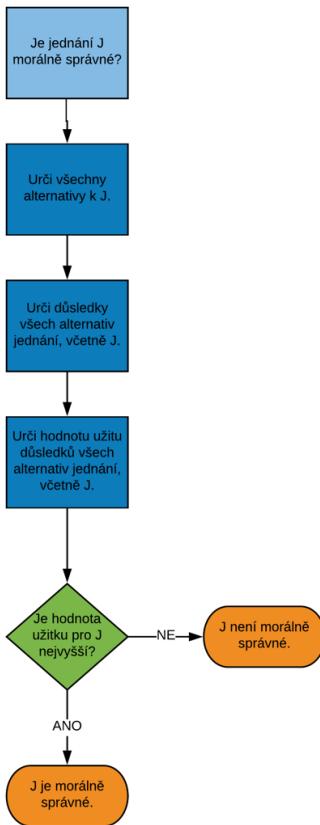
Absolutní hodnota hédonu je rovna absolutní hodnotě doloru, dolor mají jako negativní hodnoty zápornou hodnotu. Dále určíme, že množství hédonů nějaké pozitivního věcného stavu v t_i je rovno D , tj. míře potěšení v t_i , případně že množství hédonů $Sum(D)_{<t_i, t_j>}$ věcného stavu v intervalu $< t_i, t_j >$ je rovno celkovému množství hédonů mezi t_i a t_j .

Analogicky budeme postupovat v případě dolorů. Konečným krokem je určení balance hédonů a dolorů, vyjádřené pojmem hédono-dolorické balance (HDB), pro niž platí:

$$HDB = H + D. \quad (2)$$

Řekněme, že HDB osoby S je rovna a a aktér X zvažuje varianty jednání ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 , pro které (vzhledem k S) platí: $|\phi_1| = 5$, $|\phi_2| = -7$, $|\phi_3| = 12$. Tato tři čísla určují, jak (kvalita – pozitivně – negativně) a v jakém mříze (kvantita) jednání ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 ovlivní $HDB S$. Je zřejmé, že dvě varianty – ϕ_1, ϕ_3 – zasáhnou do welfare S pozitivně (zlepší život S), zatímco jedna varianta – ϕ_2 – ovlivní welfare S negativně. Vzhledem k tomu, že hodnota jednání ϕ_3 je nejvyšší, jedná se o morálně správné jednání.¹

Celou rozhodovací proceduru názorně shrnuje následující obrázek:

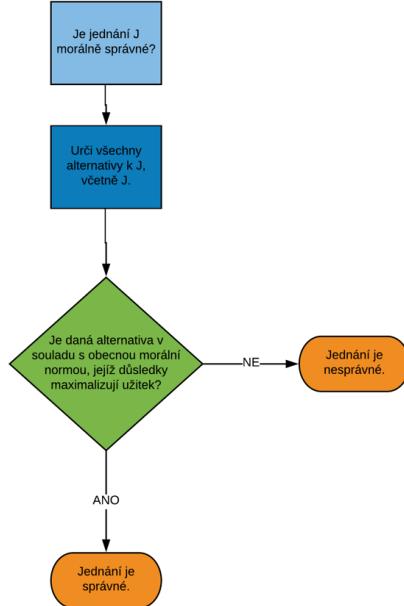


Obr. 2: Utilitarismus činů: rozhodovací procedura

Utilitaristická praktická rozvaha může mít ještě jednu podobu. Namísto hodnocení důsledků každého konkrétního činu (proto o výše popsané verzi utilitarismu hovoříme jako o **utilitarismu činů**) hodnotíme obecné morální normy a volíme takové, jejichž internalizace ve společnosti má nejlepší důsledky (Hooker (2000)). Je-li tedy Δ obecná morální norma, pod níž spadající jednání má nejlepší možné důsledky, potom

¹Užitek $|\phi_i|$ jednání ϕ_i je odvozenou veličinou, kterou získáme tak, že určíme množinu $\{\delta_1, \dots, \delta_n\}$ důsledků ϕ_i , každému důsledku přiřadíme jeho užitek a posléze je sečteme.

pro aktéra X v situaci S platí, že spadá-li z existující množiny jednání $\{\phi_1, \dots, \phi_n\}$ nějaká varianta ϕ_i pod normu Δ , potom je ϕ_i morálně správné jednání. Této verzi utilitarismu říkáme **utilitarismus pravidel** a jeho rozhodovací procedury shrnuje následující obrázek:



Obr. 3: Utilitarismus pravidel: rozhodovací procedura

2.2 Aplikace utilitarismu v etice AI a roboetice

Utilitarismus představuje velmi přímočarou etickou teorii, která může být poměrně snadno aplikovatelná v praxi. Přesto jsou s ní spojeny určité potíže, které se zde pokusím velmi stručně popsat.

Jedním z důležitých předpokladů vtělených do systému utilitaristické etiky je nestrannost: jestliže aktér X v dané situaci S hodnotí možné důsledky svého jednání (variant jednání, přičemž i nejedná je variantou jednání), musí je zvažovat bez ohledu na to, zda se tyto důsledky dotýkají jeho samého, lidí, s nimiž je spřízněný či spojený různými společenskými vazbami, jako je přátelství, sousedství apod. Mohl by se ale takovou etikou řídit např. pečovatelský robot, který je naším majetkem a byl zakoupený pro to, aby se staral o naši babičku v domově důchodců? Chápali bychom jako eticky přijatelné, aby tento robot nepřetržitě monitoroval své okolí, další obyvatele domova důchodců a neustále na základě maximalizace užitku hodnotil, komu má ve skutečnosti v dané situaci věnovat svou pozornost?

Tento problém by zřejmě šlo vyřešit tak, že by se tito roboti řídili pravidlem, podle kterého mají vždy a za všech okolností dávat přednost svému majiteli či tomu, do jehož péče jsou svěřeni. V takovém případě by se však nejednalo o utilitaristickou etiku, přinejmenším

ne o její čistou verzi, protože by byla doplněna tímto deontologickým pravidlem, v jehož rámci (vždy dávat přednost majiteli) by robot dále mohl jednat ve shodě s utilitarismem.

Uvažme jiný příklad, etiku kolizních situací autonomní vozidel (AV). Tato etika může mít poměrně jednoduchou strukturu: za všech okolností minimalizuj újmu. Znamená to tedy, že se AV mají touto etikou řídit vždy, i za tu cenu, že obětuje posádku v případě, že užitek jejího obětování je byť i jen o málo větší, než užitek neobětování? Budou si však lidé ochotni si taková AV kupovat, budou ochotní jím svěřit své blízké a milované? Pokud ne, bude to mít důležité etické důsledky. Autonomní doprava slibuje snížit počet obětí dopravních nehod až o 93 %, nicméně nebudou-li lidé ochotní si tato utilitaristická vozidla kupovat, výraznou měrou to zbrzdí nástup autonomní dopravy se všemi benefity, které slibuje. Podobně si ale lidé nebudou přát vozidla, které dají přednost posádce za všech okolností. Například v situaci jeden řidič – pět dětí na přechodu si většina lidí bude myslet, že by AV mělo obětovat řidiče, tedy posádku.

Opět by bylo možné tuto situaci vyřešit tak, že by AV kombinovala dva typy etických úvah, utilitaristické a deontologické. Prostřednictvím experimentálního výzkumu morálních intuíc potenciálních uživatelů AV by bylo možné zjistit, kde nastavit prahy, oddělující oba dva etické přístupy. Výsledkem by byl hybridní etický systém, který by AV příkazoval dát přednost posádce bez ohledu na důsledky (deontologie), ale pouze do určité poměru způsobené újmy. Za tímto empiricky zjištěným prahem (např. poměr 1 život ku 3) by se AV již chovala utilitaristicky. Tuto hybridní povahu etiky AV lze ospravedlnit vnějších kritériem utilitaristické povahy, totiž tím, že zavedení AV do provozu ušetří ročně desítky tisíc životů, obrovské škody na zdraví a na majetku.

I kdybychom však došli k nějakému hybridnímu etickému systému AV, problémy by nastaly v okamžiku překročení prahu směrem k utilitaristické komponentě. Jak budeme určovat důsledky jednání? Nabízí se jednoduché řešení: určíme tři kategorie újmy – újmu na životech, újmu na zdraví a újmu na majetku. Provádět kvantifikaci a srovnávání v rámci jednotlivých kategorií by nemuselo být tak obtížné (1 život vůči pěti, jedna zlomená ruka oproti bouli na hlavě, škoda 100 000 korun vůči miliónové škodě apod.), jak však budeme provádět kvantifikaci a srovnávání mezi různými kategoriemi újmy, např. mezi újmou na životech a újmou na zdraví? Je možné říci, že jeden lidský život je převážený pěti zlomenými rukami a jednou zlomeninou páteře? A skutečně je eticky korektní taková srovnávání provádět a dovolit AV, aby dalo přednost minimalizaci obrovské majetkové újmy a obětovalo jeden lidský život?

Nebo se zamysleme nad lékařskými expertními systémy, které by mohly lékařům pomáhat se svízelými etickými problémy, např. s alokací vzácných

zdrojů v kontextu transplantacní medicíny. Představme si, že lékaři mají pět pacientů, kteří nutně potřebují transplantaci vitálního orgánu, nemají však žádného vhodného dárce. Může expertní systém doporučit zabít zdravého pacienta bez příbuzných a použít jeho orgánů? Z hlediska utilitarismu není rozdíl mezi zabitem (usmrcením pacienta) a ponecháním zemřít (neposkytnutím orgánů pěti pacientům) – důsledek je pokaždé stejný. Chtěli bychom však, aby se lékaři řídili radami takto uvažujícího systému umělé intelligence? Neměl by obsahovat nějaká zásadní omezení (spadající opět do deontologické etiky) typu „usmrcení nevinného člověka je za všech okolností nepřípustné, bez ohledu na důsledky“? Výsledkem by opět byl systém, který je z etického hlediska hybridní, neboť kombinuje dva typy úvah - utilitaristickou a deontologickou.

Na základě těchto úvah, které zde nemohu dále rozvádět, se domnívám, že se s utilitaristickou etikou nebudeme v čisté podobě v oblasti AI a robotiky příliš setkávat, třebaže má celou řadu velmi vlivných zastánců a po překonání určitých problémů (např. určení hodnot jednání) by byla velmi snadno implementovatelná do řídících algoritmů systémů umělé inteligence.

3 Deontologická etika

Pod hlavičkou „deontologické systémy“ se skrývá celá řada etických přístupů, které je obtížné jednoduše a jednoznačně charakterizovat (Kagan (1998)). Obvykle pro ně platí, že pracují s obecnými etickými principy (např. respektem k lidské autonomii), které ukotvují celou řadu obecných morálních norem. Deontologické systémy se často používají při formulaci etických profesních norem, např. norem lékařské etiky, etiky soudců, novinářské etiky, roboetiky apod.

V případě deontologických etik se setkáváme s odmítnutím principu maximalizace užitku. Namísto něj se většinou postuluje celá řada obecných negativních a pozitivních morálních norem, které ukládají negativní (např. nezabíješ) či pozitivní (např. pomáhej lidem v nouzí) povinnosti.

Deontologické etiky tedy mohou postupovat tak, že nejdříve určí obecné morální principy, v nichž jsou zakotveny obecné morální normy. Nechť Υ představuje třídu morálních norem. Třída $\Phi, \Phi \subset \Upsilon$ je třídou pozitivních morálních norem vyjádřených formou příkazů či doporučení („Musíš pomáhat rodině“, „Měl bys pomáhat hladovějícím dětem v Africe“ apod.), zatímco třída $\Psi, \Psi \subset \Upsilon$ je třídou negativních morálních norem („Nikdy nesmíš usmrít nevinnou lidskou bytost“, „Mučení je za všech okolností nepřípustné“ apod.). Pro tyto tři třídy platí:

$$\Phi \cup \Psi = \Upsilon \quad (3)$$

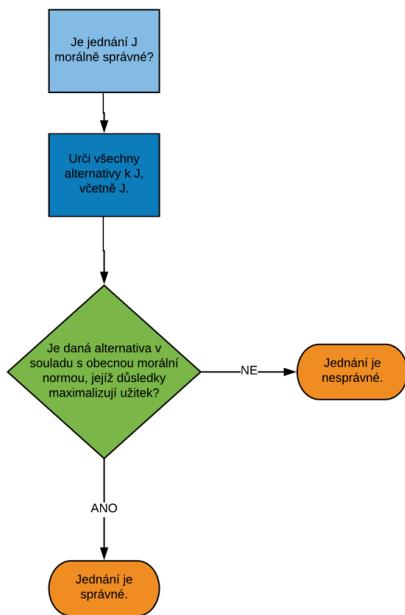
$$\Phi \cap \Psi = \emptyset \quad (4)$$

Třídy Φ a Ψ se neliší pouze způsobem ukládání závazku, ale také tím, že o třídě Φ často říkáme, že její prvky jsou platné *semper sed non ad semper* (vždy, ne za všech okolností), zatímco prvky třídy Ψ jsou platné *semper et ad semper* (vždy a za všech okolností) (Finnis (1991)). Je to poměrně jednoduché: negativní normy jasně vymezují určité formy jednání a specifikují je jako morálně nepřípustné, pozitivní normy sice platí vždy, je však možné je naplňovat v různých situacích různým způsobem. Zákaz vraždy jasně defnuje, co nesmíme, a platí vždy a za všech okolností, příkaz pomáhat bližnímu však nespecifikuje možné varianty jednání, které lze chápat jako pomoc bližnímu, ani neurčuje, koho bližním máme vlastně myslit (pomoc bližnímu se tak může za určitých okolností prostě redukovat na pomoc vlastní rodině).

Deontologická etika tedy požaduje, abychom nejdříve určili povahu jednání ϕ_i (vražda, zabítí v nedbalosti, krádež, pomoc bližnímu, nevěra, sebevražda...) a poté povahu ϕ_i srovnali s Υ :

- Spadá-li ϕ_i pod Φ , potom je ϕ_i morálně správné a *ipso facto* přípustné.
- Spadá-li ϕ_i pod Ψ , potom je ϕ_i morálně nepřípustné.
- Nespadá-li ϕ_i pod Υ , potom je morálně indiferentní.

Rozhodovací proceduru v rámci deontologické etiky shrnuje následující obrázek:



Obr. 4: Deontologická etika: rozhodovací procedura

Příklad: Medicínský robot zvažuje, zda odebrat orgány zdravému člověku a zachránit tak životy pěti

nemocným a umírajícím pacientům. Takové jednání by sice maximalizovalo užitek, tento robot však postupuje podle pravidel deontologické etiky: usmrcení nevinné lidské bytosti spadá do kategorie „vražda“ a vražda je typem jednání zapovězeném negativní morální normou „vražda je za všech okolností nepřípustná“.

Deontologická etika se často interpretuje tak, že ukládá negativní a pozitivní povinnosti:

1. **Negativní morální povinnost.** Je-li X nějaký aktér, potom X má negativní povinnost $P_{\phi_i}^n$, existuje-li jednání ϕ_i takové, že $P_{\phi_i} \in \Psi$.
2. **Pozitivní morální povinnost.** Je-li X nějaký aktér, potom X má pozitivní povinnost $P_{\phi_i}^p$, existuje-li jednání ϕ_i takové, že $P_{\phi_i}^p \in \Phi$.

Pozitivní a negativní morální povinnosti nelze mezi sebou nějakým způsobem poměřovat, tj. jakási morální aritmetika, s níž jsme se setkali např. v případě etiky minimalizace újmy (3 životy vůči jednomu apod.), je možná pouze v rámci jednotlivé kategorie morálních povinností. Není tedy např. možné naplňovat pozitivní povinnosti (např. zachránit život pěti pacientů), pokud by byla porušena negativní povinnost (neusmrtil nevinou lidskou bytost).

Deontologické přístupy k regulaci AI jsou více v souladu s mezinárodními úmluvami ukotvenými lidskými právy a respektem k lidské důstojnosti, svobodě, rovnosti a solidárnosti než etiky založené na utilitaristické rozvaze.

Pokud však chceme formulovat konkrétní obecné morální normy, musíme se shodnout na základních principech, o něž by se tyto normy opíraly. V současnosti se v oblasti etiky AI nejčastěji zmiňují následující principy:

Princip beneficence
• Čin dobré
Princip non-maleficence
• Nepůsob újmu
Princip autonomie
• Respektuj autonomii lidských bytostí a jejich aktérství
Princip férovnosti
• Budé férovný
Princip transparentnosti
• Jednej transparentně

Obr. 5: Principy etiky AI

Podívejme se na jednotlivé principy poněkud podrobněji:

- **Princip beneficence** se pohybuje v rovině pozitivních morálních norem a závazků a požaduje, aby se AI chovala k lidem způsobem, který aktivně přispívá k rozvoji jejich welfare, jak v individuální, tak i společenské úrovni. Může zahrnovat podporu demokratických procesů a vlády práva ve společnosti, zajištění služeb a statků ve

- vysoké kvalitě a za nízkou cenu, týká se ale také specifickější role AI ztělesněné např. v podobě medicínských expertních systémů a robotů či společenských a sociálních robotů, včetně sexbotů.
- **Princip non-maleficence** spadá do negativní oblasti morálních norem a povinností a ukládá AI, aby svým jednáním nepůsobila lidským bytostem újmu. Újmu zde musíme chápat velmi široce, od újmy na zdraví či životě až po psychickou. Vzhledem k tomu, že k lidskému welfare výraznou měrou přispívá i kvalita životního prostředí, je možné tímto principem odůvodnit morální normy zakazující AI poškozovat životní prostředí či působit újmu živočichům, zvláště těm, vůči nimž máme silné emocionální vazby.
 - **Princip autonomie** vyjadřuje vysoký respekt k lidským bytostem jako autonomním aktérům, kteří mají právo informovaně a svobodně určovat kontury svého dobrého života a v mezích morálky tento život naplňovat. Může zakotovat morální normy zakazující AI obelhávat lidské bytosti, nejspíše je informovat či jinak omezovat jejich možnosti informované volby, nemluvě o normách zakazujících neoprávněně je omezovat ve svobodě vyznání, názoru, projevu a pohybu.
 - **Princip spravedlnosti** vyžaduje, aby byl vývoj, využití a regulace AI férový, nediskriminoval určité skupiny obyvatel a umožňoval jim férový přístup k benefitům – např. v oblasti vzdělání, lékařských procedur či služeb – poskytovaných AI. Princip férovosti v oblasti vzácných zdrojů – a AI a její služby zatím nejsou přístupné všem – nevyžaduje, aby všichni dostali stejně, nýbrž to, aby jejich potřeby byly férově vzaty v úvahu.
 - **Princip transparentnosti** je specifickým principem etiky umělé inteligence a požaduje, aby systémy umělé inteligence byly kontrolovatelné a alespoň v základních obrysech srozumitelné všem lidem. Tento požadavek je klíčový vzhledem k tomu, že systémy AI jsou a stále více budou součástí naší společnosti ve všech jejích dimenzích a důvěra lidí v umělou inteligenci je nutná pro vzájemnou a dobrou koexistenci lidí a AI, bez níž se benefity s AI spojené budou jen obtížně uplatňovat. V rámci principu transparentnosti lze jako morální požadavek vyžadovat také transparentní právní úpravu regulující využití systému AI, zvláště v oblasti ochrany osobních údajů či odpovědnosti umělých systémů.
- Tyto principy umožňují formulovat celou řadu pozitivních a negativních morálních norem, jimiž by se AI měla řídit, aby se mohla stát **důvěryhodnou (trustworthy) umělou inteligencí**, která bude:
1. Respektovat lidskou důstojnost, práva a hodnoty.
 2. Byla technicky natolik robustní, aby byla transparentní a spolehlivá.
- I tento přístup má však celou řadu problémů, jež nastávají v okamžiku, kdy se jednotlivé principy dostávají do konfliktu. Chápeme-li je jako absolutní, neexistuje žádné řešení tohoto konfliktu a umělá inteligence řídící se tímto přístupem by se v praxi velmi často dostávala do situace, kdy by nevěděla, jak postupovat. Řešení by mohlo spočívat v tom, že bychom principy a z nich odvozené normy a povinnosti nechápalí absolutně, jako platné vždy a všude, ale jako tzv. *prima facie* principy (normy a povinnosti). O nějakém principu (morální normě) říkáme, že je *prima facie*, pokud je platný, mohou ale nastat situace poskytující důvody převažující platnost tohoto principu. Otázkou potom samozřejmě je, jak přesně určit, kdy a které důvody daný princip převažují.
- ## 4 Case study: autonomní vozidla
- Domnívám se, že popsané problémy poměrně přesvědčivě ukazují, že se v případě etiky umělé inteligence budeme muset vzdát představy, že k její regulaci bude možné využít pouze jeden „čistý“ etický systém (jako je utilitarismus či nějaká verze deontologické etiky). Spíše budeme muset využívat více etických systémů, každý zaměřený na specifické cíle daného systému umělé inteligence.
- Zaměřme se např. na etiku regulující provoz autonomních vozidel (AV). V případě AV musíme rozlišit několik etických rovin; první z nich se týká samotné existence této sofistikovaných robotů a jejich etických a společenských důsledků. Podívejme se na následující graf (Mauer M. (2015)):
-
- | Příčina | Procentuální podíl (%) |
|-------------------|------------------------|
| Jiné příčiny | ~1,0 |
| Prostředí/počasí | ~2,0 |
| Technické selhání | ~1,0 |
| Lidské selhání | ~90,0 |

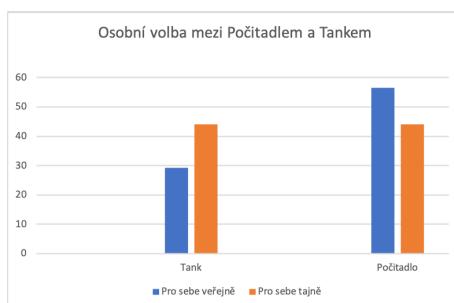
Obr. 6: Příčiny dopravních nehod

Drvitá většina dopravních nehod je způsobena lidským faktorem. Na celém světě dochází ročně zhruba k 1.240.000 smrtelných dopravních nehod, v ČR bylo v roce 2017 při nehodách usmrcto 502 lidí. Všechna tato čísla ukazují, že zavedení AV do provozu je skutečným morálním imperativem, protože bude mít blahodárné účinky, výraznou měrou sníží počet dopravních nehod (v ideálním případě až o 93 %). Máme zde tedy první morálně relevantní faktor: důsledky zavedení určité technologie, v tomto případě AV, do praxe. Když

zvažujeme etická pravidla regulace chování AV, musíme mít tento faktor neustále na paměti. Je nepochybné, že se AV budou dostávat do eticky problematických situací a někdy v nich budou jednat v rozporu s morálními intuicemi určité části populacem, tento fakt je však vyvážen benefity, plynoucími z existence AV.

Aby však celá společnost mohla mít prospěch z AV, je nezbytné, aby se stala skutečně rozšířenou technologií, což samozřejmě také předpokládá, že si je lidé budou chtít kupovat, budou ochotní jim svěrovat své životy a životy a životy svých blízkých. První normativní faktor (prospěch z existence a využívání AV) představuje silné – zřejmě dokonce přesvědčivé – důvody k zavedení AV do provozu, to ale předpokládá ochotu potenciálních kupců si tato vozidla skutečně kupovat. Je proto třeba vědět, jaké jsou morální intuice těchto potenciálních uživatelů AV, zvláště v případě možných kolizních situací.

Výzkumy ve světě (Bonnefon (2016)) i náš vlastní, zatím nepublikovaný výzkum ukazují, že lidé nemají konzistentní postoje. Třebaže si většina z nich myslí, že správný morální algoritmus řídící AV by měl respektovat principy etiky minimalizace újmy (utilitarismus) – takovému autu jsme dali název Počtař –, pokud by si mohli volit z více variant, dali by pro sebe a svou rodinu přednost typu Tank, tj. algoritmu, který by v kolizních situacích chránil posádku. Např. v případě, že by volili pro sebe, rozhodovali by se v tajné volbě (nebylo by zřejmé, zda vlastní Tank, nebo Počtaře) výrazně jinak, než ve volbě veřejné či v obecném hodnocení, jaký typ morálního algoritmu je správný:



Obr. 7: Tajná a veřejná volba řídícího algoritmu

Pokud tedy chceme, aby AV naplnila svůj morální potenciál, musíme najít rovnováhu mezi etickými intuicemi jejich potenciálních uživatelů a regulací chování AV v kolizních situacích. Software AV zřejmě bude využívat dva etické systémy – utilitarismus, ukládající minimalizaci újmy –, a nějakou formu deontologické etiky, ukládající ochránit posádku. O aplikaci prvního či druhého systému bude rozhodovat metaprincip („nyní minimalizuj újmu“, „nyní chrán posádku“), který v případě překročení empiricky (na základě výzkumu morálních intuic) určeného prahu založeného na srovnávání celkové újmy rozhodne, zda v dané konkrétní situaci použít první či druhý etický systém.

V praxi by to mohlo vypadat např. takto: práh (pro životy) 1 : 2. Je-li tedy v AV jeden řidič a na silnici jeden či dva chodci, metapravidlo určí, že v případě hrozící smrtelné kolize se AV má řídit deontologickou etikou. Je-li práh překročený (jeden řidič – tři chodci, dva spolujezdci – šest chodců …), metapravidlo rozhodne, že se AV musí řídit etikou minimalizace újmy.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou projektu TAČR TL01000467 s názvem *Etika provozu autonomních vozidel*. Děkuji Jiřímu Wiedermannovi za komentáře k první verzi tohoto textu.

Reference

- Anderson, M. a Anderson, S. L. (zost.) (2011). *Machine Ethics*. Cambridge University Press, 1. vyd.
- Bonnefon, J-F., S. A. R. I. (2016). The social dilemma of autonomous vehicles. *Science*, 352(6293):1573–76.
- Carson, T. L. (2011). *Value and the Good Life*. University of Notre Dame.
- Driver, J. (2012). *Consequentialism*. Routledge.
- Feldman, F. (2004). *Pleasure and the Good Life. Concerning the Nature, Varieties, and Plausibility of Hedonism*. Oxford University Press.
- Finnis, J. M. (1991). *Moral Absolutes. Tradition, Revision, and Truth*. The Catholic University of America Press.
- Hooker, B. (2000). *Ideal Code, Real World*. Oxford University Press.
- Kagan, S. (1998). *Normative Ethics*. Routledge.
- Lin, P., Abney, K. a Bekey, G. A. (zost.) (2014). *Robot Ethics. The Ethical and Social Implications of Robotics*. MIT Press.
- Lin, P., Jenkins, R. a Abney, K. (zost.) (2017). *Robot Ethics 2.0 From Autonomous Cars to Artificial Intelligence*. Oxford University Press.
- Mauer M., Gerdes, C. L. B. W. H. (zost.) (2015). *Autonomous Driving. Technical, Legal and Social Aspects*. Springer.
- Mulgan, T. (2007). *Understanding Utilitarianism*. Acumen.
- Olsaretti, S. (zost.) (2006). *Preferences and Well-Being*. Cambridge University Press.

Meranie kapacity vizuálnej priestorovej pracovnej pamäte a schopnosti filtrovania

Barbora Cimrová^{1,2}, Igor Farkaš¹, Peter Gergel¹, Roman Rosipal³

¹ Centrum pre kognitívnu vedu FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

² Ústav normálnej a patologickej fyziológie CEM SAV, Sienkiewiczova 1, 813 71 Bratislava

³ Ústav merania SAV, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava

{cimrova, farkas,gergel}@fmph.uniba.sk, roman.rosipal@savba.sk

Abstrakt

Vizuálno-priestorové funkcie hrajú dôležitú úlohu v kognícii. V rámci výskumného projektu zameraného na testovanie vplyvu kognitívneho tréningu vo virtuálnej realite na pracovnú priestorovú pamäť sme riešili implementáciu kognitívneho testu detekcie zmeny, v ktorom má proband detektovať zmenu orientácie na jednom z cieľových objektov vnímaných periférne. Súčasťou metodológie je aj návrh poloautomatizovaného detektora artefaktov (najmä sakádických pohybov očí), ktoré kontaminujú meranie, ak subjekt nežiaduce pohne očami smerom k cieľovému objektu počas jeho prezentácie.

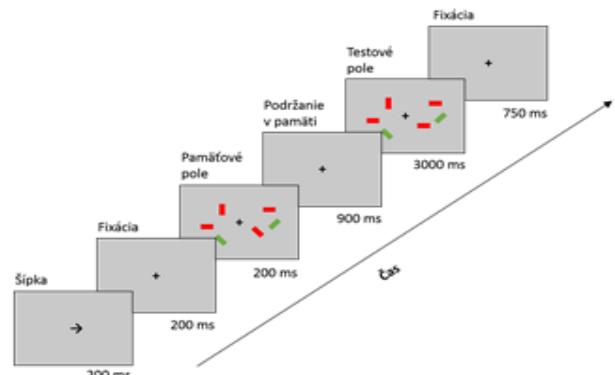
1 Testovanie vizuálno-priestorovej pozornosti

Vizuálna pracovná pamäť predstavuje aktívne udržanie informácie v pamäti, ktoré slúži pre potreby prebiehajúcej úlohy (Luck a Vogel, 2013). Je známe, že kapacita vizuálnej pracovnej pamäti je silne korelovaná s celkovým kognitívnym výkonom jednotlivca (Kyllonen a Christal, 1990) a aj z tohto dôvodu patrí k pomerne intenzívne skúmaným kognitívnym fenoménom, a to aj na úrovni svojich neurálnych korelátov a mechanizmov (Vogel a Machizawa, 2004). Vogel a Machizawa (2004) ukázali, že krivka elektroencefalografickej aktivity snímanej z temenných oblastí na jednej strane hlavy je úmerná počtu objektov, ktoré si meraný jedinec držal v pracovnej pamäti a pochádzali z opačnej (kontralaterálnej) strany zorného poľa.

Na testovanie vizuálnej pracovnej pamäti sa štandardne používa úloha spozorovania zmeny (change detection task, CDT). V tejto úlohe je subjektu najskôr na krátku dobu prezentovaná vizuálna scéna (pamäťové pole) a po ďalšom časovom intervale, počas ktorého si má participant túto informáciu udržať v pamäti, sa mu opäť ukáže táto scéna (testové pole) budť nezmenená alebo s drobnou zmenou. Úlohou je určiť, či k zmene došlo alebo nie. Náročnosť tejto úlohy narastá s počtom objektov, ktoré sú na scéne prezentované. Maximálny počet objektov, ktoré si jedinec dokáže v pamäti udržať, sa nazýva kapacita pracovnej pamäte. V našom

projekte sme použili CDT z klasickej štúdie (Vogel a Machizawa, 2004), ktorá umožňuje odhaliť schopnosť participanta filtrovať irrelevantné distrakčné podnety. Použili sme programovacie prostredie PsychoPy (Peirce a kol., 2019), ktoré umožňuje nadizajnovať priebeh experimentu podľa ľubovoľných časových aj vizuálnych požiadaviek. Na zobrazenie sme použili monitor šírky 59,5 cm s rozlíšením 2560 x 1440. Subjekt sedel pred monitorm vo vzdialosti 70 cm.

Schéma priebehu jedného pokusu je znázornená na Obr. 1. Keďže neurálny korelát pracovnej pamäti je lateralizovaný (dá sa nameráť vždy iba z kontralaterálnej mozgovej hemisféry k polovici zorného poľa, z ktorej sa informácia drží v pamäti), celá úloha je nadizajnovaná tak, aby sa jedinec v každom pokuse sústredil iba na jednu stranu zorného poľa. To, ktorá strana bude pre daný pokus dôležitá, je naznačené šípkou (smerujúcou doľava alebo doprava) zobrazenou po dobu 200 ms na začiatku každého pokusu. Na danú stranu sa však subjekt musí sústredit iba zameraním svojej pozornosti. Pohľad musí mať počas celého priebehu upriamený do stredu obrazovky (označeného fixačným krížikom). Po krátkej pauze (200 ms) sa tiež nakrátko zobrazí samotné pamäťové pole. V našom prípade je zložené z obdĺžnikov orientovaných v štyroch možných orientáciách (horizontálne, vertikálne alebo diagonálne v dvoch možných smeroch). Po zmiznutí pamäťového poľa je nutné udržať si v pamäti orientáciu všetkých cieľových obdĺžnikov na strane, predtým naznačenej šípkou. Cieľové obdĺžníky majú počas celého experimentu iba



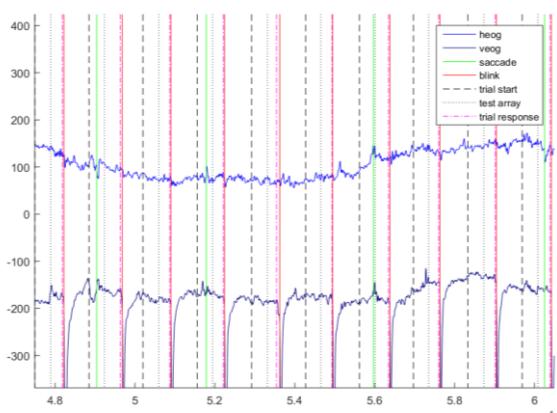
Obr. 1 Schéma jedného pokusu úlohy detekcie zmeny.

červenú farbu. Ďalšie prípadné obdlžníky (modré alebo zelené) nie sú pre úlohu dôležité a slúžia na distrakciu (vyrušenie a sťaženie úlohy). Po skončení retenčného intervalu sa opäť zobrazí rovnaké pole obdlžníkov, no jeden z červených obdlžničkov mohol zmeniť orientáciu. Úlohovou subjektov je označiť tlačítkom, či došlo alebo nedošlo k tejto zmene.

Na základe výsledkov z pilotných meraní sme v našom experimente použili v jednom pokuse bud' dva, tri alebo štyri cieľové podnety (červené obdlžníky) a bud' žiadne alebo dva distraktory (zelené alebo modré obdlžníky). Celkovo bolo počas jedného sedenia prezentovaných 240 pokusov v piatich blokoch s 3-minútovou prestávkou medzi blokmi. Jedno sedenie trvalo približne 30 minút.

2 Detekcia pohybu očí

Napriek inštrukciám, aby probandi počas testu zameriavali pohľad len na krížik v strede a pred odpoved'ou tlačítkom nepohybovali očami, toto sa ukázalo nutné kontrolovať. Nežiaduce pohyby očí (žmurknutia a sakády – rýchle presunutia pohľadu pri zmene fixácie) spôsobujú artefakty kontaminujúce signál EEG, ale hlavne narúšajú podmienku experimentálneho dizajnu vyžadujúcu lateralizované vnemy. Preto sme navrhli poloautomatickú metódu na detekciu pohybu očí, založenú na generovaní riadených signálov EOG (elektrookulogram), keď proband mal podľa inštrukcií niekoľkokrát rýchlo pohnúť očami smerom k náhodne zvolenému statickému objektu na obrazovke, a potom stlačiť tlačidlo. Na základe tohto sme potom mohli nastaviť individuálne prahy pre sakády a žmurknutia na základe vizuálnej analýzy predspracovaného signálu EOG (zaznamenávajúceho horizontálny a vertikálny pohyb očí). Predspracovanie signálu bolo inšpirované prácou



Obr. 2 Ukážka výseku signálu s detekovanými sakádami (zelenou) a žmurkami (červenou). Horný signál predstavuje horizontálny, a dolný signál vertikálny EOG signál. Dôležité je, aby artefakt nenastal v "zakázanom pásme", t.j. od začiatku pokusu (trial start) po odpoveď tlačidlom (trial response).

Toivanen, Pettersson, Lukander (2015), kde sa používali diferenciálne signály, separátne pre horizontálny pohyb (zaznamenávajúci sakádu) a vertikálny pohyb (žmurk), pričom oba signály boli následne filtrované (pásmovej filter od 0.1 do 5 Hz). Ukážka detekcie artefaktov pomocou navrhnutej metódy je na Obr. 2. Pokusy s detekovanými artefaktmi sa nezahŕňajú do ďalšej analýzy, ak ich je viac ako 20%, probanda nemožno zahrnúť do skupiny.

3 Záver

Predstavená implementácia úlohy spozorovania zmeny, spolu s riešením problému detekcie pohybu očí, sa ukázali ako použiteľné nástroje pre náš výskumný projekt zameraný na testovanie vplyvu kognitívneho tréningu vo virtuálnej realite na pracovnú priestorovú pamäť, ktorého protokol sme predstavili v inom článku (Korečko a kol., 2018).

Pod'akovanie

Tento príspevok bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu APVV-16-0202.

Literatúra

- Korečko Š., Hudák M., Sobota S., Marko M., Cimrová B., Farkaš I., Rosipal R. (2018). Assessment and training of visuospatial cognitive functions in virtual reality: proposal and perspective. V zborníku *9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, 39-43.
- Kyllonen, P. C. a Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?!. *Intelligence*, 14(4), 389-433.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2013). Visual working memory capacity: from psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(8), 391-400.
- Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., ... & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 1-9.
- Toivanen, M., Pettersson, K., Lukander, K. (2015). A probabilistic real-time algorithm for detecting blinks, saccades, and fixations from EOG data. *Journal of Eye Movement Research*, 8(2):1,1-14.
- Vogel, E., Machizawa, M. (2004). Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature*, 428, 6984, pp. 748–751.

A connectionist model of acquisition of noun phrases with syntactic bootstrapping

Benjamin Fele

Faculty of Education, University of Ljubljana
Kardeljeva ploščad 16, 1000 Ljubljana
Email: bf9770@student.uni-lj.si

Abstract

We present a model of acquisition of noun phrases as descriptions of objects in a grounded setting. The model uses cross-situational learning to acquire mappings between words and sensory properties represented in self-organising maps. We also explore syntactic bootstrapping—using the syntactic knowledge to help meaning acquisition and vice versa. The model can reliably reconstruct inputs and is applicable in real-world scenarios.

1 Introduction

The research reported here is a part of a larger project of modeling language acquisition in human-robot interactions in a simple world of geometrical shapes. A prerequisite for understanding sentences is to be able to understand *noun phrases* (NPs)—variable-length descriptions of objects on the scene typically consisting of a noun expressing the object’s type and possibly one or more adjectives expressing its properties. In this paper we present a model of acquisition of NPs in a grounded interaction setting, wherein a visual description of an object and its properties (colour, size, position) is paired with a corresponding NP. Visually detected object properties are first internally represented in sensory maps that, during training, gradually learn to consistently represent each property by a particular pattern of activity. The task of grounded language learning is to acquire consistent mappings between activity patterns and words expressing the respective properties. The acquired mapping can then be used for language interpretation (the route from words to sensory map activities to object properties) and language production in object description (the route from object properties to map activities to words).

We model the sensory maps by self-organising maps (SOMs) (Ritter & Kohonen, 1989) and train the associations between words (language modality) and map neurons (visual modality) by Hebbian learning (Hebb, 2005) within cross-situational learning paradigm (Smith & Smith, 2012). The paradigm rests on the assumption that in a long-enough sample of word-meaning pairs spurious correlations will cancel

Martin Takáč

Centrum pre kognitívnu vedu FMFI UK
Mlynská dolina, 842 48 Bratislava
Email: takac@ii.fmph.uniba.sk

each other out, while the true ones will remain. A combination of SOMs with Hebbian learning was used e.g. in Li et al. (2004); our model differs in using multiple SOMs and exploring syntactic bootstrapping (Fisher et al., 2010), in which the model acquires knowledge about syntactic roles of different words and at the same time using it to guide the word–meaning acquisition and subsequent language production/interpretation.

2 Model

We designed the system to generate word-phrases and visual inputs corresponding to four modalities: *type*: square, sphere, cylinder, cone, *size*: big, small, *colour*: red, green, blue, purple, black, white, and *position*: left, right, top, bottom. The model consists of four 16x16 self-organising maps, a language layer with 16 units (one for each word) and associative links connecting them (Figure 1).

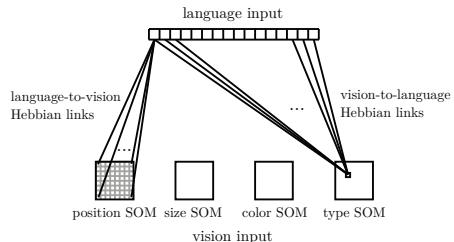


Fig. 1: A simplified schema of our model.

The associative links are directed: one set of them going from language to vision and the other going in the opposite direction. Each of the four self-organising maps takes input from a relevant part of the visual object descriptor, such as RGB values for colour, or centroid of the bounding box for a position. In addition, the model also makes use of syntactic bootstrapping for which it learns two probability tables: the first one stores probabilities of each word corresponding to any of four word categories (corresponding to the modalities). The second table is based on the first one and stores probabilities of a word at certain position within the phrase being from any of the four categories, also depending on the word-phrase length. Information from this table is then

used to turn on relevant and turn off irrelevant Hebbian links when training. Information from the first table is used for a similar purpose when reconstructing inputs.

3 Method

The model was trained for 14000 iterations. A standard SOM training was followed by Hebbian training of links between normalised SOM activations and a language vector with active units for each of the words in the NP. The Hebbian rule included an additional factor—a probability of a word at a certain position in the NP having its category matching the modality of the SOM the association links are pointing to. This reflects the use of syntactic bootstrapping (Fisher et al., 2010) in humans.

At the end of each training iteration, all links were normalised depending on their direction. When we reconstruct words from SOM activities, we want the words to compete against each other, that is why weights of all the links from a SOM unit to all the words were normalised to sum to one. When reconstructing a SOM activity pattern for a word, we want the SOM units to compete, that is why all links from a particular word to a SOM were normalised to sum to 1.

To assess the performance of the trained model, we used a number of metrics, but most notably we reconstructed inputs and measured the quality of reconstruction. When reconstructing vision from language, the Euclidean distance between the reconstruction and a matching vision input was calculated. If that distance was the smallest in the set of 20 vision inputs, the reconstruction was counted as correct, from which we obtained a general accuracy of the vision reconstruction. When reconstructing language from vision input, we discretised the output of the network in relation to a certain threshold and then compared it to the original vector. That way, we again computed the accuracy of the reconstruction.

4 Results

Various metrics showed convergence during training of SOMs, Hebbian links and syntactic bootstrapping tables. Many metrics converged to a different degree depending on a category, but results of reconstruction in our tests yielded 91% accuracy for vision and 97% accuracy for language reconstruction. Syntactic bootstrapping, when used during training, only made a difference (sped up learning) during the first 1000 episodes. However, when used during reconstruction, the results were generally better for models trained for up to 8000 episodes. For models trained for longer the difference became negligible (see Figure 2).

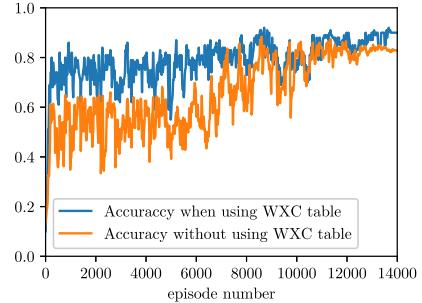


Fig. 2: Accuracy of vision reconstruction with and without using syntactic bootstrapping.

5 Conclusion

Although a convergence measured by prediction entropy differed for different categories, reconstruction accuracy was always above 90%. These differences can be attributed to differences in dimensions and distributions of input data. Since the reconstruction works well regardless of these differences, we conclude that our model works on wide array of inputs having different properties, which gives it a necessary robustness for real-world scenarios. Furthermore, syntactic bootstrapping showed improvement for shorter training, however the advantage disappeared if the training was long enough.

Acknowledgement

This research has been supported by the grant VEGA 1/0796/18 for Martin Takáč and ERASMUS+ scholarship for Benjamin Fele.

References

- Fisher, C., Gertner, Y., Scott, R. M. & Yuan, S. (2010). Syntactic bootstrapping. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(2):143–149.
- Hebb, D. O. (2005). *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. Psychology Press.
- Li, P., Farkas, I. & MacWhinney, B. (2004). Early lexical development in a self-organizing neural network. *Neural Networks*, 17(8-9):1345–1362.
- Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Self-organizing semantic maps. *Biological Cybernetics*, 61(4):241–254.
- Smith, A. & Smith, K. (2012). Cross-situational learning. *Encyclopaedia of the Sciences of Learning*, 15:2029–2049.

Syntaktický priming v českom jazyku

Maroš Filip¹, Filip Smolík^{1,2}

¹Filozofická fakulta Univerzity Karlovy, Nám. Jana Palacha 2, Praha 116 38

²Psychologický ústav Akademie věd České republiky, Hybernská 8, Praha 110 00

Email: filipmaross@gmail.com, smolik@praha.psu.cas.cz

Abstrakt

Syntaktický priming je efekt ktorý uľahčuje spracovanie jednej výpovede na základe opakovania syntaktickej štruktúry predošej výpovede. Prezentujeme výsledky dvoch experimentov týkajúcich sa produkcie českého jazyka. V prvom experimente sa nám efekt primingu pri konštrukciach nominatívu s akuzatívom potvrdiť nepodarilo, potvrdili sme ale výskyt syntaktického primingu pri vetách s konštrukciou akuzatívu s datívom. V druhom experimente plánujeme preskúmať vplyv opakovania koncoviek naprieč vetami, tzv. „morphological boost“ a jeho vplyv na výskyt primingu.

1 Úvod

Syntaktický či štrukturálny priming je jav pomocou ktorého spracovávanie jednej výpovede uľahčuje spracovanie nasledujúcej výpovede na základe opakovanej syntaktickej štruktúry. Prvý krát ho experimentálne demonstrovala Bock (1986), ktorá zistila, že v angličtine sa po použití určitej konštrukcie zvýší pravdepodobnosť použitia rovnakej štruktúry. Napr. po prezentovaní vety v pasíve (1) *The referee was punched by one of the fans* zistila väčšiu pravdepodobnosťou popisu obrázka pomocou pasívnej konštrukcie (2) *The church is being struck by lightning* než veta v aktíve (3) *Lightning is striking the church*. Pri alternáciách slovesného rodu sa jednalo o 8 % nárast pravdepodobnosti, pri vetách s datívnymi konštrukciami šlo o 22 % (predložkový datív) či 23 % nárast (datív s dvojitým objektom) (Bock, 1986). Od vtedy bol efekt potvrdený vo viacerých jazykoch a na rozličných vettých konštrukciách (pre súhrn pozri napr. Pickering & Ferreira, 2008). Syntaktický priming sa objavuje aj ak dve navzájom primované vety nepoužívajú rovnaké slová či keď nezdieľajú prozodické vlastnosti (Pickering a spol., 2002; Cleland & Pickering, 2003), čo znamená, že efekt syntaktického primingu závisí od syntaxe vety a nie od obsahu danej výpovede. To potvrdzuje predpoklad aspoň čiastočne nezávislých procesov na spracovanie syntaxe (Bock, 1986).

Napriek tomu, že syntaktický priming sa vyskytuje medzi vyjadreniami v ktorých nedochádza k lexikálnemu opakovaniu, ak sa medzi vyjadreniami opakuje slovo nejakej otvorenej slovnej kategórie,

predovšetkým sloveso alebo podstatné meno, efekt syntaktického primingu sa ešte zvyšuje. Tento vplyv sa nazýva „lexical boost“. Naopak slova uzavretých slovných kategórii (napr. predložky či spojky) nepreukazujú tento efekt.

V našich experimentoch sme sa rozhodli preskúmať fungovanie syntaktického primingu v českom jazyku, keďže čeština sa ako slovanský jazyk lísi od germánskych jazykov na ktoré sa výskum tradične zameriava. V prvom prevedenom experimente sa zameriavame na voľnú vettú stavbu češtiny ako jednu z odlišnosti, kedy ako komplementárnu stavbu k pasívu a aktívu použitému v anglických štúdiách využívame obmeny viet s nominatívom (N) a akuzatívom (A) (*Medvěd (N) žere rybu (A)./Rybě (A) žere medvěd (N)*). Tieto štruktúry boli uprednostnené, pretože pasívum sa v češtine nepoužíva do takej miery ako v angličtine. Ako ďalší typ skúmaných konštrukcií sme využili vety s alternáciou datívu (D) a akuzatívu (A) (*Pán dává ženě (D) kytku (A)./Pán dává kytku (A) ženě (D)*), ktoré považujeme za komplementárne ku skúmaným anglickým datívnym konštrukciám. V druhom experimente sa plánujeme zamerať na morfológický aspekt vettnej stavby a preskúmať vplyv pádových prípon na syntaktický priming, čo je ďalšia vec, ktorá nemôže byť do značnej miery skúmaná v germánskych jazykoch.

2 Experiment 1

2.1 Metódy

Experimentu sa zúčastnilo 62 participantov (53 Ž), predovšetkým študentov, vo vekovom rozmedzí od 17 do 35 rokov (M=20,7). Experiment sa skladal z dvoch časti a bol maskovaný ako pamäťový test, aby sa zamedzilo ovplyvneniu hovorených výpovedí. V prvej časti bolo úlohou participantov striedavo čítať vety a popisovať obrázky prezentované na počítači a pomyselne si ich zapamätať. V druhej časti mali participanti opäť prečítať prezentovanú vetu alebo popísť dej obrázku a rozhodnúť o tom či daný podnet už videli v prvej časti. Odpovede boli nahrávané aby sme mohli analyzovať vety ktoré boli produkované pri popise obrázkov. Podnety boli prezentované v sledej kedy po vete so syntaxou N/A nasledoval obrázok,

ktorý mohol byť popísaný oboma možnými spôsobmi (N/A aj A/N). Obdobne tomu bolo u ostatných prezentovaných štruktúr. Očakávali sme, že po prečítaní vety s konkrétnou štruktúrou bude s väčšou pravdepodobnosťou popis obrázka využívať rovnakú syntax. Vety sme kódovali podľa toho či dodržali rovnakú štruktúru, vety ktoré neobsahovali podstatné meno na rovnako mieste či v rovnakom páde, rovnako ako vety bez slovesa sme kódovali ako inú syntax. Podnety opakovane z prvej časti hodnotené neboli, neočakávali sme pri nich primingový efekt, slúžili ako výplň na oddelenie skúmaných podnetov.

2.2 Výsledky

Početnosti štruktúr viet produkovaných pri popise obrázkov (target) nasledované po prečítaní vety (prime) sú zaznamenané v tabuľkách 1 a 2. Po štatistickom vyhodnotení výsledkov zovšeobecnenými lineárnymi zmiešanými modelmi sme objavili signifikantný efekt primingu iba pre konštrukcie viet kedy akuzatív predchádzal datívu (A/D) ($p=0,001$). Efekt lexical boostu, kedy sa medzi dvoma vetami opakuje sloveso čo by malo zvýšiť primingový efekt, zistený neboli.

	Rovnaké sloveso		Odlišné sloveso		Iná syntax
	N/A target	A/N target	N/A target	A/N target	
N/A prime	68	1	132	2	169
A/N prime	70	0	130	3	169

Tab. 1: Početnosť štruktúr cielových viet (target) produkovaných po prezentovaní primu so štruktúrou nominatívu s akuzatívom a akuzatívu s nominatívom.

Pod inú syntax sa rátajú vety s rovnakým slovesom, odlišným či bez slovesa.

	Rovnaké sloveso		Odlišné sloveso		Iná syntax
	D/A target	A/D target	D/A target	A/D target	
D/A prime	39	27	44	45	217
A/D prime	24	48	32	57	211

Tab. 2: Početnosť štruktúr cielových viet (target) produkovaných po prezentovaní primu so štruktúrou datívu s akuzatívom a akuzatívu s datívom. Pod inú syntax sa rátajú vety s rovnakým slovesom, odlišným či bez slovesa.

2.3 Diskusia

Efekt primingu neboli pri štruktúrach nominatívu s akuzatívom objavený pretože odpovede kedy na prvom mieste stojí objekt (typu *Rybú žere medvěd.*) participanti takmer vôbec neprodukovali. Ľudia mali tendenciu používať vety so subjektom v nominatíve na prvom mieste (*Medvěd žere rybu*). Vysvetľujeme to tým, že pre

participantov nebolo prirodzené postaviť na prvé miesto objekt, pretože tým by ho zdôraznili a vyjadriť špecifický komunikačný zámer, ktorý neboli pre danú situáciu vhodný.

Po prezentovaní štruktúry D/A (*Pán dává ženě kytku.*) primingový efekt tiež zistený neboli, ľudia používali v podobnom pomere obe možnosti (D/A aj A/D). Naopak tomu bolo po prime typu A/D (*Pán dává kytku ženě.*) kedy priming bol pozorovaný. Primingový efekt sa ukazuje byť citlivejší voči menej frekventovaným štruktúram (tzv. *the inverse preference effect*) (Pickering & Ferreira, 2008), preto štruktúra D/A ktorá využíva častejšiu syntax kedy stojí recipient pred objektom zrejme priming nevyvoláva. Naopak štruktúra typu A/D sa vyskytuje menej frekventované, avšak nie natoľko ako štruktúra A/N aby ju človek nepoužil a preto je u nej možné efekt štrukturálneho primingu pozorovať.

3 Experiment 2

V druhom experimente plánujeme preskúmať vplyv prípon pádových tvarov na syntaktický priming, tzv. „morphological boost“, ktorý by mal podľa nás fungovať podobne ako lexical boost a zvyšovať pravdepodobnosť výskytu primingu. Zameriame sa na alternáciu vtedy však konštrukcií D/A u ktorých sme v Experimente 1 preukázali syntaktický priming. Prime (1) *Sekretářka připravila šéfovi kávu* by teda mal vyvolať silnejší efekt na target (3) *Velitel předal vojákovi pušku* ako veta (2) *Sekretářka ukázala vedoucímu růži*, pretože vety 1 a 3 zdieľajú pádové koncovky -ovi a -u.

Literatúra

- Bock, J. K. (1986). Syntactic persistence in language production. *Cognitive Psychology*, 18(3), 355-387.
- Cleland, A. A., & Pickering, M. J. (2003). The use of lexical and syntactic information in language production: Evidence from the priming of noun-phrase structure. *Journal of Memory and Language*, 49(2), 214-230.
- Pickering, M. J., Branigan, H. P., & McLean, J. F. (2002). Constituent structure is formulated in one stage. *Journal of Memory and Language*, 46(3), 586-605.
- Pickering, M. J., & Ferreira, V. S. (2008). Structural priming: A critical review. *Psychological Bulletin*, 134(3), 427-459.

Pomáha aktívne otvorené myslenie pri záchrane nevinných mačiatok?

Miroslava Galasová, Lenka Valuš

Ústav experimentálnej psychológie CSPV SAV

Dúbravská cesta 9, 84104 Bratislava

miroslava.galasova@savba.sk; valus.lenka@gmail.com

Abstract

Aktívne otvorené myslenie (AOM) je spôsob uvažovania, pri ktorom berú ľudia do úvahy nielen informácie, ktoré podporujú ich názory, ale aj také, ktoré im odporújú. Štúdie tiež naznačujú, že AOM súvisí s výskytom rôznych odchýlok pri rozhodovaní. V našej experimentálnej štúdii ($N = 276$) sme sa zamerali na tri kognitívne odchýlky – atribučný omyl, sklon k seba-potvrdzovaniu a omyl utopených nákladov – vo vzťahu k AOM. Skúmali sme aj, či redukcia uvedených odchýlok v dôsledku intervencie založenej na mentálnej simulácii závisí od AOM. Zistili sme, že subškála AOM dogmatizmus pozitívne koreluje s podliehaním atribučnému omylu. Miera dopúšťania sa atribučného omylu zároveň klesala vplyvom intervencie o to viac, o čo vyššiu úroveň dogmatizmu účastníci vykazovali. Pri ostatných odchýlkach sa vzťahy s AOM neprekázali.

1 AOM a nevinné mačiatka

Tento článok nadvázuje na predchádzajúcu štúdiu Galasovej a Kostovičovej (2018). V nej sme vysvetlili, že záchrana nevinných mačiatok je moderný idiom, ktorý nás má naviesť k správnemu uvažovaniu a rozhodnutiu. Ako má však správne uvažovanie, vďaka ktorému sa vyhneme rozmanitým kognitívnym odchýlkam, vyzerá?

Baron (1993) a ďalší naznačujú, že nápomocným by mohlo byť takzvané aktívne otvorené myslenie (AOM). AOM by nám malo pomáhať v racionálnejšom usudzovaní, pretože miesto jednostranného pohľadu nám umožňuje komplexnejšie uvažovanie o rôznych alternatívach, a teda aj o takých, ktoré nie sú v súlade s našimi pôvodnými presvedčeniami. Baron (1993) taktiež uvádzá, že účastníci s vyššou úrovňou AOM boli odolnejší voči sklonu k seba-potvrdzovaniu. Zároveň sa pri rozhodovaní nechali menej ovplyvniť svojimi predchádzajúcimi presvedčeniami. Haran, Ritovová a Mellersová (2013) zase pozorovali, že výška AOM pozitívne súvisela s vyšším počtom vyhľadávaných informácií, ktoré následne viedol k presnejším odhadom. Problém však nastal, keď účastníci s vysokým AOM brali pri rozhodovaní do úvahy aj zavádzajúce informácie. Vtedy ich schopnosť presnejšieho odhadu, naopak, negatívne korelovala s úrovňou

AOM. Je teda potrebné poznamenať, že vyhľadávanie informácií je dobrá stratégia, ale zároveň je dôležité posúdiť ich relevanciu a validitu.

Kedže sa na základe uvedených štúdií zdá, že AOM hrá dôležitú úlohu pri posudzovaní a rozhodovaní, rozhodli sme sa overiť, či zároveň AOM súvisí s vybranými kognitívnymi odchýlkami. Zároveň nás zaujímalo, či AOM moderuje účinnosť nami zvolenej intervencie v podobe kontrafaktového podnecovania na výskyt daných odchýlok. Pre tento účel sme sa rozhodli použiť 17-položkový AOM dotazník, ktorý bol úspešne použitý Svedholm-Häkkinenovou a Lindemanovou (2017).

2 Kognitívne odchýlky a kontrafaktové podnecovanie

Kognitívne odchýlky predstavujú systematické chyby v uvažovaní, ktoré vedú k chybnému rozhodovaniu. Často sa spájajú s myšlienkovým Systémom 1, ktorý je zodpovedný za rýchle a intuitívne rozhodnutia (Kahneman, 2012). V našom výskume sme sa zamerali na tri kognitívne odchýlky, a to na atribučný omyl, sklon k seba-potvrdzovaniu a omyl utopených nákladov.

Atribučný omyl sa prejavuje nadhodnocovaním dispozičných, teda osobnostných vlastností, pred situačnými okolnosťami v momentoch, keď posudzujeme správanie iného človeka. Sklon k seba-potvrdzovaniu je tendencia selektívne vyhľadávať, interpretovať a zapamätať si iba také informácie, ktoré súhlasia s našim názorom alebo presvedčením. Do tejto skupiny patriajú pozitívne testovanie hypotéz, v ktorom intuitívne kladieme výlučne také otázky, na ktoré dostaneme pozitívne odpovede. Do tretice, omyl utopených nákladov pozorujeme vtedy, ak ľudia iracionálne investujú peniaze, čas a iné zdroje do aktivít, ktorých výsledná hodnota neprekročí investované náklady.

Na redukciu kognitívnych odchýlok vznikli rôzne tzv. debiasingové stratégie. V našej štúdii sme sa rozhodli pre kontrafaktové podnecovanie uvažovania „čo by bolo keby“, ktoré by malo aktivovať myšlienkový Systém 2 prostredníctvom mentálnej simulácie. Tento spôsob sa ukázal ako sľubný aj pri redukcii niektorých kognitívnych odchýlok (Galinsky & Moskowitz, 2000).

3 Metódy

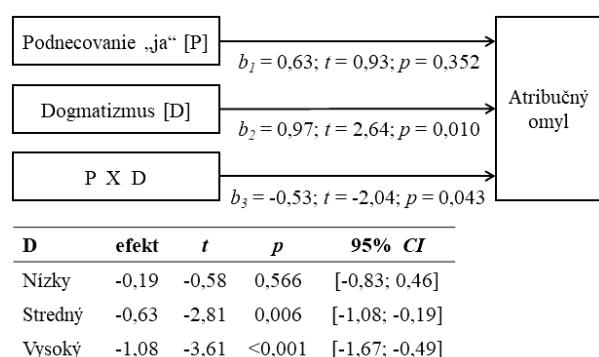
Experimentu sa zúčastnilo 276 ľudí (57% žien) vo veku 15 až 66 rokov ($Mdn = 31$, $IQR = 13$). Realizovali sme ho pomocou online dotazníka s využitím medzi-subjektového dizajnu $3 \times 2 \times 2$. V prvom kroku bola účastníkom náhodne pridelená jedna z troch úloh - bud' na atribučný omyl, sklon k seba-potvrdzovaniu, alebo omyl utopených nákladov. Následne všetci účastníci vyplnili dotazník AOM so 4 subškálami – *dogmatizmus* (6 položiek), *odolnosť voči faktom* (5 p.), *liberalizmus* (3 p.) a *zosobňovanie presvedčení* (3 p.) (Svedholm-Häkkinen & Lindeman, 2017). Potom boli účastníci náhodne rozdelení do dvoch skupín. Jedna absolvovala kontrafaktové podnecovanie so scenárom, kde bol protagonistom samotný riešiteľ úlohy. Druhý scenár sa týkal protagonistu, ktorým bola iná osoba. Pre toto rozdelenie sme sa rozhodli na základe neurovedných poznatkov, ktoré naznačujú, že ak rozmýšľame o nás samých, tak sa nám v mozgu aktivujú odlišné mozgové štruktúry než vtedy, keď rozmýšľame o iných ľuďoch (De Brigard et al., 2015). Po podnecovaní účastníci riešili úlohu na jednu z dvoch zvyšných odchýlok.

4 Výsledky

AOM škála mala vysokú vnútornú konzistenciu, $\alpha = 0,80$. Avšak len 2 subškály mali dostatočnú reliabilitu: *dogmatizmus*, $\alpha = 0,69$ a *odolnosť voči faktom*, $\alpha = 0,75$. Zvyšné 2 sme preto do ďalšej analýzy nezahrnuli.

AOM pozitívne korelovalo s počtom vytvorených kontrafaktov, $r_s = 0,23$; $p < 0,001$. V pozitívnom vzťahu boli aj *dogmatizmus* a úroveň podliehania atribučnému omylu, $r_s = 0,25$; $p = 0,017$. Pri ostatných dvoch odchýlkach sme vzťahy s AOM nenašli.

V rámci moderačných analýz sme zistili, že miera dopúšťania sa atribučného omylu klesala vplyvom „ja“ podnecovania o to viac, o čo vyššiu úroveň *dogmatizmu* účastníci vykazovali. Ľudia s nízkym *dogmatizmom* sa atribučnému omylu dopúšťali len minimálne - bez ohľadu na intervenciu.



Obr. 1: Dogmatizmus ako moderátorom vplyvu „ja“ podnecovania na atribučný omyl

5 Diskusia

Naše zistenia naznačujú, že ľudia podliehajú atribučnému omylu o to viac, o čo je ich uvažovanie dogmatickejšie. Kontrafaktové podnecovanie zamerané na „ja“ sa zároveň ukázalo byť slubnou metódou redukcie atribučného omylu u stredne a vysoko dogmatických ľudí. Pri ostatných kognitívnych odchýlkach sa nám sice vzťahy s AOM nepodarilo preukázať, ale to mohlo byť spôsobené nižšou ekologickou validitou niektorých úloh a taktiež malým počtom položiek v subškáloch *liberalizmus* a *zosobňovanie presvedčení*. Identifikácia moderátorov efektu debiasingových stratégii je dôležitá kvôli prispôsobeniu intervencií rôznym cieľovým skupinám.

Poděkování

Výskum vznikol s podporou grantu APVV-16-0153 "Kognitívne zlyhania - individuálne prediktory a možnosti intervencie".

Literatúra

- Baron, J. (1993). Why teach thinking? – An essay. *Applied Psychology*, 42, 191–237.
- De Brigard, F., Spreng, N. R., Mitchell, J., & Schacter, D. (2015). Neural activity associated with self, other, and object-based counterfactual thinking. *NeuroImage*, 109, 12–26.
- Galasová, M. & Kostovičová, L. (2018). Save Innocent Kitties with Counterfactual Priming. In Č. Šašinka, A. Strnadová, Z. Šmideková, & V. Juřík (Eds.), *Sborník příspěvků Kognice a umělý život 2018* (pp. 17–18). Brno: Flow, z. s.
- Galinsky, A., & Moskowitz, G. (2000). Counterfactuals as behavioral primes: Priming the simulation heuristic and consideration of alternatives. *Journal of Experimental Social Psychology*, 36, 384–409.
- Haran, U., Ritov, I., & Mellers, B. A. (2013). The role of actively open-minded thinking in information acquisition, accuracy, and calibration. *Judgment and Decision Making*, 8, 188–201.
- Kahneman, D. (2012). *Thinking, fast and slow*. New York: Farrar, Straus, and Giroux.
- Svedholm-Häkkinen, A., & Lindeman, M. (2017). Actively open-minded thinking: development of a shortened scale and disentangling attitudes towards knowledge and people. *Thinking & Reasoning*, 24, 21–40.

On the multimodal metaphor „Dance is Language“

Silvia Gáliková

Department of Philosophy, Faculty of Philosophy and Arts, University of Trnava,
Hornopotočná 23, Trnava
e-mail: silvia@libris.sk

Abstrakt

The paper examines relation between dance and language in a multimodal metaphor „Dance is Language“. Author points out complex relations between domain of dance and domain of language in metaphorical mapping. The use of multimodal metaphor „Dance is Language“ is considered on the background of structuring natural discourse. Author intends to reconsider the role of dance in explaining the differences and commonalities between the structure of everyday language and the qualitative kinetic dynamics of dance performance.

1 Introduction

Past decades have brought an inspiring revival in the study of the cognitive and neural foundations of dance. Number of interdisciplinary research projects bringing together dance artists, philosophers and scientists have been launched. This rapprochement between dance and science carries the prospect of not only enriching our status and knowledge of dance, but also of language. Moreover, it deepens our understanding of the complexity and mutual interdependence of embodiment, experience and emergence of meaning in language, dance and overall behaviour of a man.

2 From movement to dance

Our capacity to understand other person's actions in everyday situations allows us to understand movements that resemble everyday action in dance. Humans perceive the world as divided into objects scenes and events. The segmentation appears to be automatic, the brain continuously generates predictions of the next scene or an event. It has been experimentally shown, that people tend to segment scenes on former knowledge of scene schemas. Similar processes enable us to segment a dance performance into discrete scenes as for example in classical ballet, tango or contemporary dance (Hagenhoorn, 2004). Schemas are at work in the mind of the observer as well as the artist.

2.1 Multimodal metaphors

Conceptual metaphors conceived of as mapping from one domain to another (Lakoff, Johnson) can be

applied both to language and dance. Metaphorical mapping between the domain of the *target* – Dance and the domain the *source* – Language reflects a wide range of differences as well as commonalities. For D. Humphrey “[a] good dance should be put together with phrases, and [a] phrase has to have a recognisable shape, with a beginning and an end, rises and falls in its over-all line, and differences in length for variety” (Humphrey, 1959, p.68). A phrase has a structure, a beginning and an end. The classical ballet vocabulary, e.g. consists of numerous movements and positions which can be combined in an infinite number of ways, although various rules (mostly implicit) restrict the ways in which movements can be performed just as the rules of grammar limit the number of correct phrases.

2.2 Dance – poetry of human motions

Multimodal metaphor Dance is Language highlights the fact that dance employs gesture to express and communicate intention and emotion. People gesture when they speak, raise their fists in anger, shrug their shoulders in doubt, jump with joy and use elaborate body movements to make themselves clear. In natural language the word language includes the usage of language-related notions such as speaking, writing, words, phrases, vocabulary, grammar, syntax, poetics and so on, each of which may draw attention to a specific analogy. If a piece of choreography is viewed as a set of instructions that specifies the actions of the dancers, we might similarly speak of a certain choreographer's choreographic language.

3 Phenomenology of kinesthesia

Sheets-Johnstone points out a need for a phenomenological analysis of movement in conjunction with the question of “quality” in movement. She elaborates on the concept of „emergence of meaning in dance“ where “meaning” emanates from the *qualitative kinetic dynamics* that constitute any particular dance. Anyone unfamiliar with what is involved in choreographing a dance, in training to be a dancer, and in either learning a piece of choreography or participating in a form of improvisation will be at a loss of experience. The person will have a gap in his or her understanding of “the acquisition and performance of dance” and will

lack intimate knowledge of how a movement's "quality" is related to "observable movement parameters".

4 Summary

One segments a dance performance into scenes, events and actions, which then become the equivalents of phrases, paragraphs and chapters. Movements and scenes, like sentences and stories can have a literal and a metaphorical meaning. One's own schema based on individual experience and expectation determine how one views schemas within a dance performance. R. Collingwood argued that all kinds of language have a relation to bodily gesture – painting, drawing and music f. i. imply the movements of the artist's or musician's hand – and that "in this sense it may be said that the dance is the mother of all languages" (Collingwood, 1958, p.244).

Acknowledgements

This research was supported by the Slovak Research Agency, project n.1/0871/18 „The nature of human self from the perspective of cognitive science“.

References

- Collingwood, R.G. (1958). *The Principles of Art*. London, UK: Oxford University Press.
- Fauconnier, G. and Turner, M. (2002). *The Way We Think. Conceptual Blending and the Mind's Hidden Complexities*. New York, NY: Basic Books.
- Forceville, Ch.(2016). Mixing in pictorial and multimodal metaphors? *Mixing metaphor*, R. Gibbs (ed.), John Benjamins, Amsterdam, pp. 223-239.
- Hagendoorn, I.G. (2004). 'Some speculative hypotheses about the nature and perception of dance and choreography', *Journal of Consciousness Studies*, Vol. 11, Nos. 3/4, pp.79–110.
- Hagendoorn, I. (2010). 'Dance, language and the brain', *Int. J. Arts and Technology*, Vol. 3, Nos. 2/3, pp.221–234.
- Jackendoff, R. (2002). *Foundations of Language. Brain, Meaning, Grammar, Evolution*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Lakoff, G. and Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago, IL: University Of Chicago Press.
- Sheets-Johnstone, M. (1999). *The primacy of movement*. Amsterdam: John Benjamins Publishing

Webové kolaboratívne virtuálne prostredie pre podporu kognitívneho tréningu

Marián Hudák¹, Branislav Sloboda², Štefan Korečko³

^{1,2,3}Katedra počítačov a informatiky

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Technická Univerzita v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská republika
marian.hudak.2@tuke.sk, branislav.sloboda@tuke.sk, stefan.korecko@tuke.sk

Abstrakt

Virtuálna kolaborácia je efektívnym prostriedkom pre podporu rozličných aktivít medzi veľkým počtom používateľov, ktorí sú od seba geograficky rôzne vzdialení. Kolaboratívne virtuálne prostredia (CVE) predstavujú potenciál pre zdieľanie jednotného virtuálneho priestoru, prostredníctvom ktorého môže skupina

používateľov komunikovať a interagovať v reálnom čase. Úvod článku opisuje súčasný stav virtuálnej kolaborácie a jej potenciálne využitie. V druhej kapitole je prezentovaný multi-platformový systém so zdieľaním CVE pre rôzne VR systémy a podsystémy. Tretia kapitola sa zaobráva možnosťami rozšírenia virtuálnej kolaborácie pre kognitívny tréning. Záver sumarizuje budúce použitie globálnych CVE s podporou multiplatformových prístupov.

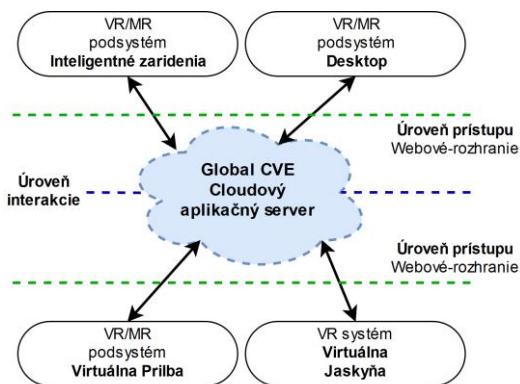
1 Virtuálne kolaboratívne prostredia

V súčasnosti sa Virtuálna Realita (VR) rozširuje o podporu prirodzenej interakcie človek-počítač (HCI). Účel VR je vhodný pre virtuálny tréning, rovnako v rôznych oblastiach výskumu a edukácie. Primárna schopnosť VR zamieňať virtuálne prostredia bez potreby zmeny fyzického priestoru znižuje náklady pri konečnom používaní. Kolaboratívne virtuálne prostredia (CVE) (Sharma et al., 2017) reprezentuje zdieľaný trojrozmerný virtuálny priestor s podporou kooperácie viacerých používateľov v reálnom čase. Hlavným cieľom CVE je zabezpečiť prirodzený spôsob komunikácie a interakcie medzi jednotlivými používateľmi, napriek ich možnej geografickej vzdialosti. Používateľia môžu takýmto spôsobom spoločne kooperovať v jednotnom virtuálnom prostredí za účelom plnenia rôznych úloh. Súčasný stav dovoľuje používateľom kolaborovať prostredníctvom rôznych vstupných periférií podporujúcich HCI. V dôsledku zvýšenia výkonu výpočtovej techniky sa CVE rozširujú senzorické periférne vstupy, ako sú inerciálne meracie jednotky (IMU) a haptické rozhrania na dosiahnutie podrobnej manipulácie s virtuálnymi objektmi. Tieto vstupy pozitívne posilňujú úroveň interakcie. Napriek technologickému pokroku a rozširovaniu CVE sú prítomné nedostatky, hlavne pre

prípady multiplatformového používania. Aktuálne technológie VR čelia rôznorodosti hardvéru, v dôsledku ktorého narastá dopyt po vývoji softvéru, kompatibilného s rôznymi VR systémami súčasne. S cieľom optimalizovať CVE pre všetky dostupné VR systémy je možné podporiť rozvoj viacerých platform. Z tohto dôvodu vznikajú koncepty systémov s podporou webových technológií, ktoré poskytujú vzdialé prístupy pre používateľov. Vzhľadom na používanie štandardných VR aplikácií, webové globálne CVE poskytujú širokú škálu komponentov (Paiva et al., 2016), knižníc a rámcov pre vizualizáciu trojrozmerného priestoru a interakciu s používateľmi. Z pohľadu refaktORIZÁCIE a dostupnosti je vývoj webových CVE výrazne rýchlejší a efektívnejší. Vzhľadom na pozitívne vlastnosti webových globálnych CVE je možné rozširovať uplatnenie virtuálnych kognitívnych tréningov o možnosti vzdialého prístupu viacerých používateľov v reálnom čase.

2 Multiplatformový kolaboratívny virtuálny priestor

Na rozdiel od existujúcich zdieľaných CVE bol navrhnutý systém LIRKIS Global - Collaborative Virtual Environment (LIRKIS G-CVE) Obr.1 s poskytovaním virtuálnej globálnej kolaborácie prostredníctvom webových technológií. Implementácia prototypu prebiehala na Technickej Univerzite v Košiciach, v laboratóriu LIRKIS (Hudák et al., 2017). Napriek dostupným riešeniam sietovo distribuovaných VR systémov boli použité rámce pre prácu s virtuálnym prostredím A-frame a Three.js s plnou podporou skriptovacieho jazyka JavaScript. Implementovaný prototyp využíva architektúru klient-server pre riadenie plne duplexnej komunikácie medzi jednotlivými používateľmi a centrálnym aplikačným serverom. Z dôvodu zabezpečenia podpory viacerých platform bol proces vizualizácie CVE navrhnutý pre zobrazovanie virtuálneho priestoru prostredníctvom webových prehliadačov. Webové prehliadače poskytujú úroveň prístupu prostredníctvom implementovaného webového rozhrania, ktoré je možné nasadiť pre rôzne platformy zariadení.



Obr. 1: Prototyp prístupu zariadení v *LIRKIS G-CVE*.

V súčasnom stave implementácie, prototyp disponuje základnou sadou interakcií (zdieľanie pohybu a orientácie virtuálnych avatarov, smerovanie pohľadu, označovanie virtuálnych objektov). Ako je znázornené na Obr.2, vizualizácia virtuálneho priestoru aktuálne využíva trojrozmerný model miestnosti OpenLab, nachádzajúcej sa na Technickej Univerzite v Košiciach. Súčasné kolaboratívne tréningy sú zamerané na vizuospatiálnu navigáciu a kontrolu koordinácie v CVE. Počas tréningu používatelia používajú rôzne VR podstupy pre vizuálne a zvukové pohľtenie.



Obr. 2: Fyzický priestor *OpenLab* na Technickej univerzite v Košiciach, porovnaný s *LIRKIS G-CVE*.

3 Kognitívny tréning

Kognitívny tréning je adekvátnou aktivitou pre virtuálnu kolaboráciu. Virtuálne prostredia sú vhodné pre praktické vykonávanie priestorových kognitívnych aktivít s poskytovaním prirodzenej interakcie s človekom (Korečko et al., 2018). CVE sú vhodné pre realizáciu kognitívnych tréningov a aktivít zameraných na prácu s trojrozmernými modelmi. Týmto spôsobom je možné škálovať CVE pre potreby tréningu, upravovať počet, farbu a tvar trojrozmerných objektov v priebehu simulácie.

4 Záver

V tomto príspevku sme prezentovali multi-platformový webový CVE systém zaobrajúci sa globálnou

interakciou viacerých používateľov v reálnom čase. Budúcim cieľom rozšírenia systému je škálovanie použiteľnosti a zlepšenie prístupu používateľov k vzdialeným virtuálnym prostrediam pomocou systémov Zmiešanej Reality. Týmto považujeme za dôležité testovať systém s početnými skupinami používateľov v reálnom čase.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou grantovej agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu APVV-16-0202.

Literatúra

- Sharma, S., Devreaux, P., Scribner, D., Grynivicki, J., & Grazaitis, P. Megacity: A Collaborative Virtual Reality Environment for Emergency Response, Training, and Decision Making. *Electronic Imaging*, 2017, 2017.1: 70-77.
- Paiva, P. V., Machado, L. D. S., Valen  a, A. M. G., De Moraes, R. M., & Batista, T. V. Enhancing collaboration on a cloud-based CVE for supporting surgical education. In: *2016 XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*. IEEE, 2016. p. 29-36.
- Hudák, M., Korečko, X., & Sobota, B. (2017). Peripheral devices support for LIRKIS CAVE. *2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics*, 117-121
- Korečko, Š., Hudák, M., Sobota, B., Marko, M., Cimrov  a, B., Farka  , I., & Rosipal, R. (2018, August). Assessment and training of visuospatial cognitive functions in virtual reality: proposal and perspective. In *in: proc. of CogInfoCom 2018: 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications* (pp. 1-5).

Komponentná analýza vedomých stavov

Juraj Hvorecký

Filosofický ústav AV ČR, v.v.i.
Jilská 1, 110 00 Praha 1, Česká republika
hvorecky@flu.cas.cz

Abstrakt

Zaujíma nás rozdiel medzi vedomými a nevedomými stavmi. Jedna možnosť je postulovať nevedomé fenomenálne stavy, ktoré obsahujú všetky atribúty vedomých mentálnych stavov, akurát bez prístupu vedomia. Prípady multimodálnej integrácie a kategoriálneho vnímania však naznačujú zásadnú odlienosť nevedomého vnímania od vedomého náprotívku. Predstavíme alternatívny pohľad, pri ktorom sa vedomie konštituuje ako súhrn viacerých komponentov. Tie sú v typoch mentálnych stavov prítomné rozlične a odlišne sú zastúpené vo vedomej a nevedomej stránke myслe. Na záver predstavíme výhody uvedeného prístupu.

1. Vedomie a nevedomie

Postulovanie nevedomých stavov bolo pred viac ako sto rokmi skutočne revolučným krokom, ktorým sa Sigmund Freud zapísal do dejín nepochybne viac, než svojimi divokými teóriami o jeho povahе. Dnes sa sice nevedomie považuje za štandardnú súčasť myслe, to však neznamená, že máme o jeho povahе presnejšiu predstavu. V tomto príspevku sa najprv zameriame na jednu z dominantných predstáv o fungovaní nevedomia, aby sme vzápäť uviedli nový, podľa nás lepší, prístup k nevedomým obsahom. Nový, komponentný prístup nielenže odpovedá na výzvy, ktorým čelia konkurenčné teórie, ale rieši aj viaceré príbuzné problémy s vymedzením vedomia a jeho hraníc s nevedomím.

Najjednoduchší, ale zároveň pomerne zriedkavo artikulovaný pohľad na nevedomie sa dá zhŕnúť do konštatovania: nevedomie je presne také isté ako vedomie, akurát k nemu nemáme prístup. Inak povedané, kvality a obsahy, ktoré bežne detegujeme v prípade vlastných vedomých stavov (červenosť paradajky, hlas učiteľky, bolesť pri trhaní zubov), sa vyskytujú v identickej podobe na nevedomej úrovni spracovania, akurát subjekt o nich nevie, pretože mu nie sú prístupné. Nazvime takýto prístup duálnou teóriou vedomia. Podľa nej sa takzvané fenomenálne kvality, teda oná červenosť, špecifický hlas či akútна bolesť, nevyskytujú len na vedomej úrovni, ale nájdeme ich v rovnakej podobe aj v nevedomí. Ak spracovávame podnet príliš rýchlo, nesústredene, či trpíme

poškodením korešpondujúcej časti mozgu, podnet registrujeme a analyzujeme rovnako, ako v obvyklom prípade vedomého vnímania. Akurát nám pritom chýba vedomá skúsenosť podnetu.

Aj keď sa zdá byť táto teória intuitívna, jej rozpracovaním sa zaoberala len veľmi málo bádateľov. Hlavnou postavou, ktorá je s duálnou teóriou spojená, je filozof David Rosenthal (2005, 2010). Jeho predstava teórie vedomia vyššieho rádu spočíva v predstave o existencii mentálnej operácie myšlenia vyššieho rádu, ktorým sa obsah dostáva do vedomia. Obsah sa stáva vedomým, ak jej naň namierená myšlienka vo forme teraz som v stave x, pričom x odkazuje na daný stav. Samotná myšlienka vyššieho rádu je nevedomá, jej úlohou je len „osvetliť“ tú časť myслe, ktorú sa má dostať do vedomia. Samozrejme, myšlienka vyššieho rádu sa v prípade introspekcie môže stať vedomou, ale deje sa tak analogickým spôsobom s myšlienkovou ešte vyššieho, tretieho rádu. V tomto prípade si uvedomujeme obsah a súčasne myšlienku, že máme k obsahu prístup. Samotná myšlienka tretieho rádu zostáva skrytá v nevedomí. V našom prostredí máme tiež autorov, ktorí prispeli k rozvoji duálnej teórie (Marvan a Polák 2017).

Rosenthalova teória sa dá zovšeobecniť. Každý teoretický prístup, ktorý považuje vedomie za výsledok singulárnej operácie, predpokladá duálnu teóriu fenomenálnych vlastností. Takáto operácia len presúva obsah z nevedomia do vedomia. Obsah už musí byť plne konštituovaný predtým, samotná myšlienka vyššieho rádu alebo iná analogická operácia k nemu nič nepridáva. Neprekvapí nás teda, keď u filozofa úplne iného metafyzického razenia, panpsychistu Sama Colemana (2015), nájdeme analogickú úvahu. Podľa Colemana a ďalších panpsychistov sú fenomenálne vlastnosti prítomné doslova všade. Do vedomia sa dostávajú pomocou operácie uvedomenia (awareness), ktoré ich transformuje z bežnej súčasti stavebných prvkov sveta na unikátné predmety vedomej skúsenosti. Opäť sa tu opakuje schéma, podľa ktorej sú všetky vlastnosti stavov už finalizované, akurát jedna operácia myслe ich dostáva do vedomia.

2 Problémy

Vyššie uvedené teórie sú veľmi jednoduché, a v tom spočíva ich hlavné kúzlo. Okrem prekvapivej jednoduchosti sú aj intuitívne priateľné. Vezmieme si bežný vnem červenej farby. Má svoj odtieň, intenzitu, jas. Tieto vlastnosti neproblematicky vnímame pri vedomej percepции a je jednoduché si predstaviť, že zhodné vlastnosti spracováva nás nevedomý kognitívny systém ešte predtým, než sa červenosť dostane do vedomia. Nie je dôvod domnievať sa, že červenosť, so všetkými jej určenými vlastnosťami, sa nejak mení prechodom do vedomia. Obsah zostáva identický, mení sa len prístup subjektu k nemu. Teória, ktorá vedomý obsah zrkadlí na nevedomej úrovni, len zovšeobecňuje podobné intuítie o bezproblémovom prechode obsahu z jednej časti myслe do druhej.

Lenže základným problémom takýchto úvah je práve obmedzená viero hodnosť podobných, zdanlivo intuitívnych príkladov. Je dozaista možné, že nevedomá červená naozaj nemení svoj odtieň, jas a ďalšie kvality pri prechode do vedomia. Ide o jednoduchý vnem, ktorý prechádza pomerne nenáročným spracovaním nízkej úrovne. V podobe, ktorá sa finalizuje už v relatívne raných štádiach vizuálneho spracovania, sa bez zmien dostáva do vedomia. Lenže veľká väčšina vedomých obsahov nie je takto jednoduchá. Aj keď filozofické či psychologické príklady by rady tvrdili opak, v našom vedomí sa zážitky z jedinej modality takmer nevyskytujú. Oveľa častejší je súčasný výskyt skúseností z viacerých modalít: hľadíme do monitora, počujeme šum spoza okien, cítíme hmatové vnemy dotykov klávesnice. Všetky tieto javy sú súčasťou vedomia takpovediac naraz, vnímame ich ako špecificky unifikované (Bayne 2010). Ak chceme zhodnotiť duálnu teóriu, nemali by sme sa nechať presvedčiť jednoduchými argumentami o čisto červenom vneme. Skôr by nás malo zaujímať, či aj komplexné vedomé stavy majú svoje náprotivky na nevedomej úrovni. Iba tak sa ukáže explikačná sila duálnej teórie povahy nevedomia.

Obhajca duálnej teória však môže nametať, že prípady multimodálnych zážitkov nepredstavujú samostatný vedomý stav, ale len výslednú unifikáciu viacerých stavov z rôznych modalít do zdanlivej jednoty priestoru vedomia. Preto nie je dôvod očakávať rovnakú jednotu aj na nevedomej úrovni. Keďže o zjednocujúcej povahе vedomia sa vedú ostré spory, budeme brať uvedenú možnosť vážne. Z hľadiska duálnej teórie nebudem považovať neexistenciu komplexných multimodálnych zážitkov na nevedomej úrovni za neriešiteľný problém. Možno vskutku ide len o domnelé zjednotenie výsledkov viacerých súbežných vetiev spracovania. Efektívnejší úder na duálne teórie by nastal, keby sa nám podarilo ukázať vedomé javy, ktoré sú zo svojej podstaty nevyhnutne unifikované. Domnievame sa, že viacero takto komplexných skúseností naozaj existuje a duálna teória má problém ich vysvetliť. Začnime McGurkovým javom (McGurk

a MacDonald 1976). Ide o zvláštny multimodálny vedomý fenomén, ktorý sa objavuje pri nekompatibilite vnímaného obrazu a zvuku. Ak pustíme poslucháčke záznam zvuku jednej slabiky (povedzme „ba“), nemá nijaký problém si zvuk uvedomiť a zopakovať ho. Situácia sa však skomplikuje, keď jej k zvuku pustíme video tváre, ktorá vyslovuje inú slabiku, povedzme „ga“. Výsledkom spracovania, ktorý subjekt vedomie vníma nie je ani jedna z percipovaných slabík, ale tretia slabika, konkrétnie „da“. Vedomý obsah nekorešponduje s výsledkom sluchového spracovania nižzej úrovne, ale rodí sa v integrácii s výsledkom nekompatibilného zrakového vnemu. Podobný, oveľa rozšírenejší prípad multimodálneho vedomého obsahu predstavuje priestorová bruchovrava. Zažívame ju pri každej návštive kina. Obraz sa premieta na plátno, ale zvukové reproduktory sú umiestnené za divákmami. Napriek tomu by každý z nás potvrdil, že hlasy hercov a herečiek prichádzajú spredu od plátна, nie zo skutočného miesta ich pôvodu.

Základná otázka pre obhajcu duálnej teórie znie: majú uvedené javy, ktoré sú bezpochyby súčasťou vedomia, svoje nevedomé náprotivky? Obávame sa, že nech je správna odpoveď akákoľvek, v najakom prípade nie je taká intuitívna ako v prípade červenej farby.

Sú len dve možnosti: bud' sa efekt multimodálnej integrácie objavuje už v nevedomí a do vedomia je len prenesený, alebo vzniká až na úrovni vedomia. Kým v prvom prípade má pravdu duálna teória, druhá možnosť duálny prístup významne oslabuje. Skutočnosť musí odhaliť len ďalšie skúmanie, ide nepochybne o empirickú otázku. Dovolíme si však vlastnú odvážnu úvalu. Zdá sa nám zmysluplniejsie a efektívnejšie, aby sa podobný obsah utváral až vo vedomí. Na čo by sa takto komplikovaný obsah vyskytoval už v nevedomí? Vedomie je integrujúcim prvkom myслe. V ňom sa skúsenosti a obsahy rôznych modalít vzájomne prepájajú v jeden celok. Ak by sa podobné integračné tendencie vyskytovali už v nevedomí, zmysel vedomia by bol ešte nejasnejší, než je dnes. Naša predstava je taká, že na nevedomej úrovni sa odohráva mnoho foriem spracovania, ale nie všetky. Finálne štádiá multimodálnej integrácie sa odohrávajú až na záver celého procesu spracovania, keď výsledok zároveň vstupuje do vedomia. Integrácia a vedomie sú dve stránky jedného procesu. V každom prípade platí, že McGurkov jav a iné obdobné príklady presúvajú dôkazové bremeno na zástancov duálnej teórie. Oni musia ukázať, že predpoklad nevedomej existencie každého možného nevedomého obsahu je opodstatnený. Pri bohatosti a rôznorodosti vedomej skúsenosti to nie je nijako ľahká úloha. Mimochodom, máme dobré dôvody sa nazdávať, že podobné komplikované vedomé skúsenosti bez nevedomých náprotivkov zaznamenávame nielen v prípade zvukovo-obrazovej integrácie, ale aj v iných modalitách. Príkladom z inej oblasti senzorického vnímania je kategoriálne vnímanie. Vidíme objekt ako jelena, cítíme vôňu ako ružu, počujeme kroky ako svojho šéfa. Nemôžeme dané javy

vnímať inak: skúsenosť je na vedomej úrovni automaticky zafarbená príslušnou kategóriou. Opäť je dôležité pýtať sa, či kategorálne vnímanie existuje už na nevedomej úrovni. Domnievame sa, že to zdôake nie je vo všetkých prípadoch jednoznačné, aj keď nevedomé prípady sémantického spracovania sú dobre zdokumentované. Príkladmi z úplne inej oblasti je ilúzia umelej ruky (Ramachandran, Hirstein a Rogers-Ramachandran 1998) alebo ilúzia pergamenovej kože (Jousmäki a Hari 1998). Pri umelej ruke nejde o prípad fantómových bolestí amputovaných končatín, ale o proprioceptívnu ilúziu privlastnenia si umelej končatiny, na ktorej pozorujeme rovnakú taktílnu stimuláciu ako na vlastnej ruke. Vedomá skúsenosť privlastnenia vzniká výsledkom zložitej integrácie súčasne prebiehajúcich zrakových, taktílnych a proprioceptívnych skúseností. Veľmi zaujímavá je aj zmena taktílnych kvalít pri zvukových vnemoch ilúzie pergamenovej pokožky.

Vo všetkých podobných prípadoch, ktorých musí byť bezpochyby obrovský počet, sa zdá, že duálna teória naráža na svoje hranice. Jej intuitívna priateľnosť a jednoduchosť sa v prípade komplexných javov vedomia stráca. Máme k dispozícii na vysvetlenie vzťahu vedomia a nevedomia nejaký alternatívny model?

3 Komponentná analýza

Náš návrh začína triviálnym konštatovaním, že niektoré aspekty vedomých javov sú nepochybne prítomné aj na nevedomej úrovni myse. Omylom duálnej teórie je predpoklad, že nevedomie je prostým zrkadlom vedomej myse. Pre takéto prísilné konštatovanie nemáme dosť dôkazov, a možno pochybovať, že ich niekedy budeme mať. Zdanlivá intuitívna priateľnosť duálnej teórie podľa nás nespočíva len v jednoduchosti diskutovaných príkladov, ale aj v skrytom teoretickom predpoklade. Téza duálnej teórie sa opiera o predpoklad nedeliteľnosti fenomenálnych javov vedomia. Červenosť, akú vnímame pri pohľade na zrelú jahodu, sice fyzikálne pozostáva z viacerých vlastností, ale vedomie vnímame len ich jednotu v konkrétnom odtieni farby. Predpokladaná nemožnosť ďalšej analýzy jednotlivých obsahov vedomých stavov viedie zástancov duálneho prístupu k nevyhnutnosti postulovať ich v rovnakej podobe na nevedomej úrovni. Domnievame sa, že základná chyba duálnej teórie pozostáva v domnej nemožnosti analyzovať fenomenálne kvality vedomých stavov. Keď naopak priprustíme, že sa ďalej analyzovať dajú, prispejeme nielen k ich objasneniu, ale napomôžeme vyriešiť aj neľahký problém povahy nevedomia. Návrhy, ako vedomé stavy ďalej deliť, existujú, no nie zhoda na presnej podobe delení. Preto sa obmedzíme len na predbežné návrhy. Podľa nás je rozumné chápať fenomenalitu ako kombináciu viacerých vlastností: perspektivity, temporality, intenzity, intencionality, multimodality, vlastníctva

(mineness) a pravdepodobne ďalších (napr. valencia alebo sebauvedomenie) (Kriegel 2015, García-Carpintero a Torre 2016). Jadrom návrhu je predstava, že odlišné vedomé skúsenosti pozostávajú z rôznych komponentných stavených prvkov. Vedomé zrakové vnemy sa vyznačujú perspektívou, intencionalitou, vlastníctvom (viem, že ich mám). Emócie majú časové trvanie, intenzitu, vlastníctvo. Myšlienky majú silnú intencionalitu, no ich perspektíva a multimodalita sú slabé až neexistujúce. Nijaká vlastnosť z uvedeného zoznamu zrejme nie je pre vedomie dostatočná, a ani nevyhnutná. Avšak ich vhodnou kombináciou sa rôzne obsahy stávajú vedomými. Vedomie je konglomerátom uvedených vlastností rôznych mentálnych stavov. Z hľadiska nevedomia je podstatné, že viaceré vlastnosti sú neproblematicky prítomné na nevedomej úrovni, u iných nastávajú o ich mieste v nevedomí pochybnosti a ďalšie sú prítomné takmer výhradne vo vedomí. Perspektíva, či už zraková alebo sluchová, sa určite vyskytuje aj pri nevedomom spracovaní. Intencionalita je obvykle vedomá, ale má aj nevedomé podoby. Fenomén vlastníctva vedomých stavov je takmer výlučne vedomý. Celkovo je vedomie je výsledkom prítomnosti rôznych komponentov rozličných mentálnych stavov.

4 Ďalšie špekulácie

Náš prístup je podnetný z niekoľkých dôvodov. Po prvej, umožňuje iný pohľad na nevedomie. Hoci platí, že niektoré javy majú vo vedomí aj nevedomí identické vlastnosti, nejde o univerzálné pravidlo. Zrejme platí, že každý z komponentov sa vyskytuje v rôznej mierе zjavnosti. Často sú na oboch úrovniach spracovania zhodné len určité komponenty mentálneho javu. Vizuálny vnem je už na nevedomej úrovni obdarény perspektívou, no jeho intencionalita je slabšia a povedomie o vlastníctve stavu sa objavuje iba vo vedomí. U multimodálnych stavov je situácia ešte komplikovanejšia. Ich konstitutívne časti sú prítomné v nevedomí, ale špecifická kombinácia a alternácia obsahu sa zjavuje až na vedomej úrovni.

Zároveň sa v našej schéme problematizuje presná hranica medzi vedomím a nevedomím. Niekoľko je prítomnosť komponentov oslabená, nejasná. Temporalita je nedourčená, chýba motivačný faktor. V literatúre sa vedú nekonečné diskusie o tom, či hraničné fenomény ako kôrová slepota alebo hemineglect sú či nie sú súčasťou vedomia. Domnievame sa, že namiesto je gradačný prístup. Niektoré javy sú zjavne nevedomé, iné niekde na hranici a u mnohých nemáme najmenšie pochybnosti o ich prítomnosti vo vedomí. Kým duálne teórie preferujú jasnú hranicu, pre nás je priateľnejší postupný prechod z jednej oblasti myse do druhej.

Komponentná analýza môže otvoriť nové pole aj pre skúmanie vedomia u iných prírodných či umelých organizmov. Namiesto neľahkej otázky, či majú

zvieratá/roboti/mimozemšťania vedomie, je jednoduchšie pýtať sa, či majú mechanizmy na vznik a reflexiu ich komponentov. Otázka, či majú pavúky, žaby a gibony perspektívnu je oveľa zrozumiteľnejšia. Skombinujeme túto znalosť s ďalšími: majú aj intencionalitu? A čo multimodálnosť ich obsahov? Chápu temporálnu následnosť javov? Dostaneme sa oveľa bližšie k pochopeniu ich vedomia. Na niektoré skeptické výzvy asi nezodpovieme, ale dostaneme sa podstatne ďalej, než kladením si globálnej otázky o prítomnosti vedomia.

Komponentný prístup otvára široké pole pre ďalšie skúmania, ktoré bude užitočné nielen pre filozofov, ale i pre kognitívne vedy, informatiku, etológiu a ďalšie príbuzné disciplíny.

Poděkovanie

Tento príspevok vznikol v rámci projektu „Teorie přesvědčení a základy subjektivní pravděpodobnosti“ financovaného Grantovou agenturou České republiky (16-15621S).

Literatúra

Bayne, T. (2010). *Unity of Consciousness*, Oxford: Oxford University Press.

Coleman, S. (2015). Quotational higher-order thought theory. *Philosophical Studies* 172, 10, 2705-2733.

Garcia-Carpintero, M., a Torre, S. (2016). *Representing Oneself*. Oxford: Oxford University Press.

Jousmäki, V. a Hari, R. (1998). Parchment-skin illusion: sound-biased touch, *Current Biology*, 8, 6, 190-191.

Kriegel, U. (2015). *Varieties of Consciousness*. Oxford: Oxford University Press.

Lamme, V. (2015). The crack of dawn – perceptual functions and neural mechanisms that mark the transition from unconscious processing to conscious vision. In: T. Metzinger and J.M. Windt (eds.), *Open MIND*. Frankfurt am Main: MIND Group, 1-34.

McGurk, H. a MacDonald, J. (1976). Hearing Lips and Seeing Voices, *Nature*, 264, 746-748.

Marvan, T. a Polák, M. (2017). Unitary and dual models of phenomenal consciousness. *Consciousness and Cognition*, 56, 1-12.

Ramachandran, V.S., Hirstein, W. Rogers-Ramachandran, D. (1998). Phantom limbs, body image, and neural plasticity. *Int. Brain. Res. Org. News*, 26 (1), 10-11.

Rosenthal, D. (2005). *Consciousness and Mind*. Oxford: Oxford University Press.

Rosenthal D. (2010) How to think about mental properties. *Philosophical Issues*, 20, 368-393.

Eye-tracking ve virtuální realitě: implementace a možnosti měření

Vojtěch Juřík¹,
Pavel Ugwitz² a Čeněk Šašinka³

¹ Psychologický ústav, Filozofická fakulta, Masarykova univerzita, Arne Nováka 1, 602 00 Brno,
jurik.vojtech@mail.muni.cz

² Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno,
ugwitz.pavel@mail.muni.cz

³ Kabinet informačních studií a knihovnictví, Filozofická fakulta, Masarykova Univerzita, Arne Nováka 1, 602 00 Brno
cenek.sasinka@mail.muni.cz

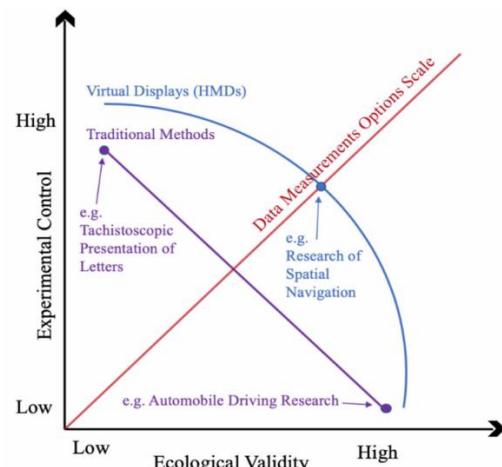
Abstrakt

Monitorování očních pohybů (tzv. Eye-tracking; ET) v současnosti představuje královskou cestu k porozumění senzomotorické aktivity člověka v rámci prostředí, kde se nachází. ET nabízí možnost přesného měření oblastí zájmů participantů, a to jak v kontrolovaném prostředí, tak v reálných exteriérech a interiérech. ET je dále možné implementovat do specifických virtuálních rozhraní, což umožňuje sbírat data o chování a rozhodování člověka ve virtuálních světech, přičemž tyto světy nabízí dynamickou prezentaci rozmanitých, realitě se blížících stimulů, při současném zachování kontroly a přesnosti měření. V prezentovaném článku glosujeme některé poznatky o implementaci ET v prostředí virtuální reality a navrhujeme jeho využití pro interkulturní výzkum senzo-motorických procesů, potažmo kognice člověka.

1 Úvod

Technologický progres umožňuje stále přesnější měření behaviorální aktivity člověka (Loomis et al., 1999). Specifická motorická a senzomotorická aktivity představuje významný faktor, na základě kterého je možné usuzovat na kognitivní procesy člověka, popisovat a predikovat jeho výkon, a také mapovat inter-individuální rozdíly mezi lidmi. Významným ukazatelem senzomotorické aktivity je sledování očních pohybů (Holmqvist, 2011). Využívání technologií na sledování očních pohybů, tzv. Eye-trackingu (ET), je na vzestupu (Blascheck et al., 2014), a to jako důsledek potenciálu této metody - tedy přesného a užitečného měření oblastí zájmů člověka a jiných metrik o pohybu očí, jak v kontrolovaném laboratorním prostředí, tak v podmínkách reálného světa. Další potenciál využití ET technologií roste především v kontextu virtuální reality, která nabízí kontrolované, nieméně ekologicky validní podmínky s možností přesného měření lidské aktivity (viz Obr. 1). Kombinace virtuálního prostředí s možností sledování oblastí zájmů a senzomotorické aktivity člověka v tomto prostředí nabízí komplexní informace o

chování a rozhodování jedince např. v oblastech virtuální vizualizace, vizuální kognice (Stachoň et al., 2018a), navigace, prostorové kognice, marketingu, a nebo interkulturního výzkumu (např. Miellet et al., 2012).



Obr. 1: Možnosti měření ve virtuálních rozhraních (Juřík et al., manuskript).

2 Základní terminologie u ET technologie

V současnosti je na trhu (i přes stále vysokou pořizovací cenu) dostupná celá řada zařízení, jejichž účelem je zaznamenat pohyb očí a vyvodit tak místa, na které se pozorovatel v rámci daného rozhraní díval. Nahrávací frekvence těchto ET zařízení se pohybují u současných technologií mezi 60 a 120 Hz, novější vysokorychlostní ET umožňují zaznamenávat s přesností 240 Hz a více, což indikuje zvyšující se kapacity pro přesnější měření. Navolená frekvence by nicméně měla vždy odpovídat dané hypotéze a podmínek měření. Základní měřenou datovou jednotku tvoří tzv. gaze point, tedy zaznamenané místo pohledu. Agregace několika gaze pointů tvoří tzv. fixaci. Sakáda představuje rychlý přesun očí z jedné fixace na jinou fixaci. Slovem Scanpath se potom označuje sekvence různých fixací a

sakád, jedná se tedy o jakýsi průběh pozorování a jako takový poskytuje informace o pátrací aktivitě pozorovatele. Stimulus představuje v rámci ET specifický vizuální obsah prezentovaný participantům během experimentu/měření, a tento může být buď dynamický nebo statický. Kromě klasického 2D stimulu mohou vizuální obsahy nabývat také třetího rozměru, přesně s takovými se setkáváme v rámci virtuálních prostředí. U dynamických stimulů jsou definovány s tzv. Smooth pursuits, tj. pohyby očí, které jsou nezáměrným přesunem pohledu ve směru pohybujícího se stimulu. Oblastmi zájmu (area (AoI) or regions (RoI) of interest) se rozumí významná část stimulu, která hraje svoji úlohu s ohledem na danou hypotézu. V rámci 3-dimenzionálních světů jsou oblastmi zájmu konkrétní modely, předměty nebo objekty umístěné v prostředí. Tyto objekty je možné předem definovat, a nebo samy vyplynou jako důsledek pátrací aktivity pozorovatele, když představují oblast, která automaticky poutá pozornost pozorovatele (Blascheck et al., 2014).

2.1 Stimuli u ET

Stimuli v rámci ET měření mohou nabývat různých forem, obecně se dělí na point-based a AoI-based, kde předem vydefinovaná oblast zájmu (AoI-based), oproti point-based stimulu) disponuje určitou sémantickou anotací. Dále se stimulus dělí na statický a dynamický, pasivní a aktivní (lišící se úrovní potenciální interaktivnosti), dále potom na 2D nebo 3D stimulus (Blascheck et al., 2014). V rámci virtuálních světů se obvykle setkáme se všemi typy zmínovaných stimulů. Pro účely měření behaviorální aktivity ve VR budeme hovořit o AoI-based dynamickém aktivním 3D stimulu, protože interaktivní virtuální rozhraní v současnosti nabývají formy prostředí, kde je participant zastoupen v pohledu první osoby a pohybuje se prostředím, které se vizuálně blíží reálnému světu. V návaznosti na sesbíraná data existuje řada způsobů, jak data o sledování stimulů sbírat, zpracovávat a vizualizovat. Pro účely sběru dat ve virtuální realitě je možné využít existujících postupů pro implementaci ET technologie do helmy pro virtuální realitu (do tzv. head-mounted displaye (HMD)), konkrétní technické řešení popisuje řada studií s ohledem na různé zaměření, účel a specifikaci daného rozhraní (např. Stengel, Groggick, Eisemann, Eisemann & Magnor, 2015; Curatu et al., 2005; Tanriverdi & Jacob, 2000).

2.2 Vizualizace naměřených dat

Možnosti vizualizace dat je mnoho a další se rozvíjí. Jedním z možných způsobů vizualizace dat získaných z ET je tzv. heat mapa, což je obraz pozorované scény, ve kterém jsou častěji pozorované oblasti vykresleny barevně. Jednoduché způsoby vyobrazení dat mají své limity, které se prohlubují především při prezentaci více komplexních (např. dynamických 3-dimenzionálních) stimulů (Stellmach, Nacke & Dachselt, 2010). V rámci

dynamických 3-dimenzionálních stimulů byly navrženy další způsoby možné vizualizace ET záznamu, a to např. *projected*, *object-based*, and *surface-based* mapy pozornosti, které vyjadřují rozložení vizuální pozornosti v rámci celé prezentované scény, ale také mezi jednotlivými modely/objekty ve scéně, a přesněji také na povrchu samotných modelů (více Stellmach, Nacke & Dachselt, 2010). Značný potenciál nabízí logovací funkcionalita VR prostředí, kdy je možné nejen měřit přesné pohybové paterny participantů včetně jeho pohybů hlavy a průchodu v prostředí, ale také sledovat kolize participantů s předem definovanými oblastmi zájmu, a to jak jejich průchodem, tak na základě očního kontaktu, který participant naváže s vydefinovaným objektem (Ugwitz et al., manuskript). Takto je možné sbírat data o objektech, které participantova upoutaly.



Obr. 2: Virtuální prostředí obsahující definované AoIs za použití virtuálních hranic (vlevo – lokální AoI; vpravo – globální AoI; převzato z Ugwitz, 2017).

3 ET ve výzkumu interkulturních rozdílů

Výzkum rozdílů v percepci a kognici u příslušníků různých kultur byl demonstrován na příkladu čtení a vyhodnocování map (Stachoň et al., 2018a; Stachoň et al., 2018b). Mapa v tomto případě představovala projekční plátno, na kterém se promítá specifický postup, který participant zvolí při hledání odpovědí na otázky. Čtení mapy, stejně jako orientace v prostředí obecně, je senzomotorická aktivita, která je ovlivněna řadou faktorů, např. dispozicí ke konkrétnímu kognitivnímu stylu (Kozhevnikov, Kosslyn & Shephard, 2005). Kognitivní styl člověka je podle některých výzkumů kulturně podmíněný (Nisbett & Miyamoto, 2005; Norenzayan, 2002), kdy např. kultury východní Asie podněcují u jejich příslušníků holistickou percepci prostředí. Lze tedy předpokládat, že lidé z rozdílného kulturního kontextu budou rozdílně postupovat také při exploraci prostředí, ve kterém se nachází. Virtuální prostředí v tomto případě nabízí veškeré výše zmínované výhody (možnosti měření, prezentace dynamických stimulů), a při využití ET technologie je navíc možné přesně postihnout také proces, který je vedl ke konkrétnímu výkonu. Využití počítačového měření navíc umožňuje sběr a vyhodnocení dat na velkých vzorcích a na vzdálených místech planety, což je kombinace možností, která doposud nebyla dostupná.

Navržené rozhraní je tedy vhodné k výzkumu senzomotorické a potažmo kognitivní aktivity u příslušníků rozdílných kultur.

4 Závěr

V rámci příspěvku byly představeny možnosti a výhody využití technologie Eye-trackingu při měření behaviorální aktivity ve virtuálním prostředí, byly glosovány některé možné způsoby sběru a vizualizace dat, a byl navržen koncept explorace senzo-motorické aktivity člověka ve virtuální realitě pro hledání inter-individuálních rozdílů mezi lidmi z různých kulturních prostředí.

Poděkování

Tento příspěvek vzniknul s podporou grantové agentury GA ČR v rámci projektu GC19-09265J pojmenovaného The influence of socio-cultural factors and writing system on perception and cognition of complex visual stimuli (ISOVIS).

Literatura

- Blascheck, T., Kurzhals, K., Raschke, M., Burch, M., Weiskopf, D., and Ertl, T. (2014). State-of-the-Art of Visualization for Eye Tracking Data [Online]. *Eurographics Conference On Visualization* (Eurovis) (2014), 2014(1), 20.
- Curatu, C., Hua, H. and J. Rolland. (2005). Projection-based head-mounted display with eye tracking capabilities. Proc. SPIE 5875, *Novel Optical Systems Design and Optimization VIII*, 58750J (31 August 2005).
- Holmqvist, K. (2011). *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures*. New York: Oxford University Press.
- Jurík V., Šafárová, K. a Č. Šašinka (In print). Embodied cognition significance for the ecologically valid psychological research in virtual reality. Manuscript.
- Kozhevnikov, M., Kosslyn, S., and Shephard, J. (2005). Spatial versus object visualizers: A new characterization of visual cognitive style [Online]. *Memory & Cognition*, 33(4), 710-726.
- Lim, P. C., Sheppard, E., and Crundall, D. (2013). Cross-cultural effects on drivers' hazard perception [Online]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology And Behaviour*, 21, 194-206.
- Loomis, J. M., Blascovich, J. J., & Beall, A. C. (1999). Immersive virtual environment technology as a basic research tool in psychology. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 31(4), 557-564. doi: <https://doi.org/10.3758/BF03200735>
- Miellet, S., He, L., Zhou, X., Lao, J. & Caldara, R. (2012). When East meets West: Gaze-contingent Blindspots abolish cultural diversity in eye movements for faces. *Journal of Eye Movement Research*, 5 (2), 1-12.
- Nisbett, R. E., and Miyamoto, Y. (2005). The influence of culture: holistic versus analytic perception [Online]. *Trends In Cognitive Sciences*, 9(10), 467-473.
- Norenzayan, A. (2002). Cultural preferences for formal versus intuitive reasoning [Online]. *Cognitive Science*, 26(5), 653-684.
- Stachoň, Z., Šašinka, Č., Čeněk, J., Štěrba, Z., Angsuesser, S., Fabrikant, S. I., et al. (2018a). Cross-cultural differences in figure-ground perception of cartographic stimuli [Online]. *Cartography And Geographic Information Science*, 46(1), 82-94.
- Stachoň, Z., Šašinka, Č., Čeněk, J., Angsüsser, S., Kubíček, P., Štěrba, Z., and Bilíková, M. (2018b). Effect of Size, Shape and Map Background in Cartographic Visualization: Experimental Study on Czech and Chinese Populations [Online]. *Isprs International Journal Of Geo-Information*, 7(11).
- Stellmach, S., Nacke, L., and Dachselt, R. (2010). 3D attentional maps [Online]. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI '10* (p. 345-). New York, New York, USA: ACM Press.
- Stengel, M., Grogorick, S., Eisemann, M., Eisemann, E., and Magnor, M. A. (2015). An Affordable Solution for Binocular Eye Tracking and Calibration in Head-mounted Displays [Online]. In *Proceedings of the 23rd ACM international conference on Multimedia - MM '15* (pp. 15-24). New York, New York, USA: ACM Press.
- Tanriverdi, V., and Jacob, R. J. K. (2000). Interacting with eye movements in virtual environments [Online]. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '00* (pp. 265-272). New York, New York, USA: ACM Press.
- Ugwitz, P. (2017). Experimental Possibilities in Individual Differences Research: Spatial Orientation in Immersive Virtual Reality. Master's thesis, Masaryk University Brno.
- Ugwitz, P., Jurík, V., Herman, L., Stachoň, Z., Kubíček, P., and Č. Šašinka (Manuscript). Spatial Analysis of Navigation in Virtual Geographic Environment. Manuscript.

Analyzing and modelling functional brain networks

Andrej Jursa, Mária Markošová

Department of Applied Informatics, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics
Mlynská dolina, Bratislava
Andrej.Jursa@fmph.uniba.sk, markosova@ii.fmph.uniba.sk

Abstract

Functional brain network is a network extracted from the brain fMRI signal at certain correlation thresholds of the voxel activity. Such network shows, how small brain chunks (voxels) cooperate, even if they are not directly interconnected by axons. These networks are then analysed with a help of standard and also less standard graph theoretical methods, for example graphlet based measures, which are able to compare the graphlet network structures. In agreement with previous studies, our study also shows that the functional brain network degree distribution changes with the correlation threshold. These changes are modelled by a difference equation capturing the processes of node and edge addition. Hill climbing algorithm is then used to optimize model parameters with respect to the data.

1 Introduction

Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) is a technique for capturing high-resolution images of neural activity in the brain, based on the blood-oxygen-level-dependent (BOLD) signal (Buxton, 2009). FMRI images are captured in a series of three-dimensional slices, with each slice representing a cross section of the brain less than 10 mm thick. A single slice is comprised of a rectangular grid of discrete 3D regions known as voxels (volumetric pixels). Functional brain network captures correlations of voxel signals. Voxel represents a node in the functional brain network. If the absolute value of the correlation coefficient between the two voxel signals crosses certain selected threshold, then there is an edge between these network nodes. Such functional brain network expresses functional cooperation of the brain parts in solving certain cognitive task. If different correlation thresholds are used, one can study, how structural features such as degree distribution and other characteristics evolve due to the changing threshold. Networks investigated in this study are simple and binary undirected graphs. They were extracted by McCarthy (McCarthy et al. 2013, 2014) from the measurements of Buckner et al. (Buckner et al. 2005). In the Buckner's experiment, fMRI brain scans of the three groups of participants - healthy young

(HY), healthy elderly (HE), and elderly with Alzheimer (AE), were measured.

Functional brain networks were then analyzed by means of standard statistical and graph theoretical methods (McCarthy et al. 2014).

Here, we also compared pairwise the structure of the functional brain networks using graphlet-based statistical measures (Przulji 2006). This is not common in the functional brain network studies. Graphlet decomposition extends the concept of the node degree distribution. Node degree k is a number of edges incident with the node in question and the distribution measures how many network nodes have the degree k . From the graphlet point of view, it gives for each k a number of nodes touching k edges, where an edge is understood as a graphlet G_0 . So the degree distribution measures how many nodes touches one G_0 , how many nodes touches two G_0 -s..., how many nodes touches $k G_0$ -s. The same notion can be applied for another 29 (G_1 .., G_{29}) graphlets defined by Przulji (Przulji 2006). However, in the graphlets it is topologically meaningful to distinguish at which automorphism orbit the node touches them. 30 graphlets have 73 different automorphism orbits, so the correct analogue to the degree distribution is to measure the number of nodes touching particular graphlet at a node belonging to a particular orbit. For example, graphlet G_1 is a chain of three nodes which belong to the two different automorphism orbits (middle node to the one, end nodes to the other). So we ask how many nodes touches one G_1 at the middle node, and how many at the end nodes, how many nodes touches two G_1 -s at the middle and how many at the end nodes, how many nodes touches three G_1 -s at the middle and how many at the end nodes ...etc. Therefore, we get 73 graphlet degree distributions (GDD). Then one can compare two networks G and H calculating a measure called network GDD agreement either arithmetic $A_{arith}(G, H)$ or geometric $A_{geom}(G, H)$. Both of these measures does not depend on the network parameters, such as number of nodes and edges.

Let $d_G^j(k)$ is a GDD for an orbit j and $S_G^j(k) = d_G^j(k) / k$. The sum of $S_G^j(k)$ -s is a norm $T_g^j = \sum_{k=1}^{\infty} S_G^j(k)$. The normalized distribution is calculated

as $N_G^j(k) = S_G^j(k) / T_G^j$. Then the distance of the two networks G and H is given as

$$D_G^j(G, H) = \left(\sum_{k=1}^{\infty} |N_G^j(k) - N_H^j(k)|^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

Now the agreement of the two networks is defined as $A^j(G, H) = 1 - D_G^j(G, H)$. Then the arithmetic and geometric agreements are given as arithmetic and geometric averages of particular agreements;

$$A_{\text{arith}}(G, H) = \frac{1}{73} \sum_{j=0}^{72} A^j(G, H) \quad (2)$$

$$A_{\text{geom}}(G, H) = \left(\prod_{j=0}^{72} A^j(G, H) \right)^{1/73} \quad (3)$$

The closer these measures are to 1, the more similar is the graphlet structure of G and H network.

Another type of measures we have calculated for the functional brain network are based on the relative graphlet frequency distance (RGFD). We denote $NG_i(G)$ as a number of graphlets of the type $i \in \{1, \dots, 29\}$ in the network G . Then $TG(G) = \sum_{i=1}^{29} NG_i(G)$ is the total number of graphlets in the network G. RGFD is then given as

$$R(G, H) = \sum_{i=1}^{29} |F_i(G) - F_i(H)| \quad (4)$$

where $F_i(G) = -\log \left(\frac{NG_i(G)}{TG(G)} \right)$. RGFD is independent of the number of network nodes and edges. Because this measure is from the interval $(0, \infty)$ we used two different yet similar measures proposed by Nehez (Nehez et al 2018), which are both from the interval $(0, 1)$.

To define these measures we define a new $TG'(G) = \sum_{i=0}^{29} NG_i(G)$ in which the zero-th graphlet is added. This will allow to calculate the total variation distance (TVD)

$$\delta(G, H) = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{29} \left| \frac{NG_i(G)}{TG'(G)} - \frac{NG_i(H)}{TG'(H)} \right| \quad (5)$$

The second measure proposed by Nehez (Nehez 2018) is called Hellinger distance, which can be calculated as:

$$HD(G, H) = \left[\frac{1}{2} \sum_{i=0}^{29} \left(\sqrt{NG_i(G)/TG'(G)} - \sqrt{NG_i(H)/TG'(H)} \right)^2 \right]^{1/3} \quad (6)$$

In both of these measures holds, the close they are to 0 the more similar is the graphlet structure of G, and H networks.

2 Modelling functional brain networks.

One of our goals is to model by means of difference equations how the functional brain network degree distribution changes with the correlation threshold. The studied networks were acquired at three different correlation thresholds ($\theta_1 = 0.818398$, $\theta_2 = 0.899876$, $\theta_3 = 0.962249$) and further pre-processed by McCarthy and others (McCarthy et al 2014). The threshold choice and other details of data pre-processing are described in (McCarthy et al 2014).

On Fig. 1, the degree distributions derived from the functional brain networks of healthy young participants are depicted. In agreement with other studies (Eguiluz et al. 2005), we found that if the correlation threshold is high, the network has scale-free structure and the power law degree distribution. However, with the decreasing threshold the power law degree distribution is destroyed.

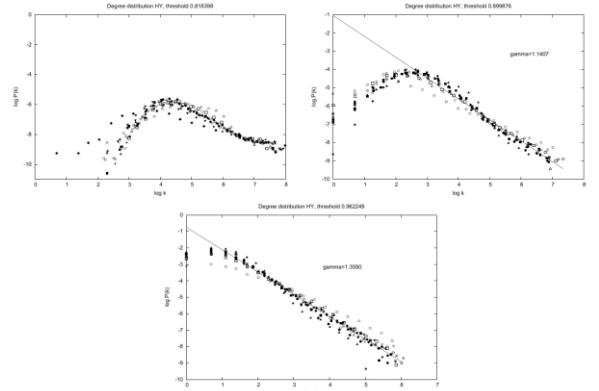


Fig. 1: Degree distributions of the functional brain networks of young healthy participants (HY) from the lowest to the highest correlation threshold. The lowest threshold is 0.818398, the middle one is 0.899876 and the highest is 0.962249. There were 14 participants in this group.

The data for the other groups of participants, namely HE and AE, show the same qualitative picture, although they are less coherent. To imagine, what happen when the threshold decreases, we hypothesise, that the real correlations exhibiting real cooperation of the brain parts create the power law structure. They are more and more disturbed by random correlations as the threshold decreases. In addition, the number of nodes and edges increases, because the lower the correlation threshold is, the more voxel pairs are able to cross it.

In the following analysis, a scenario described in (Scholz et al. 2005) for the noisy scale-free networks inspires us. The authors started from a network with pure scale-free degree distribution. Then, after fixing the number of nodes to N_0 and the initial number of edges to L_0 , the network is disturbed by some type of noise: i.e. random link removal, random link exchange and random link addition. The authors have studied how the degree

distribution drifts from the power law character with increasing the noise (randomness) in the network.

We observed the same pattern, namely, that the lowering of the correlation threshold is analogical to increasing the probability of addition of random links in the functional networks, which in turn causes that the degree distribution is not power law any more. In addition, we allow the network to grow, i.e. unlike the original model of Scholz et al. (Scholz et al. 2005), we assume an increase in the number of nodes as the threshold of correlation decreases. We suppose, it is possible to lower the threshold by such a slow way, that at each threshold jump one new node comes to the system. Thus, each step or iteration is marked by addition of a new node. In other words, n denotes a number of network growth steps. The rate equation describing the above mentioned dynamic processes in our model is:

$$P(k, n+1) = p_{k,k-1}(n)P(k-1, n) + (1 - p_{k+1,k})P(k, n) \quad (7)$$

Here

$$p_{k,k-1}(n) = \frac{a+2b}{N_0+n} + \frac{(a+2b_1)(k-1)}{2L_0+A(n)}, \quad (8)$$

where $A(n) = 2(a + b + a_1 + b_1)n$, $P(k, n+1)$ is the normalized number of nodes having the degree k at the iteration $n+1$. At each iteration, this number changes, due to the fact, that some nodes having at the previous iteration n the degree $k-1$, gain a new edge. This is expressed in the first term of the equation (7). The second term expresses, that some nodes have the degree k already at iteration n and with the probability $1 - p_{k,k-1}(n)$ no new edges are added. In equation (8), N_0 , L_0 denote initial number of nodes and edges, a , b are the number of randomly added edges per iteration, where a is the number of edges fetched by a newcomer node and b is the number of edges added between older network nodes. Similarly, a_1 denotes the number of edges by which a new node links preferentially to the network and b_1 is the number of edges linking older nodes preferentially. Factor two at some coefficients denotes, that these edges are linked by both of their ends, unlike to those edges, which have one edge end linked to the newcomer node.

To fit the model to the data we used the hill climbing algorithm. Numerical results are presented in the next chapter.

4. Results of the numerical simulations

In this section we present results of the numerical simulations. The section is divided into two subsections. In the first one we present the results of the graphlet decomposition of the functional brain networks. The

second subsection is devoted to the model (7) numerical simulations and model parameter fitting.

4.1 Graphlet decomposition of the functional brain networks.

We have used ORCA (Hocevar and Demsar 2014) software to compute GDD distribution for functional brain networks of elderly healthy (HE) and elderly Alzheimeric (AE) participants. From these distributions, numbers of particular graphlet types were derived. Then GDD agreements, together with Hellinger distance and total variation distance have been calculated. Our ambition was to distinguish between the networks of healthy and Alzheimer affected brain networks by means of the graphlet-based statistics. All of these measures compare pairs of networks from the graphlet structure point of view. In our study, we compared each network from the HE group to each network from the AE group.

On Fig. 2, the GDD agreements between functional brain networks of the HE and AE participants are depicted. The minimal agreement is 0.920 and the maximal one is 0.973, which shows a great similarity of the networks between the two groups. This measure is thus not able to distinguish between these two different groups.

Similarly, Fig. 3 shows the total variation and Hellinger distances between functional brain networks of the HE and AE participants. The minimal total variation distance is 0.012 and the maximal one is 0.255. The Hellinger distances are inside the above mentioned interval of the total variation distance. This also shows great similarity of networks from the graphlet structure point of view.

All of these measures have been also calculated between pairs of networks in the same group. The results are similar. That means that the graphlet decomposition methods are in general not too suitable to distinguish between the functional brain networks of healthy and diseased brain. Nevertheless, if we compare the networks of different families, such as random networks and scale free networks all measures show significantly that there is a difference between the graphlet structures of these types of networks.

For example, we compared 9 random graphs with 11 scale-free networks. These data were generated with 500 nodes, having edge probability for random networks between 0.1 to 0.9. Scale-free networks were generated using configuration model for scaling exponent between 2.5 to 3.5. The results of similar comparison as mentioned above have the minimal GDD agreement is 0.569 and the maximal one is 0.617. The minimal total variation distance is 0.141 while the maximal one is 0.983. The minimal Hellinger distance is 0.226 and the

maximal is 0.964. The maximal value of both of these measures is one, so they clearly recognize the different structure of the scale free networks and random graphs.

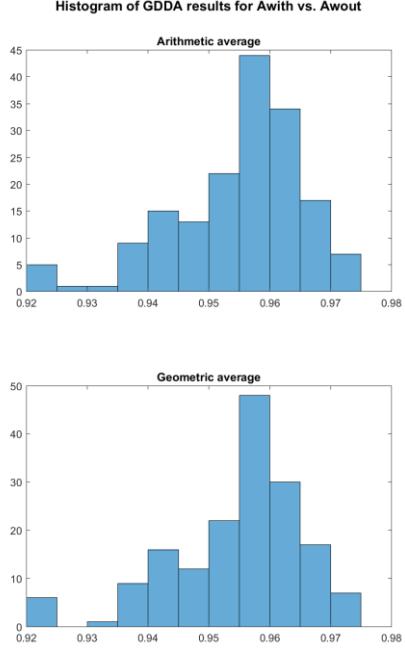


Fig. 2 : Histogram of GDD agreements between functional brain networks of the HE and AE participants. On the x axis there is a GDD agreement, on the y axis the number of network pairs having similar agreements are depicted.

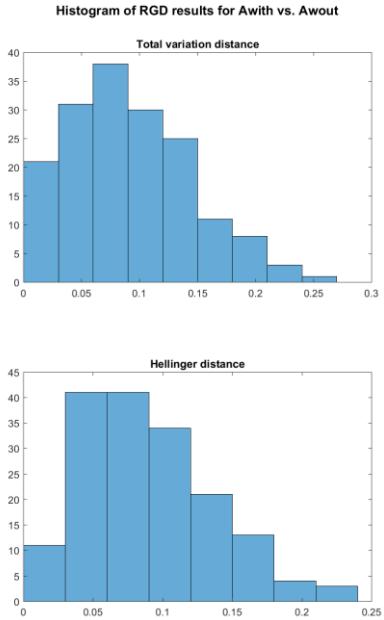


Fig. 3 : Histogram of the total variation and Hellinger distances between functional brain networks of the HE and AE participants. On the x axis there are the

distances, on y axis the number of network pairs having similar distances are depicted.

4.2 Numerical simulation of the model

Numerical simulation of the model (7) is done for all functional brain networks from the HY group of participants and compared to the data at the middle correlation threshold θ_2 and the lowest correlation threshold θ_1 . Here we present the best fit for the threshold θ_2 together with the best fit for the threshold θ_1 (Fig. 4, Fig. 5).

The simulation is performed as follows. First we used the experimental data to find the parameters in the power law degree distributions at the highest threshold θ_3 . This threshold corresponds to the initial number of iterations $n_0 = 0$. As stated before, the initial degree distribution is power-law, i.e.:

$$P(k) = ck^{-\gamma} \quad (9)$$

Both parameters c and the scaling exponent γ are derived from the data.

In our simulations we first applied the model (7) to model the transition between the two highest correlation thresholds, namely θ_3 and θ_2 of the functional brain networks. The model has been iterated $N_2 - N_0$ times (because at each iteration only one node appears) for the defined set of parameters a, a_1, b, b_1 . N_0, N_2 denote the number of nodes at the initial network state (highest threshold) and at the network state corresponding to the middle correlation threshold, respectively. In each network growth step (a discrete small threshold change) a fixed number of edges is added, namely $(L_2 - L_0)/(N_2 - N_0)$ where L_2 is the number of network edges gained from the measured data at the threshold θ_2 and L_0 is the initial number of edges. To find the best set of parameters a, a_1, b, b_1 we used the hill climbing algorithm, in which the mean square error between the measured and simulated data has been calculated. Each hill climbing simulation have started from seven different initial conditions. From the best fit parameters in the current simulation fifteen new sets of parameters were derived by slight perturbations of the currently best fit parameter set. The hill climbing algorithm has been iterated 800 times. We did the same job as before to model the data at the threshold θ_1 . The difference is, that the hill climbing algorithm has been iterated $N_1 - N_0$ times, where N_1 is the number of nodes at the lowest correlation threshold. Also the number of edges added in each threshold (network growth) step is different, namely $(L_1 - L_0)/(N_1 - N_0)$ where L_1 is the number of edges in the functional brain network created at the threshold θ_1 . Some results are depicted at Fig.4 and Fig. 5.

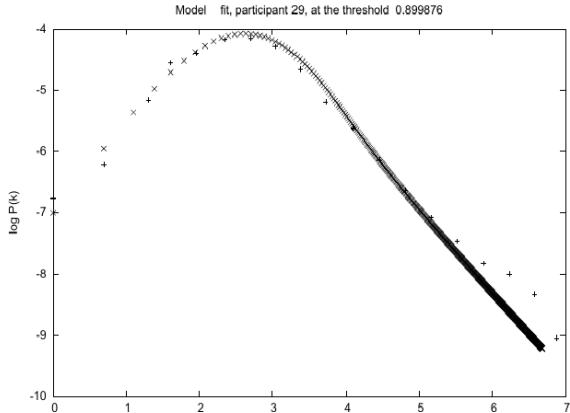


Fig. 4 : The best numerical fit of the model + to the data x at the middle correlation threshold θ_2 . Number of iterations is 800. The best fit parameters of the model are $a = 1.3958$, $b = 3,7479$, $a_1 = 0.0013$, $b_1 = 243.1351$, $MSE = 0.2941$

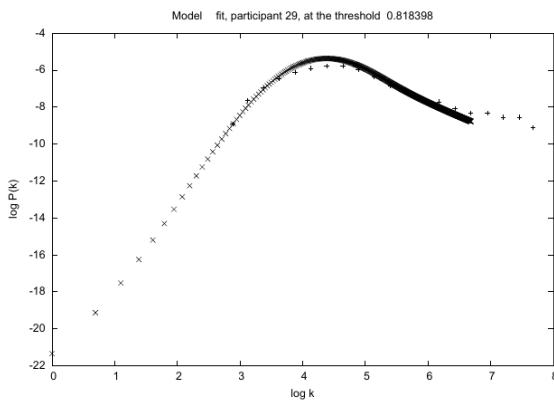


Fig. 5 : The best numerical fit of the model to the data at the lowest correlation threshold θ_1 . Number of iterations is 800. The best fit parameters of the model are $a = 4.4472$, $b = 21.0980$, $a_1 = 0.0000$, $b_1 = 515.9147$, $MSE = 0.6877$

We made a similar model fits to all of the networks acquired from the HY group of participants. The MSE of these fits was higher. For the worst fit it was 0.4554 at the threshold θ_2 and 1.184 for the threshold θ_1 .

5. Discussion

In this paper, we have shown our studies of the functional brain networks gained from the Buckner et al. (Buckner et al. 2005) experimental measurement of the three groups of participants, namely HY (young healthy), HE (elderly healthy) and AE (elderly with Alzheimer disease) by Paul McCarthy et al. (McCarthy et al. 2013, 2014). McCarthy et al. have studied all of the functional brain networks from the point of view of standard statistical measures, such as clustering coefficient, average shortest path, average degree, etc. Our goal is to apply more sophisticated and not

standardly used measures, which compare the topological structure of the pairs of networks, based on the graphlet network decomposition. The other goal is to study the networks degree distributions and their changes with the correlation threshold. Based on these studies, we created a model (7), difference dynamic equation, which includes various processes of node and edge addition. We suppose that these processes occur in the real networks as well.

All three graphlet-based measures, namely the GDD agreement, total variation distance and Hellinger distance show, that they are not able to distinguish between the functional brain networks of Alzheimer affected and healthy brain. We therefore suppose that the graphlet structure is not highly influenced by the Alzheimer brain changes affecting the number of neural connections in the brain. However, from our study it is clear, that the GDD agreement method results have lower variability then the results of the RGFD based methods.

On the other hand, we were able to model qualitatively and quantitatively well the degree distribution changes with the changing correlation threshold in the HY group. We therefore suppose, that the processes captured by our model reflect the real processes. The discrepancies between the model and the real data are because the number of added edges per iteration depends on the threshold. This dependence is more significant the lower the threshold and thus is not a constant as we supposed in the model numerical simulations. How to improve the model and include this fact into it is left for the future studies.

Acknowledgement

We highly acknowledge the support of the VEGA grant number 1/0039/17.

References

- Buckner, R. L. (2005). Three principles for cognitive aging research. In R. Cabeza, L. Nyberg, and D. Park (Eds.), *Cognitive Neuroscience of Aging* : 267-285. Oxford University Press.
- Buxton, R. B. (2009). Introduction to Functional Magnetic Resonance Imaging: Principles and Techniques (2nd edition). Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Eguiluz, V. M., Chialvo, D. R., Cecchi, G. A., Baliki, M., Apkarian, A. V. (2005). Scale-free brain functional networks, *Phys. rev. lett.*, 94, 018102
- Hocevar, T., Demsar, J., A combinatorial approach to

graphlet counting, *Bioinformatics* 30, 4: 559/565
McCarthy, P., Benuskova, L., Franz, E. A. (2013).
Functional network analysis of aging and
Alzheimer's disease: Results. *Technical Report*
OUCS-2013-12, University of Otago, New Zealand.

McCarthy, P., Benuskova, L., Franz, E.A. (2014). The
age-related posterior-anterior shift as revealed by
voxelwise analysis of functional brain networks.
Frontiers in Aging Neuroscience 6: 301

Nehez, M. Lelovsky, M. (2018). A Graph Mining
Perspective on Graphlet-Based Network Similarity.
In Proceedings of 13th International Workshop on
Knowledge Management 2018, pp. 87-97

Przulji N. (2006), Biological network comparison using
graphlet degree distribution, *Bioinformatics* 26:
177/183

Scholz, J., Dejori, M., Stetter, M., Greiner, M. (2005).
Noisy scale-free networks. *Physica A* 350: (2-4),
622--642.

Generatívne modely vývoja biologických štruktúr

Alica Kelemenová

Ústav informatiky, FPF Slezská univerzita v Opave
Bezručovo nám.13, 74601 Opava, ČR
kelemenova@fpf.slu.cz

Abstrakt

Cieľom príspevku je poskytnúť prehľad diskrétnych modelov, ktoré využívajú vývojové pravidlá na popis objektov motivovaných biologickými štruktúrami a umožňujú v adekvátnom rozsahu štúdium dejov prebiehajúcich v týchto štruktúrach.

Uvedieme Lindenmayerove vývojové systémy, eko-gramatické systémy, membránové systémy a morfogenetické systémy. K jednotlivým modelom uvedieme informácie o motivácii vedúcej k ich zavedeniu a o štruktúre modelov, typické okruhy problémov a referencie.

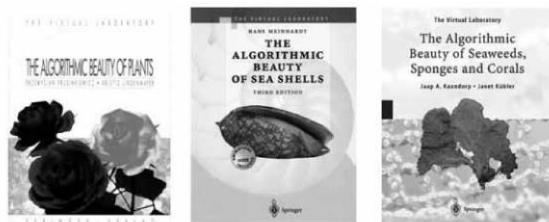
1 L systémy

Najstarším z modelov, ktoré zmienime sú vývojové systémy Aristida Lindenmayera zavedené roku 1968. (Lindenmayer, 1968). Lindenmayerove systémy dnes predstavujú typický a detailne rozpracovaný generatívny model, ktorý bol inicializovaný a vytvorený na základe podnetov z biologických vied. Cieľom A. Lindenmayera bolo navrhnuť model vývoja jednoduchých organizmov, ktorý by umožnil nielen opísať skúmanú biologickú predlohu, ale by tiež vypovedal o možnom vývoji tohto organizmu, umožnil charakterizovať jeho vlastnosti a biologicky relevantné prejavy.

Motivačnou predlohou tohto modelu sú organizmy s jednoduchou vláknitou štruktúrou reprezentované reťazcami buniek. Na modelovanie buniek a ich vzájomných komunikačných možností sa rozhodol A. Lindenmayer využiť v tom čase teoretickú novinku, konečné automaty. Biologická predloha vyžadovala, aby všetky automaty v reťazci, reprezentujúce bunky pracovali synchronne, a tiež aby sa reťazce automatov mohli predlžovať či skracovať podľa toho, ako sa bunky v organizme množia alebo zanikajú. Tieto kľúčové požiadavky viedli ku vzniku a rozvoju teórie L systémov, tak ako ju dnes poznáme.

Vďaka G. Rozenbergovi majú dnes L systémy tvar paralelne pracujúcej formálnej gramatiky. Možnosti, ktoré L systémy poskytujú pre simuláciu vývoja rastlín reprezentatívne ilustruje kniha Algoritmická krása rastlín (Prusinkiewicz, Lindenmayer 1990), na ktorú naviazali ďalšie publikácie, napríklad Algoritmická

krása lastúr (Meinhardt 1995) a Algoritmická krása rias, špongií a korálov (Kaandorp, Kubler 2001).



Obr. 1: Knihy o algoritmickej krásse rastlín, lastúr rias, špongií a korálov

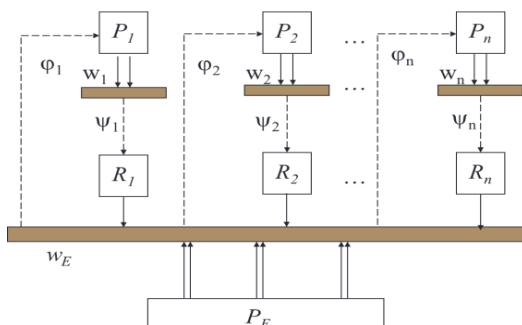
Typickými oblasťami aplikácií L systémov sú rôzne modely v biológii a medicíne. (Kókai a kol. 1999) (Aghamirmohammadi a kol. 2018) L systémy poskytli významný stimul pre rozvoj počítačovej grafiky. Algoritmickej botanike sa venuje P. Prusinkiewicz s kolektívom <http://algorithmicbotany.org/>. Aplikácie teórie nájdeme aj v oblastiach, ktoré priamo nesúvisia s ich pôvodnou motiváciou, v architektúre, hudobnej vede, i pri návrhu ornamentov (McCormack 2003), (Manousakis 2006). V teórii formálnych jazykov znamenal výskum L systémy sústredenú koncentráciu na paraleлизmus. Záujemcom o výpočtové aspekty L systémov odporúčame (Herman, Rozenberg 1975), (Kari, Rozenberg, Salomaa 1997), (Kelemenová 2005, 2010) a (Kelemen, Kelemenová 2001).

2 Ekogramatické systémy

V tejto kapitole predstavíme model ekosystému zložený z L systémov, ktoré sa vzájomne ovplyvňujú. Predstavujú biologicky motivovanú variantu gramatických systémov. (Csuha-Jaraj a kol. 1994). Ekosystém je tvorený prostredím a organizmami. V ekogramatickom systéme každému organizmu prislúcha L systém, ktorý charakterizuje jeho individuálny vývoj v situácii, keď sa stav prostredia nemení a keď vývoj organizmu neovplyvňujú iné organizmy. L systémom je tiež určený vývoj prostredia v ekogramatickom systéme. Tento charakterizuje vývoj prostredia tak, ako prebieha bez zásahu organizmov. Ekogramatické systémy boli

navrhnuté v (Csuhaj-Varjú a kol. 1994, 1997) na základe nasledujúcich požiadaviek na väzby medzi prostredím a organizmami (Farmer, Bellin 1991):

- Činnosť prostredia ekogramatického systému je stabilná. Jeho stabilita je daná tým, že pravidlá vývoja prostredia ekogramatického systému sú pevne stanovené. Systém neumožňuje obmedziť či rozšíriť ich počet ani regulovať ich použitie.
- Stav prostredia však môže dočasne zablokovat použitie niektorých vývojových pravidiel organizmov.
- Organizmy sa môžu vzájomne ovplyvňovať, či zasahovať do vývoja prostredia prostredníctvom akčných pravidiel. Každý organizmus vykoná v jednom kroku najviac jednu akciu na zvyšku ekosystému. Môže zasiahnuť do vývoja niektorého organizmu, alebo ovplyvní vývoj prostredia.
- Akcie organizmov sú majú prioritu pred vlastným vývojom prostredia a organizmov. To znamená, že pri synchronizovanej práci celého systému, pravidlá prostredia a vývojové pravidlá organizmov prepísu len tie časti svojich reťazcov, kde v danej chvíli nezasiahli iné organizmy.
- Výber akčných pravidiel organizmu môže byť obmedzený dosiahnutým stupňom vývoja organizmu. Takéto systémy umožňujú sledovať a študovať vývoj ekosystému komplexne. Pozorovať súčasne stav prostredia, aj stavy jednotlivých organizmov, určiť vývojové postupnosti reťazcov v prostredí aj v jednotlivých organizmoch.



Obr. 2: Ekogramatický systém

Zaujímavé výsledky sme napríklad získali pri štúdiu monokultúr. Sú to ekogramatické systémy, s viac-násobným výskytom organizmov toho istého typu. Všetky organizmy sú na začiatku činnosti v identickom stave. Činnosť ktoréhokoľvek ekogramatického systému je možné nahradíť aktivitami vhodnej monokultúry v prípade, že v prostredí nájdeme vhodný inicializačný stav, alebo keď takýto stav (reťazec) do prostredia pridáme ako počiatocný stav. Výsledky o ekogramatických systémoch sa v prevažnej mieri dotýkajú ich výpočtovej sily (Kelemenová 2004), (Langer 2005-2008). Z aplikácií môžeme uviesť modelovanie komunity robotov, simulovanie evolučných algoritmov ekogramatickými systémami (Dediú, Grando 2005), ekogramatické systémy modelujúce kultúrne zmeny

(Csuhaj-Varjú, Jiménez-López 1998, 1999) ako aj skúmanie súvislostí medzi umelými neurónovými sieťami a ekogramatickými systémami (Sosík 1996).

3 Membránové systémy

Veľmi bohatú široko rozpracovanú oblasť inšpirovanú biochemickými procesmi v bunkách tvoria membránové systémy, skrátene P systémy.

Membránové systémy boli časopisecky predstavené v (Páun 2000). Prudký nástup výskumu v tejto oblasti o dva roky viedol k monografii (Páun 2002). Pár rokov neskôr kvalitu a závažnosť výskumu P systémov zvýrazňuje vydanie Oxfordského handbooku (Páun, Rozenberg, Salomaa 2009). Aktuálne informácie o membránových systémoch nájde čitateľ na www stránke <http://ppage.psystems.eu/>. Záujemcom o aplikácie P systémov odporúčame publikáciu (Frisco a kol. 2014).

Model P systémov vychádza z membránových štruktúr, z architektúry a fungovania živých buniek. Reflektuje organizovanie buniek v tkanivách, orgánoch alebo aj štruktúry ako kolónie buniek. Jedným zo základných cieľov pri tvorbe tohto modelu bolo vytypovať bunečné aktivity vhodné na realizáciu výpočtov. Membránové výpočty sú distribuované a paralelné, spracovávajú multimnožiny objektov lokalizované vo vytypovaných štruktúrach zložených z membránami ohraničených oblastí, pomocou evolučných pravidiel. Podstatnú úlohu v modeli hrá vzájomná komunikácia medzi susediacimi membránovými oblastami a komu-nikácia s prostredím. Na základe týchto ideí a množstva biologických podnetov vznikli rôzne typy membránových modelov ako P automaty, P kolónie, páliace P systémy,... (Gheorghe a kol. 2013). Ako ilustráciu uvedieme ďalšom pôvodný základný model P systému a P kolónie.

3.1 Základný model P systému

Pôvodný model P systému má membrány hierarchicky usporiadané do stromovej štruktúry. V jednotlivých oblastiach určených membránami sú umiestnené objekty, reprezentované symbolmi, alebo reťazcami symbolov. Vyvijajú sa na základe evolučných pravidiel, priradených k jednotlivým oblastiam. Okrem zmeny objektov určujú pravidlá aj cieľovú membránu (oblast''), do ktorej bude umiestnený vytvorený objekt. Použitie evolučných pravidiel vzhľadom k jednotlivým objektom prebieha paralelne a ich aplikácia môže regulovať reláciami priority. Objekty sa môžu vyvíjať nezávisle alebo v spolupráci s ostatnými objektmi. Špeciálnu triedu objektov pri tom tvoria katalyzátory. Ich prítomnosť umožňuje vývoj iných objektov, sami však zmene nepodliehajú. Objekty môžu prechádzať cez membrány v oboch smeroch, smerom von alebo dovnútra vnorenej oblasti.

Membrány sa môžu tiež rozpustiť. Pritom sa všetky objekty z rozpustenej membrány stanú objektmi membrány umiestnenej bezprostredne nad pôvodnou membránou a evolučné pravidlá rozpustenej membrány zanikajú. Vonkajšia membrána (obal) systému sa rozpustiť nemôže. Vývoj membránového systému zapisujeme postupnosťou konfigurácií, tj. aktuálnych obsahov jednotlivých membrán systému. Počiatočná konfigurácia a spôsob používania evolučných pravidiel určujú vývoj membránového systému, tj. výpočet realizovaný membránovým systémom. Výpočet je ukončený tedy, keď pre ďalší výpočet nie je možné použiť žiadne pravidlo systému. Výstup výpočtu je daný obsahom výstupnej membrány nebo obsahom prostredia.

Ilustrujeme na jednoduchom príklade činnosť membránového systému. Systém obsahuje dve do seba zapadajúce membrány. Na začiatku výpočtu obsahuje vonkajšia membrána objekty *A* a *B* a na ich zmenu používa tri pravidlá:

$$A \rightarrow (aAb, dnu), \quad A \rightarrow (ab, von), \quad B \rightarrow (cc, tu)$$

Prvé pravidlo nahradí symbol *A* symbolmi *aAb* a celý nový reťazec umiestní do vnútornej membrány. Druhé pravidlo nahradí symbol *A* symbolmi *ab* a vysunie nový reťazec do vonkajšieho prostredia. Tretie pravidlo zmení *B* v tejto membráne na *cc*.

Vnútorná membrána na začiatku výpočtu neobsahuje žiadny objekt a pracuje s jedným pravidlom:

$$B \rightarrow (Bc, von),$$

ktoré nahradí symbol *B* reťazcom *cB* a celý reťazec umiestní do vonkajšej membrány. Systém pracuje sekvenčne, na každom kroku používajú membrány najviac jedno pravidlo. Výpočet končí s reťazcom obsahujúcim rovnaký počet písmen *a,b,c* vo vonkajšom prostredí. Dĺžka vytvoreného reťazca závisí od okamihu, kedy vonkajšia membrána využije pravidlo *A* → (*ab, von*).

Výpočet prebieha napríklad takto:

$$\begin{aligned} (\ , AB, \), & (\ , \ , aAbB), (\ , aAbBc, \), \\ (\ , \ , aaAbbBc), & (\ , aaAbbccc, \), \\ & (aaabbbcccc, \ , \). \end{aligned}$$

Trojice reprezentujú obsahy vonkajšieho prostredia, vonkajšej membrány a vnútornej membrány.

3.2 P kolónie

P kolónie sú tvorené systémom membrán komunikujúcich priamo so svojím pasívnym prostredím. (Kelemen a kol. 2004).

Objekty v P kolónií môžu reprezentovať napríklad atóm, molekulu alebo makromolekulu. Môžu sa zhlukovať a vytvárať aktívne entity v oblasti ohraničenej membránou, alebo sa nachádzajú v pasívnom prostredí. Každá membrána obsahuje

fixovaný počet objektov. Prostredie je zdrojom dostatočného počtu základných objektov potrebných na prevedenie výpočtu. Činnosť membrán je riadená programami. Programy korešpondujú s najjednoduchšími (biochemickými) reakciami, ktoré prebiehajú v rámci objektov a vytvárajú nové objekty. Programy obsahujú jedno pravidlo pre každý objekt vnútri membrány, každé pravidlo prepisuje iný objekt membrány. P kolónie využívajú dva typy pravidiel. Evolučné pravidlá, ktoré spôsobujú zmenu objektu a komunikačné pravidlá, ktoré zabezpečujú výmenu objektov medzi prostredím a membránou. Membránové oblasti P kolónie môžu mať k dispozícii niekoľko programov. P kolónie začínajú výpočet so špeciálnymi objektmi v každej membráne a v prostredí. Počet týchto objektov v membránach je rovnaký a pevne stanovený. Výsledok výpočtu je určený počtom sledovaných symbolov v prostredí na konci výpočtu, keď žiadna membrána nemôže realizovať žiadny zo svojich programov. Štúdium kolónií je zamerané na ich generatívnu silu, v závislosti na počte membrán, počte objektov v membránach a počte programov. Prehľad skúmaných problémov a dosiahnutých výsledkov o P kolóniách poskytuje (Kelemenová 2009) a monografia (Cienciala 2015).

4 Morfogenetické systémy

Zavedenie M systémov sleduje cieľ vytvoriť bioinspirovaný výpočtový model, ktorý okrem schopnosti počítať v Turingovom zmysle, „sníma“ svoje fyzické prostredie a interaguje s ním a je tiež schopný samomodifikácie a evolúcie. Morfogenetické systémy, predstavili autori na konferencii o nekonvenčných výpočtoch roku 2017 (Sosík a kol. 2017). Model vychádza z filozofie membránových systémov a rozširuje ho o možnosť pracovať s homeostázou a samo-reprodukciou. Podstatný rozdiel od predchádzajúcich modelov spočíva tiež v tom, že M systémy reflektujú geometriu objektov. Umožňujú definovať rozmer, tvar a vzájomnú polohu jednotlivých prvkov v priestore. Súčasný stav poznania M systémov je určený publikáciami (Sosík a kol. 2017, 2018), v ktorých je zavedená a motivovaná štruktúra M systémov, stanovená ich výpočtová sila, zostrojený simulátor M systémov a tiež reprezentovaný vývoj rastlín pomocou M systémov.

Poděkování

Tento príspevok vznikol s podporou Ministerstva školstva, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci Národného programu udržitelnosti (NPU II), projekt IT4Innovations Excellence in Science - LQ1602.

Literatúra

- Aghamirmohammadi, S.M.A., Boozarjomehry, R.B., Abdekhodaie, M. (2018) *Modelling of retinal vasculature based on genetically tuned parametric L-systém* <https://doi.org/10.1098/rsos.171639>
- Cienciala, L. (2015). *Membránové agenty (O variantačných P kolonií)*. Filozoficko-prírodovedecká fakulta, Slezská univerzita v Opavě.
- Cienciala, L. a Ciencialová, L. (2018). Some new results of P colonies with bounded parameters. *Natural Computing*. 17(2): 321-332.
- Cienciala, L. a Kelemenová, A. (2007) Život ve světě symbolů: počítání pomocí membrán. V zborníku *Mysel', inteligencia a život*. Slovenská technická univerzita v Bratislavě, str. 369-388
- Ciencialová, L. (2019). APCol Systems with Agent Creation. In *Membrane Computing*. CMC 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol. 11399. Springer, Cham. pp. 84-94
- Ciencialová, L., Cienciala, L. a Sosík, P. (2018). Generalized P colonies with Passive Environment, *Theoretical Computer Science*. 724: 61-68.
- Ciencialová, L., Csuhaj-Varjú, E., Vaszil G., a Cienciala, L. (2019). APCol Systems with Verifier Agents. In *Membrane Computing*. CMC Lecture Notes in Computer Science, vol 11399. Springer. pp. 95-107
- McCormack, J. (2003) *The Application of L-systems and Developmental Models to Computer Art, Animation, and Music Synthesis*. A Thesis. Monash University, Clayton, Australia.
- Csuhaj-Varjú, E., Kelemen, J., Păun, G. a Dassow, J. (1994). *Grammar Systems:A Grammatical Approach to Distribution and Cooperation*. Gordon and Breach.
- Csuhaj-Varjú, E. a Jiménez-López, M.D. (1998). Cultural eco-grammar systems: A multi-agent system for cultural change. Silesian Univ. pp. 165-182.
- Csuhaj-Varjú, E., Jiménez-López, M.D. a Martín-Vide, C. (1999). Pragmatics and Eco-Rewriting Systems. In *Grammatical models of multi-agent systems*. pp. 262-283.
- Csuhaj-Varjú, E., Kelemen, J., Kelemenová, A. a Paun, G. (1994). Eco (grammar) systems. A preview. In: *Proc. 12th European Meeting on Cybernetics and System Research*, Vienna, pp. 941-948
- Csuhaj-Varjú, E., Kelemen, J., Kelemenová, A. a Paun, G. (1997). A grammatical framework for life-like interactions. *Artificial life*. 3(1): 1-28.
- Csuhaj-Varjú, E., Kelemen, J., Kelemenová, A., Păun, G. a Vaszil, G. (2006). Cells in environment: P Colonies. *Journal of Multi-Valued Logic*. pp. 201-215
- Dediu, A.H., a Grando, M.A. (2005). Simulating Evolutionary Algorithms with Eco-grammar Systems. In: *Artificial Intelligence and Knowledge Engineering Applications: A Bioinspired Approach*. LNCS 3562, pp. 112-121.
- Enguix, G.B. a Jiménez López, M.D. (2006) Linguistic Membrane Systems and Applications. In: *Applications of Membrane Computing*. Natural Computing Series. Springer. pp 347-388.
- Farmer, J. D. a Bellin, A. (1991). Artificial life – the coming evolution. In: *Artificial Life II, Proc. Workshop on Artificial Life* Addison-Wesley, pp. 815-840
- Frisco, P., Gheorghe, M., a Perez-Jimenez, M. (2014). *Applications of Membrane Computing in Systems and Synthetic Biology*, Springer-Verlag.
- Gexiang, Z., Pérez-Jiménez, M. J. a Marian, G. (2017). *Real-life Applications with Membrane Computing*. Springer.
- Gheorghe, M., Paun, G., Pérez-Jiménez, M.J. a Rozenberg, G. (2013) Frontiers of membrane computing: Open problems and research topics. *Intern. J. Found. Computer Sci.*: 171-249.
- Herman, G. T., a Rozenberg, G. (1975). *Developmental Systems and Languages*. North-Holland.
- Jiménez-López, M. D. (1999). Cultural Eco-Grammar Systems: Agents between Choice and Imposition. A Preview Agents Everywhere, In: *Agents Everywhere*. Springer, pp. 181–187.
- Kari, L., Rozenberg, G., a Salomaa, A. (1997). L systems. In: *Handbook of formal languages*. Vol 1. pp. 253-324
- Kaandorp, J. A. a Kubler, J. E. (2001). *The Algorithmic Beauty of Seaweeds, Sponges and Corals*. Springer.
- Kelemen, J. a Kelemenová, A. (2001). Život ve světě symbolů: Úvod do jazykově-teoretického studia životnosti. *Kognice a umělý život I*. Slezská univerzita v Opavě. str. 101-118.
- Kelemen, J., Kelemenová, A. a Păun, G. (2004). The power of cooperation in a bio-chemically inspired computing model: Preview of P colonies: In: *Workshop and Tutorial Proceedings, 9th International Conference on Membrane Computing*.

- tional Conference on the Simulation and Synthesis of Living Systems, ALIFE IX*, pp. 82-86
- Kelemenová, A. (2004). Eco-grammar systems. In: *Formal Languages and Applications*. Springer, pp. 311-322
- Kelemenová, A. (2005). Lindenmayerove systémy a ich tvorca v spomienkach, faktoch a citátoch. V zborníku *Kognice a umělý život V*. str. 235-250 tiež v zborníku *Mysel', inteligencia a život*. STU Bratislava, str. 399-414
- Kelemenová, A. (2006). Kolónie gramatík a membránových štruktúr. V zborníku *Kognice a umělý život VI*. Slezská univerzita v Opavě. str. 205-211
- Kelemenová, A. (2009). P Colonies. In: *The Oxford Handbook of Membrane Computing*, Oxford University Press, pp. 584-593
- Kelemenová, A. (2010). Život vo svete symbolov na KUŽ I-X. V zborníku *Kognice a Umělý život X*, str. 181-190.
- Kelemenová, A. a Bartík, T. (2008) Monocultures in eco-grammar systems. In: *Automata and Formal Language*. AFL 2008, MTA SZTAKI. pp. 208-219
- Kelemenová, A. a Vavrečková, Š. (2011) Generative Power of Eco-Colonies. In *Computation, Cooperation, and Life*. pp. 107-121
- Kókai G., Tóth Z., Ványi R. (1999) Modelling Blood Vessels of the Eye with Parametric L-Systems Using Evolutionary Algorithms. In: *Artificial Intelligence in Medicine*. Lecture Notes in Computer Science, 1620. Springer. pp 433-442
- Langer, M. (2005) Agenty umístěné v prostředí ekogramatických systémů – Poziční ekogramatické systémy. V zborníku *Kognice a umělý život V* Slezská univerzita v Opavě. str. 339-350
- Langer, M. (2006) Generativní síla pozičních ekogramatických systémů. V zborníku *Kognice a umělý život VI* Slezská univerzita v Opavě. str. 259-264
- Langer, M. (2007) Poziční ekogramatické systémy a (řízené) pure gramatiky. V zborníku *Kognice a umělý život VII* Slezská univerzita v Opavě. str. 215-219
- Langer, M. (2008) Hierarchie pozičních ekogramatických systémů. V zborníku *Kognice a umělý život VIII*. Slezská univerzita v Opavě, str. 201-204
- Lindenmayer, A. (1968). Mathematical model of cellular interactions in the development I, II. *J. Theor. Biol.* 18: 280-299, 300-315
- Manousakis, S. (2006) *Musical L-Systems* Master's Thesis - Sonology The Royal Conservatory, The Hague
- Meinhardt, H. (1995). *Algorithmic beauty the of Sea Shells*. Springer.
- Metta, V. P. a Kelemenová, A. (2014). Universality of Spiking Neural P Systems with Anti-spikes. *TAMC 2014, Chennai, India*, Lecture Notes in Computer Science vol. 8402. Springer. pp. 352-365
- Metta, V. P. a Kelemenová, A. (2015). Sorting Using Spiking Neural P Systems with Anti-Spikes and Rules on Synapses. In: *Membrane computing*. LNCS_9504, pp. 290-303
- Păun, G. (2000). *Computing with membranes*, *Journal of Computer and System Sciences*. 61(1): 108-143
- Păun, G. (2002). *Membrane Computing: An Introduction*. Springer-Verlag.
- Păun, G., Rozenberg, G., a Salomaa, A. (2009). *Oxford Handbook of Membrane Computing*, Oxford University Press.
- Prusinkiewicz, P. a Lindenmayer, A. (1990). *The Algorithmic Beauty of Plants*. Springer.
- Rozenberg, G. a Salomaa, A. (1980). *The Mathematical Theory of L Systems*. Academic Press.
- Sosík, P. (1996). On eco-grammar systems and artificial neural networks. *Computers and Artificial Intelligence*. 15: 247-264
- Sosík, P., Smolka, V., Drastík, J., Moore, T. a Garzon, M. (2017). Morphogenetic and homeostatic self-assembled systems. In *Unconventional Computation and Natural Computation, UCNC 2017*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 10240, pp. 144-159.
- Sosík, P., Smolka, V., Drastík, J., Bradík, J. a Garzon, M. (2017). On the robust power of morphogenetic systems for time bounded computation. In *Proceedings of the 18th International Conference of Membrane Computing (CMC18)*, pp. 333-358.
- Sosík, P., Smolka, V., Drastík, J., Bradík, J. a Garzon, M. (2018). Modeling plant development with M systems. In *Membrane Computing (CMC19)*, pp. 201-214.
- Zhang, G., Perez-Jimenez, M. a Gheorghe, M. (2017). *Real-life Applications with Membrane Computing*, Springer-Verlag.

Koordinácia ruka–oko v simulátore humanoidného robota

Martin Kellner, Igor Farkaš

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského v Bratislave
Mlynská dolina, 84248 Bratislava
farkas@fmph.uniba.sk

Abstrakt

Pri koordinácii ruky a oka, napríklad pri sledovaní objektu držaného v dlani, mozog okrem iného prepočítava súradnice medzi dvoma modalitami: proprioceptívnu, určujúcou pozíciu ruky v priestore, a vizuálnu, určujúcou pozíciu časti ruky (napr. dlane) na sietnici v retinotopickom súradnicovom systéme, modulovaný pozíciami očí. Tento proces simulujeme pomocou nového modelu obojsmernej umelej neurónovej siete UBAL, ktorá sa učí požadovanú transformáciu na dátach zo simulátora humanoidného robota iCub. Experimenty ukazujú, že naučený model vykazuje pomerne dobrú presnosť a analýza potvrdzuje vznik rôznych typov receptívnych polí neurónov v skrytej vrstve, čo je známy biologický fenomén.

1 Úvod

Koordinácia ruky a očí je jednou z mnohých úloh, ktoré mozog musí vykonávať pri každodennej činnosti človeka, s čím súvisí prepočítavanie súradníč (Blohm, Khan a Crawford, 2009). Napríklad ak človek drží objekt v ruke a pozera sa naň, objekt je v istej pozícii v (3D) priestore, no táto je súčasne reprezentovaná v rôznych súradnicových systémoch, tzv. referenčných rámcoch (Batista, 2002). Rôzne referenčné rámce týkajúce sa aj rôznych modalít sú navzájom prepojené, takže napríklad pri zavretých očiach a držaní objektu v nejakej polohe pred sebou vieme s istou presnosťou predpovedať, kde objekt je (a z pohľadu mozgu kde by dopadal obraz objektu v oku na sietnici). Platí to aj naopak, smerom od očí k ruke, pričom celá transformácia je modulovaná pozíciami očí, pretože človek môže vnímať objekt aj periferne, keď sa naň nepozera.

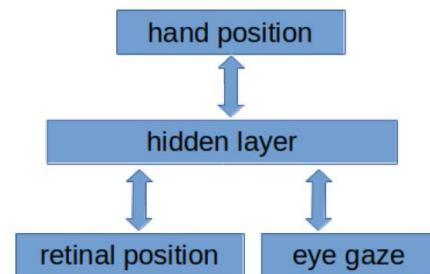
2 Model

Tento proces sme modelovali s využitím simulátora humanoidného robota iCub (Tikhonoff a spol., 2012), ktorý s výškou asi jeden meter odpovedá rozmerom asi tri a polročného dieťaťa. Robot iCub má namiesto očí dve kamery (s rozlíšením 640x480) a 53 stupňov

voľnosti, z toho 3 v očiach (horizontálny, vertikálny smer, a vergencia) a 7 v jednej ruke (a až 9 v dlani, ale tie sme nevyužívali). Simulátor nám poskytol dátu pre výpočtový model. Ukážka zo simulátora je na obr. 1 a znázornenie úlohy na obr. 2.



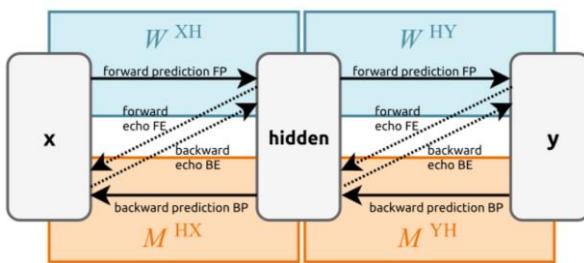
Obr. 1: Simulovaný robot iCub vníma svoju dlaň, aj keď sa na ňu nemusí pozerať. Pre každú náhodne vygenerovanú pozíciu ruky danú proprioceptívnymi súradnicami celej pravej ruky sa zaznamená pozícia očí ako aj obraz dlane na sietnici, čím vznikajú párované dátá odpovedajúce danej situácii.



Obr. 2: Schéma modelu transformácie pri koordinácii ruka–oko. Danej pozícii obrazu objektu (napr. dlane) na sietnici oka, modulovanej zameraním pohľadu (t.j. pozíciami očí v horizontálnom a vertikálnom smere) odpovedá pozícia ruky (a teda aj dlane) v priestore. Pre zdjednodušenie bola pozícia hlavy fixná (iCub mal hlavu natočenú dopredu, hýbal však očami). Opačný smer transformácie nie je jednoznačný, no siet' sa naučí predikovať prototyp vizuálnej konfigurácie.

Danú schému sme implementovali pomocou nového modelu umelej neurónovej siete – UBAL (obr. 3), ktorá

je vhodná na učenie *obojsmerných* zobrazení medzi akýmkoľvek dvoma doménami (heteroasociácia), pričom využíva biologicky priateľnejší algoritmus učenia (Malinovská a spol., 2018). Podobné úlohy v kognitívnej robotike týkajúce sa prepočítavania súradníc boli skôr riešené pomocou štandardného modelu neurónovej siete typu viacvrstvový perceptrón, napr. Zipser a Andersen (1988), a rozšírenie ich modelu s trénovalím na dátach zo simulátora iCub (Švec a Farkaš, 2014), avšak tieto prístupy boli založené na algoritme spätného šírenia chyby, ktorý nie je v súlade s biologickými princípmi. Učenie v modeli UBAL využíva len šírenie aktivácií medzi neurónmi v oboch smeroch.



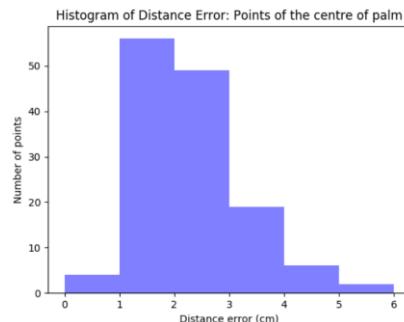
Obr. 3: Model obojsmernej neurónovej siete UBAL na prepojenie dvoch domén, vizuálnej (X) a proprioceptívnej (Y). Prevzaté z Malinovská a spol. (2018).

Doménu X predstavuje vizuálny systém, t.j. kombinácia obrazov na sietnici a pozície očí a doménu Y pozícia ruky (ktoréj jednoznačne odpovedá pozícia dlane). Skrytá vrstva neurónov umožňuje premostenie oboch domén, pričom na nej vznikajú zaujímavé reprezentácie (receptívne polia neurónov). Ich vlastnosti závisia od kódovania informácie na vrstvách X a Y. Skúmali sme dva spôsoby: (a) lokalistické kódovanie, pri ktorom každý stupeň voľnosti je reprezentovaný reálnou hodnotou na jednom neuróne (s vhodným preškálovaním), t.j. 2 pre pozíciu očí, 2+2 pre pozíciu obrazu na sietniciach a 7 pre pozíciu ruky. (b) Pozičné kódovanie, pri ktorom je každý stupeň voľnosti reprezentovaný pozične na viacerých neurónoch (s gausovskými charakteristikami). Takto sme použili 13 neurónov pre pozíciu očí, 36 pre pozíciu ťažiska obrazu na sietnici a 33 na stupne voľnosti pravej ruky.

3 Výsledky

Model UBAL bol trénovalý na vzorke 1590 a testovaný na vzorke 250 párov dát počas 200 epoch, pričom optimálne hyperparametre modelu boli nájdené experimentálne. Model sa naučil transformáciu celkom úspešne, nakoľko priemerná chyba (MSE) bola asi 2 cm v prípade lokalistických reprezentácií. Distribúcia predikcií z X do Y na testovacej množine je na obr. 4. Taktiež sme pozorovali, že pozičné kódovanie ako

biologicky inšpirovaná forma reprezentácie, umožnilo vznik rôznorodých receptívnych polí neurónov skrytej vrstvy pozorovaných v mozgu. Na druhej strane, v tejto verzii modelu bola predikcia o niečo horšia, s priemernou chybou asi 4 cm. Podarilo sa nám však úspešne overiť funkčnosť modelu UBAL v oblasti kognitívnej robotiky.



Obr. 4: Predikcie pozície dlane v modeli UBAL vyjadrením vzdialenosť od skutočnej pozície.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou grantovej agentúry VEGA v rámci projektu 1/0796/18.

Literatúra

- Batista, A. (2002). Inner space: Reference frames, *Current Biology*, 12(11), 114–117.
- Blohm, G., Khan, A., Crawford, J. (2009). Spatial transformations for eye-hand coordination, *Encyclopedia of Neuroscience*, p. 203–211.
- Malinovská, K., Malinovský, L., Farkaš, I. (2018). Towards more biologically plausible error-driven learning for artificial neural networks. In *Artificial Neural Networks and Machine Learning – ICANN*, Lecture Notes in Computer Science, p. 228–231.
- Švec, M., Farkaš, I. (2014). Calculation of object position in various reference frames with a robotic simulator. In *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Quebec, Canada*.
- Tikhonoff, V., Fitzpatrick, P., Nori, F., Natale, L., Metta, G., Cangelosi, A. (2012). The iCub humanoid robot simulator. *IROS Workshop on Robot Simulators*.
- Zipser, D. and Andersen, R. A. (1988). A back-propagation programmed network that simulates response properties of a subset of posterior parietal neurons. *Nature*, 331(6158), 679–684.

Emergentnosť literárnej metafory

Jana Kuzmíková*, Marcel Kvassay**, Peter Krammer**, Mária Kénesy Túnyiová***

*Ústav slovenskej literatúry SAV, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, jana.kuzmikova@gmail.com

**Ústav informatiky SAV, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, {marcel.kvassay, peter.krammer}@savba.sk

*** Ústav experimentálnej psychológie SAV, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, maria.tunyiova@savba.sk

Abstrakt

Vo všeobecnosti sa v kognitívnej literárnej vede a lingvistike uznáva, že metafory chápeme najmä na základe nových, emergentných významov, ktoré nie sú prítomné alebo sú len podružné v konceptoch topiku či vehikula, keď tie registrujeme ako samostatné jednotky (pojmy). Stávajú sa však význačnými pri interpretácii celku metafory. Nás predvýskum predstavuje originálne výsledky v tom, že u respondentov sme zisťovali aj ich racionálne a zážitkové osobné charakteristiky, aby sme preskúmali, či jestvujú rozdiely pri vnímaní literárnej metafory a produkcií jej emergentných čŕt medzi viac racionálnymi a viac zážitkovými respondentmi.

1 K teórii konceptuálnej a literárnej metafory

Kognitívna lingvistika a empirická literárna veda operujú okrem iných východísk aj s predpokladom, že telesná skúsenosť, obrazotvornosť a metaforické procesy zakladajú paradigmu celého ľudského spracúvania informácií a myslenia (napr. Lakoff, 1987). Z kognitívnych mechanizmov, ukotvených v senzomotorickej skúsenosti a neurálnych štruktúrach, sa za fundamentálnu považuje konceptuálna metafora (tamže). Vďaka nej dokážeme mapovať rozličné domény alebo koncepty. Napríklad konceptuálna metafora "život je cesta" sa uplatňuje vo frázach "často sa v živote pošmykol" alebo "život bez smeru".

Zložitejšie než konceptuálne metafory sa na prvý pohľad javia literárne, poetické metafory, ale aj ony sú do značnej miery osnované na skúsenostne ukotvených mapovaniach, resp. konceptuálnych metaforách (Kuzmíková, 2018). Interpretácie metafor však môžu byť významovo veľmi pestré. Preto je náležitá otázka, či napriek všeobecnosti metaforických mapovaní, ktorými disponuje bežná myseľ, jestvujú u ľudí okrem individuálnych rozdielov (background knowledge, diskurzívny rámec a pod.) také

dispozície, ktoré by podmieňovali odlišnú prácu s metaforou.

Hypotéza: Pri vnímaní literárnej metafory a produkcií jej emergentných čŕt jestvujú rozdiely medzi viac racionálnymi a viac zážitkovými recipientmi.

2 Predvýskum

2.1 Metóda

Pri overovaní uvedenej hypotézy sme sa inšpirovali výskumom Akiru Utsumiho (2005), no treba zdôrazniť, že Utsumi na rozdiel od nás pracuje s celistvou vzorkou respondentov. My sme respondentov rozdelili prostredníctvom dotazníka Rational-Experiential Inventory-40 (REI, Pacini a Epstein, 1999) na dve skupiny: viac racionálnych a viac zážitkových.

2.2 Účastníci

Zostavili sme vzorku 57 dospelých účastníkov tak, aby pokrývala širšie spektrum čo sa týka veku, zamestnania (študenti, doktorandi i zamestnaní v rôznych povolaniach) aj pohlavia (muži i ženy). Niektorým z nich boli otázky metafory známejšie (študenti literatúry, učitelia slovenčiny), iným nie (informatici, technici, prírodrovedci, manažéri a pod.).

2.3 Materiál a postup

Použili sme dva typy dotazníkov. V prvom dotazníku (D1) 29 účastníkov pridelovalo najmenej po 2 významy pre oboje pojmy/výrazy, ktoré v druhom dotazníku (D2) vystupovali ako topik, resp. vehikulum v kompletnej metafore. V D2 riešila skupina 28 účastníkov tie isté úlohy v opačnom prevedení. Čiže *separátne pojmy* z D1 "cesta" a "neubehnúť niekomu" sa v D2 vyskytli v metafore "Cesta sa pod ním ohýba, ale jemu neubehne". D1 obsahoval metaforu "Ľudia sa spájajú pospolu v číru tekutinu". V druhej, metaforickej úlohe účastníci opäť priradovali topikom ("cesta", "Ľudia") a vehikulom ("neubehnúť niekomu", "číra tekutina") najmenej po dva významy, ktoré v nich tieto výrazy vyvolali v *rámci zadanej metafory*. Okrem toho v každej úlohe respondenti pridelili svojim zaznamenaným významom aj ohodnotenie/tokeny od 1 (málo typický) po 3 (extrémne typický). Na konci každého dotazníka vyplnili účastníci aj dotazník REI.

Vyhodnotili sme dotazníky REI a podľa toho rozdelení respondentov na dve skupiny - viac racionálni a viac zážitkoví. V rámci týchto skupín sme osobitne pre D1 aj D2 zistili počet významov vo všetkých úlohách, vzájomné prieniky medzi D1 a D2 a zvyšný počet emergentných významov, teda takých, ktoré sa vyskytli len v metaforickej úlohe, čiže neboli uvedené ako významy separátnych pojmov/výrazov.

3 Výsledky

3.1 Štatistické testovanie

Pre overenie vplyvu racionality a zážitkovosti osôb na vnímanie a pochopenie metafor sme použili Pearsonov Chí-kvadrát test, ktorý umožňuje testovať mieru štatistickej nezávislosti zvolených atribútov na danej množine vzoriek. Prvým atribútom bola prevažujúca racionálnosť alebo zážitkovosť respondentov, druhým rozdelenie početnosti významov topiku a vehikula v rámci kategórií *emergentné a ostatné*. Výsledky testu sme hodnotili na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ (5%). Našou nulovou hypotézou H_0 bolo, že toto rozdelenie početnosti nezávisí od prevažujúcej racionálnosti alebo zážitkovosti respondentov, alternatívnu hypotézu H_1 , že závisí. Počet významov sme merali dvoma spôsobmi: na úrovni typov a tokenov. V prvom prípade sa každý význam počítal iba raz bez ohľadu na to, kol'ko ľudí ho uviedlo, v druhom toľkokrát, kol'ko ľudí ho uviedlo. Oba typy početnosti (typy aj tokeny) sú zachytené v Tab. 1.

Respondenti (R/Z):	Typy		Tokeny	
	R	Z	R	Z
Emergentné významy:	55	58	70	70
Ostatné významy:	87	56	153	85

Tab. 1: Početnosti významov topiku a vehikula na úrovni typov a tokenov pre viac racionálnych (R) a viac zážitkových (Z) respondentov.

3.2 Interpretácia

Pre rozdelenie početností na úrovni typov nám Chí-kvadrát test dal p-hodnotu tesne nad 5% (0,0517), čiže nulovú hypotézu H_0 sme nezamietli. Inými slovami, na danej úrovni štatistickej významnosti ešte nedokážeme pre danú vzorku respondentov spoľahlivo detegovať závislosť rozdelenia početnosti emergentných a ostatných významov od toho, či sú respondenti viac racionálni alebo zážitkoví. Pre početnosti na úrovni tokenov však Chí-kvadrát test vrátil p-hodnotu pod 1% (0,0064), čiže tu je rozdiel pri produkcií emergentných významov zreteľný.

Môžeme teda predbežne konštatovať, že napriek pomerne malej vzorke účastníkov sa nám v tomto ohľade podarilo na úrovni tokenov štatisticky viero hodne rozlišiť viac racionálnych od viac zážitkových účastníkov.

4 Diskusia a záver

Je na diskusiu, či literárne metafory, ktoré sme vybrali z románu F. Švantnera *Život bez konca*, nemali byť uvedené v literárnom kontexte. My sme použili jednovetné metafory bez kontextu, lebo nám nešlo o "správnost" interpretácie metafory, ktorú presnejšie naznačuje práve kontext. Zaujímala nás emergentnosť metafory a na jej zisťovanie je priateľná už koherentnosť interpretácie, bez ohľadu na jej "správnosť". Pokial' ide o výsledky emergentnosti, naše zistenia zodpovedajú zisteniam A. Utsumiho (2005), ale s dodatkom, že Utsumiho metódou sme posunuli najmä tým, že sme účastníkov rozdelili na viac racionálnych a viac zážitkových. Vďaka tomu sme zistili isté náznaky odlišnosti medzi skupinami, čo môže mať dosah na objektívnosť získavaných dát v experimentoch s metaforou.

Poděkovanie

Tento príspevok vznikol s podporou grantovej agentúry Vega v rámci projektu 2/0045/18 Emócie v literatúre: kognitívnovedný pohľad. Zodp. riešiteľka Jana Kuzmíková.

Literatúra

- Kuzmíková, J. (2018). Metaphor in Theory and Research. *World Literature Studies*, 10(3): 30-46.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind*. University of Chicago Press, 1. vyd.
- Pacini, R. a Epstein, S. (1999). The Relation of Rational and Experiential Information Processing Styles to Personality, Basic Beliefs, and the Ratio-Bias Phenomenon. *Journal of Personality and Social Psychology* 76(6): 972-987.
- Utsumi, A. (2005) The Role of Feature Emergence in Metaphor Appreciation. *Metaphor and Symbol*, 20(3), 151-172.

Metody počítačového testování kognitivního stylu

David Lacko^{a b}

a. Psychologický ústav, Filozofická fakulta, Masarykova univerzita

b. Kabinet informačních studií a knihovnictví, Filozofická fakulta, Masarykova univerzita

a. b. Arna Nováka 1/1, Brno, Česká republika

Email: david.lacko@mail.muni.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá možnostmi počítačového testování kognitivního stylu se specifickým důrazem na dnes nejpoužívanější metody kognitivní a interkulturní psychologie, kam lze zařadit Cognitive Style Analysis test (CSA), Navonův test a Framed-Line test (FLT). Do příspěvku jsou zahrnuty i originální testové úlohy Change-blindness Static (CBS) a Figure and Background (FAB). Příspěvek diskutuje percepční a kognitivní podobnosti a rozdílnosti jednotlivých testů, jejich vztah k dominantní teorii analytického a holistického kognitivního stylu a kriticky hodnotí jejich výhody a nevýhody. Součástí příspěvku je také představení některých vícejazyčně lokalizovaných metod běžících na online SW Hypothesis, jež jsou založeny na výše zmíněných metodách, a srovnání možné (ne)ekvivalence počítačového a klasického administrování percepčních testů měřících kognitivní styl v kontextu interkulturního výzkumu.

1 Teorie kognitivního stylu

Meritem tohoto příspěvku je pojem kognitivní styl a jeho počítačové měření. Kognitivní styl odkazuje na konzistenci ve způsobu poznávání zejména při získávání a zpracování informací (Ausburn & Ausburn, 1978). Lze jej definovat jako „adaptaci na vnější svět, která se vyvíjí skrze interakce s okolním prostředím na základě specifických kognitivních schopností a osobnostních rysů“ (Kozhevnikov, Evans & Kosslyn, 2014: 21), resp. jako „charakteristický způsob, jímž člověk vnímá, třídí a ukládá informace, myslí, rozhoduje a řeší problémy“ (Hartl & Hartlová, 2010: 559).

Kognitivní styl má adaptivní funkci (Kozhevnikov, 2007) a je podmíněn situací a úkolem. Nelze říci, že by byl některý styl „lepší“ či „horší“, a ačkoliv je založen na vrozeném základu, je do značné míry naučený a s věkem se mění (Sternberg & Zhang, 2005), neboť ho ovlivňují např. životní zkušenosti, environmentální prostředí, kultura (Kozhevnikov et al.,

2014), socioekonomický status (Grossmann & Varnum, 2010) nebo školství (Ventura et al., 2008).

Výzkum kognitivního stylu má dlouho tradici, a nejvíce i proto za tu dobu vzniklo velké množství teorií (pro přehled Kozhevnikov, 2007; Riding & Cheema, 1991; Sternberg & Grigorenko, 1997; Tiedemann, 1989). Kupříkladu Riding a Cheema (1991) identifikovali v literatuře 30 konceptů kognitivních stylů, přičemž většina se principiálně zabývala dvěma základními dimenzemi, které lze označit jako *Wholistic-Analytic* a *Verbaliser-Imager* (Riding & Cheema, 1991), respektive druhou zmíněnou dimenzi lze rozdělit na *Object Imagery*, *Spatial Imagery* a *Verbal* (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2009).

Není proto divu, že se koncept kognitivního stylu stal jedním ze stěžejních témat kognitivní i interkulturní psychologie.

1.1 Teorie analytického/holistického kognitivního stylu

V poslední době lze za jednu z nejčastěji užívaných a empiricky ověřovaných koncepcí kognitivního stylu považovat teorii analytického a holistického myšlení¹ (A/H; pro přehled Nisbett, Peng, Choi & Norenzayan, 2001; Nisbett & Masuda, 2003; Nisbett & Miyamoto, 2005), která je založena na klasickém Witkinově modelu závislosti a nezávislosti na poli (Witkin & Goodenough, 1976) a na gestalt principech percepčního shlukování a organizace figury-pozadí (Wagemans et al., 2012). A/H lze popsat jako „tendenci jedince zpracovávat informace jako integrovaný celek, nebo jako diskrétní části celku“ (Graff, 2003: 21).

Teorie rozlišuje lidí na analytyky a holisty. Holisté přijímají myšlenky a informace induktivně jako celek, ale dělá jim problém je rozložit a vnímat jednotlivé části, zatímco analytici myšlenky a informace deduktivně rozkládají na části, které bez problémů chápou, dělá jim ale problém chápout myšlenku či informaci v celé podstatě (Allinson & Hayes, 1996; Kozhevnikov, 2007; Graff, 2003). A/H diference je obvykle měřena výhradně v rámci interkulturní komparace typicky mezi „západní“

¹ A to především v rámci interkulturního výzkumu (Choi, Koo & Choi, 2007).

kulturou (státy severní Ameriky a západní Evropy) a „východní kulturou“ (státy východní Asie, Afriky a jižní Ameriky; Čeněk, Šašinka & Urbánek, 2015). Západní kultura je obecně považována za analytickou a východní kultura za holistickou (Nisbett et al., 2001; Varnum et al., 2010).²

Tyto výzkumy nejčastěji zkoumají rozdíly v kategorizaci, pozornosti, detekci změny, rozhodování a usuzování či kauzální atribuci. Kupříkladu, holisté atribuují situacně, zatímco analytici naopak dispozičně (Choi & Nisbett, 1988; Choi, Nisbett & Norenzayan, 1999; Masuda & Kitayama, 2004; Miyamoto & Kitayama, 2002; Morris & Peng, 1994). Holisté si také více všímají kontextu, pozadí a vztahů mezi objekty, naopak analytici svou pozornost věnují primárně fokálnímu objektu (Chua, Boland & Nisbett, 2005; Masuda & Nisbett, 2001; Nisbett & Masuda, 2003), s čímž souvisí zjištění, že holisté jsou více než analytici závislí na pozadí a vnějších referenčních rámcích (Ji, Peng & Nisbett, 2000; Kitayama, Duffy, Kawamura & Larsen, 2003) a rychleji detekují změny v pozadí oproti změnám ve fokálním objektu (Masuda & Nisbett, 2006). Analytici taktéž kategorizují objekty spíše na základě klasifikace a formálních pravidel, holisté naopak kategorizují více na základě podobnosti, intuice a vztahů mezi objekty (Chiu, 1972; Ji, Zhang & Nisbett, 2004; Norenzayan, Smith, Kim & Nisbett, 2002).

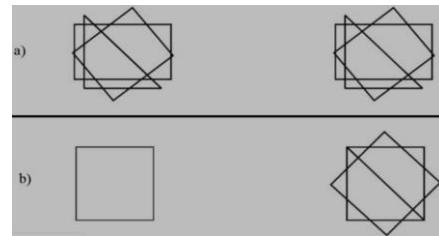
1.2 Metody měření analytického/holistického kognitivního stylu

Z výše napsaného vyplývá, že A/H se projevuje, a lze jej tudíž i zkoumat jak na úrovni elementární a automatizované percepce, tak i na úrovni komplexní a vědomé perepce a kognice. Tato skutečnost zvyšuje variabilitu výzkumů a výzkumných metod, neboť je možné užívat performační percepční testy i kognitivně zaměřené dotazníky.

Dotazníky měřící A/H většinou strukturují své položky na základě osobnostních dotazníků, které převádějí do reálných a konkrétních situací. Mezi nejfrequentovanější dotazníky patří *Analysis-Holism Scale* (AHS, Choi et al., 2007), *Cognitive Style Index* (CSI, Allinson & Hayes, 1996); *Cognitive Style Indicator* (Cools, 2007), *Myers-Briggs Type Indicator* (Myers & McCaulley, 1985) a *Thinking Styles Inventory* (Sternberg, 1995).

Druhý typ metod analyzujících A/H tvoří performační testy zaměřující se na parciální percepční procesy. Nejpoužívanější metodou obecně je *Cognitive Style Analysis test* (CSA, Riding & Chema, 1991). CSA obsahuje 3 subtesty. K měření A/H jsou určeny 2 subtesty, které dohromady trvají 6 minut. V prvním subtestu jsou prezentovány páry komplexních figur,

přičemž úkolem je odhalit, jestli jsou figury stejné (obr. 1a). Druhý subtest vychází z testu skrytých figur (EFT; Witkin & Goodenough, 1976), je v něm prezentována jednoduchá a složitá figura. Úkolem je odhalit, jestli složitá figura obsahuje jednoduchou (obr. 1b). Holisté lépe skórují v prvním subtestu, kde dokážou využít své schopnosti analýzy pozadí, analytici naopak v druhém subtestu, kde využívají svou pozornost zaměřenou na detail. Na rozdíl od starších klasických metod zde není A/H koncipiována jako jednodimenzionální, nýbrž jako dvoudimenzionální. Výsledné skóre se počítá jako poměr obou subškál.



Obr. 1: Subtesty CSA (Rezaei & Katz, 2004: 1320)

Dnes již klasickou metodou je metoda Navon (1977), která je založena na efektu globální precedence,jenž postuluje, že globální rysy vnímáme dříve než lokální rysy. Metoda spočívá v představení Navonových figur (viz obr. 2), což jsou větší figury složené z menších, přičemž proband má pojmenovat buďto lokální, nebo globální rys. Analytici nalézají lokální figury rychleji než holisté. Metoda se dočkala několika modifikací, jako je např. WA-IT či Extendend CSA-WA (Peterson & Deary, 2006). I ona je vnímána jako dvoudimenzionální a výsledné skóre je počítáno jako poměr obou subškál.

EEEEEEEEE	EEE	EEE
EEEEEEEEE	EEE	EEE
EEE	EEE	EEE
EEEEEEEEE	EEE EEEE	EEE
EEEEEEEEE	EEE EEEE	EEE
EEE	EEE	EEE
EEE	EEE	EEE
EEEEEEEEE	EEE	EEE
EEEEEEEEE	EEE	EEE

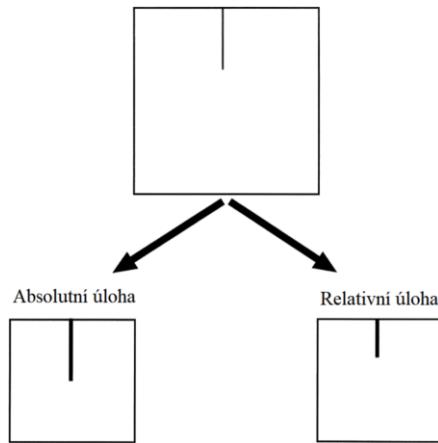
Obr. 2: Navonovy figury (Navon, 1997)

Relativně novou metodu představuje *Framed-Line Test* (FLT; Kitayama et al., 2003), který je založen na absolutní a relativní úloze. Metoda vychází z klasického Rod and Frame testu (RFT; Witkin & Goodenough, 1976) zkoumajícího závislost a nezávislost na poli. Metoda spočívá v prezentaci základního stimulu – čtverce se svislou čárou, přičemž probandi mají nakreslit do dalšího čtverce (většího, menšího či stejně velkého jako původní stimul) stejně dlouhou svislou čáru nezávisle na velikosti aktuálního

² Nutno podotknout, že celý koncept dichotomického přístupu je kritizován jako redukcionistický kulturní stereotyp, který v dnešní globalizované době pozbyvá smyslu (Hermans &

Kempen, 1998; Matsumoto, 1999), a který neodpovídá mnohým empirickým zjištěním (např. Kitayama, Park, Sevincer, Karasawa & Uskul, 2009; Oliveira & Nisbett, 2017; Stachoň et al., 2018).

čtverce (= absolutní úloha), či čáru propořeně odpovídající velikosti aktuálního čtverce (= relativní úloha). Ergo, jestliže je strana původního čtverce dlouhá 90 mm a svislá čára je dlouhá 30 mm, v absolutní úloze by měl proband nakreslit 30 mm dlouhou čáru do čtverce o straně jakékoli délky, naopak v relativní úloze by měl proband nakreslit čáru dlouhou vždy 1/3 z délky strany aktuálního čtverce (viz obr. 3). Holisté lépe skórují v relativních úlohách, analytici pro změnu v absolutních (Kitayama et al., 2003). Podobně jako předchozí metody je tento test dvoudimenzionální.



Obr. 3: Relativní a absolutní úloha metody FLT
(Kitayama et al., 2003: 202)

Následující dvě metody nejsou metodami měření v pravém slova smyslu. Jedná se spíše o testové úlohy, které se při analýze A/H a jeho percepčních projevů užívají. Za zmínu stojí *Change-blindness Static* (CBS; Masuda & Nisbett, 2006), která vychází z Flicker metody (Rensink, O'Regan & Clark, 1999), jež je založena na fenoménu slepota vůči změně (Simons & Levin, 1997). Úloha spočívá v prezentaci dvou téměř identických obrázků, které se odlišují pouze v drobných detailech buďto v pozadí, nebo v dominantním fokálním objektu, přičemž se měří reakční čas rychlosti odhalení změny (viz obr. 4). Analytici detekují rychleji změnu ve fokálním objektu, holisté zase změnu v pozadí (Masuda & Nisbett, 2006).



Obr. 4: Ukázka metody CBS (Čeněk et al., 2015: 43)

Druhá zajímavá testová úloha se nazývá *Figure and Background* (FAB; Masuda & Nisbett, 2001, zejm.

studie II). Úloha je založena na identifikaci dříve viděných a neviděných fokálních objektů umístěných na dříve viděných či nových pozadích (viz obr. 5). Analytici jsou méně závislí na pozadí než holisté, a dokážou tedy identifikovat rychleji např. starý podnět na novém pozadí, naopak holisté si lépe pamatují pozadí jako takové (Masuda & Nisbett, 2001).



Obr. 5: Ukázka metody FAB (Masuda & Nisbett, 2001: 930)

2 Problematika měření kognitivního stylu

Kognitivní styly, zejm. klasické koncepce, byly mnohokrát v historii kritizovány (Messick, 1984; Tiedemann, 1989). I přesto, že mají být neutrální, bývá jedna strategie úspěšnější (Kozhevnikov, 2007). Někteří autoři (např. Sternberg & Grigorenko, 1997; Tiedemann, 1989) poukazují na to, že kognitivní styly jsou spíše kognitivní schopnosti, protože v nich jde o maximální výkon a adaptivnost konkrétní strategie. V mnohých studiích byla navíc nalezena korelace s vyšší inteligencí (např. Cooperman, 1980; MacLeod, Jackson & Palmer, 1986; McKeena, 1983). Obecně to vypadá, že performační testy kognitivního stylu korelují s inteligencí a dotazníkové metody zase s osobnostními rysy (Cuneo, Antonietti & Mohr, 2018). Další kritika se snesla na nedostatek teoretického základu a nepropojitelnosti s ostatními psychologickými konstrukty (např. Kozhevnikov et al., 2014; Sternberg & Grigorenko, 1997), na absenci standardizovaných norem pro úroveň kognitivního stylu a tedy nemožnost adekvátní komparace (Walker, 1986) i na nízkou diskriminační a konstruktovou validitu (Moran, 1985).

Ačkoliv novější metody, které zde byly představeny, se snaží tyto nedostatky eliminovat, a to zejména pomocí dvoudimenzionálního přístupu, ověřování test-retest reliability, diskriminační validity vůči inteligenci a osobnostním rysům i konstruktové validity, jsou výsledky těchto snah prozatím rozporuplné (srov. Cuneo, Antonietti & Mohr, 2018; Peterson & Meissel, 2015; Rezaei & Katz, 2004). Některé metody měřící stejný konstrukt spolu navíc mnohdy nekorelují (Peterson & Deary, 2006), což

nasvědčuje tomu, že každá unikátní metoda měří trochu jinou část percepční povahy kognitivního stylu. Lze tedy konstatovat, že hlubší psychometrická standardizace percepčních metod měřících A/H, stejně jako preciznější operacionalizace konstruktu, je nezbytná pro lepší pochopení individuálních i interkulturních rozdílů v percepci a kognici.

3 Počítačové měření kognitivního stylu

Ekvivalence počítačového měření a měření formou tužka-papír je stále předmětem akademických debat, mnoho výzkumů však naznačuje, že počítačové testování je s klasickým ekvivalentní (např. Gagnon & Laforce, 2016; Hosseini, Abidin & Baghdarnia, 2014; Karay, Schaber, Stosch & Schüttelpelz-Brauns, 2015; Piaw, 2012). Navíc mírá vyšší reliabilitu a validitu, zvyšuje motivaci respondentů, zrychluje celé testovování a je přesnější, což nabírá na důležitosti zejména v percepčních testech, kde je potřeba přesně měřit čas, rozlišovat zakreslené délky či kontrolovat pohyby očí pomocí eye-trackingu. Proto se jeví počítačové testování kognitivního stylu jako vhodnější varianta oproti klasickému testování.

Z výše jmenovaných metod je velká část zcela běžně administrována počítačově. Metoda CSA i testové úlohy CBS a FAB jsou originálně testovány počítačově, metoda Navon, ačkoliv byla původně administrována formou tužka-papír, je dnes také zcela běžně administrována počítačově (např. Fu, Dienes, Shang & Fu, 2013; Rozin, Moscovitch & Imada, 2016). Výjimku tak tvorí pouze FLT, které je originálně administrováno metodou tužka-papír, a ačkoliv existují snahy o jeho počítačovou administraci (např. Klein et al., 2010), není tato forma ve výzkumu zaběhnutá.

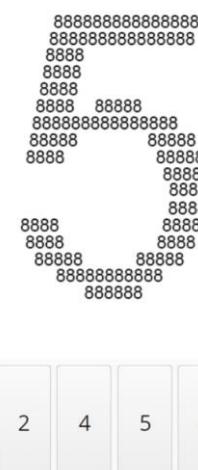
V České republice lze provádět online počítačové testování kognitivního stylu např. pomocí SW Hypothesis (Šašinka, Morong & Stachoň, 2017), které dnes obsahuje, s výjimkou CSA a FAB, ekvivalenty všech výše zmíněných metod vč. metod založených na klasickém Witkinově testu skrytých figur, a to rovnou v několika jazykových lokalizacích. Navíc kromě přesného měření reakčního času či zákresu umožňuje také propojení s eye-trackingem. Nejpoužívanější z nich jsou metody CFT a ART, jejichž představení je jedním z cílů příspěvku.

3.1 Compoud-Figure Test (CFT)

CFT je založena na klasických Navonových figurách, tedy velkých číslech složených z čísel menších (Navon, 1977). Metoda obsahuje celkově 6 cvičných položek, 16 položek na odhad globální precedence (respondent odhaluje velké číslo) a 16 položek na odhad lokální precedence (respondent odhaluje malá čísla, viz obr. 6). Výsledné skóre globální precedence je počítáno jako poměr obou dimenzií. Ergo, metoda analyzuje kognitivní styl jako dvoudimenzionální, čímž překonává

klasické koncepce. Navíc na rozdíl od jiných modifikací Navonova testu obsahuje také 16 položek jednoduchých číselných figur, pomocí kterých odhaluje psychomotorické tempo respondenta, díky čemuž je schopna korigovat rozdíly způsobené rychlostí či pomalostí respondenta a porovnává tedy pouze opravdové rozdíly v lokálním a globálním percepčním zpracování.

Metoda měří kromě správnosti odpovědí také reakční čas, který je schopna měřit v milisekundách. Dle teorie A/H by analytici měli být rychlejší v odhalování lokálních figur a holisté zase v odhalování globálních figur, což je způsobeno jejich rozdílnou tendencí zaměřovat se buďto na detail, nebo na celek. Metoda je oproti klasické verzi výrazně přesnější a navíc je schopna eliminovat vliv intervenující proměnné v podobě psychomotorického tempa respondenta.



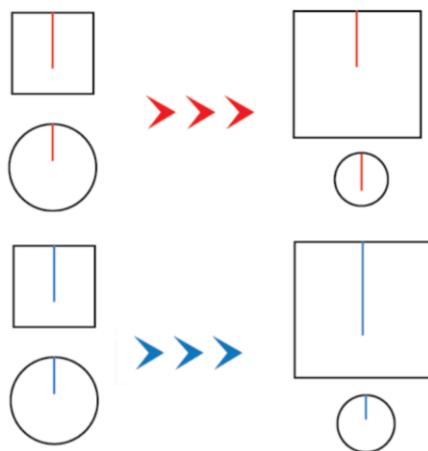
Obr. 6: Ukázka metody CFT

3.2 Absolute-Relative Test (ART)

Metoda ART je ekvivalentem FLT (Kitayama et al., 2003). Na rozdíl od klasické metody FLT je však administrována počítačově a kromě čtvercového referenčního rámce obsahuje také položky s kruhovitým referenčním rámcem. Metoda se skládá ze 4 cvičných úloh, 8 položek na absolutní odhad a 8 položek na relativní odhad, přičemž polovina z nich je vedena v klasickém čtvercovém rámci a druhá polovina v kruhovém rámci (viz obr. 7). Před každou položkou je probandovi exponována předloha po dobu 5 sekund, poté následuje krátká 1,5sekundová interference (malá černobílá animace letícího ptáka), jejímž úkolem je eliminovat vliv senzorické paměti, a pak následuje úkol, ve kterém má proband zakreslit absolutní/relativní čáru.

Metoda je schopna měřit rozdíly v délkách čar na úrovni pixelů. Podle teorie A/H by analytici měli být přesnější v absolutním odhadu a holisté naopak v relativním odhadu, neboť analytici jsou méně závislí na pozadí a referenčním rámcem než holisté, kterým naopak tento rámeček slouží jako zpřesňující vodítko.

Největší výhodou metody je tedy její přesnost a jednoduchost administrace oproti klasické verzi, přičemž je schopna korigovat potenciální nedostatky způsobené počítačovou administrací, jako je např. vliv senzorické paměti.



Obr. 7: Ukázka absolutní (červená) a relativní (modrá) úlohy metody ART

4 Diskuze

Příspěvek představil teorii analytického a holistického kognitivního stylu se specifickým zaměřením na metody jejího měření v kontextu interkulturní a kognitivní psychologie. Zmíněny byly parciální percepční oblasti, které tyto perfomarční metody analyzují, zejména pak globální/lokální preferencie a závislost/nezávislost na referenčním rámci a pozadí. Mimoto příspěvek diskutoval také konkrétní psychometrické nedostatky metod měřících A/H.

V rámci počítačového měření kognitivního stylu byly představeny dvě potenciálně užitečné metody CFT a ART, které se snaží zmíněné nedostatky eliminovat. Obě metody představují signifikantní zlepšení oproti předchozím modifikacím. Je možné je administrovat hromadně na počítači, a to i online. Také eliminují riziko zkreslení výsledků způsobené senzorickou pamětí i individuálním psychomotorickým tempem. Díky tomu jsou schopny poskytnout relevantní výsledky týkající se A/H. Ve světle napsaných poznatků se však jeví další hlubší psychometrická standarďizace jako nezbytná.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou grantové agentury GAČR v rámci projektu „The influence of socio-cultural factors and writing system on perception and cognition of complex visual stimuli“ (GC19-09265J).

Literatura

- Allinson, A., & Hayes, J. (1996). The Cognitive Style Index: A Measure of Intuition/Analysis For Organizational Research. *Journal of Management Studies*, 33(1), 119–135.
- Ausburn, L., & Ausburn, F. (1978). Cognitive styles: Some information and implications for instructional design. *Educational Communication and Technology*, 26(4), 337–354.
- Blazhenkova, O., & Kozhevnikov, M. (2009). The new object-spatial-verbal cognitive style model: Theory and measurement. *Applied cognitive psychology*, 23(5), 638–663.
- Cools, E. (2007). Development and Validation of the Cognitive Style Indicator. *The Journal of Psychology*, 141(4), 359–87.
- Cooperman, E. (1980). Field differentiation and intelligence. *The Journal of Psychology*, 105(1), 29–33.
- Cuneo, F., Antonietti, J. P., & Mohr, C. (2018). Unkept promises of cognitive styles: A new look at old measurements. *PLoS one*, 13(8), e0203115.
- Čeněk, J., Šašinka, Č., & Urbánek, T. (2015). Interkulturní rozdíly ve zrakovém vnímání a metody jejich měření. In I. Farkaš, M. Takáč, J. Rybár, & J. Kelemen (Eds.), *Kognícia a umelý život 2015* (pp. 38–43). Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislavě.
- Fu, Q., Dienes, Z., Shang, J., & Fu, X. (2013). Who Learns More? Cultural Differences in Implicit Sequence Learning. *PLoS ONE*, 8(8), e71625.
- Gagnon, M., & Laforce, R. (2016). Computerized vs. Paper-Pencil Assessment of Cognitive Change following Acute Ischemic Stroke. *Journal of neurological disorders*, 4(8), 317–322.
- Graff, M. (2003). Learning from web-based instructional systems and cognitive style. *British Journal Of Educational Technology*, 34(4), 407–418.
- Grossmann, I., & Varnum, M. (2010). Social Class, Culture, and Cognition. *Social Psychological and Personality Science*, 2(1), 81–89.
- Hartl, P., & Hartlová, H. (2010). *Velký psychologický slovník*. Praha: Portál.
- Hermans, H., & Kempen, H. (1998). Moving cultures: The perilous problems of cultural dichotomies in a globalizing world. *American Psychologist*, 53(10), 1111–1120.

- Hosseini, M., Abidin, M., & Baghdarnia, M. (2014). Comparability of Test Results of Computer based Tests (CBT) and Paper and Pencil Tests (PPT) among English Language Learners in Iran. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 98(6), 659–667.
- Chiou, L-H. (1972). A cross-cultural comparison of cognitive styles in Chinese and American children. *International Journal of Psychology*, 7(4), 235–242.
- Choi, I., & Nisbett, R. (1998). Situational Salience and Cultural Differences in the Correspondence Bias and Actor-Observer Bias. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 24(9), 949–960.
- Choi, I., Koo, M., & Choi, J. (2007). Individual differences in analytic versus holistic thinking. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 33(5), 691–705.
- Choi, I., Nisbett, R., & Norenzayan, A. (1999). Causal Attribution Across Cultures: Variation and Universality. *Psychological Bulletin*, 125(1), 47–63.
- Chua, H., Boland, J., & Nisbett, R. (2005). Cultural variation in eye movements during scene perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(35), 12629–12633.
- Ji, L., Peng, K., & Nisbett, R. (2000). Culture, control, and perception of relationships in the environment. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(5), 943–955.
- Ji, L., Zhang, Z., & Nisbett, R. (2004). Is it culture or is it language? Examination of language effects in cross-cultural research on categorization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87(2), 57–65.
- Karay, Y., Schaber, S., Stosch, C., & Schüttelpelz-Brauns, K. (2015). Computer versus paper: Does it make any difference in test performance? *Teaching and Learning in Medicine*, 27(1), 57–62.
- Kitayama, S., Duffy, S., Kawamura, T., & Larsen, J. T. (2003). Perceiving an object and its context in different cultures: A cultural look at new look. *Psychological Science*, 14(3), 201–206.
- Kitayama, S., Park, H., Sevincer, A., Karasawa, M., & Uskul, A. (2009). A cultural task analysis of implicit independence: Comparing North America, Western Europe, and East Asia. *Journal of Personality and Social Psychology*, 97(2), 236–255.
- Klein, O., Ventura, P., Fernandes, T., Marques, L., Licata, L., & Semin, G. (2010). Effects of schooling and literacy on linguistic abstraction: The role of holistic vs. analytic processing styles. *European Journal of Social Psychology*, 40(7), 1095–1102.
- Kozhevnikov, M. (2007). Cognitive styles in the context of modern psychology: toward an integrated framework of cognitive style. *Psychological Bulletin*, 133(3), 464–481.
- Kozhevnikov, M., Evans, C., & Kosslyn, S. (2014). Cognitive Style as Environmentally Sensitive Individual Differences in Cognition: A Modern Synthesis and Applications in Education, Business, and Management. *Psychological Science in the Public Interest*, 15(1), 3–33.
- MacLeod, C., Jackson, R., & Palmer, J. (1986). On the relation between spatial ability and field dependence. *Intelligence*, 10(2), 141–151.
- Masuda, T., & Kitayama, S. (2004). Perceived-induced constraint and attitude attribution in Japan and in the US: A case for cultural dependence of the correspondence bias. *Journal of Experimental Social Psychology*, 40(3), 409–416.
- Masuda, T., & Nisbett, R. (2006). Culture and change blindness. *Cognitive Science*, 30(2), 381–399.
- Matsumoto, D. (1999). Culture and self: An empirical assessment of Markus and Kitayama's theory of independent and interdependent self-construals. *Asian Journal of Social Psychology*, 2(3), 289–310.
- McKenna, F. (1984). Measures of field dependence: Cognitive style or cognitive ability? *Journal of Personality and Social Psychology*, 47(3), 593–603.
- Messick, S. (1984). The nature of cognitive styles: problems and promise in educational practice. *Educational Psychologist*, 19(2), 59–74.
- Miyamoto, Y., & Kitayama, S. (2002). Cultural variation in correspondence bias: The critical role of attitude diagnosticity of socially constrained behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83(5), 1239–1248.
- Moran, A. (1985). Unresolved issues in research on field dependence-independence. *Social Behavior and Personality: an international journal*, 13(2), 119–124.
- Morris, M., & Peng, K. (1994). Culture and cause: American and Chinese attributions for social and physical events. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67(6), 949–971.
- Myers, I., & McCaulley, M. (1985). *Manual: A guide to the development and use of the Myers-Briggs type indicator*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9(3), 353–383.
- Nisbett, R., & Masuda, T. (2003). Culture and point of view. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(19), 11163–11170.
- Nisbett, R., & Miyamoto, Y. (2005). The Influence of Culture: Holistic versus Analytic Perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(10), 467–473.
- Nisbett, R., Peng, K., Choi, I., & Norenzayan, A. (2001). Culture and systems of thought: holistic versus analytic cognition. *Psychological Review*, 108(2), 291–310.
- Norenzayan, A., Smith, E., Kim, B. & Nisbett, R. (2002). Cultural preferences for formal versus intuitive reasoning. *Cognitive Science*, 26(5), 653–684.
- Oliveira, S., & Nisbett, R. (2017). Beyond East and West: Cognitive Style in Latin America. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 48(10), 1–24.
- Peterson, E., & Deary, I. (2006). Examining the wholistic-analytic style using preferences in early information processing. *Personality and Individual Differences*, 41(1), 3–14.
- Peterson, E., & Meissel, K. (2015). The effect of Cognitive Style Analysis (CSA) test on achievement: A meta-analytic review. *Learning And Individual Differences*, 38, 115–122.
- Piaw, Ch. (2012). Replacing paper-based testing with computer-based testing in assessment: Are we doing wrong? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 64, 655–664.
- Rensink, R., O'Regan, J., & Clark, J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological science*, 8(5), 368–373.
- Rezaei, A., & Katz, L. (2004). Evaluation of the reliability and validity of the cognitive styles analysis. *Personality and Individual Differences*, 36(6), 1317–1327.
- Ridding, R., & Cheema, I. (1991). Cognitive Styles: An Overview and Integration. *Educational Psychology*, 11(3/4), 193–216.
- Rozin, P., Moscovitch, M., & Imada, S. (2016). Right: Left:: East: West. Evidence that individuals from East Asian and South Asian cultures emphasize right hemisphere functions in comparison to Euro-American cultures. *Neuropsychologia*, 90, 3–11.
- Simons, D., & Levin, D. (1997). Change blindness. *Trends in Cognitive Sciences*, 1(7), 261–7.
- Stachoň, Z., Šašinka, Č., Čeněk, J., Štěrba, Z., Angsuesser, S., Fabrikant, S., ... Morong, K. (2018). Cross-cultural differences in figure-ground perception of cartographic stimuli. *Cartography and Geographic Information Science*, 46(1), 82–94.
- Sternberg, R. (1995). Styles of thinking in the school. *European Journal for High Ability*, 6(2), 201–219.
- Sternberg, R., & Grigorenko, E. (1997). Are cognitive styles still in style? *American Psychologist*, 52(7), 700–712.
- Sternberg, R., & Zhang, L. (2005). Styles of thinking as a basis of differentiated instruction. *Theory into Practice*, 44(3), 245–253.
- Šašinka, Č., Morong, K., & Stachoň, Z. (2017). The Hypothesis platform: An Online tool for experimental research into work with maps and behavior in electronic environments. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(12), 1–22.
- Tiedemann, J. (1989). Measures of cognitive styles: A critical review. *Educational Psychologist*, 24(3), 261–275.
- Varnum, M., Grossmann, I., Kitayama, S., & Nisbett, R. (2010). The Origin of Cultural Differences in Cognition: Evidence for the Social Orientation Hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 9–13.
- Ventura, P., Pattamadilok, C., Fernandes, T., Klein, O., Morais, J., & Kolinsky, R. (2008). Schooling in western culture promotes context-free processing. *Journal of Experimental Child Psychology*, 100(2), 79–88.
- Wagemans, J., Elder, J., Kubovy, M., Pamer, M., Peterson, M., Sing, M., & von der Heydt (2012). A Century of Gestalt psychology in visual perception: I. Perceptual grouping and figure-ground organization. *Psychological Bulletin*, 138(6), 1172–1217.
- Walker, N. (1986). Whatever happened to the norms for the matching familiar figures test? *Perceptual and Motor Skills*, 63(3), 1235–1242.
- Witkin, H., & Goodenough, D. (1976). Field dependence and interpersonal behavior. *ETS Research Report Series*, 1976(1), i–78.

Integrácia moderných prostriedkov umelej inteligencie do mobilného robota

Andrej Lúčny

Katedra aplikovanej informatiky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského
KAI FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava
lucny@fmph.uniba.sk

Abstrakt

Úspechy umelej inteligencie spočívajúce v rozvoji výpočtových prostriedkov, hlbokého učenia a cloudových služieb zásadne zmenili nároky na výkon, ktorý očakávame od mobilných robotov. Na príklade lacného robota s kamerou, od ktorého by sme v minulosti čakali vyhýbanie sa prekážkam, ukazujeme ako je možné zapojiť spomínané nové technológie a zlepšiť inteligenciu robota. Vybavíme ho hlasovým ovládaním (pomocou cloudovej služby) a dáme mu možnosť rozprávať (rečový syntetizátor). Vybavíme ho schopnosťou porozumieť jazyku využitím technológie tvorby chatbot-ov. Vložíme do neho schopnosť rozpoznať ľudí vo svojom okolí na základe detekcie ich tvári.

Zabudovanie týchto modulov prináša taktiež zvýšené nároky na riadiaci systém robota. Tento musí zvládnuť kombináciu viacerých procesov, pričom niektoré z nich sú pomalé, iné zase musia byť vykonané rýchlo. To je oblasť, v ktorej môžeme zúžitkovat' vlastné architektonické riešenia vytvorené v minulosti.

Záverom diskutujeme, čo by bolo potrebné robotovi ešte pridať, ale nie je to zatial jednoduché. Napríklad schopnosť lokalizácie hovoriaceho človeka.

1 Vývoj umelej inteligencie v poslednom období

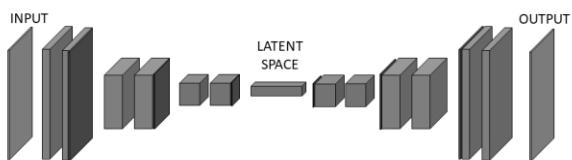
Od roku 2012, keď AlexNet porazila v súťaži ImageNet ostatné riešenia rozdielom triedy sme svedkami veľkého boomu konekcionistického prístupu v umelej inteligencii v podobe tzv. hlbokých neurónových sietí či hlbokého učenia. Vskutku táto technológia dosiahla stav, kedy kvalitou prevýšila všetko, čo bolo doteraz k dispozícii.

Ako uvádzajú monografie (Goodfellow, Bengio, Courville 2016), za týmto úspechom stojí viacero vynálezov známych už mnoho rokov i úplne nových objavov. Neurónové siete sú predmetom výskumu už dlhú dobu a za ten čas bolo vymyslených mnoho ich typov. Od bežných algoritmov sa líšia dvomi vlastnosťami. Za prvé majú oveľa viac parametrov. Aj bežný algoritmus môže mať nejaké konštanty, ktorými je možné ladiť jeho činnosť, ale je ich maximálne

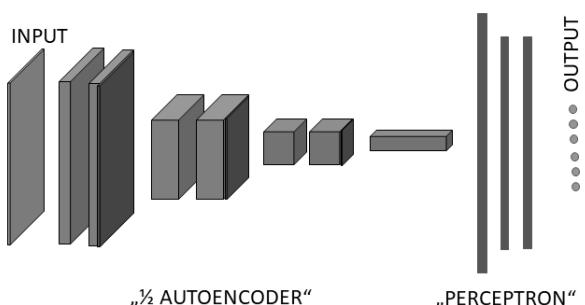
niekoľko desiatok. Hlboká neurónová sieť ich má spravidla desiatky miliónov. Stanovíme jej nejakú architektúru a predpokladáme, že pri správnom nastavení týchto parametrov robí to, čo potrebujeme. Pre veľký počet parametrov je však nemysliteľné, aby sme toto nastavenie hľadali ručne. Tým sa dostávame k druhému rozdielu. Keď spustíme bežný algoritmus a stane sa, že sa jeho výstup odlišuje od výstupu želaného, môžeme sa pokúsiť nejako modifikovať jeho parametre, aby sa to zlepšilo. Avšak netušíme ako ich máme modifikovať. Základnou vlastnosťou neurónovej siete je, že dokáže v takejto situácii povedať, ktorým smerom treba zmeniť každý z tých desať miliónov parametrov, aby sa rozdiel výstupu a želaného výstupu (tzv. hodnota chybovej funkcie) zlepšil. Toto zlepšenie možno potom cyklicky opakovať, až po ktorom nie je výstup siete uspokojivý, alebo už k ďalšiemu zlepšeniu nedochádza. To nazývame procesom trénovalia siete.

Hoci sa k hlbokému učeniu nedospelo priamočiarou cestou, základnú myšlienku relevantnú pre väčšinu hlbokých neurónových sietí možno vysvetliť ako snahu o kombináciu dvoch neurónových sietí, ktorých činnosti ľahko porozumieme: (hlbokého) autoencoder-u a perceptron-u. Perceptron (Rosenblatt 1958) je neurónová sieť, v ktorej sú neuróny v aspoň dvoch vrstvách prepojené každý s každým a každé toto prepojenie má svoju špecifickú váhu. Z teoretického hľadiska je (pri vhodnom type aktivačnej funkcie neurónov) univerzálnym aproximátorm (Cybenko 1989), t.j. naučí sa s určitou presnosťou akúkoľvek rovnomerne spojítú funkciu. V princípe by táto mašinka mala sama o sebe stačiť na ťubovoľnú úlohu strojového učenia, prakticky ju však možno použiť na mäločo. Relatívne dobré výsledky dáva na dátach, kde sú vstupom vektory reálnych čísel s nie príliš vysokou dimensiou. Naopak, zlé výsledky dáva na dátach ako je obraz z kamery. Je preto logické sa snažiť premeniť jedny dátu na druhé, napríklad obraz 640x480 pixelov na vektor 1024 reálnych čísel. A práve takúto premennu vie urobiť (hlboký) autoencoder (Rumelhart, Hinton, Williams 1986). Tento pozostáva z tzv. konvolučných vrstiev, v ktorých je každý neurón prepojený na málo susedných neurónov v predchádzajúcej vrstve, pričom váhy týchto spojení sú zdieľané so všetkými ostatnými neurónmi v danej vrstve (obr. 1). (Tým je zabezpečené, že sieť reaguje rovnako na určitý podnet nezávisle od jeho posunutia v rámci vstupných dát.) Konvolučné

vrstvy, ktoré dátu transformujú, sú v autoencoderi prekladané vrstvami, ktoré menia ich dimenziu: v prvej polovici autoencoderu ju redukujú, v druhej expandujú. Takže kým na vstupe i výstupe máme napríklad obraz 640x480, v strede autoencodera majú dátu podobu tých želaných 1024 reálnych čísel. Tento „stred“ autoencoderu nazývame latentným priestorom. Na čo je to dobré? Autoencoder môžeme trénovať, aby na výstupe dával presne to, čo mu dáme na vstup. Pokiaľ sa mu to na určitej sade dát podarí naučiť, môžeme jeho druhú polovicu zahodiť a máme z toho veľmi špecifický kompresný algoritmus. Kým bežný kompresný algoritmus dáva pre jednotlivé obrázky rôznu dĺžku kódu, ale udržuje rovnakú kvalitu kódovania, tu je to naopak: dĺžka kódu je rovnaká a kvalita kódovania sa mení. Do procesu kódovania autoencoderom je priamo premietnutá povaha dát, ktoré slúžili ako vzorky pre jeho trénovanie. Aby sme dostali z kompresnej polovice autoencoderu hlbokú neurónovú sieť realizujúcu klasifikátor (určuje kategóriu) alebo regressor (aproximuje hodnotu funkcie), stačí teraz málo: pripojiť naň perceptron. Takto sieť má väčšiu šancu na úspech, lebo najprv zakóduje vstupné dátu do vhodnej podoby a až potom ich preženie perceptronom. Hlboká neurónová sieť má teda pomerne hlbokú postupnosť konvolučných vrstiev prekladaných vrstvami redukujúcimi dimenziu dát a v závere aspoň dve plne prepojené vrstvy (obr. 2).



Obr. 1: Autoencoder



Obr. 2: Jedna z možností hlbokej neurónovej siete

Hlbokými sietami nazývame však aj ďalšie siete, napríklad také, ktoré „perceptrónovú“ časť vôbec nemajú a sú len polotovaram, ktorý vstupným dátam priraďuje vhodný kód. Tieto siete sú trénované len nedávno zavedenými chybovými funkciemi ako je napríklad metrická chybová funkcia. Umožňuje nový spôsob trénovania sietí, ktoré napríklad fotkám toho

istého človeka priradia podobné vektor čísel, zatiaľ čo fotkám rôznych ľudí rôzne vektory.

Podobne za hlboké považujeme aj neurónové siete, ktoré majú architektúru zhodnú s autoencoderom, ale trénované sú z dát, kde výstup nie je totožný so vstupom – napríklad vstupom je čiernobiela podoba farebného výstupu. Takto sieť sa potom naučí ofarbiť čiernobiely obrázok.

Ale to všetko by samo o sebe nestačilo, pretože čím viac vrstiev neurónová sieť má, tým ľahšie sa môže stať, že v procese trénovania sa už výkon nelepšuje, avšak ešte stále je nedostatočný. Navyše sa môže stať, že proces trénovania prebehne uspokojuivo, ale schopnosť siete fungovať na iných než trénovacích dátach je veľmi obmedzená (tzv. preučenie). Za úspechom hlbokého učenia stojí zo všetkého najviac práve riešenie týchto problémov. Aby bola zodpovednosť za fungovanie siete lepšie rozložená medzi všetky neuróny (aby schopnosti vrstvy nemohli zdegenerovať na schopnosti jedného neurónu), vkladajú sa do siete tzv. drop-out vrstvy. Tie v procese trénovania náhodne odstraňujú a vracajú jednotlivé neuróny do siete. Miesto toho je taktiež možné vkladať do siete normalizačné vrstvy, ktoré normalizujú signál, ktorý nimi prechádza. Dôležité je taktiež iniciálne nastavenie vás siete. Kým kedysi sa generovalo náhodne, dnes sa veľmi dôrazne hľadí na distribúciu iniciálnych hodnôt (optimálnym je tu tzv. Xavierovo rozloženie).

Samozrejme hlboké učenie by nebolo prínosom bez výpočtového výkonu, ktorý je na natrénovanie hlbokých neurónových sietí potrebný. Kľúčovým výpočtovým prostriedkom pre tvorbu modelov hlbokého učenia je GPU – počítanie na množstve procesorov na grafických kartách pôvodne určených pre potreby herného priemyslu. Nemenej dôležité sú rozsiahle dátové úložiská, lebo na hlboké učenie potrebujeme veľké množstvo dát. Aj hlboké neurónové siete totiž fungujú len odtiaľ – potiaľ. Medzi to odtiaľ – potiaľ sa však dnes už môže zmestit celý svet. Napríklad sa scanujú všetky ulice na svete a z týchto dát sa učia modely určené pre autonómne vozidlá. Veľkú úlohu v budúcnosti môžu zohrať taktiež kvantovo-mechanické počítače, ktoré potenciálne vedia uskutočniť proces trénovania siete v okamihu, avšak zatiaľ na to nestaci veľkosť ich pamäte (momentálne majú stovky, maximálne tisíce qubitov, zatiaľ čo ideálne by bolo mať ich miliardy).

Hlboké učenie prinieslo pokrok v mnohých oblastiach. V prvom rade v spracovaní obrazu: v detekcii, klasifikácii a rozpoznávaní objektov. Ale aj v iných oblastiach, napríklad rozpoznávaní reči alebo spracovaní jazykového textu. Pomocou hlbokej neurónovej siete je možné napríklad premeniť slovo na vektor čísel tak, aby podobné vektory zodpovedali podobným významom slov. Následne možno aj vety a celé výpovede premeniť na vektor čísel (pevnej dĺžky), kde podobné čísla zodpovedajú podobným výpovediam. To viedie k novej generácii chatbot-ov

(Brownlee 2018), ktoré už nefungujú na báze rôznych syntaktických transformácií jazykovej výpovede. Miesto toho sa vopred pripraví zoznam zámerov a ku každému sa uvedie niekoľko príkladov, akým sa dá na ne opýtať. Potom možno k akejkoľvek otázke zistiť, ku ktorému z uvedených zámerov má najbližšie a to tak, že hlboká neurónová sieť jej priradí vektor a porovnávame ho s vektormi, ktoré priradila spomínaným príkladom. Tvorba odpovede na rozpoznaný zámer môže byť pritom pomerne jednoduchá, napríklad vždy rovnakou, vopred pripravenou vetou.

Pokiaľ sa snažíme použiť model vytvorený hlbokým učením na mobilnom robotovi, môžeme naraziť na to, že nedisponujeme dostatočným výpočtovým výkonom. Ten sice nemusí byť tak obľudný ako pri trénovaní modelu, ale aj tak značný, ak má byť model použitý v reálnom čase. Ako náhrada tu môže poslužiť pripojenie na Internet, pretože mnohé modely sú dispozícii ako clouдовé služby. Tie vykoná dostatočne výkonný hardware v dátovom centre prevádzkovateľa, robot len pošle vstup a prijme výstup. Dostupnosť cloudových služieb je celkom dobrá: v Európe jedno zavolanie trvá cca 80 ms.

V dôsledku uvedeného pokroku sa samozrejme zvýšili nároky na to, čo by mal dokázať mobilný robot behajúci po stole. Čo nerozpráva, nepočuje a nevidí, už nie je trendy. Podľa sa teda v druhej časti nášho príspevku pozriť na to, ako možno takúto funkcionality do mobilného robota z technického hľadiska dostať.

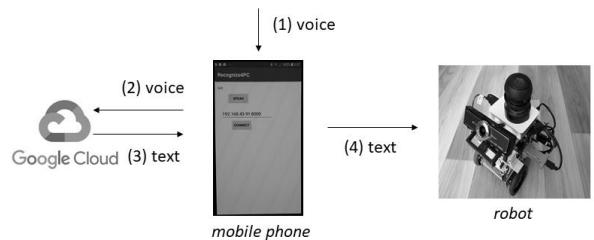
2 Integrácia metód UI do jednoduchého mobilného robota

Možnosti použitia spomínaných moderných metód uvedieme na príklade mobilného robota s podvozkom Boebot riadeného cez USB z Raspberry Pi3, ku ktorému je pripojená cez USB wide kamera a cez hlasový výstup reproduktor pre mobilné telefóny. Napriek malým rozmerom je Raspberry Pi3 vcelku normálny počítač s operačným systémom na báze Linuxu, ktorého výpočtový výkon posilníme pripojením Movidius Neural Stick do USB. Napájanie robotovi zabezpečí powerbanka pre mobilné telefóny.

Softwarovú platformu sme postavili na knižničiach OpenCV, (Bradski 2000) – v distibúcii OpenVINO, aby vedela využívať Movidius – a dlib, (Davis 2009). Tieto prostriedky nainštalujeme pomerne ľahko, len to dosť dlho trvá (hodiny). Ďalej nainštalujeme espeak, ktorý nám zabezpečí rečovú syntézu aj v slovenčine. Potom nastavíme sieť tak, aby sa automaticky pripájala do vhodnej WIFI siete, napríklad do access pointu smartfónu, ktorý bude zároveň cez rozhranie „mobilné dátá“ pripojený do Internetu. Z mobilu si môžeme potom zistiť IP adresu robota avyužiť jeho rozhrania (ssh a VNC) na vzdialený prístup.



Obr. 3: Robot Pingpong V.



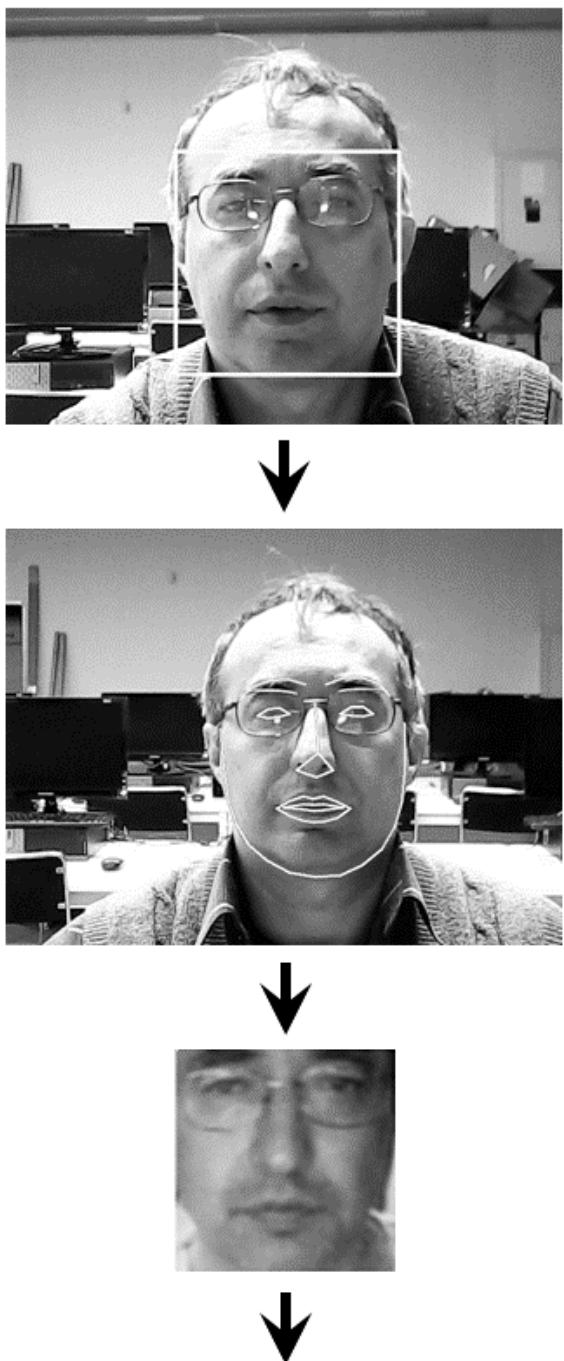
Obr. 4: Použitie cloudovej služby (mobilný telefón tu slúži jednak ako access point, jednak ako mikrofón)

Implementáciu aplikačného softvéru je vhodné začať s diaľkovým ovládaním. Na robotovi vyvinieme TCP server, ku ktorému sa môže pripojiť akýkoľvek klient, následkom čoho sú jeho pokyny pretlmočené do príkazov pre podvozok. Už v tejto fáze je dobre ako komunikačný protokol použiť prirodzený jazyk, t. j. požívať pokyn „doprava“ a nie nejaký kód ako trebárs „R“. Následne môžeme telnet klienta nahradíť iným, ktorý tieto pokyny posielá na základe rozpoznávania reči. Raspberry Pi3 nemá vstup pre mikrofón a navyše mikrofón na robotovi je problematický z hľadiska množstva šumov, ktoré zachytí. Pohodlne však môžeme ako mikrofón použiť smartfón. To je výhodné aj preto, že operačný systém Android, ktorým je vybavený, má nelimitovaný prístup do Google cloudu, ktorý nahovorenú reč prevedie do textu, pričom má aj podporu slovenčiny. Potrebujeme akurát vhodnú apkú do mobilu, ktorá nám umožní proces nahrávania, pošle nahranú reč do cloudu, prijme odťaľ text a pošle ho cez TCP do robota. Túto aplikáciu sme vytvorili v Android Studiu a je k dispozícii na Github-e¹ (Lúčny 2019). Komunikačný protokol s robotom môžeme potom obohatiť o ďalšie vlastnosti, napríklad aby na pokyn „Povedz X“ cez espeak povedal X, alebo aby pri prijati neznámeho povetu povedal „Nerozumiem“.

Bohatšie pochopenie príkazov, môžeme dosiahnuť, keď rozšírimo syntaktické manipulácie s textom prijatého pokynu o volanie chatbeta. Tu žiaľ

¹ <https://github.com/andylucny/Recognize4PC>

nemáme zatiaľ dobré prostriedky – MicroSoft Azure, ktorý má slovenčinu pomerne dobre zvládnutú je predsa len vhodnejší na windowsoch a otvorené riešenia ako wit.ai majú slovenčinu v plienkach.



(0.453, 0.122, 0.998, ...)

Obr. 5: Rozpoznávanie tváre.

Dalej doplníme spracovanie obrazu o detekciu tváre človeka, detekciu jej tvárových črt a rozpoznávanie o koho ide. Na túto úlohu treba mať v

prvom rade vhodnú kameru. Jej rozlíšenie nesmie byť príliš veľké, lebo potom je príjem obrazu na Raspberry pomalý. Na druhej strane ani moc malé, lebo inak tvár na obraze nebude mať dostatok pixelov. Nesmie mať taktiež príliš malý uhol záberu (FOV).

Z hľadiska spracovania obrazu musíme najprv nájsť tvár, pričom je vhodný detektor, ktorý nie je orientovaný len na pohľad spredu, napr. res10_300x300_ssd_iter_140000.caffemodel z openCV (na to, aby tento model hlbokého učenia bežal v akceptovateľnom čase, využívame Movidius stick). Ďalej aplikujeme detektor tvárových črt (ten je postavený na kaskárdnom regresore, takže hoci je tiež výsledkom metódy počítačového učenia, je rýchly) – tu sme použili shape_predictor_68_face_landmarks.dat z knižnice dlib. Získanie črt tváre nám umožní tvár z obrazu dostať do normalizovanej podoby, ktorá je menej závislá na natočení hlavy. Hlavne ju potrebujeme vhodne otočiť a potom presne orezať. Pomocou ďalšieho modelu dlib_face_recognition_resnet_model_v1.dat z dlib túto normalizovanú podobu tváre premeníme na vektor a ten dokážeme porovnávať z databázou analogických vektorov z predošlých záberov (obr. 5). Pokial je dostatočne podobný vektoru, ktorý už v databáze máme, ide o tú istú osobu a nemusíme si ho zapamätať. Na druhej strane, ak je odlišný, potrebujeme vedieť o koho ide. Na tento účel sme rozšírili hlasové ovládanie robota o pokyny „Toto je X“ a „Ja som X“, ktoré platia, pokým robot kontinuálne detektuje aktuálnu tvár. Keď robot s takýmto pokynom zistí, že vektor reprezentujúci tvár je od súčasných vzoriek vzdialený, zaradí ho pod udané meno do databázy. Pokial pokyn uvádzajúci meno robot nedostane, môže na základe detektie neznámej tváre položiť otázku „Ako sa voláte?“ Naopak, keď narazí na známeho človeka, môže povedať „Vy ste X“.

(Pozoruhodné je, že architektúra oboch použitých modelov hlbokého učenia je totožná, hoci ich funkcia je značne odlišná: jeden dáva tie obdlžníky na obrazu, kde je tvár a druhý dáva vektory, ktoré sú podobné ak ide tváre toho istého človeka a rozdielne ak ide o tváre dvoch rôznych ľudí. Konkrétnie tu ide v oboch prípadoch o architektúru ResNet, avšak pri jej trénovaní sú použité iné dátové vzorky a hľavne iná chybová funkcia: v prvom prípade je to mean square error, v druhom už spomínaná metric loss function. Rosebrock, 2018)

Vo chvíli, kedy potrebujeme dostať z procesu prijímajúceho pokyny hlasového ovládania údaj o mene uvidenej tváre do procesu rozpoznávania tvári, narazíme na potrebu výmeny dát medzi rôznymi procesmi a potrebu ich synchronizácie. Na tento účel je momentálne najpoužívanejším prostriedkom Robotic Operation System (ROS). Je to však dosť komplikované riešenie, preto my sme použili vlastnú architektúru vyvinutú v minulosti a to Agent-Space (www.agentspace.org, Lúčny 2004).

Pri prevádzke tohto robota sa ukazuje, že hoci je schopný udoviť svojim schopnosťami laikov, strašne moc

mu k dokonalosti chýba. Chýba mu nielen vyšší výpočtový výkon, ale aj základné percepčné schopnosti. Veľmi citeľným nedostatkom je napríklad to, že nevie rozlísiť z ktorého smeru na neho hovoríme. Mimoriadnu potrebu tejto schopnosti, odhalíme po pári minútach interakcie s robotom, pričom inak by nám možno táto potreba ani neprišla na myseľ.

3 Záver

Prežívame obdobie búrlivého rozvoja umelej inteligencie a to najmä v oblasti percepcie. Je veľmi náročné, čo len stíhať študovať nové objavy, ktoré sa na nás valia každý deň. Podobne je to s technickými riešeniami, ktoré premietajú spomínané objavy do praktických aplikácií. Integrácia viacerých schopností, ktoré sa stali technicky dostupnými do jedného systému zaistie vyvolá potrebu po výkonnejšom hardvéri ale aj po z architektonického hľadiska solidnejších softvérových riešeniach (Kelemen 2001).

Literatúra

- Bradski, G. (2000). The OpenCV Library. *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*.
- Brownlee, J. (2018). Deep Learning for Natural Language Processing. *Jason Brownlee*.
- Cybenko, G. (1989) Approximations by superpositions of sigmoidal functions. *Mathematics of Control, Signals, and Systems*, 2(4), 303–314.
- Davis E. King (2009) Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit. *Journal of Machine Learning Research* 10, str. 1755-1758.
- Goodfellow, I. - Bengio, Y. - Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press, 2016.
- Kelemen, J. (2001). From statistics to emergence – exercises in systems modularity In: *Multi-Agent Systems and Applications*, (Luck, M., Mařík, V., Štepánková, O. Trappl, R.), Springer, Berlin, str. 281-300.
- Lúčny, A. (2004). Building complex systems with Agent-Space architecture. *Computing and Informatics*, Vol. 23, str. 1001-1036.
- Lúčny, A. (2019). Easy Controlling a Robot using Voice for Hobbyists. *Reserchgate.net*, DOI: 10.13140/RG.2.2.25215.25761.
- Rosebrock, A. (2018). Deep Learning for Computer Vision with Python. 2nd edition. *PyImageSearch.com*.
- Rosenblatt, F. (1958), The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain, *Cornell Aeronautical Laboratory, Psychological Review*, v65, No. 6, pp. 386–408.
- Rumelhart, D. – Hinton G. – Williams, R. (1986). Learning internal representations by error propagation. *Parallel Distributed Processing*. Vol 1: Foundations. MIT Press, Cambridge, MA, 1986.

Život a umelá inteligencia – hľadanie analógií

Anton Markoš

Karlova univerzita Praha, Přírodovědecká fakulta
Viničná 7, 128 44 Praha 2
markos@natur.cuni.cz

Abstrakt

Pokus porovnať chovanie živých bytostí s umelou inteligenciou AlphaZero. Konštatujem, že porovnanie znesú organizmy autistické – či už z vrozených príčin, alebo umelo privedené do hlbokej izolácie od biosféry. Kladiem otázku, či ďalším priblížením k životu by nebola „biosféra“ medzi sebou komunikujúcich umelých inteligencií ponechaných evolúciu.

1 Šachový úvod

Podnet k tejto úvahе mi dal bývalý šachový majster sveta Garry Kasparov v úvodníku k *Science* (7 dec. 2018); upozorňuje v nом na článok v tom istom čísle, popisujúci, ako sa umelá inteligencia AlphaZero učí hrať zložité stolové hry – šachy, šogu a go (Silver et al. 2018). Kasparov sa vracia k svoju dávnemu prehranému súboju s počítačom Deep Blue (1997) a porovnáva ho s dnešnou šachovou hrou umelej inteligencie (AI). Vtedy počítač mal v pamäti kartotéku snáď všetkých majstrovských zápasov histórie, a programátori do neho vložili i preverené algoritmy hracích (a hratelných) stratégii; stroj potom ťažil z rýchlosťi vyhľadávania optimálneho postupu. Porovnajme, piše Kasparov: „Tak ako lietadlá nemávajú krídlami, ani strojová šachová hra nepostupuje ako šachista. Prvé stroje mali mizerný výkon – úspech sa dostavil až vďaka algoritmu ‚minimax‘ a Moorovmu zákonom – teda nie tak, že by stroj imitoval neopísateľné hlbiny kombinácie ľudskej predstavivosti a vizualizácie. Toto suché konštatovanie značne rozladilo ľudí z oblasti AI: uvedomili si, že k tomu, aby stroj porazil majstra sveta, nepotrebuje mať vôbec žiadne hlboké vhlády do svojho konania. [...] [A tak teraz] AlphaZero už začína len s pravidlami šachu, bez znalosti stratégii, aké používajú ľudia. Za pár hodín zohrá sama so sebou viac partií, než je obsah všetkých zaznamenaných partií v dejinách. A v priebehu toho sa učí a poráža staršie šachové programy ako je Stockfish.“ AlphaZero pritom „dáva prednosť aktívnej hre, nie nekonečnému taktizovaniu smerujúcemu k remíze“. A tým, že sa učí sama, neodráža priority programátorov,

ani nepotrebuje neustále prehľadávať obrovské databázy. Stroje sa môžu stať expertmi, nielen nástrojmi expertov ako dosiaľ. A predsa, konštatuje Kasparov, sú prípady, keď si umelá inteligencia „nevšimne“ výnimky zo svojich pravidiel – tam ešte stále dokáže byť človek pred ňou.

V tom istom číslе *Science* komentuje zmienený článok i M. Campbell, ktorý ešte viac zdôrazňuje schopnosť učenia posilňovaním (reinforcement learning) u AI. Samozrejme, upozorňuje Campbell, nejde o akési zavŕšenie úsilia, aj keď zverejnene partie spôsobili v šachovej komunite senzáciu. Ide o stolné hry, u ktorých je celý priebeh hry pozorovateľný pre hráčov, a tí sú len dvaja; hra je navyše deterministická, s nulovým súčtom, a figúry sú diskrétne, 1 takže simulácia je oveľa ľahšia ako napríklad v prípade pokru. Samotný odborný článok je nad moje sily, a tak odcitujem len túto interpretáciu od jeho autorov: „AlphaZero nahrádza dosiaľ používané individuálne nadobúdanie znalostí a cvik zameraný na jedinú oblasť, a to (1) hlbkovými neurálnymi sieťami (t.j. sieťami prepojenými cez mnoho úrovni organizácie či popisu, bez stanovenia akejsi základnej úrovne) a (2) vyhľadávacím algoritmom použiteľným všeobecne.“ (Silver et al. 2018, 1140).

Netreba snáď zdôrazňovať, že AI je dokonalo „zapuzdrená“ voči svetu, jedinými vstupmi a výstupmi sú symboly jednotlivých ľahov, ktoré vyvolávajú odpoved' tejto mnohovrstvej siete. „Nezaujíma“ ju nič iného – a ani ju nič zaujímať nemôže: ved' vlastne ani „nevie“, že hrá šach (takže akáže „inteligencia“).

2 „Idiots savants“

Emócie a schopnosť spriadať príbehy z poznáneho a komunikovať s druhými sú definitorickými znakmi ľudí, žijúcich v pospolitej. Čo však, ak v niektorých prípadoch tieto vlastnosti chýbajú?

V ľudskom svete akoby tomuto stavu odpovedali prípady ťažkých autistov, ktorí okrem neobyčajného, priamo zázračného majstrovstva v istej oblasti ľudskej činnosti trpia retardáciou mentálnou, citovou, aj spoločenskou. V *Šachovej novele* Stefana Zweiga je to

¹ „[Hra] mechanická svojimi danosťami, a predsa účinná len pomocou fantázie, ohraničená v geometricky strnulom priestore a pritom neobmedzená vo svojich kombináciách,

neprestajne sa vyvíjajúca, a predsa sterilná, myslenie, ktoré k ničomu nevedie, matematika, ktorá nič nevyráta, umenie bez diel, architektúra bez substancie...“ (Zweig 2013, 24)

prípad geniálneho šachového veľmajstra Mirka Czentoviča: „Lebo len čo vstal od šachovnice, kde bol majstrom, akému nebolo páru, zmenil sa na grotesknú, ba takmer komickú figúru; pretože ... zostal celým svojím zjavom a spôsobmi ten istý neotesaný dedinský chlapec, ktorý vymetal izbu u vidieckeho farára.“ (Zweig 2013, 17-8) Nič ho nezaujímalо, nič nevedel, chýbal mu zmysel pre vtip, inotaje, náznaky – a pritom bez akéhokoľvek štúdia, iba pozorovaním niekoľkých amatérskych partií nasal do seba šachové znalosti a hral potom na veľmajstrovskej úrovni. Inak svet nepotrebuje, nezaujíma ho, nerozumie mu. „Neľudský šachový automat.“ (s. 39) Analógia AI?

Porovnajme s druhým protagonistom novely, doktorom B., ktorý viedie plnohodnotný život – až ho nacisti zavrú na celé mesiace na samotku: „Nerobili nám nič, ibaže nás vsadili do dokonalého Nič, lebo je známe, že na tomto svete nič nedolieha na ľudskú dušu tak mocne ako Nič. [...] Čakal som vždy znova a znova. Nič sa nestalo. Čakal som, čakal, čakal, mysel som, mysel som, mysel, mysel, až kým ma nerozboleli sluchy. Nič sa nestalo. Zostal som sám. Sám. Sám. [...] [V koncentráku] bol by som videl tváre, bol by som mohol zízať na pole, na káry, na strom, na hviezdu, na čosi, čosi, zatial čo tu stálo okolo mňa večne to isté, večne to isté, príserne rovnaké.“ (Zweig 2013, 66-73) A v tomto stave na pokraji šialenstva sa mu podarí ukradnúť knižočku so 150 veľmajstrovskými partiami. Naučí sa ich naspäť, naučí sa prehrávať si ich v duchu, a nakoniec začne hrať partie sám proti sebe. A odrazu sa ocitne opäť na hrane šialenstva, ktorému vďaka šachovej príručke na čas unikol – a bez lekárskej pomoci by do neho aj upadol. Analógia s Czentovičom? Žiadna. Dr. B. z nedostatku senzorických vstupov sklzal do rozpadu osobnosti, zatial čo u Czentoviča sa nemalo čo rozpadať.

Oliver Sacks (napríklad 1993, 1995) sprístupňuje čitateľsky prístupnou formou celú škálu prípadov takýchto ľažkých autistov, pritom geniálnych počtárov, matematikov, hudobníkov, výtvarníkov... (a často kombinujúcich niekoľko takýchto schopností). Ľudí s geniálnou pamäťou, ktorí často nedokážu na nič zabudnúť (ale ani dať do súvislostí), ktorí po prvom počutí naspäť reprodukujú operu, knihu, nakreslia scenériu – ale nič im to nedáva, neprejavujú žiadne emócie, radosť, vtip, nedokážu abstrahovať z jednotlivostí, nechápu metafory, inotaje, gestá ani intonáciu reči, sú väčšinou neschopní komunikácie, nie sú zasiahnutí tradíciou ani kultúrou komunity, do ktorej sa narodili. Čo iní zvládajú implicitne, musí autista nacvičiť, algoritmovat, pamätať si vo forme akýchsi podmienených reflexov (aj keď mu uniká zmysel celého). Vnímajú predmety tohto sveta, vedia ich pomenovať, ale svoj vnútorný svet z toho zostrojiť nedokážu, aj iní ľudia sú len predmety ako každá iná vec, a svet neprejavuje vôbec žiadnu usporiadanosť, nedáva im zmysel. Nedokážu filtrovať dôležité od ničotného. Aké je vnútro, osobnosť týchto ľudí? Čo sa stalo, že sa zrodili do Ničoho (ale so zvláštnym darom

nevysvetliteľných schopností)? Aká je ich pamäť? Na jednej strane nám neurofyziológia poskytuje predstavu dynamickej, neustále sa prestavujúcej pamäti, na strane druhej veľmi presné, priamo archívne a nemenné záznamy v mozgu týchto ľudí. Koľko „terabytov“ činí kapacita takýchto zázračných detí-idiotov? Sacks však popisuje aj šťastlivcov, ktorí (obvykle s obetavou pomocou okolia) sa v dospelosti zo svojej samoty aspoň čiastočne vynoria, a dokonca dokážu popísat, v čom žili a žijú. Aj tak ide väčšinou o nacvičené chovanie. I ľudia, ktorí sa profesionálne vypracovali, uvedomili si svoju inakosť a vedia „čo sa má“, zostávajú emočne plochí a pri komunikácii si musia dať veľký pozor: svoju neobyčajnú, jednosmernú inteligenciu s veľkým úsilím dokázali presmerovať, ale netušia, prečo sa majú chovať práve takto. V podstate odpozorujú chovanie iných tak, ako my odpozorujeme nálady a želania zvierat; robia vlastne akúsi etológiu ľudí.

Skúsmo sa teraz odraziť od nášho druhu a hľadať analógie aj u iných živých bytosťí než človek.

3 Nič

Tvrдim, že nemôže dlhšiu dobu existovať živá bytosť, ktorá by nebola v tesnej väzbe na zbytok biosféry, a to isté platí pre komunity (buniek či mnohobunečných organizmov). Takéto súžitie znamená, že si obyvatelia rôznych komunit rozumejú, a evolúcia biosféry nie je len otázkou mutácie a selekcie, ale tiež vzájomného zjednávania (príklady napr. Markoš 2015, 2016; Markoš & Švorcová 2019; model pozri nižšie Kauffman 2003). Aj nás organizmus predstavuje komplikovaný (tzv. holobiotický) ekosystém zložený z nášho tela a stoviek rôznych druhov (mikro)organizmov v útrobách a iných telových dutinách, i na povrchu. Podobne je to u rastlín. V izolácii sú len rané embryá, disperzné štadiá, alebo výnimočné a krátkodobé útvary, napríklad kolónia plesní na povrchu lekváru. Všetky ostatné organizmy sú súčasťou štruktúr a tokov (energie, látok i informácie) a študovať ich oddelenie znamená študovať *naše* artefakty, popisovať *modely živého*. V rôznom stupni oddelené od biosféry sú až naše modelové organizmy pestované bez väzieb na biosféru tam jej úlohu musí zastúpiť vedec, lekár, pekár, pivovarník a pod.

1. Dokonalými predstaviteľmi izolovaných jedincov sú tak len tzv. *bezmikróbne* mnohobunečné organizmy, ktoré nikdy neprišli do styku s inými organizmami: zvieratá odobrané cisárskym rezom alebo z vajíčka a chované v sterílnom prostredí, a podobne i rastliny vypestované takto zo sterílnych semien. Tam môžeme dosiahnuť dokonale izolované jedince, len s takými vstupmi a výstupmi, aké im dovolíme, t. j. môžeme ich prinútiť k životu v „dokonalej“ samote. AI (na súčasnej úrovni) by snáď mohla slúžiť ako model živorenia takýchto samotárov. Pozor však: tieto organizmy nezačali „od nuly“ ako AI. Nesú si pamäť a skúsenosť línie, nazbierané za 4 miliardy rokov evolúcie. Vyvinie sa druhovo špecifické mnohobunečné telo, s intenzívnu-

diferenciáciou buniek, ktoré intenzívne komunikujú medzi sebou. Analógia teda dokonalá nie je.

2. Podobné sú kultúry mikroorganizmov (baktérie, kvasinky, protisty), a tiež bunečné kultúry izolované z mnohobunečných organizmov (embryonálne bunky, bunky tkanív, nádorové bunky), obsahujúce populáciu len jediného druhu, klonu, izolátu, mutanta. Ako v predchádzajúcim prípade však môžu jednotlivé ľudí komunikovať aspoň medzi sebou, a tak veľmi často dochádza k delbe práce v rámci populácie – metabolickej či štruktúrnej (z našej skupiny pozri napr. Pátková et al 2012; Čepl et al. 2016). Len malá časť organizmov sa uspokojí s týmto stavom a sú ochotné sa v takejto „kultúre“ aj množiť.

3. Poslednou skupinou organizmov čiastočne odličených od biosféry sú domáce zvieratá a rastliny. Ich holobiotické vzťahy sú viac-menej zachované, ale boli šľachtené na to, aby v prostredí chovov a monokultúr vydržali – ich diví predkovia by to nedokázali, alebo by len biedne prežívali vo zverincoch podobní diktoriu B. z Zweigovej novely. Ich vnútropopulačné vzťahy (hierarchie, sezónne cykly) sú potlačené, sú nútene prežiť svoj život na obmedzenom priestore, s minimom senzorických vstupov. Snáď len psy sa dokázali z takého stavu vymaniť, keď svoju vlniu náturom presmerovali na intenzívnu komunikáciu s ľuďmi. Do tejto skupiny však musíme zaradiť aj niektoré skupiny ľudské: pracovné tábory, väznice, kasárne, školy (s tým rozdielom, že ide väčšinou o skupiny s krátkou dobou trvania, a účastníci sa pamätajú – a aj sa tešia – na lepšie časy.)

4 Modely živého

Klasická génochcentrická teória dedičnosti i evolúcie predpokladá, že živá bytosť dostáva do vienk u verziu „databázy“ a „programu“, ktoré v rozhodujúcej miere determinujú jej ontogenézu. Epigenetický pohľad na evolúciu môže hľať na tento základ ako na pravidlá hry, ktorej varianty začne bunka rozvíjať na základe interpretácie svojej pamäti (bezprostrednej i historickej), svojej vlastnej skúsenosti, a tiež interpretácie vonkajších faktorov – a k tým patrí *hlavne* orientácia v komplikovaných biosférických vzťahoch. Pamäť ani skúsenosť teda nemusia byť iba zapísané, sú súčasťou celkového nastavenia organizmu a jeho porozumenia situácie, do ktorej sa zrodili.

Modely definujúce život sú početné a žiadny nie je uspokojivý a hlavne, v obave pred vitalistickou herézou sa ich autori boja vysloviť prostú pravdu, že živé je živé. A tak sú organizmy pripomávané k chemickým reakciám, schopným darvinovskej evolúcie (tzv. „definícia NASA“), k disipatívnym štruktúram hnaným druhým termodynamickým zákonom, (napr. Kováč 2017) k počítacom bežiacim pod genetickým softwarom

(napr. Dawkins 1998) a podobne; všetky pri bližšom pohľade postihnú len isté vlastnosti života, ale nedokážu ho pojat v jeho celku.² Realistickejší je vitalistický model *autonómnych agentov* (Kauffman 2003). Autonómny agent je najprv definovaný ako entita, ktorá vie (1) uskutočňovať aspoň jeden termodynamický pracovný cyklus a (2) množiť sa. Rýchlo sa však ukáže, že potrebuje mať aj početné senzory a aj schopnosť interpretovať vstupy týchto senzorov, aby mohol efektívne komunikovať s inými agentmi v *biosfére* autonómnych agentov. Výsledkom takej komunikácie je zjednávanie – negociačia najbližších budúcich stavov biosféry. Zdá sa mi, že modely založené na AI by mohli byť ďalšou výzvou. Môžeme si predstaviť biosféru veľkého počtu AI, a navyše ich autonómnu kvázibiológickú evolúciu intenzívne komunikujúcich línii, populácií, spoločenstiev?

Pre tých, čo rozumejú AI a chcú sa vydať týmto smerom, ponúkam antropomorfín scenár, na ktorom pracujem v posledných rokoch (pozri Markoš 2015, 2016; Markoš & Švorcová 2019). Je inšpirovaný Darwinom, Kauffmanom a biosemiotikou. Biosemiotika je vettou semiotiky, náuky, ktorá sa zaobráva interpretáciou znakov a hľadaním významov – znakov a významov nie nutne jazykových. Uvediem ho analógiou ľudskej komunity, ktorá si určuje isté kodifikované normy – morálku, tabu, chovanie pri rôznych príležitostach, ústavu, náboženstvo, dejiny, spisovný jazyk... Nikto z členov komunity z princípu nemôže striktne dodržiavať všetky tieto normy, väčšinou však stačí, že ich pozná a uznáva – aj keď interpretácia výsledného chovania môže byť rôzna v rôznych vrstvách spoločnosti a v rôznych dobách. Vďaka existencii takýchto noriem je možná i komunikácia s inými skupinami, ktoré sa definujú sice inak, ale aspoň rámcovo dokážu tomu druhému *nejako* porozumieť – vďaka spoločnej minulosti biologickej, kultúrnej, náboženskej a inej. Samozrejme takéto rozumenie môže vyústiť aj do neporozumenia, omylov a konfliktov. Ponúkame biologickú verziu: dnešná biosféra je produkтом evolúcie z biosféry prvotnej, kedy sa ustalovali normy (metabolizmus, genetické procesy, signály atď.). Jednotlivé línie organizmov s týmto normami pracovali po svojom, predsa však sa interpretácie sveta do istej miery prekrývajú – a vďaka tomu biosféra môže fungovať ako celok. Živé bytosť teda budujú *svoj* model sveta (1) na základe zdeleného genetického zápisu; (2) na základe historického úzu platného v danej líni, ako sa má tento zápis interpretovať; a (3) na základe interpretácie vlastností tej komunity, do ktorej sa zrodil. Slovami Z. Neubauera: „Znak, chování nevzniká z nutnosti: a je-li zde, nastáva hra, co všechno se s ním dá udělat – až do absurdit a monstruosit, které se konečně stávají někdy fatální i pro přežití. Vidíme všude hru a harmonii, fantasii a

² Z. Neubauer: „Nesluší se např. biologovi ptáť se, co je to život: taková otázka je považována za nevědeckou nikoliv

proto, že věda na ni nemůže odpovědět, ale proto, že se implicite předpokládá, že na ni věda samozřejmě odpovědědávno má!“ (Kováč & Neubauer 2019, 55)

velkolepost projektů, z nichž mnohé ztroskotávají, ještě než došlo k jejich realisaci. Evoluce – toť dějiny velkých „neúspěchů“, omylů, doknoujotství i velkých koncepcí, které stvořily epochu.“ (Kováč & Neubauer 2019, 85).

5 Záver

Čo väčšina autorov prisudzuje iba človeku, skúsme „povoliť“ každej forme života. Ešte raz Neubauer: „Zkrátka: je třeba nemilosrdně odstranit narcisistický tabuismus tzv. „anthropomorfismus“. Pokrytectví zákazu anthropomorfního uvažování a anthropomorfních představ ve vědě spočívá v tom, že předstírá, že nesmíme vnucovat své lidské vlastnosti mimolidským jsoucňum. Ve skutečnosti však tato dojemná ohleduplnost přikazuje *upírat* přírodě vše a ponechat jí pouze pasivní použitelnosť.“ (Kováč & Neubauer 2019, 66).

Poděkovanie

Podporené programom Univerzitní výzkumná centra UK č. 204056.

Literatúra

- Campbell, M. (2018) Mastering board games. *Science* 362, 1118; DOI: 10.1126/science.aav1175.
- Čepel, J., et al. (2016) Variations and heredity in bacterial colonies. *Communicative & integrative biol.* 9, e1261228; DOI: 10.1080/19420889.2016.1261228
- Dawkins, R. (1998 [1976]) *Sobecký gen*. Praha, Mladá fronta.
- Kasparov, G. (2018) Chess, a *Drosophila* of reasoning. *Science* 362, 1087; DOI: 10.1126/science.aaw2221
- Kauffman, S. (2003) *Čtvrtý zákon. Cesty k obecné biologii*. Praha, Paseka.
- Kováč, L. (2017) *Konec lidské evoluce*. Červený Kostelec, Pavel Mervart.
- Kováč, L. & Neubauer, Z. (2019) *Listy o biologii. Korespondence 1975-1990 a další texty*. L. Nováková & A. Markoš eds. Červený Kostelec, Pavel Mervart.
- Markoš, A. (2015) *Znaky a významy v evoluci*. Praha, Nová beseda.
- Markoš, A. (2016) *Evoluční tápání*. Červený Kostelec, Pavel Mervart.
- Markoš, A. & Švorcová, J. (2019) *Epigenetic processes and the evolution of life*. CRC Press.
- Pátková, I., et al. (2012) Developmental plasticity of bacterial colonies and consortia in germ-free and gnotobiotic settings. *BMC Microbiol* 12: 178; DOI: 10.1186/1471-2180-12-178.
- Sacks, O. (1993) *Muž, který si pletl manželku s kloboukem*. Praha, Mladá fronta.
- Sacks, O. (1995) *Antropoložka na Marsu*. Praha, Mladá fronta.
- Silver, D., et al. (2018) A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play. *Science* 362, 1140-1144; DOI: 10.1126/science.aar6404
- Zweig, S. (2013 [1942]) *Šachová novela*. Slovart, Bratislava.

Umelá inteligencia pomáha deťom s osvojovaním čítania

Marek Nagy

Univerzita Komenského v Bratislave
Mlynská dolina, Bratislava, Slovensko
mnagy@ii.fmph.uniba.sk

Abstrakt

V príspevku je prezentovaný experiment, kde sa pomocou rozpoznávania a spracovania reči pomáha deťom primárneho vzdelávania pri osvojovaní čítania. Riešený je formou vytvorenia vyučovacej hodiny v školskom vzdelávacom programe. Experiment prebiehal 6 rokov a potvrdil prínos niekoľkých zaujímavých prvkov. Jedným je nastavenie správnej motivácie detí pri napredovaní vo svojom výkone čítania. Ďalším úspešným prvkom je grafická simulácia predošlého výkonu, ktorá systematicky ľahá deti k lepším výkonom.

1 Úvod

Bezpochyby najdôležitejším cieľom primárneho vzdelávania je naučiť deti čítať. Bez zvládnutia tejto kompetencie majú deti problém v ďalšom vzdelávaní (Jošt, 2011). O čítaní nemožno hovoriť len ako o technike dekódovania slov, ale aj o porozumení ich významu (Máčajová, Gročíková a Zajacová, 2017). V minulosti sa pracovalo s tzv. modelom priameho prístupu k lexikónu (významu slova). Čo sa premietlo do globálnej metódy výučby čítania. V súčasnosti sa potvrzuje opodstatnenie modifikovaného modelu čítania, kde cesta k lexikónu je aj nepriama – fonologická (Máčajová a kol., 2017). Predpokladá sa, že grafický zápis slova sa transformuje (v mozgu) najprv do zvukovej podoby a na základe fonologických skúseností sa dospeje k významu slova. V tomto napomáha znalosť jazyka v jeho hovorenej podobe. Deti sa vedia prirodzene pohybovať v hraniciach svojho materinského (prvého) jazyka, čo však nemožno hovoriť pri osvojovaní si cudzieho (druhého) jazyka, kde znalosť významu sa nadobúda v súbehu so znalosťou čítania.

Úvodnou fázou výučby čítania je tzv. slabikárové (nácvičné) obdobie. Deti musia preniknúť do sveta grafického kódu a rozvíjať fonologické schopnosti. Neskôr nastáva zdokonaľovanie – čítankové obdobie. Podľa neuropsychologického modelu čítania (Bakker, 1990), o ktorý sa opiera slabikár Štefekovej a Culkovej (2007), sa hovorí o zapojení pravej hemisféry, ktorá koordinuje hlavne percepčné podnete v 1. až 2. ročníku. Neskôr preberá aktivitu ľavá hemisféra

koordinujúca lingvistické podnete od polovice 2. ročníka. Autorky vo svojej metodike prirovnávajú tento proces k jazde na pomalom a neskôr na rýchлом koníkovi (Štefeková a Culková, 2003). V súčasnosti sa na Slovensku v prevažnej miere uplatňuje tzv. hlásková analyticko-syntetická metóda výučby čítania (Štefeková a Culková, 2003), ktorá sa opiera o model sprostredkovaného prístupu k lexikónu (Máčajová a kol., 2017). Zjednodušene možno hovoriť o postupe od čítania písmen a slabík k čítaniu slov a viet. V procese je dôležitý nácvik zrakovej a sluchovej percepcie, ktorej problémy môžu vyučiť do dyslexie (Jošt, 2011). Celkovo sa však v rôznej miere na čítanie podielajú všetky zmyslové orgány. Preto nie je možné oddeliť od čítania aj výučbu písania. Grafomotorický vnem má dôležitú úlohu pri nácviku čítania napríklad pri zhoršenej vizuálno-priestorovej orientácii (Jošt, 2011).

2 Priebeh experimentálneho vyučovania

Nácvik čítania sa v počiatocnom období realizuje ako hlasné čítanie. Deti čítajú nahlas, aby mal učiteľ spoľahlivú spätnú väzbu o dosiahnutej úrovni. Zároveň deti trénujú fonematické uvedomovanie vonkajšou cestou (sluchová percepcia). Predpokladá sa to, že dieťa počuje ako číta. Toto je dosť skresľujúci predpoklad, ktorý možno vyvrátiť jednoduchým nahrátim čitaného textu a následným vypočutím. Z pozorovaní vyplynulo, že deti reagovali na svoj nahráty hlas nedôverčivo až odmietať. Je to podobné ako, keď si niekto myslí, že vie spievať. Každý si svoj hlas počuje zidealizované. Zavedenie objektívnej spätnej väzby aj pre samotného čitateľa sa snaží riešiť využitie počítača. Priekopníkom v tejto oblasti je projekt LISTEN (Mostow a Roth, 1995).

V našich prvotných experimentoch pracovali deti doma. Nahrávali svoje čítanie, ktoré si vypočuli a odovzdali do, na toto prispôsobeného, webového prostredia Multimediálnej čítanky (MMC) (Nagy, 2005). Následne počúval učiteľ a zhodnotil úroveň. Tento prístup deti zaujal, bol však pre učiteľa časovo náročný. Na pomoc prišiel počítačový rozpoznávač reči, ktorý učiteľovi pomohol s kontrolou. Takto sa proces čítania mohol presunúť priamo na vyučovanie a zefektívniť ho. Deťom sa predložil text, ktorý prečíitali do aplikácie. Okrem toho, že si nahrávku vypočuli, tá

sa spracovala a skontrolovala. Učiteľ mal v reálnom čase výsledky o tom ako deti čitali. Na kontrolu bol využitý vlastný vyvinutý slovenský rozpoznávač založený na skrytých markovových modeloch integrovaný do MMČ. Jeho úspešnosť sa pohybuje v okoli 95% pre stredne veľký slovník, čo sa ukázalo ako dostačujúce. Popri kontrole bolo možné automaticky vypočítať aj parametre čítania. Na začiatku tempo a neskôr zavedenú plynulosť (Nagy, 2017).



Obr. 1 : Ukážka prostredia, v ktorom deti pracujú. Po prečítaní príbehu sledujú individuálne grafy a učiteľ prideľuje body. (Deti sú zo 4. generácie v tretom ročníku.)

Aby sa predišlo iba mechanickému čítaniu detí, na vyučovaní nasledovala aj fáza práce s textom. Deťom boli zadávané otázky, na ktoré pomocou hlasovacieho mechanizmu odpovedali. Demotivačné rozdiely v rýchlosťi písania na klávesnici boli riešené tak, že otázky boli konštruované na jedno-dvojslovné odpovede. Na počiatku boli typu áno-nie (reprezentované pre prvákov znakmi 1-0), neskôr slová z textu a nakoniec otvorené jednoslovné odpovede. V tretej triede sa pristúpilo k individuálnemu vypĺňaniu otázok. Otázky boli zadané v sade cca po 10 a boli typu: výber, dopisovanie, vyznačovanie a zoradzovanie. V poslednej časti hodiny sa realizovali edukačné hry z repertoáru MMČ. V prvom ročníku zamerané na nácvik priestorovej orientácie, tvarov písmen a rozkladu slov na slabiky. V druhom ročníku na zapamätanie a rozširovanie slovnej zásoby z prečítaného príbehu. V tretom ročníku sa zapojili deti aj do vytvárania nových príbehov, ktoré bolo rozložené na viac hodín a predmetov. Z klasickej slovenčiny priniesli vymyslený a skontrolovaný príbeh v zošite. Z výtvarnej výchovy ilustrácie, ktoré oskenovali. A následne sa naučili príbeh vložiť do MMČ. Ostávalo už len nahrať „vzorové“ čítanie autora.

Vyučovanie podľa prezentovaného scenáru bolo od základov budované a testované od školského roka 2005/06 na bežnej štátnej nevýberovej škole. Regulárne sa zaradilo do školského vzdelávacieho programu v školskom roku 2012/13. V tom roku sa začalo s prváckymi triedami. Experimentálne vyučovanie sa

realizovalo raz do týždňa v každej školskej triede. Táto skupina „rovesníkov“ bola vyučovaná a sledovaná nasledujúce tri roky. Podobne boli zaradené ďalšie prvácke triedy. V príspevku sa budú označovať ako generácie. Celkovo sa realizovali 4 kompletne generácie. Deti boli veku 6-10 rokov s materinským (prvým) jazykom slovenčinou. Ojedinele sa vyskytli žiaci, ktorí mali rodičov hovoriacich iným ako slovenským jazykom.

Pred samotným experimentom, vo fáze prípravy, sa podarilo uchovať spontánne merania generácie označenej ako 0. generácia, ktorá tesne predchádzala samotný experiment. Na tejto generácii sa testovala aplikácia. Prevažne na hodinách informatiky. Iba v tretom ročníku sa im pridala tiež samostatná hodina čítania. Keďže vplyv samotného experimentu bol redukovaný, možno 0. generáciu považovať za istý prieskum východiskového stavu čitateľských zručností na danej škole.

3 Navrhnuté metódy na zlepšenie výučby

V priebehu experimentu boli výsledky detí sledované. A na základe nich sa pristupovalo k viacerým zmenám. Niektoré zaznamenali úspech a deťom s osvojovaním čítania pomohli.

3.1 Výber skladby a dĺžky čítaných textov

Texty na čítanie boli vyberané z repertoáru MMČ. Tieto príbehy tvorili iné deti zo Slovenska a tak ich skladba bola pre deti priateľnejšia a bližšia. Učiteľkám sa však zdali príliš jednoduché a tak experimentálne počas 3 mesiacov boli deťom predkladané na čítanie texty, ktoré tvorili dospelí a upravovala učiteľka. Taktiež ich aj predčítala a boli zahustené aj o fakty. Aj rozsah textov bolo potrebné prispôsobiť tempu detí v ročníku. Aby nevznikali veľké časové odstupy medzi slabšími a lepšími čitateľmi na vyučovaní, kritériom sa stal rozdiel v tempe čítania slabších a lepších detí oproti klasickému výberu na základe jednotnej požadovanej úrovne čitateľských zručností žiakov.

3.2 Sledovanie individuálneho výkonu

Po prečítaní príbehu deti dostávali aj individuálnu spätnú väzbu v podobe grafu tempa (vid' Obr. 1). Vedeli, či sa zlepšujú alebo stagnujú. V prvej generácii detí sa týmto prístupom deti snažili čítať čo najrýchlejšie. Nerobili žiadne prestávky, slabo artikulovali a rozpoznávač reči im „nerozumel“. Učiteľom a rodičom to nevyhovovalo. Na riešenie problému bol zavedený nový parameter čítania – plynulosť, ktorý sa tiež prezentoval deťom ako graf. Vyjadruje mieru prestávok medzi slovami a vetami – pomer medzi čítanou a nečítanou časťou celkového času. Týmto kritériom deti nacvičovali správne

nádychy a snažili sa o plynulé čítanie slov bez slabikovania.

3.3 Spôsob hodnotenia výkonov

Nakoľko experimentálny predmet bol zaradený do klasického vyučovania v rámci slovenského jazyka, bolo nutné generovať aj klasifikáciu podľa štandardov danej školy t.j. hodnotiť známku 1 – 5. V 1. a 2. generácii známka priamočiaro korešpondovala stavu napredovania v grafe. Od 3. generácie v druhom ročníku boli v individuálnych grafoch zavedené hranice, ktoré po prekročení stačilo udržať. Pre tempo 260 slabík za minútu a pre plynulosť úroveň 3 (Nagy, 2018). Lepší čitatelia po prekročení a udržovaní hranice boli nasmerovaní pracovať viac s artikuláciou a kvalitou umeleckej zložky výkonu.

V ďalšom kroku bolo známkovanie nahradené bodovaním 0-4 bodov za čitateľský výkon, ku ktorým pribudli body aj za prácu s textom a ostatnými aktivitami. Body sa prepočítali na percentuálny výkon. T.j. kol'ko bodov deti dosiahli z celkového počtu, ktorý mohli dosiahnuť. Niekoľko sa celkový počet pre jednotlivé deti líšil. Napríklad zlyhanie techniky nedovoloило v individuálnych prípadoch realizovať niektorú aktivitu... V poslednom roku (4. generácia) sa percentuálny výkon začal počítať až na konci každého mesiaca, čím sa umožnilo preklenúť občasný „zlý deň“ v živote detí.

3.4 Čítanie slabších čitateľov simuláciou

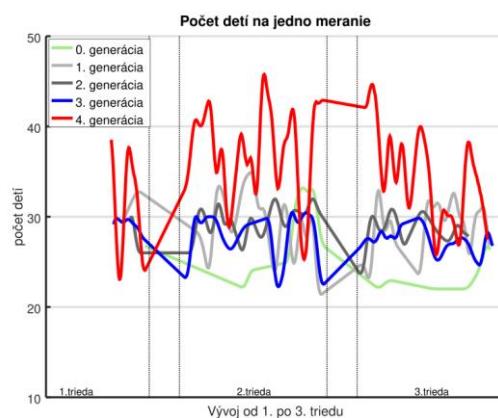
Pri sledovaní individuálnych výkonov (viď. odsek 3.2) sa deti snažili predčiť predchádzajúce výkony. Problémom bolo, že výsledok sa dozvedeli až po dočítaní celého textu. Pokiaľ sa zlepšili, boli spokojné. Ak však nastal pokles, snažili sa čítať ešte raz a ešte raz... Toto nebolo dlhodobo únosné. Stávalo sa, že „odčítali“ skoro celú vyučovaciu hodinu a tak nezvýšil čas na ďalšie aktivity. Nehovoriac o tom, že sa radikálne začal prejavovať časový rozdiel medzi slabšími a lepšími čitateľmi. Slabší čitatelia cítili nespravodlivosť, že oni môžu čítať len raz a lepší aj trikrát...

Riešením sa ukázala počítačová simulácia, ktorá ukazovala priebežný stav individuálneho výkonu. Za základ bol zoobrazený individuálny stav čítania z predošlého týždňa (merania). Podľa neho sa každému čitateľovi realizovala simulácia, akoby mal čítať aktuálny text. Na simuláciu bola použitá nenápadná grafická značka vyznačujúca „ideálnu“ pozíciu v teste (Nagy. 2018). Ak deti čítali „súbežne“ so značkou, alebo ju predbehli, ukázalo sa to samozrejme vo výslednom grafe ako postup. Rozpočítanie simulácie muselo byť experimentálne doladené o prozodické prvky, aby sa deťom dobre čítaло „súbežne“ so značkou. V opačnom prípade to pôsobilo príliš rušivo a zhoršovalo výkony.

Simulácia bola zavedená iba v 3. ročníku, nakoľko v 2. ročníku sa deti zlepšujú ešte spontánne. Začalo sa s ňou ku koncu 3. generácie a 4. generácia využívala simuláciu už počas celého roka.

4 Výsledky

Počas trvania experimentálnej výučby boli zbierané informácie o napredovaní jednotlivých detí. Sumárne grafy ako podklady ku diskusii sú prezentované v nasledujúcim odseku. Počty žiakov v jednotlivých generáciách možno vidieť na Obr. 2.

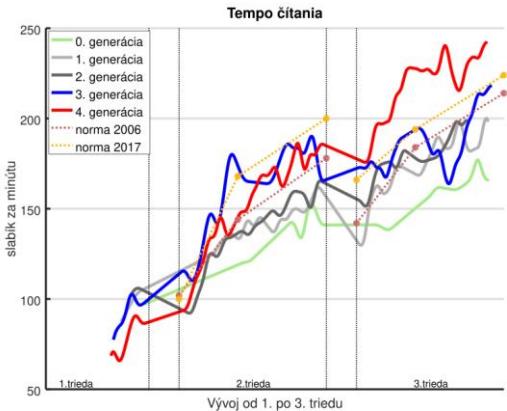


Obr. 2 : Počty detí, ktoré sa v danom týždni zúčastnili experimentálnej hodiny t.j. merania.

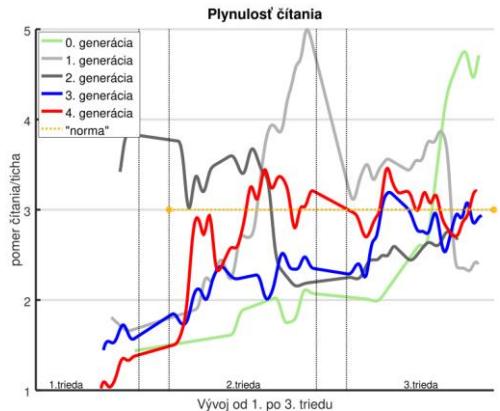
Z grafu je zrejmé, že sa poväčšine nepodarilo docieliť maximálnu účasť, kde počet zapísaných detí bol cca 50 v každej generácii. Z objektívnych dôvodov deti chýbali. Priemerne to bolo cca 26 detí na meranie okrem 4. generácie, kde priemer dosiahol 32. Štandardná odchýlka sa pohybovala na úrovni cca 10 detí.

Z každej hodiny sa zozbierali priemerné údaje o tempe a plynulosť čítania. Výsledné vyhľadené grafy možno vidieť na Obr. 3 a Obr. 4. V grafe tempa na Obr. 3 boli orientačne vyznačené aj štatistiky-normy pochádzajúce z prác Hasbroucka a Tindala (2006, 2017), ktoré boli počítané z údajov o amerických deťoch (výučba angličtiny) v troch obdobiah školského roka. Keďže, v záujme presnosti, je v MMČ tempo počítané na úrovni slabík a v iných normách je tempo vyjadrené v slovách za minútu, bolo potrebné stanoviť prevod. Po prepočete textov z MMČ vyšiel približný orientačný prevod na úrovni dvojnásobku. Podobne v grafe plynulosť (Obr. 4) je vyznačená experimentálna „norma“.

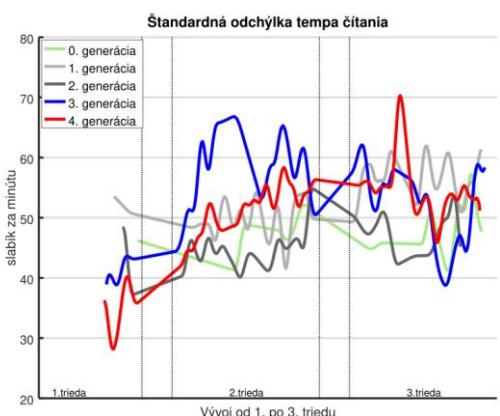
Podľa predloženého grafu (Obr. 3) možno vizuálne konštatovať, že posledná 4. generácia jednoznačne predčila ostatné generácie. Zo štatistického hľadiska však toto nemožno priamo tvrdiť. Záleží aj na hodnote smerodajných odchýlok (viď Obr. 5).



Obr. 3 : Priemerné tempo čítania v slabikách za minútu počítané každý týždeň. Vyznačené aj normy podľa údajov o amerických deťoch.



Obr. 4 : Priemerná plynulosť v jednotlivých týždňoch merania. Vyznačená je aj experimentálne optimálna norma.



Obr. 5 : Smerodajné odchýlky ku priemerom, ktoré sú vyčíslované na týždennej báze.

Aby sa nemuselo riešiť porovnanie v rámci každého týždňa zvlášť, realizuje sa spoločný odhad. V podstate

sa testuje dvojvýberová hypotéza o rovnosti stredných hodnôt ku jednostrannej alternatíve nerovnosti:

$$U = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

$$\bar{X}_2 = 0.05$$

\bar{X}_1 o hladina významnosti sa zoberie. Predpokladajme podľa grafu vývoja smerodajných odchýlok (Obr. 5), že nie je väčšia ako 60 pre všetky prípady. Počet detí ohraňme hodnotou 25. Následne možno vyjadriť, aký má byť rozdiel medzi μ_1 a μ_2 , aby sa hypotéza o rovnosti stredných hodnôt zamietla a prijala sa jednostranná nerovnosť:

$$|U| = \frac{|\Delta|}{\sqrt{\frac{2 \cdot 60^2}{25}}} > u(\alpha)$$

Z toho je možné vypočítať nasledovné:

$$|\Delta| > u(0,05)\sqrt{288} \quad (= 27,914)$$

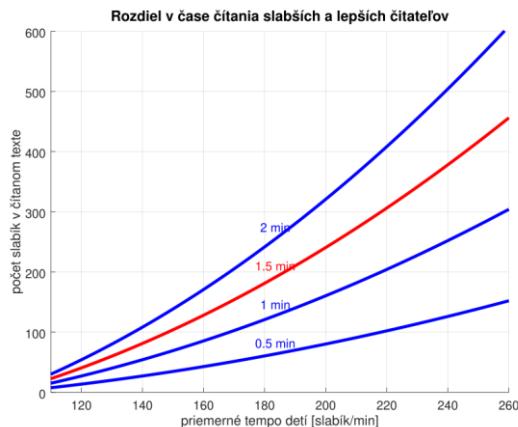
Následne, pri čítaní grafu o priemeroch, možno na hladine významnosti 0,05 hovoriť o rovnakých priemeroch, ak je ich vzdialenosť menšia ako cca 28 slabík za minútu. V opačnom prípade sa hypotéza zamietá a platí nerovnosť priemerov. Pre 4. generáciu je jednoznačné prevýšenie priemerov oproti všetkým generáciám. A naopak 0. generácia zaostáva za všetkými ostatnými generáciami.

V nasledujúcej časti sú zhrnuté výsledky vzhľadom na jednotlivé kroky podniknuté na zlepšenie výučby.

4.1 Výber skladby a dĺžky čítaných textov

Na grafe na Obr. 2 možno vidieť v 3. generácii v 3. ročníku výsledok zmeny charakteru text-u. Náučné texty spôsobili radikálny prepad tempa a deti začali byť domotivované. Bolo nutné sa navrátiť ku klasickým „umeleckým“ textom (z MMČ) a deti „pripraviť“ na náučné texty, čo bolo odskúšané vo 4. generácii. Niekoľko „ťažších“ textov sa sice tiež prejavilo zakolísaním, ale výkon sa i napriek tomu udržal. Ďalším dôležitým faktom je aj to, že príbehy z MMČ sú predčítané deťmi z iných regiónov a tak sa mohli lepšie zdokonaľovať vo fonetickom rozlišovaní. Prijateľný maximálny časový rozostup medzi slabšími a lepšími čitateľmi sa ukázal cca 1,5 minúty. Má to vplyv aj na celkovú motiváciu, kedy slabší čitateľ nie je neustále konfrontovaný s tým, že zaostáva. Na Obr. 6 je vygenerovaný graf, podľa ktorého sa ustálil výber textov vzhľadom na počet slabík. Časový rozdiel je počítaný medzi dvoma krajnými hodnotami v dvojnásobnej vzdialosti priemernej štandardnej

odchýlky tempa. Experimentálne bola stanovená z dát na hodnotu 48 (Nagy, 2017).



Obr. 6 :Graf závislosti dĺžky textu, priemerného tempa detí a časového rozdielu medzi teoreticky štatisticky najslabším a najlepším čitateľom.

4.2 Sledovanie individuálneho výkonu

Sledovanie individuálnych výkonov prinieslo zlepšenie (Obr. 3 a Obr. 4). Na začiatku možno vidieť v 1.generácii v druhom ročníku neželaný prudký nárast plynulosťi, ale žiadny vplyv na nárast tempa. To je fenomén snahy o rýchle čítanie. Deti sa snažia, ale o to viac robia chýb. Podobne to možno vidieť aj v 0. generácii v treťom ročníku. Neskôr sa vďaka spätej väzbe – grafu plynulosťi, tento problém vyriešil. Deti zistili, že správnym „dýchaním“ dosiahnu lepšie tempo skôr ako sileným „habkaním“. Celkovo sa plynulosť znížila a ustálila na hodnote 3.

Ďalším pozorovaním je zistenie, že hoc deti čítali v tomto experimente nahlas len cca 5 minút do týždňa, ovplyvnilo to ich výkony aj na klasickom vyučovaní. Hlavne to vidieť na probléme so spomínanou plynulosťou. Učiteľky začali „hromadne“ intervenovať, aby sa tento nežiaduci prístup k čítaniu riešil. Ked' sa vyriešil, problém s tempom, z výsledkami detí boli učiteľky spokojné.

4.3 Spôsob hodnotenia výkonov

Kým v 1. a 2. ročníku deti napredovali spontánne, neskôr už lepší čitatelia nemali kam stúpať, stratili motiváciu a robilo to problémy v známkovaní. Kazila sa tak celková atmosféra v triede a nenapredovali ani slabší čitatelia. Zavedenie hraníc pomohlo. Lepší čitatelia sa sústredili na udržiavanie priateľného tempa a pracovali s prozodickými prvkami (vid'. Obr. 3). Od 3. a 4. generácie v 2.ročníku vidieť zlepšenie vďaka bodovaniu a upusteniu od „štandardného“ známkovania (1-5). Percentuálne hodnotenie bolo prijaté pozitívne. V poslednom roku (4. generácia) sa percentuálny výkon začal počítať až na konci mesiaca, čím sa

umožnilo preklenúť občasný „zlý deň“ v živote detí. A keď bolo prerátané na klasickú známku, bol to rozumný kompromis. Učiteľky nemali pocit, že bolo deťom neopodstatnené prilepšenie.

4.4 Čítanie slabších čitateľov simuláciou

Z Obr. 3 je možné sledovať vďaka simulácií napredovanie. Za týmto treba vidieť hlavné pokrok slabších čitateľov. Dobré čitatelia v 3. ročníku viacmenej vo svojich výkonoch stagnujú. Simulácia im však tiež pomáhala. Ich motiváciou bolo udržať sa za hranicou, kde sa aj udržali. Aby sa však „netlačili“ do prehnaných výkonov, v ich prípade sa za základ simulácie zvolila požadovaná „optimálna“ hranica výkonu 260 slabík/min a nie vyššia.

5 Záver

V predloženom príspevku bol prezentovaný experimentálny prístup k výučbe čítania detí. Podporený bol využitím počítača a prvkov umejel inteligencie. Celkovo možno hodnotiť, že priniesol zaujímavé výsledky, ktoré predčeli očakávania. Už len samotné realizovanie experimentu bolo pre deti prínosom. To, že pracovali so zvukom (nahrávali, počúvali), podporovalo zdokonaľovanie fonematického uvedomovania. Mohli počuť samých seba a tak korigovať predstavu o svojom zidealizovanom čítaní. Postupovali individuálne a tak sa vyhli nezmyselnému porovnávaniu výkonov detí. Deti z poslednej 4. generácie nielenže zlepšovali svoje výkony v oblasti hlasného čítania, ale sa udržali aj na priateľnej úrovni v porozumení textu. O tom svedčia výsledky v „kontrolných“ otázkach, ktoré sa realizovali k textu.

Poděkování

Chcel by som poděkovat všetkým deťom a učiteľom, ktorí trpezivo pristupovali k experimentu.

Literatúra

- Jošt, J. (2011). Čtení a dyslexie. Grada Publishing
- Bakker D. (1990). Neuropsychological Treatment of Dyslexia. New York: Oxford University Press
- Štefeková K., Culková R. (2007). Šlabikár pre prvý ročník základných škôl. Orbis Pictus Istropolitana
- Štefeková K., Culková R. (2003). Učíme sa čítať. Metodické poznámky k elementárному čítaniu. Orbis Pictus Istropolitana

Máčajová M., Grofčíková S., Zajacová Z. (2017). *Fonologické uvedomovanie ako prekúzor vývinu gramotnosti*. UKF v Nitre.

Mostow, J., Roth, S. F. (1995). Demonstration of a reading coach that listens. In Hauptmann, A.G., ed.: Proceedings of the 8th Annual ACM Symposium on *User Interface and Software Technology*. UIST '95, New York, NY, USA, ACM (1995) 77–78

Hasbrouck, J., Tindal, G. A. (2006). Oral Reading Fluency Norms: A Valuable Assessment Tool for Reading Teachers. *Journal of The Reading Teacher*, 59(7), 636–644.

Hasbrouck, J., Tindal, G. (2017). An update to compiled ORF norms (*Technical Report* No. 1702). Eugene, OR, Behavioral Research and Teaching, University of Oregon.

Nagy, M. (2005). Multimediálna čítanka (Multimedia Reader). <https://www.mmcitanka.sk>

Nagy, M. (2017). Measuring and Improving Children's Reading Aloud Attributes by Computers. *Journal of Linguistics*, 68(2), 278-286.

Nagy, M. (2018). Zvyšovanie tempa hlasného čítania pomocou počítačovej simulácie. *Journal of Technology and Information Education*, 10(2), 24-30.

Učenie posilňovaním a interná motivácia

Matej Pecháč

Centrum pre kognitívnu vedu: KAI FMFI, Univerzita Komenského v Bratislave
Mlynská dolina, 84248 Bratislava
Email: matej.pechac@gmail.com

Abstrakt

Učenie posilňovaním s využitím hlbokých neurónových sietí ukázalo, že poskytuje užitočný nástroj pre učenie agentov v spojitom aj diskrétnom prostredí. Avšak agenty sú stále limitované v učení sa úloh, ktoré im musí zadať dizajnér daného experimentu. Nedispónujú mechanizmami na generovanie vlastných cieľov a úloh, ktorími by mohli zväčšovať svoj repertoár znalostí o prostredí. Je možné sa inšpirovať psychologickými štúdiemi o ľudskom vývine, obzvlášť o aktívnom učení motivovanom zvedavosťou, ktoré prekonáva typické prístupy, kde cieľom je zvládnuť iba jednu úlohu. Učenie založené na internej motivácii môže rozšíriť učenie posilňovaním zaujímavým spôsobom, ktorý umožní agentom napodobňovať inteligentné chovanie s neustálym rozvojom. V článku uvedieme niekoľko spôsobov ako pristupovať k internej motivácii v tomto kontexte.

1 Úvod

Jedným z hlavných problémov pri učení posilňovaním je efektívne preskúmanie prostredia a nájdienie takých stavov alebo udalostí, ktoré agentovi poskytnú najvyššiu odmenu. Skúmanie prostredia zabezpečujú rôzne techniky (ϵ -greedy, Boltzmannova metóda, "stíhacia" metóda), ktoré však viac, či menej náhodne vyberajú akcie, ktorými sa dostáva agent do nových stavov. Pre komplexné prostredie s veľkým počtom stavov sú však časovo aj výpočtovo náročné a v praxi neefektívne. Prístupy internej motivácie ponúkajú sadu metód, ktoré dokážu zefektívniť skúmanie prostredia a nasmerovať agenta do málo navštívených či neznámych častí stavového priestoru.

2 Učenie posilňovaním

Učenie posilňovaním (Sutton a Barto, 1998) je oblasť strojového učenia zameraná na učenie agenta pomocou interakcie s prostredím, v ktorom sa nachádza. Agent vyberá akcie zo svojho repertoára, vykonáva ich a následne pozoruje nový stav. Prostredie, v ktorom agent pôsobí, je často formalizované ako Markovov rozhodovací proces. Ten definuje množinu stavového priestoru S , priestoru akcií A , prechodovú funkciu medzi

stavmi T a funkciu odmeny R a faktor zľavy γ . Zároveň s novým stavom dostáva agent z prostredia aj odmenu r . Hlavným cieľom agenta je nájsť také pravidlá π , ktoré maximalizujú očakávanú odmenu $R_t = \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r_{t+k}$. Na riešenie tohto problému bolo skonštruovaných niekoľko algoritmov, kde medzi najznámejšie určite patrí Temporal difference (TD) algoritmus (Sutton a Barto, 1998), SARSA (Rummery a Niranjan, 1994), či Q-learning (Watkins a Dayan, 1992). V súčasnej dobe sa často používajú Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG), Asynchronous Advantage Actor-Critic algoritmus (A3C), Trust Region Policy Optimization (TRPO), Proximal Policy Optimization (PPO), Continuous Actor-Critic Learning Automaton (CACLA) a iné v závislosti od skúmanej domény. Referencie kvôli rozsahu neuvádzame.

3 Interná motivácia

Motivácia predstavuje komplexný psychologický fenomén, do ktorého spadá prekvapenie, zaznamenanie niečoho nového, nesúlad či výzva. Preto ju popisuje veľké množstvo teórií, z ktorých niektoré spomenieme. Teória potrieb je založená na tvrdení, že ľudia hľadajú možnosti ako zabezpečiť svoje potreby, skúmať svoje prostredie a hľadajú spôsoby kontrolovať ho. Teória kognitívnej disonancie vysvetľuje motiváciu ako redukciu rozdielu medzi nadobudnutou skúsenosťou a očakávaným výsledkom, ktorý je výstupom našich vnútorných kognitívnych štruktúr. Teória "flow" prispisuje najväčšiu motiváciu riešeniu problémov, ktoré majú optimálnou obtiažnosť vzhl'adom na schopnosti človeka. Referencie kvôli rozsahu opäť neuvádzame. Poznatkami týchto teórii sa je možné inšpirovať a využiť ich pri zavedení motivácie u umelých agentov. Pri formalizácii motivácie je možné ju rozdeliť na externú r^{extr} a internú r^{intr} . Externá motivácia má zdroj mimo agenta, čiže odmena prichádza z prostredia a je vždy viazaná na špecifický cieľ v danom prostredí. Interná motivácia je generovaná priamo v štruktúrach agenta na základe nejakej udalosti napr. pozorovaného stavu. Signál z modulu, ktorý modeluje internú motiváciu, sa pridáva k odmene z vonkajšieho prostredia a je modifikovaný parametrom β . Odmena r_t , ktorú agent dostane po vykonaní akcie v čase t môže mať potom tvar

$r_t = (1 - \beta)r_t^{\text{extr}} + \beta r_t^{\text{intr}}$. Na základe skoršej práce Oudeyer a Kaplan (2009) sa dajú prístupy k internej motivácii rozdeliť do troch kategórií: *znalostné prístupy*, *kompetenčné prístupy* a *morfologické prístupy*. Každý z nich stručne charakterizujeme v nasledujúcich podkapitolách.

3.1 Znalostné prístupy

Tieto metódy sa zameriavajú na rozširovanie agentovej znalosti o prostredí a odmeňujú také stavy, ktoré agent nepredpovedal svojimi vnútornými štruktúrami modelujúcimi dynamiku prostredia. To vedie agenta k skúmaniu prostredia a tvorbe jeho čo najpresnejšieho modelu. Metóda založená na *neistote* generuje väčšiu motiváciu pre stav s_t s nízkou pravdepodobnosťou pozorovania $p(s_t)$ a môžeme ju definovať ako $r_t^{\text{intr}} = C \cdot (1 - p(s_t))$, kde C je kalibračná konštantă. Ďalšia metóda je založená na *informačnom zisku* a odmeňuje pokles neistoty vyjadrenej entropiou toho istého stavu v dvoch časových okamihoch $r_t^{\text{intr}} = C \cdot (H(s_t, t-1) - H(s_t, t))$. Metóda založená na odmene *podobnosti* naopak motivuje agenta k návšteve stavov s vysokou pravdepodobnosťou pozorovania $r_t^{\text{intr}} = C \cdot p(s_t)$. Úspešne použité boli metódy motivácie podľa počtu návštěv stavu s použitím tzv. "pseudo počtu" (Ostrovski a spol., 2017), ktoré je možné aplikovať na spojité či komplexné prostredia a predikčné metódy (napr. Pathak a spol. (2017)), ktoré definujú motiváciu ako rozdiel medzi predpoved'ou vnútorného modelu a pozorovaním $r_t^{\text{intr}} = C \cdot \|\hat{s}_{t+1} - s_{t+1}\|_2^2$.

3.2 Kompetenčné prístupy

Tieto prístupy používajú mieru kompetencie agenta dosiahnuť cieľ, ktorý si sám vygeneruje a vedú agenta k osvojeniu sady zručností. Mieru kompetencie možno formálne definovať ako $l_a(g_k, t_g) = \|\tilde{g}_k(t_g) - g_k(t_g)\|$ kde $g_k(t_g)$ je dosiahnutý a $\tilde{g}_k(t_g)$ vygenerovaný cieľ v epoce t_g . Na základe tejto možnosti motiváciu založiť na *maximalizácii nekompetencie*, potom je agent motivovaný k učeniu úloh, ktoré mu idú najhoršie. Formálne ju možno zapísat' ako $r_t^{\text{intr}} = C \cdot l_a(g_k, t_g)$. Pri *maximalizácii postupu v kompetencii* vychádza motivácia zo zmeny miery kompetencie agenta za časové obdobie θ : $r_t^{\text{intr}} = C \cdot [l_a(g_k, t_g - \theta) - l_a(g_k, t_g)]$. Podrobne empirické porovnanie rôznych metód možno nájsť v práci Santucci a spol. (2013).

3.3 Morfologické prístupy

Kategória morfologických metód je založená na vlastnostiach pozorovaného stavu prostredia. Agent v tomto prípade nemá žiadnen špeciálny modul. Cieľom takto motivovaného agenta môže byť pozorovanie stavov s určitými vlastnosťami ako je *stabilita* či *variácia*. Na základe tohto možno motivovať agenta k vykonávaniu

takových akcií, ktoré vedú k malým zmenám v pozorovaných stavoch za posledných T krokov, či naopak, vedú k čo najväčším zmenám $r_t^{\text{intr}} = C \cdot \|s_t - \langle s \rangle_T\|$.

4 Diskusia

Ponúkli sme krátky prehľad rôznych prístupov a ich metód modelovania internej motivácie, ktoré sú vhodné pre učenie posilňovaním. Je možné nimi dosiahnuť efektívne skúmanie prostredia a osvojovanie si nových zručností, čo môže u agenta zabezpečiť neustály rozvoj a kontinuálne učenie bez potreby zásahu dizajnéra. Myslíme si, že vhodnou cestou ďalšieho rozvoja môže byť vytvorenie komplexnejších modulov, ktoré by zahŕňali niekoľko submodulov generujúcich internú motiváciu na základe rôznych metód, čím by sa správanie agenta mohlo priblížiť ku správaniu človeka, ktorý je taktiež motivovaný rôznymi podnetmi v závislosti od kontextu.

Pod'akovanie

Tento príspevok bol podporený grantovou agentúrou VEGA v rámci projektu 1/0796/18.

Literatúra

- Ostrovski, G., Bellemare, M. G., van den Oord, A. a Munos, R. (2017). Count-based exploration with neural density models. V *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning-Volume 70*, str. 2721–2730. JMLR. org.
- Oudeyer, P.-Y. a Kaplan, F. (2009). What is intrinsic motivation? a typology of computational approaches. *Frontiers in Neurorobotics*, 1:6.
- Pathak, D., Agrawal, P., Efros, A. A. a Darrell, T. (2017). Curiosity-driven exploration by self-supervised prediction. *CoRR*, abs/1705.05363.
- Rummery, G. A. a Niranjan, M. (1994). *On-line Q-learning using connectionist systems*, vol. 37. University of Cambridge, Department of Engineering Cambridge, England.
- Santucci, V. G., Baldassarre, G. a Mirolli, M. (2013). Which is the best intrinsic motivation signal for learning multiple skills? *Frontiers in Neurorobotics*, 7:22.
- Sutton, R. S. a Barto, A. G. (1998). *Introduction to Reinforcement Learning*, vol. 135. MIT press Cambridge.
- Watkins, C. J. a Dayan, P. (1992). Q-learning. *Machine Learning*, 8(3-4):279–292.

Political discourse perception predicts Roma stereotype endorsement

Xenia Daniela Poslon^{1,2}, Barbara Lášticová¹, Miroslav Popper¹, Anna Kende³

¹ Institute for Research in Social Communication, Slovak Academy of Sciences, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava

² Department of School Education, Faculty of Education, Trnava University in Trnava, Priemyselná 4, 918 43 Trnava

³ Institute of Psychology, ELTE Eötvös Loránd University, Kazinczy u. 23-27, 1075 Budapest

xenia-daniela.poslon@savba.sk; baraba.lasticova@savba.sk; miroslav.popper@savba.sk; kende.anna@ppt.elte.hu

Abstract

Current political climate in Central Europe is fostering segregation and discrimination of minority groups, which is becoming increasingly normatively appropriate in public. For this reason, it is crucial to understand the link between political rhetoric and the perception of Roma people by the majority. In this study, we aimed to assess how the perceptions of current political discourse predict the endorsement of prejudice towards the Roma. We measured the acceptance of four types of political discourse: openly hostile, promoting allyship with the Roma, paternalistic, and a form of double-talk. As expected, prejudice (blatantly negative stereotyping and belief in underserved benefits) towards the Roma was positively related to openly hostile and double-talk discourses, and negatively related to paternalistic and ally discourse. The opposite was found in the case of cultural stereotypes.

1 Introduction

Roma people remain the most segregated ethnic minority in Slovakia and are targets of widespread prejudice. Yet, we still understand little about the psychological mechanisms underlying these attitudes, since the persisting prejudice towards the Roma cannot be explained by traditional social cognitive models only. According to recent study, antigypsyism should be treated as a unique form of prejudice (Kende, Hadarics, & Lášticová, 2017), seeing that intergroup contact in this case increases rather than reduces prejudice (for intergroup contact hypothesis see Pettigrew & Tropp, 2006). Secondly, anti-Roma attitudes tend to reflect dominant societal norms. Right-wing populist parties are gaining popularity in Central Europe by fuelling tensions between social groups. The subsequent sense of threat increases all forms of intergroup hatred.

The aim of our study was to analyse how the perception of currently dominant forms of political discourse relates to prejudice towards the Roma. Building on previous research (Kende et al., 2017), three types of anti-Roma attitudes were measured: blatant negative stereotyping, undeserved benefits, and stereotypes about cultural differences. We identified that several types of

political discourse are used when referring to the Roma (see Kóczé, & Rövid, 2017), that can be solely negative, positive, or ambivalent. We were interested to see whether and how the degree of acceptance of these discourses are associated with and predict the expression of anti-Roma prejudice.

2 Methods

Our sample consisted of 213 participants ($N_{male}=131$, $N_{female}=75$, $M_{age}=27.91$). They filled out a questionnaire measuring the acceptance of four types of statements used by politicians when referring to the Roma. The first type of discourse is openly hostile: "They [politicians] make negative statements about the Roma regarding criminality and work ethics.". The second type of discourse, triggered by the threat of recent immigration crisis¹, is a sort of a double-talk – it is positively phrased, but essentially negative: "They say that dealing with the Roma is our main problem, and in order to focus on that we should not use our financial resources on immigrants.". The third common rhetoric when it comes to the Roma is benevolent, but paternalistic discourse, which emphasizes that Roma integration efforts are dependent solely on the help offered by the majority: "They suggest that we need to help the Roma in all areas of life (housing, education, employment, health and family matters), because without our help, they cannot solve their own problems.". The fourth type of discourse communicates allyship with the Roma by encouraging the majority to advocate the rights of the Roma: ("They propose that non-Roma Slovaks should join the Roma in their struggle against discrimination."). The items measuring anti-Roma attitudes were adapted from ATRS scale (Kende, et al. 2017) consisting of three dimensions: blatant stereotyping (e.g. "The growing Roma population

¹For example, when referring to the refugees, former Prime Minister R. Fico declared that „we are unable to integrate our own Roma fellow-citizens, which we have hundreds of thousands of them. How can we then integrate the people whose traditions, religion, and way of life are completely different?“ (Pravda, 29.8. 2015)

threatens the security of society.”), undeserved benefits (e.g. “Roma people in this country are given preferential treatment in certain aspects.”) and cultural difference (e.g. “Roma people have rich artistic traditions.”). All items were measured on 7-point Likert scales (completely acceptable - completely unacceptable; completely agree - completely disagree).

3 Results

Participants showed higher acceptance of openly hostile ($M=4.20$) and double-talk statements ($M=3.90$) than the paternalistic ($M=3.56$) and allyship discourse ($M=3.66$). The statistical analysis showed both blatant stereotyping and undeserved benefits correlate positively with the acceptance of open hostility discourse ($r = .43, p <.001$; $r = .42, p <.001$, respectively) and positively, but slightly less with double-talk statements ($r = .24, p <.001$; $r = .22, p = .001$, resp.). Conversely, both types of anti-Roma prejudice showed a negative relationship with the paternalistic ($r = -.47, p <.001$; $r = -.41, p <.001$, resp.) and allyship discourse ($r = -.52, p <.001$; $r = -.51, p <.001$, resp.). We found the opposite in case of cultural difference: negative correlation with the open hostility ($r = -.31, p <.001$) and double-talk ($r = -.21, p = .002$), and positive correlation with the paternalistic ($r = .27, p <.001$) and allyship discourses ($r = .43, p <.001$).

To further explore these results, we ran separate multiple regression analyses for each dimension of prejudice as dependent variables. A significant regression equation was found in case of blatant stereotyping [$F(4,208) = 34.01, p <.001, R^2 = .40$]. Openly hostile ($\beta = .22, p <.001$), paternalistic ($\beta = -.27, p <.001$) and allyship ($\beta = -.33, p <.001$) discourses were significant predictors of blatant stereotyping, but double-talk was not ($\beta = .08, p = .188$). Similarly, the undeserved benefits were predicted by openly hostile ($\beta = .24, p <.001$), paternalistic ($\beta = -.19, p = .002$) and allyship ($\beta = -.33, p <.001$), but not by double-talk discourse ($\beta = .05, p = .409$). The overall model fit was $R^2 = .36$ [$F(4,208) = 29.62, p <.000$]. In case of cultural difference, a significant regression equation was found [$F(4,208) = 15.08, p <.000, R^2 = .23$], with only allyship ($\beta = .33, p <.001$) and openly hostile discourse ($\beta = -.14, p = .049$) as significant predictors. Double-talk and paternalistic discourses were not significant ($\beta = -.09, p = .195$; $\beta = .07, p = .306$, resp.).

4 Discussion

The aim of our research was to understand the relation between four dominant types of political discourse about the Roma on the one hand and anti-Roma attitudes on the other. As expected, our results suggested opposite patterns for the openly negative and

openly positive discourses: openly hostile and allyship for social change. Participants that showed higher acceptance of openly hostile political discourse and lower acceptance of discourse promoting allyship for social change also expressed more blatant prejudice and higher belief in the Roma receiving undeserved benefits. Interestingly, there was no difference in the direction of the relationship between paternalistic and allyship discourses, which implies that participants perceived both types of discourses as pro-Roma. Openly hostile, allyship for social change and paternalistic discourses were significant predictors of blatant stereotyping and undeserved benefits. In case of the cultural difference scale, we observed an opposite direction in all analyses. This suggests that people with higher perceived cultural recognition of Roma have lower acceptance of anti-Roma discourse, both explicit and implicit. Moreover, the cultural difference was most strongly predicted by allyship for social change discourse, meaning that accepting political statements that advocate for a pro-Roma collective action is linked to recognizing the importance of Roma cultural heritage. Overall, our results indicate that the acceptance of different forms of political discourse tends to predict the endorsement of anti-Roma attitudes. Further research should explore whether this effect persists when controlled for the preference of specific political figures that use such rhetoric. These findings show that political rhetoric may play an important role in our social cognition and how we perceive minorities.

Acknowledgments

This research is a part of project “Identifying evidence-based methods to effectively combat discrimination of the Roma in the changing political climate of Europe” funded by the Justice Programme of the European Union (2014-2022) under the grant no. 808062- PolRom-REC-AG-2017/REC-RDIS-DISC-AG-2017 and was partly supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract no. APVV-14-0531.

References

- Kende, A., Hadarics, M., & Lášticová, B. (2017). Anti-Roma Attitudes as Expressions of Dominant Social Norms in Eastern Europe. *International Journal of Intercultural Relations*, 60, 17-27.
- Kóczé, A., & Rövid, M. (2017). Roma and the politics of double discourse in contemporary Europe, *Identities*, 24(6), 684-700.
- Pettigrew, T. F., & Tropp, L. R. (2006). A meta-analytic test of intergroup contact theory. *Journal of personality and social psychology*, 90(5), 751-783.

Simple Minds—Yeast as a Model Neuron

Isabella Sarto-Jackson^a, Lubomir Tomaska^b

^aKonrad Lorenz Institute for Evolution and Cognition Research,
Martinstrasse 12, 3400 Klosterneuburg, Austria
isabella.sarto-jackson@kli.ac.at

^bDepartment of Genetics, Comenius University in Bratislava, Faculty of Natural Sciences,
Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4, Slovakia
lubomir.tomaska@uniba.sk

Abstract

Recent debates in cognitive science revolve around a core concept of cognition beyond an anthropocentric perspective. Researchers have aimed at recreating evolutionarily inspired solutions equivalent to nature-based faculties in organisms. By using model organisms, scientists have begun to formulate a consensus view on what might be called basal cognition based on nervous system of simple organisms like sea slugs, flies, and flat worms. Noteworthy, Koshland (1983) pioneered this idea and traced cognition down to the ‘base’ of the phylogenetic tree by emphasizing analogies of the bacterial chemosensory system and information processing to those in neurons of complex organisms. Taking up this idea, we have argued that evolutionary ‘recent’ specializations of the nervous system have adopted cellular processes that have derived from ancient and fundamental cell survival processes (Sarto-Jackson and Tomaska, 2016). We will provide arguments for using yeast as a model system of basal cognition to elucidate neuronal functions based on similarities in basic cellular architecture and homologies of molecular components.

1 Introduction

Although most behavioral and cognitive scientists agree on a core concept of cognition that involves processes like perception, learning, memory, and action, the biological phenomenon of cognition still remains highly elusive. Underlying bona fide cognitive skills is the individual’s ability to process internal representations. Incontrovertibly, these skills are best exemplified by evolutionarily highly complex organisms, in particular humans. Following this line of thinking, refined human capabilities such as reasoning, problem-solving, and symbolic processing have become a benchmark for defining cognition. This conviction has led to a methodological and conceptual inclination to interpret cognition from an anthropocentric perspective. In this light, cognition is described as a rare commodity of extraordinary intrinsic complexity. To grapple with this

complexity, cognitive scientists in the past have tackled cognitive processes by focusing their domains of study on vertical microworlds, i.e., by decomposing their research agenda and studying small slices of human-level cognitive competence (Clark 1989). As a consequence, researchers have come up with technically sophisticated and cleverly designed solutions to evolutionarily recent, anthropocentric problems. These solutions, however, may significantly differ from natural solutions as the former usually do not take the evolutionary history of such cognitive tasks into account. Instead, their central aim is to solve the cognitive task at issue rather than recreating evolutionarily inspired solutions equivalent to nature-based faculties in organisms.

2 The concept of basal cognition

Over the last few decades, however, research approaches in cognitive science have become more encompassing. Researchers have increasingly turned their attention to horizontal microworlds that mimic the complete behavioral competence of whole creatures (Clark 1989). In this vein, cognition is understood as the evolution-derived capacity of sensory and other information-processing mechanisms an organism exhibits in order to evaluate and interact with its internal milieu and with challenges encountered in its environment. Scientists have thus begun to look beyond the anthropocentric interpretation of cognition by using model organisms such as primates and other mammals, and even invertebrates like sea slugs, flies, and flat worms. What has been almost entirely missing in this broadened dialogue, however, is an understanding of what might be called basal cognition, i.e., cognition at the ‘base’ of the phylogenetic tree. Discarded as evolutionarily outmoded ways of information processing, this ground floor of organismal complexity — as found for example in single cell organisms that lack any nervous system — has been viewed as irrelevant for understanding the phenomenon of cognition. The first scholar who challenged this belief

and offered thought-provoking arguments about the analogies of the bacterial chemosensory system and information processing in neurons of complex organisms was Koshland (1983). He emphasized that bacteria continually monitor their external and internal environments and compute functional outputs based on information provided by the sensory apparatus. Since then, more and more researchers have argued that cognition has first and foremost evolved to enable organisms to control their own behavior in order to cope with such internal (van Duijn et al. 2006) and environmental complexities (Godfrey-Smith 2002). In this sense, cognition represents an organism's existential needs for survival, growth, and reproduction. By extrapolation, it can be assumed that different taxa will have varying cognitive toolkits relative to their stage of biological organization. This line of thinking allows for a conceptual refinement of the wide array of cognitive capabilities that can be found in nature. At the basis of this assumption lies the notion of minimal cognition. This endeavor aims at articulating minimal requirements for the generation of cognitive phenomena. It thereby challenges the view of restricting the definition of cognition to solely higher-level cognitive skills in anthropocentric terms and recognizes single cells organism as sentient beings.

By studying single cell organisms, problems of human-level intelligence can be simplified without losing track of the basic biological principles of information processing including real-time responses, integration of motor and sensory functions, and mechanisms for intercellular communication. This approach provides a rational for grappling with the increasing sophistication of most complex, multi-faceted biological functions by means of comparative studies of different types of organisms. This comparative approach is based on the assumption that there exists a meaningful degree of continuity among these organisms and cognitive phenomena are subject to evolutionary tinkering. Starting with the smallest, simplest potential example of signaling processes in single cell organisms, it should be possible to derive basic principles of cognition. In more detail, elucidating crucial components of information processing can contribute to understanding homologous mechanisms of inherited cellular and organismal behavior according to their evolutionary trajectories. For example, cognition depends upon the processing of information by protein molecules operating in circuits. Neurons process information chemically, electrically and mechanically because of their capacity to exploit the adaptability of their cellular proteins, the specificity of their interactions, and their ability to construct circuits. This processing capacity is, in turn, constrained by the mathematics of information, thermodynamics, protein kinetics, cell biology and the cost of space, materials and energy. Consequently, information processing must have been shaped by physical, chemical and phylogenetic constraints thereby driving the evolution of cognition — be it in neurons or single

cell organisms. This line of thinking strongly supports the research program of cognitive biology that aims at synthesizing insights from different scientific disciplines within a single framework. According to cognitive biology, biological evolution as a whole can be understood as the evolution of cognition (Kováč 2000; 2006). Conceptually, it "adheres to a principle of minimal complexity (i.e. Delbrück's principle), which stipulates that the most effective way to study any trait of life is by studying it at the simplest level at which it occurs" (Kováč 2005, p S15).

This is in excellent agreement with Koshland's seminal paper (1983). There, Koshland convincingly argued that bacteria use cellular mechanisms to modify incoming signals in order to produce functional plasticity resulting in behavioral plasticity. Despite additional important work on cognitive processing in bacteria in the recent past (van Duijn 2006; Lyon 2015; Lyon 2017; Pinto 2016), several important challenges remain unaddressed. Some of these unaddressed challenges stem from the fact that bacterial model organisms can hardly be exploited to investigate how signaling cascades lead to structural plasticity, either by changing cell morphology per se or by generating intercellular communication networks¹. Elucidating pathways and components involved in this type of phenotypic plasticity are, however, among of the most pressing endeavors in cognitive science and neurobiology. This is due to the fact that specific neuronal functions are intrinsically intertwined with the morphological characteristics of distinctively polarized cells. Neurons harbor specialized protrusions that enable them to precisely transmit intercellular signals as well as integrate and propagate information in the form of electrical potentials. While the combined appearance of these key characteristics of morphological and functional specialization is unique to the nervous system of metazoan animals, many of these functional as well as structural features can be found in non-nervous cells including yeast.

3 Yeast as a model neuron

Taking up this idea in a recent paper, we have argued that evolutionary 'recent' specializations of the nervous system have adopted cellular processes that have derived from ancient and fundamental cell survival processes (Sarto-Jackson and Tomaska, 2016). For example, many components underlying signal propagation, cell morphology, or cell-cell communication are evolutionary conserved between yeast and higher eukaryotes. Given the fact that yeast cells are unrivalled by means of detailed scientific knowledge about their metabolism, signal

¹ With the exception of most recent studies concerning quorum sensing in bacteria.

transduction, cell division, morphogenesis, genetic and protein interaction networks, it makes them excellent model organism for issues of investigations of the cognitive realm.

Using examples of (1) polarization processes and (2) cell-cell communication, we will show similarities in responsiveness to highly selective stimuli derived from putative interaction partners. By means of these examples, we will map the general outlines of the domain of basal cognition from unicellular eukaryotes (yeast) to neuronal cells of the animal nervous systems. This will allow tracing of biological mechanisms necessary for implementing a cognitive toolkit of behavior-generating capacities. In this comparative approach, we will mainly focus on conserved mechanisms that have been exploited by evolution and can thus also be found in systems that possess much more complex biological organization.

(1) Polarization

Neurons usually develop polarity by redistributing proteins and lipids in response to either external or intrinsic cues that then lead to distinct morphological changes. The process of cellular polarization is characterized by three stages: symmetry breaking, directional sensing, and motility. Yeast cells exhibit polarization responses during budding in vegetative growth as well as during mating between haploid cells of opposing mating types or during filamentous growth upon nutrient deprivation. While the former can occur spontaneously without the necessity of an external directional cue, the latter two require cues in the environment. Neurons undergo polarization during neuronal migration and maturation, neurite outgrowth of mature neurons as well as during spine formation. These structural specifications are of paramount importance for subsequent network formation underlying signal transmission and neuronal communication, broadly conceived. Crucial for cellular asymmetries in neurons are external cues that trigger structural changes and shape the overall morphology. In both types of cells, yeast and neurons, the balanced activity of signaling molecules and molecular sensors induce different cell morphologies and trigger the recruitment of evolutionarily homologous proteins and downstream effectors. These conserved proteins give rise to comparable subcellular processes, yet the specific behavioral outputs differ due to constraint of species-specific biorealities (Gontier and Bradie 2018).

(2) Cell-cell communication

The nervous system of a multicellular organism represents an intricate network of neurons. Importantly, the wiring diagrams of complex neural systems are by no means pre-programmed nor do they follow a fixed pattern of connectivity. On the contrary, synaptic connections between neurons undergo constant remodeling and changes. These modifications manifest themselves in specific neuroplastic events that are executed through distinct signaling pathways. Neurons persistently receive signals from the environment or

adjacent cells and must convert these signals into an appropriate reaction inside the cell by signal transduction. It may be counterintuitive to use unicellular organisms such as yeast in order to understand biological features of dynamic network formations. However, in contrast to general assumptions, yeast cells do not display fully predictive, inflexible, and hard-wired reactions to environmental cues. Mathematical models have shown that their reaction patterns are more likely to be probabilistic rather than strictly deterministic. In addition, yeast cells can undergo extensive morphological changes upon stress, such as switching to pseudohyphal growth or invasive growth (depending on their genotype). For these growth processes to occur, signals from nutrients and metabolic by-products must be integrated. This summation process causes physical responses that alter adhesion, budding polarity, morphology and cell cycle control of individual cells organizing the growing cells into structured networks. Intriguingly, both, microbial growth and cell-cell contacts in multicellular organism (in neuronal tissue as well as synapse formation) strongly rely on self-recognition processes via cell adhesion molecules. Thus, yeast cells and neurons share surprisingly comparable morphological and molecular features with respect to cell polarization, elongated cellular morphology, and homotypic cell-cell contact.

4 Conclusion

In summary, we will provide a number of examples demonstrating that studying yeast brings numerous benefits for a better understanding of neurons. Due to similarities in their basic cellular architecture and homologies of molecular components, both, yeast and neurons solve various problems associated with cellular life by using evolutionarily adaptive, analogous molecular logic. In addition, the rich social life full of intricate (direct and indirect) intercellular contacts of yeast cells will give further insights that may help in elucidating "the wiring diagram of complex neural systems."

References

- Clark, A. (1989). *Microcognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Godfrey-Smith, P. (2002). Environmental complexity, signal detection, and the evolution of cognition. In: M. Bekoff, C. Allen & G. Burghardt (Eds.) *The cognitive animal: empirical and theoretical perspectives on animal cognition* (pp. 135-141). Cambridge, MA and London: MIT Press/Bradford Book.

Gontier, N., & Bradie, M. (2018). Acquiring knowledge on species-specific biorealities: The applied evolutionary epistemological approach. In R. Joyce (Ed), *The Routledge Handbook of Evolution and Philosophy* (pp. 136–155) New York, NY: Routledge.

Koshland, D.E. Jr., (1983). The bacterium as a model neuron. *Trends in Neuroscience*, 6, 133–137.

Kovac, L. (2000). Fundamental principles of cognitive biology. *Evolution and Cognition*, 6, 51–69.

Kovac, L. (2006). Life, chemistry and cognition. *EMBO Reports*, 7(6), 562–566.

Kováč L. (2006). Life, chemistry and cognition: Conceiving life as knowledge embodied in sentient chemical systems might provide new insights into the nature of cognition. *EMBO Report*, 7, 562–567.

Lyon, P. (2015). The cognitive cell: bacterial behavior reconsidered. *Frontiers in Microbiology*, 6, 264.

Lyon, P. (2017). Environmental complexity, adaptability and bacterial cognition: Godfrey-Smith's hypothesis under the microscope. *Biology & Philosophy*, 32, 443-465.

Pinto, D., & Mascher T. (2016). (Actino)Bacterial “intelligence”: using comparative genomics to unravel the information processing capacities of microbes. *Current Genetics*, 62, 487–498

Sarto-Jackson, I., & Tomaska, L. (2016). How to bake a brain: yeast as a model neuron. *Current Genetics*, 62, 347–370.

Van Duijn, M., Keijzer, F., & Franken, D. (2006). Principles of minimal cognition: Casting cognition as sensorimotor coordination. *Adaptive Behavior*, 14, 157–170.

Virtuálne prostredie pre experimentálne posúdenie kognitívnych funkcií

Branislav Sobota¹, Štefan Korečko², Igor Farkaš³, Marián Hudák⁴, Martin Sivý⁵, Peter Vasil⁶, Dominik Trojčák⁷

^{1,2,4,5,6,7}Katedra počítačov a informatiky

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Technická Univerzita v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská republika

³Centrum pre kognitívnu vedu, Katedra aplikovej informatiky

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

¹branislav.sobota@tuke.sk, ²stefan.korecko@tuke.sk, ³farkas@ii.fmph.uniba.sk

Abstrakt

Použitie virtuálno-realitných technológií sa dostáva čoraz viac do popredia vďaka svojej interaktívnosti, realistickejšiemu zobrazovaniu údajov, schopnosti vytvoriť ilúziu fyzickej prítomnosti a hlavne lepšiemu zážitku. V tomto článku v krátkosti informujeme o súčasnom stave realizácie experimentu, realizovaného v rámci projektu vylepšovania kognície a motorickej rehabilitácie s využitím technológií virtuálnej reality. Pre tento experiment bol vybraný virtuálno-realitný systém LIRKIS CAVE, ktorý sa nachádza na Technickej univerzite v Košiciach a je súčasťou laboratória LIRKIS. Experiment je vykonávaný v tomto virtuálnom prostredí formou hry. Navrhnutá hra je typu Tower Defense. V hre sa vyskytuje samotný hráč, ktorý ovláda hru a je takisto subjektom experimentu. Jeho úlohou je zostreľovať nepriateľské drony nalietajúce proti nemu. Čo však do hry vnáša zmysel, je to, že drony nalietavajúce proti hráčovi sú rozdelené medzi takzvané ciele (drony, na ktoré by sa mal hráč zameriavať a zostreľovať ich) a distraktory (drony, ktoré sú v scéne iba ako prostriedok na zmätenie a zaťaženie pracovnej pamäte daného hráča). Hra je definovaná ako herná slučka a je implementovaná v jazyku RUBY dostupnom vo vizualizačnom systéme jaskyne. Z hľadiska kognitívneho je najdôležitejšou časťou implementácie grafické prevedenie testovacieho virtuálneho prostredia a samozrejme následne virtuálnych objektov, s ktorými je testovaný subjekt konfrontovaný.

1 Úvod

Rozvoj výpočtovej techniky v súčasnosti je závratný. Jednou z najprogresívnejších technológií v tomto smere je virtuálna realita (Sobota B., Hrozek F., 2013). Použitie virtuálno-realitných technológií sa tak dostáva čoraz viac do popredia vďaka svojej interaktívnosti, realistickejšiemu zobrazovaniu údajov, schopnosti vytvoriť ilúziu fyzickej prítomnosti a hlavne lepšiemu zážitku. Uplatnenie našli tieto technológie taktiež v kognitívnych a príbuzných vedách. Je možné povedať, že virtuálno-realitné technológie sú efektívnym a aplikovateľným nástrojom pre postupy, ktoré doteraz

neboli možné alebo boli veľmi ťažko aplikovateľné (Sobota et al., 2017). Napr. už (Nielsen, 1993) uvádzá, že používatelia s kognitívnymi poruchami môžu mať problémy s navigáciou v rozhraní a pri čítaní dlhších textov. Preto je vhodné prostredie maximálne zjednodušiť práve formou naturálnych typov rozhraní, ktorími disponujú hlavne virtuálno-realitné systémy. Prototyp (Vinumol et al., 2013) predstavuje akési interaktívne učebnice, ktoré pomáhajú študentom s poruchami učenia. Použitím špeciálnych značiek a identifikátorov sa deti začali výraznejšie zameriavať na obrázky, audio a video. Tým sa docielil jednoduchší proces učenia. Použitie špeciálnych značiek v kombinácii s 3D objektmi môže byť pre študentov pri výučbe niekoľkonásobne efektívnejší. Navyše tak boli stanovené niektoré postupy aj pre kognitívne testovanie budúcich študentov na niektorých školách. Podľa štúdie uvedenej v (Yao-Jen Chang et al., 2013), ľudom s kognitívnymi poruchami výrazne pomohlo použitie rozšírenej reality pri správe odborných úloh. Poskytnutím obrázkových podnetov, ktoré viedli k identifikovaniu chybných krokov počas behu programu pomohlo používateľom vykonávať opravy. To viedlo k zlepšeniu ich odborných pracovných zručností. Využitie zmiešanej reality pri riešení problémov kognitívnych schopností je ideálnym spôsobom ako získať pozornosť ľudí. Takto je možné jednoducho dosiahnuť, aby si znázorňované informácie asociovali a zapamätali. Z konceptuálneho pohľadu budú raz môcť prístroje na báze VR bez problémov rozšíriť kognitívne schopnosti človeka, ako je vnímanie a usudzovanie, ovplyvňovať jeho akcie v reálnom ako aj vo virtuálnom svete (Ricci et al., 2015). Tieto svety (inteligentné prostredia) umožnia nielen sledovať ľudí počas vykonávania úloh, poskytovať im podporu spĺňaním ich požiadaviek, ale aj ovplyvňovať a meniť ich plány a zámery. Vedľa už v priebehu posledných rokov sa výrazne posunul aj potenciál virtuálno-realitných systémov ako po stránke hardvérovej, tak po stránke softvérovej čím sa možnosti kognitívneho testovania výrazne posunuli. Tento potenciál sa snaží využiť aj Laboratórium inteligentných rozhraní komunikačných a

informačných systémov (LIRKIS) Katedry počítačov a informatiky na Fakulte elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach. V tomto článku v krátkosti informujeme o súčasnom stave realizácie experimentu (Korečko et al., 2018), realizovaného v rámci projektu vylepšovania kognície a motorickej rehabilitácie s využitím technológií virtuálnej reality (VR). Na rozdiel od iba zaznamenávania kognitívnych reakcií v priebehu aktívnej interakcie vo VR prostredia sa tu skúmajú následné kognitívne účinky týchto interakcií. Motiváciou experimentu je hľadanie odpovede na otázku, či tréning vo VR vyvoláva zmeny v kognícii a identifikácia neurálnych korelátov týchto zmien. V rámci postupov, ktoré by otázku zodpovedali, boli vybrané aj určité behaviorálne kognitívne testy zamerané na pozornosť, priestorovú orientáciu a pracovnú pamäť. Jeden z týchto testov bude po technologickej stránke popísaný v článku.

Z hľadiska VR technológií patri laboratórium LIRKIS k najmodernejším v Slovenskej republike. Z mnohých dostupných technológií umožňuje napríklad 2D a 3D vizualizáciu, komunikáciu pomocou rozpoznávania obrazu, komunikáciu pomocou dátovej rukavice alebo EMG senzorov. Okrem 3D vizualizácie ponúka aj veľkoplošné zobrazovanie, vrátane dotykovej interakcie a použitia dátových prílb.

2 Virtuálne priestory a vizualizácia

Využitie vizualizácie je prioritným smerom, nakol'ko 80% informácií človek vníma zrakom. V rámci VR je tu použiteľné veľkoplošné zobrazovanie napr. pomocou systému CAVE alebo pomocou výstupov 3D tlače, pričom 3D tlač je jedným zo smerov, ktorý bude v laboratóriu pravdepodobne sledovaný v budúcnosti. Ďalšou možnosťou, vhodnou aj pre kognitívne postihnuté osoby, je použitie dátových prílieb. To z hľadiska vizualizácie poskytne omnoho pohlcujúcejší zážitok (Sobota et al., 2017). Platí to aj v prípade počítačových hier. Využitie dátových prílieb sa už teraz ukazuje ako prevyšujúce svet počítačových hier, keďže ponúka vernú reprezentáciu virtuálnej reality za nízku cenu. Príkladom využitia je okrem virtuálnej reality a ponúknutia verného trojrozmerného obrazu aj využitie samotnej dátovej prilby na priame ovládanie kurzora pre prácu s výpočtovým systémom v rámci dátovej prilby. Špičkovým riešením v tomto ohľade je použitie systému CAVE. Skratka CAVE znamená Cave Automatic Virtual Environment. Predstavuje plne imersívny systém virtuálnej reality, ktorý môže používateľovi poskytnúť realistický zážitok. Používateľ nie je len statickým pozorovateľom, ale môže s prostredím interagovať. Na tento účel sa najčastejšie používa zariadenie s polohovými senzormi (Xiaoming Nan et al., 2013). Prvý CAVE system bol postavený na University of Illinois v Chicagu v roku 1992. Využíval projekciu na 3 steny a podlahu, stereoskopické okuliare a polohové senzory. Vývoj v tejto oblasti na univerzite



pokračuje nadalej, v roku 2012 predstavili CAVE2 – systém založený na množstve LCD obrazoviek usporiadaných do poloblúka, riadený 36 počítačmi (University Illinois, 2013).



Obr. 1: Virtuálna jaskyňa LIRKIS CAVE.

Virtuálno realitný systém vybraný pre tento experiment je LIRKIS CAVE (Hudák et al., 2017), ktorý sa nachádza na Technickej univerzite v Košiciach a je súčasťou laboratória LIRKIS (Obr. 1:). Ide o kompaktné prenosné prostredie virtuálnej reality so zobrazovacou plochou 2,5 x 2,5 x 3 metre. Jeho vizuálny výstup je vykreslený na dvadsaťich 55-palcových stereoskopických LCD paneloch. 14 z týchto panelov je umiestnených vertikálne pozdĺž 7 strán dekagonu. Vďaka týmto vlastnostiam poskytuje CAVE 250-stupňový panoramatický priestor. Zvyšných 6 panelov je umiestnených horizontálne na strope (3 panely) resp. podlahe (3 panely). CAVE podporuje širokú škálu vstupných používateľských zariadení. Dostupné sú bežné zariadenia ako myš, klávesnica, Joystick resp. Gamepad, ale aj zariadenia špecifické pre VR systémy. Tu patria napríklad MYO a OptiTrack, ktoré priamo zachytávajú pohyby používateľa. Renderovanie virtuálnych scén ako aj interakcia používateľa sú zabezpečené pomocou klastra zloženého zo 7 počítačov, ktoré sú vybavené grafickými kartami Nvidia Quadro.

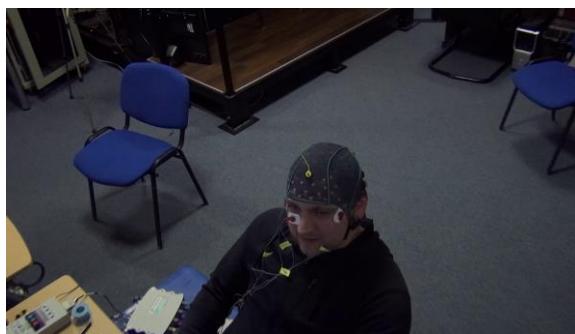
Po programovej stránke je použitá vizualizácia na báze knižnice OSG s podporou skriptovania v jazyku Ruby. Najväčšou výhodou tohto systému je to, že už je vyskúšaný a overený v prostredí LIRKIS CAVE a je momentálne jediným plnohodnotným a funkčným riešením pre prácu s CAVE. Medzi veľké výhody systému patrí taktiež jeho plná integrácia a funkčnosť so zariadením OptiTrack, ktoré je súčasťou hardvéru v laboratóriu LIRKIS. Medzi základné možnosti, čo systém ponúka patria:

- Umiestnenie 3D objektu do scény, nastavenie jeho súradníc,
- Rotácia objektu v scéne,

- Binárne riešenie viditeľnosti objektu vloženého do scény – objekt je možné zobraziť alebo skryť,
- Funkcia pre lineárny interpolátor a
- Umiestnenie kamery do scény a pohyb kamerou v scéne.

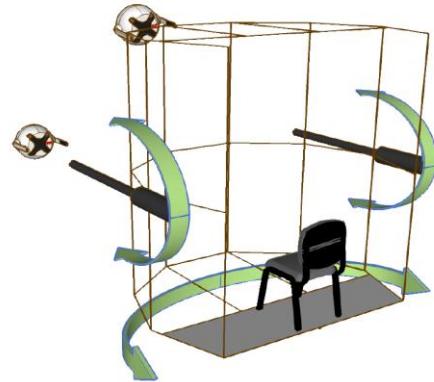
3 Opis a ciele experimentu

Experiment, okrem iného (Obr. 2.), sa zameriava na posúdenie kognitívnych funkcií človeka v prostredí virtuálnej reality. Experiment by mal začať priestorovú pamäť a priestorové vnímanie z pohľadu človeka, taktiež by sa mal zameriavať na vnímanie priestorových vzťahov medzi objektami a následne vyhodnotiť dlhodobejší vplyv hrania takejto špeciálne vytvorenej virtuálno-realitnej hry na kognitívne schopnosti človeka. Experiment bude vykonaný vo virtuálnom prostredí LIRKIS-CAVE, formou hry.



Obr. 2: EEG meranie pred použitím virtuálneho prostredia LIRKIS CAVE.

Navrhnutá hra je typu *Tower Defense* a bola vyvinutá špeciálne na účely tohto experimentu. V hre sa vyskytuje samotný hráč, ktorý bude danú hru ovládať a je takisto subjektom experimentu. Jeho úlohou bude zostreľovať nepriateľské drony, ktoré budú nalietavať proti nemu. Čo však do hry vnáša zmysel, je to, že drony nalietavajúce proti hráčovi sú rozdelené medzi takzvané ciele – drony, na ktoré by sa mal hráč zameriavať a zostreľovať ich a distraktory – drony, ktoré sú v scéne iba ako prostriedok na zmätenie a začazenie pracovnej pamäte daného hráča. Konceptuálny návrh hry v prostredí LIRKIS CAVE je zobrazený na Obr. 3: Ciele hry sa dajú v rámci experimentu chápať, resp. sa na nich dá pozerať z dvoch uhlov pohľadu. Prvým je pohľad zo strany experimentu, to znamená, aký je zmysel hry pre samotný experiment a o čo ide v experimente. Druhým pohľadom je pohľad na cieľ hry zo strany samotného hráča, ktorý bude hrať danú hru. V druhom prípade ide teda skôr o opis jeho možností v hre, čo by sa mal snažiť v danej hre dosiahnuť a akým spôsobom by to mal dosiahnuť.



Obr. 3: Konceptuálny návrh hry experimentu v prostredí LIRKIS CAVE.

3.1 Ciele experimentu a hry

Cieľom experimentu je zistiť vplyv dlhodobejšieho hrania hry na rôzne kognitívne schopnosti človeka, ako napríklad priestorová pamäť, vzťahy medzi objektami v 3D priestore, rozpoznávanie objektov v priestore a podobne. Je tu možné sústrediť základné požiadavky na hru (PH) ako súčasť experimentu:

- PH1. Hra pozostáva z niekoľkých úrovní (levelov) s narastajúcou zložitosťou. Každý level predstavuje vopred stanovený počet behov (trials), čo sú vlastne nálety zhlukov dronov. Každý level je daný svojou zložitosťou zhluku – bod PH3.
- PH2. V rámci jedného behu sa blížia objekty v menšom počte, pričom vytvárajú priestorový zhluk, ktorý sa v čase nerozptýli (objekty majú podobný smer pohybu a rovnakú rýchlosť). Zhluk sa vynorí v ľubovoľnej zadnej časti priestoru a lineárne sa pohybuje smerom k rovine hráča, no nemusí smerovať priamo na hráča. Všetky drony v zhluku sa objavia v rovnakom čase.
- PH3. Veľkosť a zloženie zhluku sú dané úrovňou hry, no mierne sa menia aj v rámci jednej úrovne. Označenie zhluku je $\#T/\#D$, kde $\#=$ počet, $T=$ cieľ, $D=distraktor$ (napr. 3/2 znamená 3 cieľové objekty a 2 distraktory). Každá úroveň hry má stanovenú strednú hodnotu, pričom jednotlivé inštancie v rámci hry danej úrovne sa môžu lísiť o hodnotu $+/-1$ ks. Tým sa mierne mení počet T alebo D v daných epizódach. Vo vstupnej konfigurácii pre jednotlivé levely sa uvádzajú hodnoty $\#T/\#D$, charakterizujúca daný level. parametrom je tiež variabilita okolo strednej hodnoty.
- PH4. Objekty v rámci zhluku majú rovnakú farbu, lišia sa len tvarom (uvažujeme N rôznych 3D tvarov polygonálneho typu, nech $N=5$), pričom v rámci každého behu je jeden typ objektu cieľom, ostatných $N-1$ typov sú distraktory. Všetky typy objektov majú približne rovnakú

- tvarovú zložitosť a sú vzájomne zhruba rovnako nepodobné (odlíšiteľné).
- PH5. Typ cieľového objektu sa mení v každom behu a indikuje sa na obrazovke (napr. nejakou značkou na cieľovom objekte) v čase, keď sa zhľuk vynorí, aby si to hráč mohol všimnúť.
- PH6. Počas behu raz (počas existencie zhľuku) nastane situácia, že na obrazovke nastane "výpadok prúdu", keď časť obrazovky veľmi stmaavne (okrem podlahy veže) na krátku dobu (600 až 900 ms). Objekty však pokračujú v pohybe a po výpadku hráč musí reagovať ako predtým (cieľové objekty budú o čosi bližšie). Výpadok prúdu má za cieľ zaťažiť vizuálnu pracovnú pamäť.
- PH7. Po výpadku môžu nastať dva prípady: jeden z cieľových objektov sa trochu natočí alebo nenatočí. V oboch prípadoch by hráč mal cieľový objekt rozpoznať. Zmena by nemala byť výrazná (napr. natočenie v nejakej rovine o malý uhol).
- PH8. Cieľom hráča je zostreľovať cieľové objekty a (podľa možnosti úplne) ignorovať distraktory (ktoré zbytočne zaťažujú vizuálnu pracovnú pamäť).
- PH9. Kabína sa nemusí hýbať, postačí ak subjekt bude pohybovať očami, preto by malo stačiť renderovanie scény na displejoch vpred.
- PH10. Hra sa ovláda pomocou joysticka: pozícia cieľa (2D) a streľba na cieľ (gombíkom).
- PH11. Hra by mala byť schopná poskytnúť report pre dané tréningové sedenie (počet behov = počet zhľukov), kol'ko mali T a kol'ko D, kol'ko a v akom čase po obnovení "výpadku prúdu" ich zostrelil + prípadne možnosť pridať ID subjektu a samozrejme čas sedenia.

Cieľom hráča v hre bude zostreliť čo najviac nepriateľských dronov (cieľov) pomocou špeciálnych zbraní, ktoré bude vedieť ovládať a z ktorých bude vedieť strieľať. To, čo hráč môže na splnenie tohto cieľa robiť, teda jeho možnosti, je limitované:

- Hráčovi je umožnená streľba pomocou zbraní, ktoré ovláda ovládačom
- Hráč sa môže pomocou ovládača natáčať smerom doprava a doľava, keďže sa vo virtuálnom svete nachádza na otáčavej platforme. Uhol otočenia je ale limitovaný.
- Hráč môže pomocou ovládača nakláňať zbrane pripojené na bokoch jeho kabíny smerom hore resp. dole, takisto s obmedzeným uhlom otočenia.

4 Životný cyklus experimentu a hry vo virtuálnom prostredí

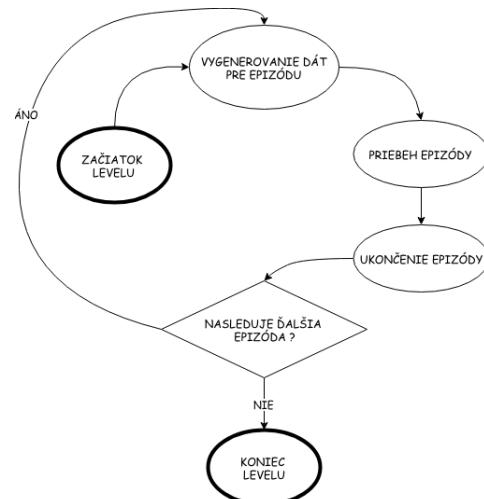
Na základe popísaných požiadaviek a cieľov je možné definovať základný životný cyklus experimentu resp. samotnej hry. Hra je definovaná ako herná slučka. Celá herná slučka tak bude predstavovať jeden level, v ktorom sa budú odohrávať jednotlivé epizódy. Level je logická časť hry, ktorá je samostatne

konfigurovatelná a pozostáva z 1 alebo viacerých epizód. Epizódy sú časti levelu a budú predstavovať nálety dronov proti hráčovi.

Životný cyklus hernej slučky je nasledovný:

1. Začiatok levelu
2. Vygenerovanie dát pre epizódu
3. Priebeh epizódy
4. Ukončenie epizódy
5. Čakanie na ďalšiu epizódu
6. Návrat do kroku 2
7. Koniec levelu

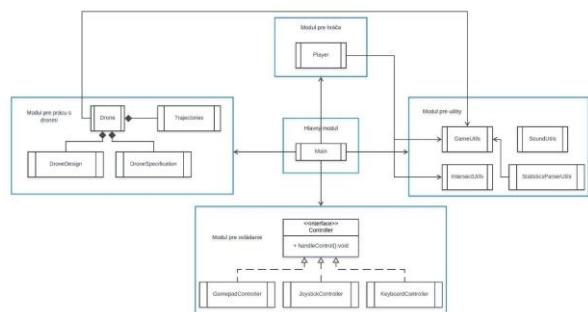
Na Obr. 4: je vidieť graficky znázornený priebeh životného cyklu jedného levelu.



Obr. 4: Znázornenie jednotlivých fáz životného cyklu hry

5 Implementácia systému

Ako už bolo spomenuté, základnou implementačnou platformou je prostredie jaskyne LIRKIS-CAVE a skriptovací jazyk RUBY. Na základe vyššie uvedeného životného cyklu bola navrhnutá a následne implementovaná hra na báze Tower defence. Celý programový systém je na tejto úrovni založený na báze modulov. Každý modul obsahuje práve jednu alebo viacero tried, ktoré spadajú pod jeho kompetenciu. Na Obr. 5: je zobrazený diagram tried s vyznačením do akého modulu dané triedy spadajú.



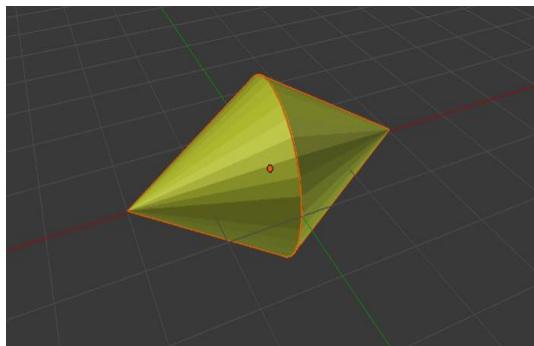
Obr. 5: Diagram tried aplikácie hry

Z hľadiska kognitívneho je najdôležitejšou časťou implementácie grafické prevedenie virtuálneho prostredia a samozrejme následne virtuálnych objektov, s ktorými je testovaný subjekt konfrontovaný.

5.1 Implementácia prostredia a objektov

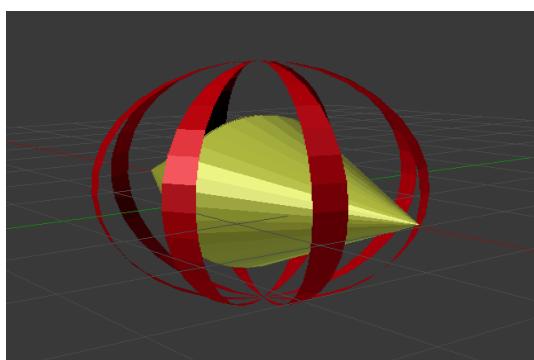
Ako už bolo uvedené, test sa bude vykonávať vo vesmírnom prostredí formou zostrelovania prilietajúcich dronov. Preto má dizajn dronov pomerne kľúčovú úlohu. Vizuálna stránka drona je implementovaná v triede DroneDesign. Sú tu 4 povinné parametre:

- *baseDroneModel* – základný grafický model, ktorým je dron reprezentovaný. Ide o model, ktorý je podporovaný vizualizačným systémom (Na Obr. 6: je zobrazený príklad základného modelu pre drona). Model je možné vytvoriť napr. z grafického 3DS modelu. Následne je tento model prichádzajúci ako vstupný parameter vyklonovaný.



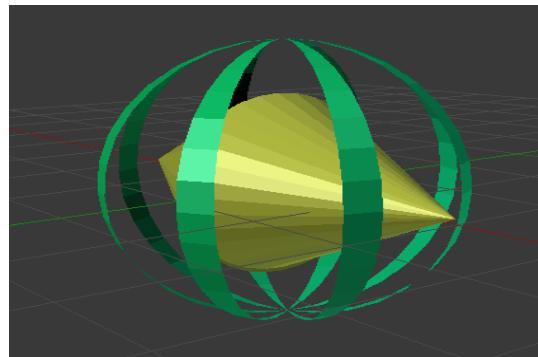
Obr. 6: Príklad základného modelu drona

- *targetIndicator* – ide o grafický model pre označenie, ktoré sa nad dronom objaví na začiatku hry v prípade, že je typu cieľ. V prípade, že dron je typu distraktor, tento grafický model nebude použitý, avšak kvôli znovupoužiteľnosti dronov a kvôli tomu, aby daný dron mohol byť použitý aj ako cieľ a inokedy aj ak distraktor sa každej grafickej reprezentácii priradzuje cieľ aj distraktor indikátor. Na Obr. 7: je zobrazený model drona spolu s inicializačným indikátorom pre objekt typu cieľ.



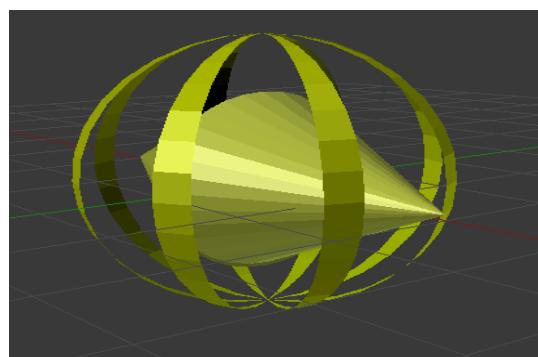
Obr. 7: Príklad základného modelu drona spolu s indikátorom objektu typu cieľ

- *distractorIndicator* – ide o grafický model pre označenie, ktoré sa nad dronom objaví na začiatku hry v prípade, že je typu distraktor. Rovnako ako pri základnom modeli drona, tak aj pri cieľ a distraktor indikátoroch je potrebné vytvoriť model z 3ds modelu iba raz, následne sa už posielá iba referencia a model sa automaticky vykлонuje pomocou ako bolo spomenuté vyšie. Na Obr. 8: je zobrazený základný model drona spolu s inicializačným indikátorom pre objekt typu distraktor.



Obr. 8: Príklad základného modelu drona spolu s indikátorom objektu typu distraktor

- *droneMarker* – ide o grafický model pre označenie, ktoré sa nad dronom objaví v prípade, že je zameraný. Slúži ako indikátor pre rozpoznanie pre koncového hráča, aby vedel, že na daného drona má namierené. Na je zobrazený základný model drona spolu s indikátorom, ktorý označuje, že na drone je aktuálne zamierené.



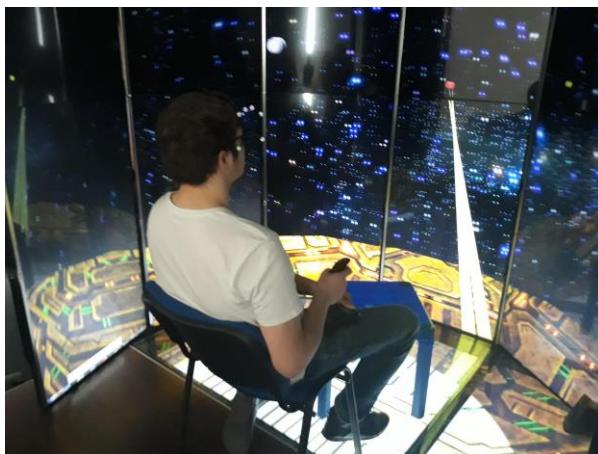
Obr. 9: Príklad základného modelu drona spolu s indikátorom zamierenia

Ďalšími podpornými vizuálnymi objektami je samotné hvízdne prostredie, prostredie kokpitu a následne strely. Samozrejme okrem spomenutých časových, množstvených a rýchlosťnych parametrov aj tvarové a farebné prevedenie drona alebo ostatných

virtuálnych objektov môže napomáhať alebo stážovať priebeh kognitívneho testu.

6 Záver

Virtuálna realita a jej technológie predstavujú v súčasnosti sice mladý ale perspektívny odbor. VR predstavuje aj jednu z najprogresívnejšie sa rozvíjajúcich smerov informatiky a informačných technológií. Kladie základy zmeny komunikácie s výpočtovými systémami tak, aby boli pre človeka čoraz viac prirodzenejšie, jednoznačnejšie a jednoduchšie s rýchlosťou odozvou. Zvyšovanie výkonu a znižovanie ceny VR technológií umožní aby takéto moderné a progresívne technológie boli čoraz viac dostupné. Práve využitie týchto technológií tak môže priniesť ešte väčší a intenzívnejší podiel na rozvoji aj kognitívneho testovania (Obr. 10:). Celkovo v kontexte modernej informačnej spoločnosti, do ktorej sa radí aj Slovenská republika a ako poukázal aj tento príspevok je tu potenciál pre nasadenie takýchto technológií do reálneho života.



Obr. 10: Používateľ vo virtuálnom prostredí počas experimentu

Poděkovanie

Tento príspevok vznikol s podporou grantovej agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu APVV-16-0202 „Vylepšovanie kognície a motorickej rehabilitácie s využitím zmiešanej reality“.

Literatúra

Sobota, B.; Hrozek, F.: Virtuálna realita a jej technológie, vol. 1, Košice : TU, 2013, ISBN 978-80-553-1500-3.

Sobota B et al.: "Virtual-Reality Technologies and Smart Environments in the Process of Disabled People Education" In: ICETA 2017. - Danvers : IEEE, 2017 pp. 427-432. - ISBN 978-1-5386-3294-9.

Korečko, Š., Hudák, M., Sobota, B., Marko, M., Cimrová, B., Farkaš, I., & Rosipal, R. (2018, August). Assessment and training of visuospatial cognitive functions in virtual reality: proposal and perspective. In *in: proc. of CogInfoCom 2018: 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications* (pp. 1-5).

Xiaoming Nan et al., "Vdesign: Toward Image Segmentation And Composition In Cave Using Finger Interactions" 2013.

<http://www.edtechmagazine.com/higher/article/2013/01/university-illinois-chicago-virtual-realitys-cave-pioneer>.

Hudák, M., Korečko, X., & Sobota, B. (2017). Peripheral devices support for LIRKIS CAVE. 2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics, 117-121.

Nielsen, J. 1993. Accessible Design for Users With Disabilities. Nielsen Norman Group. URL=<https://www.nngroup.com/articles/accessible-design-for-users-with-disabilities>.

Vinumol Kp, Chowdhury Ashish, Kambam Radhika, Muralidhran V. 2013. Augmented reality based interactive text book: An assistive technology for students with learning disability. Virtual and Augmented Reality (SVR), 2013 XV Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR), 2013 XV Symposium on. IEEE. pp. 232-235.

Yao-Jen Chang, Ya-Shu Kang, Po-Chiao Huang. 2013. An augmented reality (AR)-based vocational task prompting system for people with cognitive impairments. Research in developmental disabilities, Elsevier, vol. 34, num. 10, pp. 3049-3056.

Ricci A. et al. (2015). The Mirror World: Preparing for Mixed-Reality Living. Pervasive Computing, April 2015, 60-63.

Vision-based Adaptation of the Frequency-dependent Weighting of the Localization Cues

Ondrej Spišák¹, René Šebeňa¹, Peter Lokša¹, Maike Ferber², Bernhard Laback², Norbert Kopčo¹

¹Institute of Computer Science P.J. Šafárik University, Šrobárova 2, 041 80 Košice, Slovakia

²Acoustic Research Institute, Austrian Academy of Science, Wohllebengasse 12-14, 1040 Vienna, Austria
ondrej.spisak@student.upjs.sk, rene.sebena@upjs.sk, peter.loksa@student.upjs.sk, mferber@kfs.oeaw.ac.at,
Bernhard.Laback@oeaw.ac.at, norbert.kopco@upjs.sk

Abstract

Which cues the auditory system uses to determine the sound source location largely depends on the sound's frequency content. For low-frequency (LF) narrowband sounds, the interaural time difference (ITD) is the dominant cue, while for high-frequency (HF) narrowband sounds, the interaural level difference (ILD) dominates. For mid-frequency narrowband sounds, ITD and ILD both contribute to varying degrees to determining the perceived location. We performed an experiment in which we tested whether it is possible to change spectral weighting of either the HF or the LF components of broadband stimuli by visually guided training in separate subject groups. We also tested whether this reweighting would generalize to a change in the ITD/ILD weighting for mid-frequency sounds. In the subject group trained on HF this training resulted in an increase in the HF weight, but no effect was found in the LF group. However, the change in spectral weighting of the HF group did not generalize to an increase in the relative weighting of the ILD cue for mid-frequency sounds. Thus, the reweighting appears to be only spectral, but not binaural-cue specific.

1 Introduction

Spatial hearing is, from an evolutionary point of view, a very important element by which we can determine the location of a sound source before it is captured visually. This ability has a very important warning function, and it also facilitates everyday life as it allows us to, for example, understand speech in a noisy environments or navigate in space.

Localization of the sound in the horizontal plane is mainly based on two physical parameters, the interaural time difference (ITD) and interaural level difference (ILD), expressing, respectively, the difference in the arrival time and level with which a sound reaches one vs. the other ear. Previous experiments showed that changing the weighting of ITD and ILD to determine the location of a sound source in virtual environment is possible [1] while not always successful [2]. Here, we

examined whether it is possible to change the spectral weighing of high vs. low components of sound in real environment, and whether that reweighting would generalize to a change in binaural cue weighing.

2 Methods

The experiment consisted of 3 parts: pretest (performed in virtual reality, VR, and in real environment), training (in real environment), and posttest (identical to pretest). In the VR environment, 1-octave noises with center frequency of 2.8 kHz were used as stimuli. ITD and ILD were independently manipulated to correspond to one of 40 different positions in range from -70.2° to 70.2°, with an inconsistency between ILD and ITD positions of up to 25.2°. The subject's task was to localize a sound by performing a head-turn towards it. No feedback was provided.

In the real environment 11 speakers were spread in the range from -56° to 56° (11.25° spacing). Stimuli consisted of 0.5-octave noise bands centered at high-frequency (HF; 11.2kHz, 5.6kHz), low-frequency (LF; 0.7kHz, 0.35kHz) and medium frequency (MF; 2.8 kHz). 3 types of stimuli were presented: 1) 2-channel stimulus: 1 HF and 1 LF channel from locations separated by 1 or 2 speakers, 2) 4-channel stimulus: 2 HF and 2 LF channels from locations 1-2 speakers apart, and 3) 2-channel stimulus with MF (only used during testing): 1 MF channel and 1 channel at HF or LF, one speaker apart. The subject's task was the same as in VR. After the pretest, participants performed 3 days of training in real environment. The subject's task was the same as in the pretest, with the difference that after confirming the sound position, feedback was provided at the position of either the HF speaker (for HF subject group; 13 subjects) or the low-frequency speakers (for LF group; 12 subjects). Subjects were naïve as to the spectral structure of the stimuli or what the feedback was reinforcing. They were instructed to imagine the sound as coming from the feedback location, and to correct their responses accordingly.

3 Results

The results were analyzed by computing the bias in responses towards LF-components (re. HF-components), and a weight defined as

$$LFweight = (response - HFaz) / (LFaz - HFaz)$$

where HFaz and LFaz represent the location of the two frequency components (in degrees). Figs. 1 and 2 show the LF biases and LFweights for the 2-ch stimuli, separately for the two training groups, for the pretest and posttest, and for the two speaker separations. The HF group's LFweight in the posttest is significantly lower than in the pretest, while no effect of training is observed for the LF group. This effect generalized to the untrained 2-ch stimuli with MF (data not shown).

Figs. 3 and 4 show the results of the VR testing, expressed as the biases towards the ITD location as a function of the separation of the ITD and ILD components, separately for the two training groups, and for the pretest and posttest. No significant difference between the two groups was observed, even though a change in performance from pre- to posttest is observed for both groups. This means that spectral reweighting does not generalize to ITD/ILD reweighting in VR.

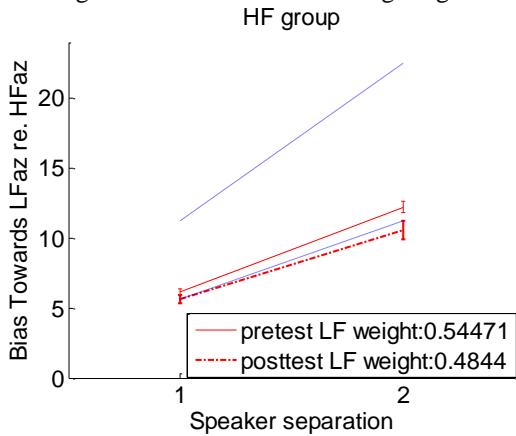


Fig. 1: HF group in real environment.

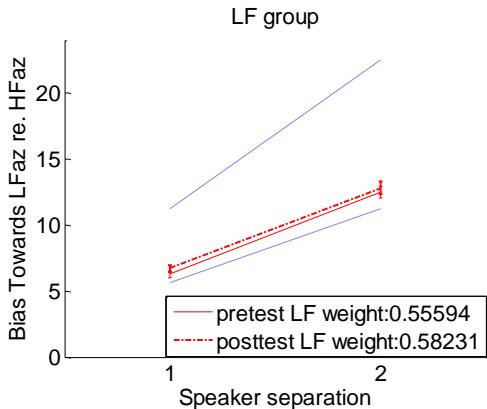


Fig. 2: LF group in real environment.

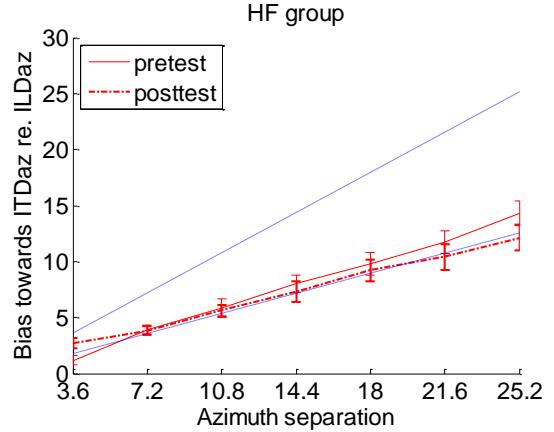


Fig. 3: HF group in virtual environment.

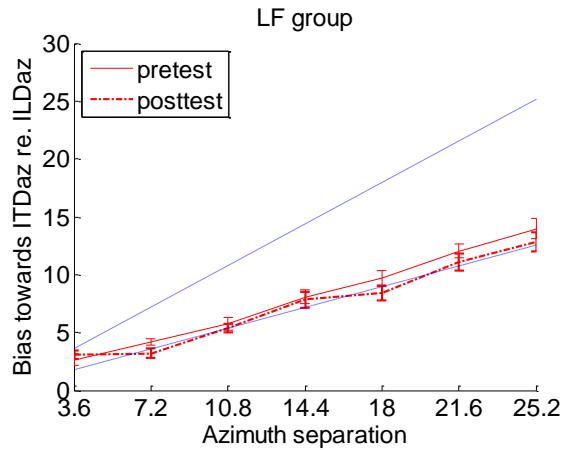


Fig. 4: LF group in virtual environment.

4 Summary

The results show that it is possible to change the weighing with which individual spectral components contribute to sound localization. However, only the HF-training was successful, possibly because the LF components are strongly weighted already in the pretest. Also, the HF training did not generalize to a change in the ITD/ILD weight, suggesting that it is spectrum-specific. However, other differences between the real and VR stimuli, like the presence of reverberation in the real environment, might also have played a role.

Acknowledgment

This work was supported by Danube Partnership project APVV DS-2016-0026, H2020-MSCA-RISE-2015 #691229.

Literature

- [1] Ferber M (2018) Plasticity of Spatial Processing in Normal Hearing: Reweighting of Binaural Cues. Unpublished MSc. Thesis. University of Vienna.
- [2] Jeffress LA, & McFadden D (1971). Differences of interaural phase and level in detection and lateralization. *J Acoust Soc Am*, 49(4B), 1169-1179.

Virtuální realita v procesu komunikace kartografické informace

Zdeněk Stachoň, Ondřej Kvarda, Lukáš Herman, Čeněk Šašinka

Geografický ústav, Masarykova univerzita
Kotlářská 2, 311 37, Brno
zstachon@geogr.muni.cz

Abstrakt

Teoretické základy kartografické komunikace jsou rozpracovávány od poloviny dvacátého století. Nové technologické možnosti včetně prostředků rozšířené a virtuální reality přináší nové výzvy nejen pro kartografiu. Příspěvek je zaměřen na hodnocení možností implementace kartografických metod do imerzních virtuálních prostředí, ale také na vymezení role prostředků virtuální reality v kartografické komunikaci. Dílčí pozornost je věnována dostupnosti a srovnání existujících řešení zejména pro edukační účely.

1 Úvod

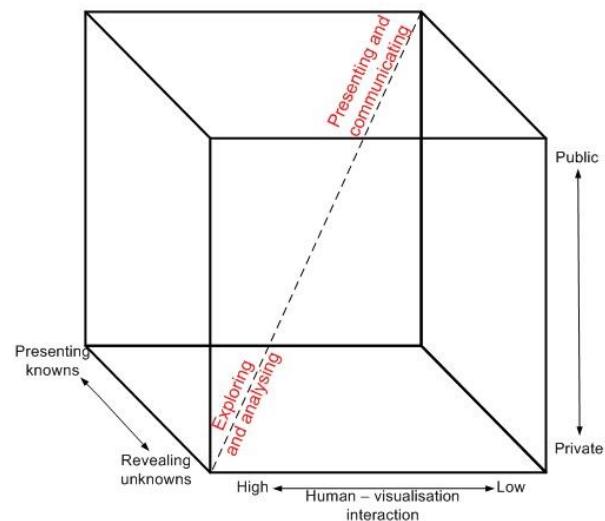
Aktuálnost tématu virtuální reality dokládá množství výzkumů realizovaných v nedávné době. Mezi současná nejčastější téma výzkumu virtuální reality v rámci geografie obecně patří například využití ve školství, zlepšování kognitivních procesů; zejména pak prostorového myšlení (spatial thinking) a orientace v prostoru (spatial orientation); či studie samotných kognitivních procesů v takovém prostředí. Jako příklady lze okrajově uvést následující studie: Brown, Green, 2016; Carbonell, Saorín, 2017; Cliffe, 2017; Dolezal, Chmelík, Liarokarpis, 2017; Feng, 2013; Gutiérrez a kol., 2017; Huixian a kol., 2009; Hussein, Nätterdal, 2015; Juřík a kol., 2016; Lisichenko, 2015; Polcar, Hořejší, 2015; Stojšić a kol., 2017; Tüzün, Özdiç, 2015; Yap, 2016.

2 Kartografická komunikace a VR

Výzkum zaměřený na pochopení procesů probíhajících v rámci používání kartografických vizualizací (kartografické komunikace) je nedílnou součástí úsilí kartografů od publikace díla Arthura H. Robinsona – „The Look of Maps“ v roce 1952. Uspokojení uživatelských potřeb je potom jedním z primárním cílů kartografie. Uvedené dokládá existence několika komisí při mezinárodní kartografické asociaci (International Cartographic Association) například Komise pro kognitivní vizualizaci (Commission on Cognitive Issues in Geographic Information

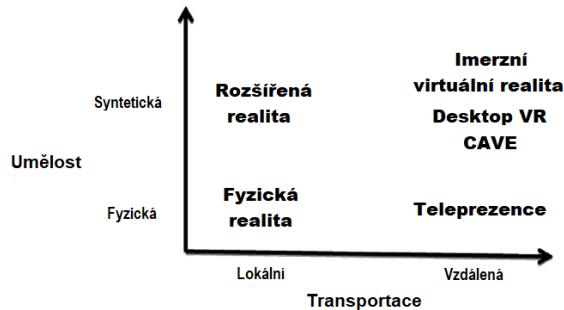
Visualization) nebo komise pro uživatelské aspekty (Commission on Use, User and Usability Issues) (ICA, 2011).

Vlastnosti komunikace prostorové informace a její klíčové aspekty vzhledem k uživatelům popsal například Alan MacEachren (viz obr. 1).



Obr. 1: Klasifikace faktorů ovlivňujících tvorbu a využití kartografických vizualizací (převzato z Maceachren, 2004).

Vlastní definice virtuální reality jsou však nejednotné a jejich systematický popis přesahuje záměr tohoto příspěvku, který je zaměřen pouze na imerzní virtuální realitu. Pro jednoznačné rozlišení této reality můžeme využít i upravené schéma vnímání umělosti a transportace v prostoru uživatelem podle Benforda a kol. (1998), kdy je imerzní virtuální realita uživateli zprostředkována synteticky (pomocí počítače) a dálkově (uživatel se ocítá na „vzdálených“ místech vytvořených virtuální realitou) (viz Obr. 2).

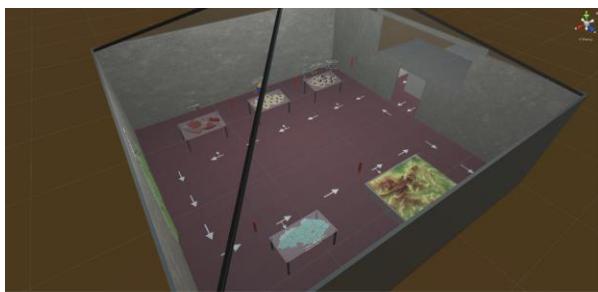


Obr. 2: Klasifikace „VR platform“ na základě umělosti a transportace v prostoru vnímané uživatelem (převzato a upraveno z Benford a kol., 1998 in Kvarda, 2018).

3 Koncept virtuální reality

Základem každé virtuální reality by měla být snaha splnit alespoň některé, ne-li všechny, z již zmíněných „pěti i“ (intenzivnost, intuitivnost, interaktivnost, imerze a ilustrativnost). V případě naplnění těchto předpokladů můžeme vytvořené prostředí považovat za uvěřitelné a můžeme předpokládat požadovaný účinek na uživatele.

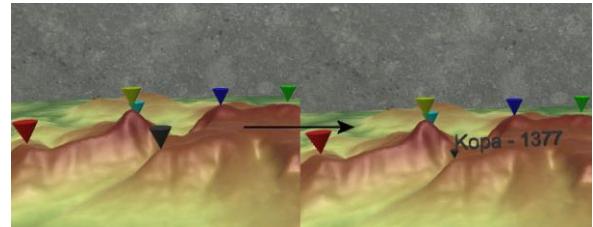
Konceptem modelového příkladu je „místo“ (Obr. 3), která do jisté míry simuluje reálné prostředí místnosti, kde jsou prezentovány jednotlivé kartografické vizualizace. Participanti jsou potom v prostředí konfrontováni s otázkami typu „Který kraj má nejnižší nezaměstnanost?“, které mají uživatele udržet v rámci prostředí tím, že po něm vyžadují určitou úroveň koncentrace na prezentované vizualizace – uživatel tak není pouze pasivním příjemcem zprostředkovávaných informací, ale musí se s objekty snažit interagovat.



Obr. 3: Vytvořené virtuální prostředí (Kvarda, 2018).

Vizualizaci bylo v místnosti prezentováno celkem šest, přičemž k pěti jsou připojeny již zmíněné otázky a jedna slouží pouze jako vizualizace pomocná. Čtyři objekty jsou zpracovány pomocí čtyř různých metod kartografické vizualizace na příkladech různých proměnných v rámci krajů ČR. Konkrétně se jedná o metody proporcionálních symbolů, kartodiagramu, objemového kartogramu a metody teček; poslední objekt je pak 3D model reliéfu části pohoří Krkonoše.

Jako pomocný objekt pro uživatele, kteří nejsou plně seznámeni s administrativním členěním České republiky (ČR), pak slouží interaktivní mapa krajů ČR. Pro dosažení určité úrovně interakce jsou otázky „pokládány“ formou upření zraku, nebo spíše středu obrazovky, na objekt ve tvaru vykříčníku, načež se nám text otázky zobrazí – stejnou formou pak dochází k interakci s mapou krajů ČR, a vizualizací reliéfu, kde se zobrazují informace v závislosti na zvolený bod (Obr. 4).



Obr. 4: Příklady textů zobrazených při pohledu na interaktivní objekty (Kvarda, 2018).

4 Diskuse a závěr

V současné době se v oblasti veřejnosti dostupných nástrojů pro tvorbu a zprostředkování virtuální reality již nachází velké množství možností a alternativ. Stran geografické a konkrétně kartografické 3D vizualizace ve virtuální realitě jsou stále možnosti minimálně ve sféře běžně dostupných nástrojů stále omezené, a v současnosti neexistuje software, který by kombinoval 3D kartografickou vizualizaci s podobnými možnostmi jako v GIS se samotnou virtuální realitou. Většina modelovacích softwarů navíc ještě před několika lety podporovala určité rozšířené geografické funkce, které ovšem v aktualizovaných verzích nejsou dostupné. Dále je také z hlediska geografie a kartografie klíčové prozkoumat další možnosti snazší implementace „geografických objektů“ a jejich proměnných do virtuálních prostředí a jejich celkovou prezentaci v rámci virtuální reality.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou grantové agentury České republiky v rámci projektu GC19-09265J.

Literatura

- Benford, S., Greenhalgh, C., Reynard, G., Brown, C., Koleva, B. (1998): Understanding and constructing shared spaces with mixed-reality boundaries. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 5, č. 3, s. 185–223. doi: 10.1145/292834.292836.

- Brown, A., Green, T. (2016): Virtual Reality: Low-Cost Tools and Resources for the Classroom. *TechTrends*, 60, č. 5, s. 517–519. doi: 10.1007/s11528-016-0102-z.
- Carbonell, C., Saorín, J. (2017): Geospatial Google Street View with Virtual Reality: A Motivational Approach for Spatial Training Education. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6, č. 9, s. 261–267. doi: 10.3390/ijgi6090261 Laurel, A. a Hardy, J. (2011). Neurálne modely v kognitívnej robotike: porozumenie a pomenovávanie akcií. V zborníku *Kognice a umělý život XI*, str. 231–238.
- Cliffe, D. A. (2017): A review of the benefits and drawbacks to virtual field guides in today's Geoscience higher education environment. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, č. 1, 14, s. 1–14. doi: 10.1186/s41239-017-0066-x.
- Dolezal, M., Chmelik, J., Liarokapis, F. (2017): An immersive virtual environment for collaborative geovisualization. 2017 9th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games). doi: 10.1109/vsgames.2017.8056613.
- Huixian, J., Guangfa, L., Mingfeng, Z., Wanli, H. (2009): The integration and design of University geography experiment teaching system based on the Virtual Reality Technology. 4th International Conference on Computer Science & Education, s. 1331–1334. doi: 10.1109/ICCSE.2009.5228153.
- Hussein, M., Nätterdal, C. (2015): The benefits of virtual reality in education: A comparison study. Bakalářská práce. University of Gothenburg, Chalmers University of Technology, Göteborg, 15 s. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/39977/1/gupea_2077_39977_1.Pdf.
- Kvarda, O. (2018): Možnosti nízkonákladových prostředků v oblasti virtuální reality [online]. Brno, Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/scrzj/>>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Zdeněk Stachoň.
- MacEachren, A.M., 2004. How Maps Work: Representation, Visualization, and Design. Guilford Press, New York.
- Stojšić, I., Džigurski, I., Maričić, O., Ivanović Bibić, L., & Đukićin Vuković, S. (2016): Possible Application of Virtual Reality in Geography Teaching. *Journal of Subject Didactics*, 1, č. 2, s. 83–96. doi: 10.5281/zenodo.438169.
- Polcar, J., Hořejší, P. (2015): Knowledge acquisition and cyber sickness: A comparison of VR devices in virtual tours. *MM Science Journal*, 2015, č. 2, s. 613–616. doi: 10.17973/MMSJ.2015_06_201516.
- Tüzün, H., Özdiç, F. (2015): The effects of 3D multi-user virtual environments on freshmen university students' conceptual and spatial learning and presence in departmental orientation. *Computers & Education*, 94, s. 228–240. doi: 10.1016/j.compedu.2015.12.005 (6. 2. 2019).
- Yap, M. (2016): Google Cardboard for a K12 Social Studies Module, <http://hdl.handle.net/10125/40604>.

Learning a peripersonal space representation using Conditional Restricted Boltzmann Machine

Zdenek Straka and Matej Hoffmann

Department of Cybernetics, Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague,
Karlovo namesti 13, 121 35 Prague 2, Czech Republic
Email: {zdenek.straka, matej.hoffmann}@fel.cvut.cz

Abstract

We present a neural network learning architecture composed of a Restricted Boltzmann Machine (RBM) and a Conditional RBM (CRBM) that performs multisensory integration and prediction, motivated by the problem of learning a representation of defensive peripersonal space. This work follows up on our previous work (Straka and Hoffmann 2017) where we proposed a network composed of a RBM and a feedforward neural network (FFNN). In this work, with a similar 2D simulated scenario, we sought to replace the FFNN with an RBM-like module and opted for the CRBM which is responsible for making a temporal prediction. We demonstrate that the new architecture is capable of learning to map from visual and tactile inputs at a previous time step (without tactile activation) to future activations with the visual stimulus at the “skin” and corresponding tactile activation, including the confidence of the predictions.

1 Introduction

Defensive peripersonal space (PPS) (e.g., Cléry et al. (2015) is a kind of safety margin surrounding our bodies that draws on visuo-tactile interactions: approaching stimuli are registered by vision and processed, producing anticipation or prediction of contact in the tactile modality. The mechanisms of this representation and its development are not understood. This work follows up on our previous work Straka and Hoffmann (2017) where we proposed a neural network composed of a RBM, which learns in an unsupervised manner to represent position and velocity features of a stimulus, and a feedforward neural network (FFNN) trained in a supervised way to predict the position of touch (contact). In this work, with a similar 2D simulated scenario, we sought to replace the FFNN with an RBM-like module and opted for the CRBM which is responsible for making the temporal prediction. We demonstrate that the new architecture is capable of learning to map from visual and tactile inputs at a previous time step (without tactile activation) to future activations with the visual stimulus at the “skin” and corresponding tactile activation, including the confidence of the predictions.

2 Methods

Fig. 1 provides an overview. There is a rectangular 2D input space, completely covered by the receptive fields (RF) of visual unimodal neurons (see left part of panels B/C for illustration of RF center coordinates). The central part of the space is also covered by RFs of tactile unimodal neurons (right part of panels B/C) – the “skin”. The architecture consists of two identical copies of an RBM and a CRBM on top. The left RBM serves to represent the visual and tactile inputs pertaining to objects approaching the “skin” up to the moment of contact; the right RBM represents the same inputs at the moment of contact. The CRBM on top eventually serves to predict the contact with skin and its location. The input layers (panels B or C) encode positions of an object perceived by visual (orange neurons) and tactile (green neurons) modalities using probabilistic population coding which encodes also confidence of both percepts (see Makin et al. (2013); Straka and Hoffmann (2017)). The hidden layers of the RBMs, which integrate both visual and tactile inputs, are used as inputs of the CRBM Taylor et al. (2007). Training consists of simulated objects crossing the visual field and eventually contacting the “skin”. Their trajectory is sampled and stored in a buffer and then fed in the RBMs—the left RBM with stimuli crossing the visual field before and up to contact (hence $r_{outskin}$) and the right RBM with the final time step when the stimulus reached the tactile field (hence r_{inskin}). Firstly, it is necessary to train the RBM to integrate the visual and tactile inputs. Then the CRBM is trained.

During testing, only $r_{outskin}$ is given and r_{inskin} is inferred using k steps of Gibbs sampling. Then, $v_{outskin}$ and r_{inskin} were obtained averaging over 15 samples. For getting 2D position from the activated neural population r_{inskin} , both visual and tactile subpopulations were combined taking confidence of each subpopulation into account (see Makin et al. (2013)).

3 Results

After training, the network was successfully able to predict stimuli corresponding to the tactile stimulation. As

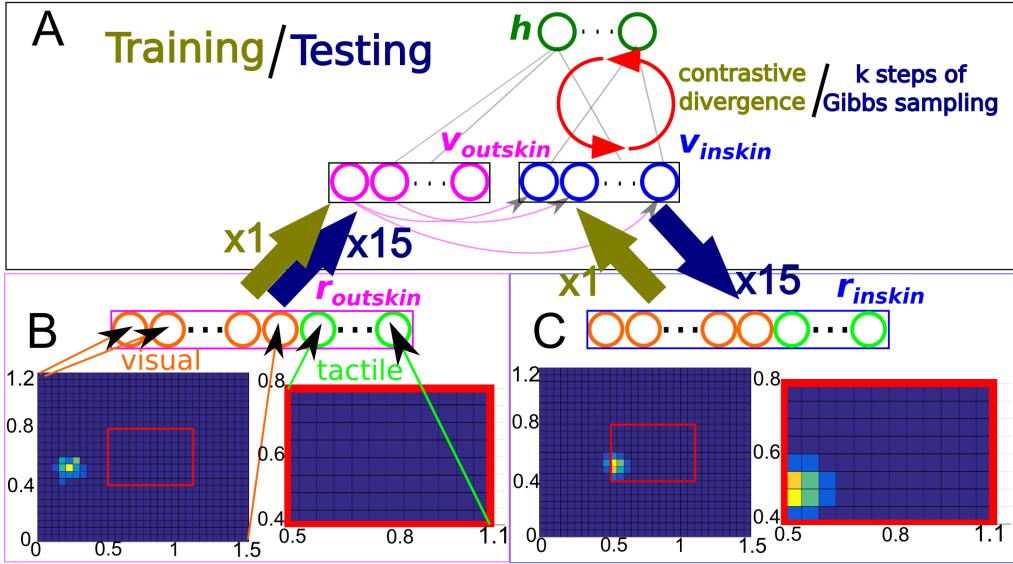


Fig. 1: Scenario, neural network architecture, and schematic illustration of training and testing.

would be expected, mean prediction error (distance between predicted and actual stimulus) was decreasing with decreasing distance of the object from the “skin”. From a certain distance from the border of the tactile modality, the prediction error was nearly constant and small. For example, for 200 hidden neurons of the CRBM, the distance was approximately 0.2 and the mean error was about 0.02. The confidence (see Straka and Hoffmann (2017)) of the predictions was increasing with the decreasing distance—negatively correlated with the error.

However, the scenario is still highly simplified and the stimulus velocity not explicitly accounted for—this will be one of our directions for future work.

Acknowledgments

Code related to CRBM was taken from supporting website to Taylor et al. (2007). We also thank Joseph Makin for sharing code based on Makin et al. (2013). This work was supported by the Czech Science Foundation under Project GA17-15697Y. Z.S. was also partly supported by the Czech Technical University in Prague, grant No. SGS18/138/OHK3/2T/13.

References

Cléry, J., Guipponi, O., Wardak, C. a Hamed, S. B. (2015). Neuronal bases of peripersonal and extrapersonal spaces, their plasticity and their dynamics: knowns and unknowns. *Neuropsychologia*, 70:313–326.

Hinton, G. E. (2002). Training products of experts by

minimizing contrastive divergence. *Neural Computation*, 14(8):1771–1800.

Ma, W. J., Beck, J. M., Latham, P. E. a Pouget, A. (2006). Bayesian inference with probabilistic population codes. *Nature Neuroscience*, 9(11):1432–1438.

Magosso, E., Zavaglia, M., Serino, A., Di Pellegrino, G. a Ursino, M. (2010). Visuotactile representation of peripersonal space: a neural network study. *Neural Computation*, 22(1):190–243.

Makin, J. G., Fellows, M. R. a Sabes, P. N. (2013). Learning multisensory integration and coordinate transformation via density estimation. *PLoS Comput Biol*, 9(4):e1003035.

Straka, Z. a Hoffmann, M. (2017). Learning a peripersonal space representation as a visuo-tactile prediction task. Lintas, A., Rovetta, S., Verschure, P. F. a Villa, A. E. (zost.), V *Artificial Neural Networks and Machine Learning – ICANN 2017: 26th International Conference on Artificial Neural Networks, Alghero, Italy, September 11–14, 2017, Proceedings, Part I*, str. 101–109, Cham. Springer International Publishing.

Taylor, G. W., Hinton, G. E. a Roweis, S. T. (2007). Modeling human motion using binary latent variables. V *Advances in neural information processing systems*, str. 1345–1352.

Welling, M., Rosen-Zvi, M. a Hinton, G. E. (2004). Exponential family harmoniums with an application to information retrieval. V *NIPS*, vol. 4, str. 1481–1488.

Suprematismus, rayonismus, neoplasticismus a elementarismus v kontextu imitační hry

Aleš Svoboda

Fakulta humanitních studií, Univerzita Karlova
U Kríže 8, 158 00 Praha 5 - Jinonice
ales.svoboda@fhs.cuni.cz

Abstrakt

Umělecká tvorba se opakovaně stává výzvou pro umělou inteligenci. Její zpracování do počítačového programu nachází svůj smysl obdobně jako i u jiných řešení AI jednak v hledání nové autonomní umělecké produkce, jednak v odkrývání obecných principů tvorby, případně metod existujících autorských stylů. Nezobrazivé umění z počátku 20. století přišlo s příznivou redukcí, která se zdá být počítačově, ve smyslu symbolických přístupů, zvládnutelná a v principu dosažitelná pomocí sdružování funkcí vytvářejících vizuální struktury. Úspěšnost programování nezobrazivých děl z počátku minulého století může být ověřováno alternativou Turingova testu, který by porovnával odpovídající vizuální výstupy.

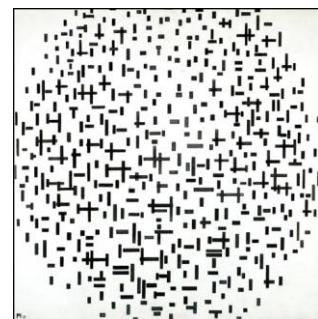
1 Historický exkurz

Počítač jako nový inspirátor pokusů o modelování myšlenkových procesů ve 20. století a zásadní impuls pro vznik kognitivní vědy začal velmi záhy přitahovat pozornost i umělců a teoretiků bádajících nad postupy a způsoby umělecké tvorby. Nezobrazivý, reduktivní a na samotnou materialitu obrazových struktur obrácený zájem umění se stal vhodným východiskem pro hledání jejich možné algoritmizace. Tento přístup se také jeví jako opodstatněný z pohledu formalistických estetických teorií, které vnitřní hodnotu umění zakládaly na vlastnostech vizuální výstavby díla, jeho strukturní diferencovanosti provázené skladebnou jednotou, viditelně prokazatelnou mnohovrstevnatou komplexností.

Mezi prvními díly počítačového umění nalezneme simulace existujících nezobrazivých děl – Pieta Mondriana, Paula Kleea a Bridget Rileyové.¹

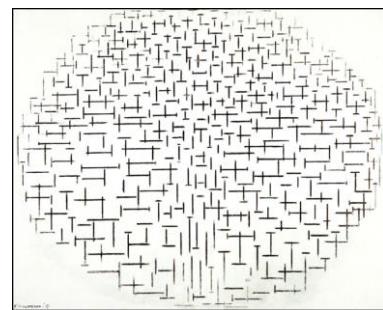
Jedna z prvních výtvarných prací provedených na počítači a plotteru byla parafráze konkrétního Mondrianova díla, kterým se tento autor poprvé jednoznačně postavil na pozice abstraktního umění. Jednalo se o *Kompozici s liniemi* z let 1916–1917, která byla již cílevědomě nepředmětnou studií vazby

autonomních výtvarných prostředků – v tomto případě strukturovaného pole krátkých rovných svislých



Obr. 1: Piet Mondrian: Kompozice s liniemi, 1916-17

a vodorovných tahů – a rozvíjela Mondrianovy zkušenosti získané při tvorbě *Kompozice č. 10 v černé a bílé*, z roku 1915, ještě označené podtitulem odkazujícím k zobrazivé inspiraci – *Molo a oceán*.



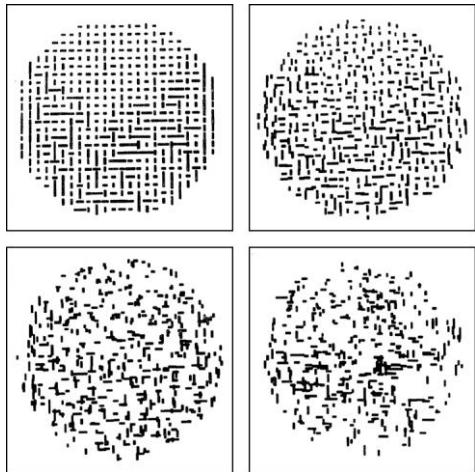
Obr. 2: Piet Mondrian: Kompozice č. 10 v černé a bílé; Molo a oceán, 1915

O vytvoření parafráze uvedeného díla se pokusil Američan A. Michael Noll v roce 1964 sestavením počítačového algoritmu. Ve vypracované studii se snažil dosáhnout „intuitivně“ pokládaných tahů, které zvětšováním velikosti kolem určitého spodního půlkruhu umístěného uvnitř vnějšího oválu vede k jejich častějšímu překřížení a vytvoření dojmu tmavšího tvaru ležícího půlměsíce. Noll v uvedeném algoritmu tedy zapojuje generování náhodnosti jako zdroje simulace umělecké intuice.

Náhodnost jako zdroj vytvoření nejistoty působící proti striktní determinaci programem je nadále v pracích

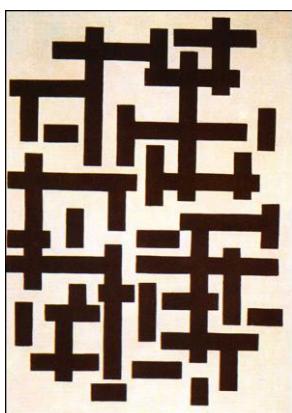
¹ Autory byli Frieder Nake a A. Michael Noll (Leavitt, 1976).

průkopníků počítačového umění zcela zásadně využívána (Frieder Nake, Georg Nees, Herbert W. Franke, Vera Molnar, Manfred Mohr, ad.)



Obr. 3: A. Michael Noll: Variace na tvorbu Pieta Mondriana, 1964

Ještě o něco dříve, již na konci 50. let, se François Molnar, původním studiem a zájmem umělec, který se ale postupně vydal na dráhu psychologa a badatele zaměřeného na problematiku vizuálního vnímání, zabýval uplatněním statistiky v informatice. Úvaha nad Doesburgovým² *Obrazem* z roku 1916 ho přivedla k pokusu studovat neoplasticistickou strukturu z pohledu uplatňované pravděpodobnosti, tehdy ještě bez použití počítače.

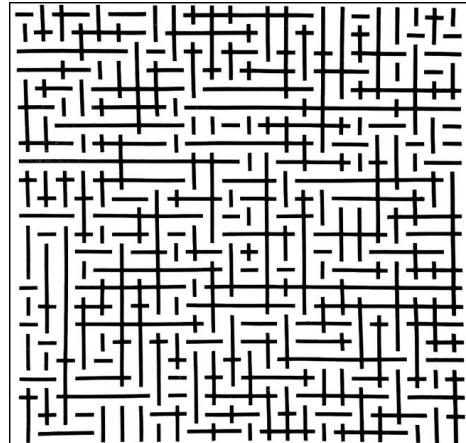


Obr. 4: Theo van Doesburg: Obraz, 1916

Redukce na tři standardní stavební prvky – vodorovnou linku, svislou linku a jejich překřížení – je zobecněním Doesburgova postupu a jeho zjednodušením do striktně pravidelné ortogonální mřížky. Takové zjednodušení sice otevírá výhled na vliv statistického uplatnění jednotlivých použitých tahů pro dominující vzezření

² Tvrď, že vizuální inspirací tu pro Molnara byl spíše Doesburg než explicitně uvedený Mondrian; ostatně v období počátků hnutí De Stijl si byla tvorba Mondriana a Doesberga velmi blízká.

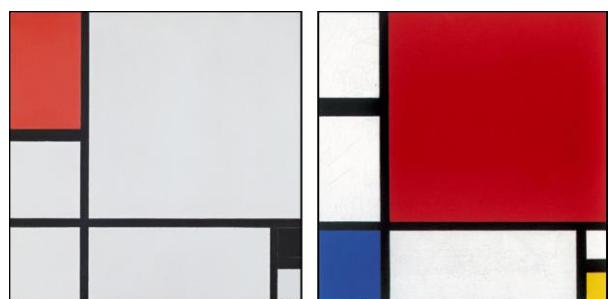
struktury, ale zcela zastírá jejich intuitivnost umisťování. Simulace Doesburgova postupu by musela podchytit i nejistotu umístění tahů, které berou ohled na vzájemnou pozici a narůstající hustotu.



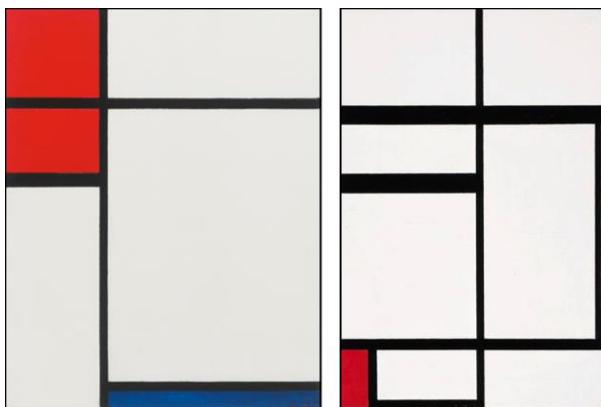
Obr. 5: Francois Molnar: Simulace posloupnosti Mondrianova dělení ze tří náhodných prvků, 1959

2 Mondrian a neoplasticismus

Vrcholné (a typické) Mondrianovo (1872–1944) období je spojené s jeho pobytom v Paříži mezi lety 1919 až 1938. Jeho tehdejší tvorbu lze charakterizovat dělením obrazového formátu s dominujícím bílým podkladem černými svislými a vodorovnými liniami a vyznačením některých ploch trojicí základních barev – žlutou, červenou a modrou, případně doplněných šedou a černou. Dělící linie procházejí celým formátem vodorovně a svisle nejprve vždy jedenkrát, alternativou je do roku 1932 ještě jedna další vodorovná linie. Tyto výchozí linie jsou doplněny liniemi neúplnými, dosahujícími z okraje formátu nejdále k první průběžné linii. Proporční východisko lze najít v *Kompozici s mřížkou 3 (Kosočtverečná kompozice)* z roku 1918. Na tomto obraze je čtverec formátu současně dělený dvěma čtvercovými síťmi, jednou nad stranou a druhou nad diagonálou. Barvou vyplněné čtyřúhelníky (žlutá, červená, modrá, šedá a černá) jsou v počtu jeden až tři, rozmístěné převážně po obvodu.



Obr. 6: Piet Mondrian, Kompozice č. 1 s červenou a černou, 1929 (vlevo), Piet Mondrian, Kompozice II v červené, modré a žluté, 1930 (vpravo)



Obr. 7: Piet Mondrian: Kompozice č. I s červenou, 1931 (vlevo) a Piet Mondrian: Kompozice s červenou a modrou, 1933 (vpravo)

Vlastní formáty děl z tohoto období jsou čtvercové nebo v poměru 5:4 a 3:2 (Mondrian Complet, 2001). Postupný vývoj Mondrianova pařížského období posléze vede ke zmnožení vnitřních černých dělících linií. Využití zlatého řezu je ve většině kompozice neprůkazné. Pro hledání charakteristik Mondrianova osobního stylu je výhodné v porovnání sledovat i díla Doesburgova elementarismu.

3 Malevič a suprematismus

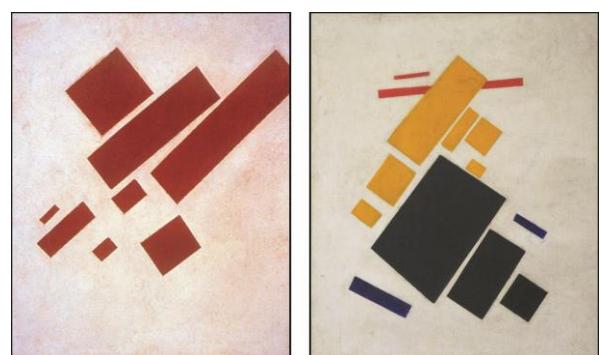
Kazimir S. Malevič (1879–1935), jako mimořádně aktivní ruský avantgardní umělec, překonal v roce 1915 dosavadní závislost na evropské avantgardě a na „Poslední futuristické výstavě 0,10“ v roce 1915 představuje zcela nový a radikální výtvarný názor, založený na rovinné euklidovské geometrii (Brugger, 2001). Svou poetikou jednoznačný umělecký postoj nazval pro jeho v malířství absolutní směřování „nejvyšším a svrchovaným“, tedy suprematismem.



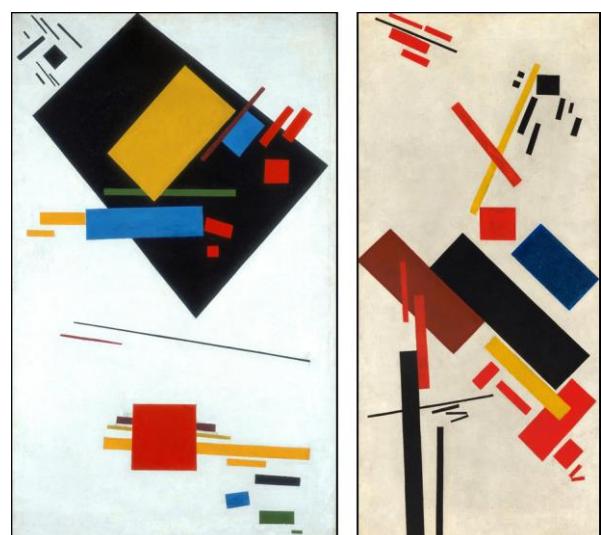
Obr. 8: Výstava „Poslední futuristická výstava 0,10“, 1915

Často reproducovaná dokumentární černobílá fotografie z expozice názorně ukazuje rozsah kompozičních voleb a za posledních sto let mnohokrát posloužila k rekonstrukci tohoto období a doložení výtvarné praxe, tedy škály tvarových řešení, která Malevič pokládal za vyjádření svého přístupu. Na nejvýznamnějším místě v ruském lidovém interiéru, určeném pro ikonu Krista nebo svatého, v horním rohu výstavního sálu, byl umístěn obraz, který Malevič pokládal za nejčistší manifestaci suprematismu, *Černý suprematistický čtverec*. Podle autorovy teorie se z jeho elementárního a neutrálního tvaru dále odvozují všechny ostatní, stále složitější sestavy, postupující v rostoucí diferenci velikosti tvarů a jejich směru.

Původní čtvercový formát se jak ve vodorovném, tak svislém umístění protahuje do formátů 5:6, 8:13 až k formátu lehce překračujícímu poměr 1:2, přesně 6:13.



Obr. 9: Kazimir Malevič, Suprematismus (s osmi červenými obdélníky), 1915 (vlevo) a Kazimir Malevič: Suprematistická kompozice: Letící letadlo, 1915 (vpravo)



Obr. 10: Kazimir Malevič: Suprematistická malba (s černým lichoběžníkem a červeným čtvercem), 1915 (vlevo) a Kazimir Malevič: Stavějící se dům, 1915–1916 (vpravo)

Ve výběru geometrických prvků dominují čtyřúhelníky, které se velmi často vyhýbají přesné pravoúhlosti, ke které spíše v různém stupni approximují. Jejich vzájemná skladba je také náhodná s tendencí seskupovat se kolem převažujícího směru. Pokud se počet prvků rozmnoží nad určitou mez (kolem deseti prvků), stupňuje se rozdíl jejich velikosti a sdružují se v určitých „klastrech“.

Malevičův výběr barev je sice bohatší, než ve sledovaném období u Mondriana, nicméně lze ho omezit na škálu základních barevných tónů (žlutá, červená, modrá, zelená, hnědá, modrá), které se v dalším vývoji obohacují o lomené, pastelové tóny. Také v případě Maleviče je možné konfrontovat jeho osobní styl s velmi blízkým pojetím El Lisického, který byl v rané fázi přímým stoupencem suprematismu, ovšem později ho modifikoval do podoby „reyonismu“.

4 Intence programů

Návrh konkrétních algoritmů pracuje s programem Processing (Raes, 2014).

Východisko tvoří hermeneutika, slovní interpretace sledovaných období, která se promítá do logického rozhodovacího procesu řídícího náhodné volby.

V obou případech, v simulaci Mondriana i Maleviče, je v první fázi losován formát kompozice, který se řídí zjištěnými měřeními a doplňuje k nim i určitou pravděpodobnostní váhu.

Následující postup vychází vlastně z obdoby rekurze s náhodným vynecháváním některých vnitřních bloků. U Mondriana se přibývající tvary rozestupují ve vzdálenostech a komplementárně násobí. Barevnost se velmi střídá a soustředí na vymezené obvodové plochy, přičemž mimořádně může přesahovat sousední plochy v jediném společném směru.

Malevič kompozice staví v zásadě na plošných geometrických tvarech s dominancí čtyřúhelníku, mimořádně a ojediněle se objevuje kruh, trojúhelník či složitější tvar odvozený z oválu.³

Podobně malou pravděpodobnost má čtverec a ke čtverci se blížící čtyřúhelníky, přičemž čtverce spíše nedodržují přesné pravé úhly. Nepravidelnost čtyřúhelníků je evidentním záměrem, nikoliv chybou. Ojedinělý, a tím v kompozici dominantní, se stává i lichoběžník.

Kompozice složené z více geometrických útváru se v první fázi spíše nepřekrývají. Jejich společná organizace bývá řízena přibližně stejnou orientací, která může v případě ztotožnění směrů vést až k jejich těsné skladbě. S rostoucím kontrastem velikostí a směrů může docházet k překrývání, nicméně se projevuje jisté klastrové sdružování, které také prozrazuje modifikaci rekurze.

Nejkomplikovanější kompozice ukazují největší rozdíly velikostí a směrů.

³ Kruh, jako důležitý tvarový ekvivalent Černého čtverce, se objevuje v Malevičově tvorbě a teorii až v roce 1923.

5 Sestavení a zlepšování programů

Ve shodě se standardní představou o umělecké práci je program strukturován jako neustálé opakování podobných rozhodnutí, která ovšem vedou k nárůstu vnitřních vazeb a složitosti. Oproti jiným postupům AI (např. konekcionistickým sítím) musí klasický symbolický postup navrhování programu zahrnovat i dodatečné porovnávání výsledků s existujícími umělecko-historickými doklady. Rozhodování je sice řízeno pouhým kritickým vnímáním a je vlastně vedené intuicí, nicméně právě v odhadu platných vizuálních charakteristik spocívá tradiční lidské hodnocení uměleckých výstupů. Podobně jako u Turingova testu, i zde je v různých stupních možné zapojit lidskou inteligenci, která individuálně nebo kolektivně rozhodne o míře podobnosti umělých výstupů.

Dosažená hodnocení samozřejmě ověřují, že autorský umělecký styl není u plošných výtvarných děl jen statistickým výběrem použitých tvarů a barev, ale zároveň i systémem uplatnění vztahů mezi nimi, což lze kvantitativně reflektovat z vah různých vnitřních logických rozhodování programu. Jinými slovy, právě zde nalezneme hierarchické komplexní propojení šíře využitelného materiálu, které produkuje právě to, čemu se tradičně říká „kompozice“.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory programu PROGRES Univerzity Karlovy v rámci dílčího programu Q21 Text a obraz ve fenomenologii a sémiotice pod číslem projektu FHS/Q21_206021 /2019/012

Literatura

Hill, A. (ed.) (1968). *DATA: Direction in art, theory and aesthetics*, Londýn: Faber and Faber

Leavitt, R. (ed.) (1976). *Artist and Computer*, Morristown, New Jersey: Creative Computing Press, New York: Harmony Books

Sefránek, J. (2000). *Inteligencia ako výpočet*, Bratislava: IRIS

Mondrian Complet (2001), V+ K Publishing, Blaricum

Brugger, I. a Kiblitsky, J. (2001). *Malewitsch*. Palace Editions.

V&A Pattern – Digital Pioneers (2009). Londýn: V&A Publishing

Raes, C. a Fry, B. (2014). *Processing: a programming handbook for visual designers and artists*, 2. vyd., Cambridge, Mass. a Londýn: MIT Press

Ztraceno v kontrole

Čeněk Šašinka¹, Alžběta Šašinková^{1,2} a Vojtěch Juřík¹

Kabinet informačních věd a knihovnictví, Filozofická fakulta¹

Katedra psychologie, Fakulta sociálních studií²

Masarykova univerzita, Brno 602 00

ceneksasinka@gmail.com, st.betty@mail.muni.cz, jurik.vojtech@mail.muni.cz

Abstrakt

Jedním z klíčových atributů experimentálního výzkumu je kontrola podmínek. Aby výzkumník izoloval vliv nezávislých proměnných, snaží se navrhnout takový výzkumný design, ve kterém buď kontroluje, nebo přímo eliminuje možné intervenující proměnné. Směřuje tak k vysoké interní validitě výzkumu. Někdy se ale za tuto snahu platí vysoká cena. Cílem příspěvku je poukázat na výzkumné designy, u kterých se ve snaze zajistit maximální kontrolu snižuje nejen externí validita dosažených výsledků, ale vytrácí se i samotný smysl a význam výzkumu. Důraz na formu a striktní dodržení postupu vyprazdňuje obsah.

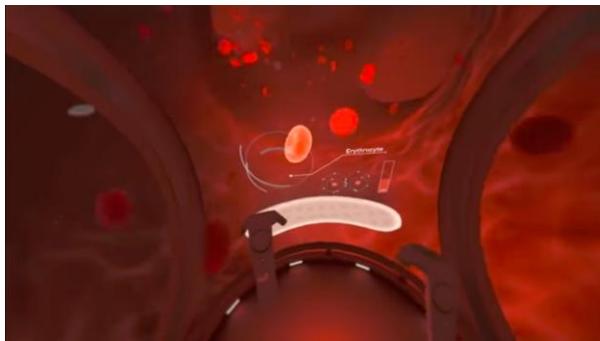
1 Úvod

Klasický experiment je jednou z výzkumných procedur, která zajišťuje vysokou spolehlivost dosažených výsledků a cíleně sleduje kauzální vztah mezi přičinou a následkem. Cílem příspěvku je poukázat na situace, kdy forma získává převahu nad obsahem a výzkumníci z důvodu potřeby dodržení rigorózního experimentálního postupu přehlíží charakter zkoumaného tématu. Výsledky jsou potom sice maximálně reliabilní, ale s minimální výpovědní hodnotou.

2 Typ úlohy nekorespondující s výzkumnou podmínkou

Jedním z ukázkových případů, ve kterých došlo částečně ke ztrátě smysluplnosti výzkumu, je práce autorů Morena a Mayera (2002) publikovaná v prestižním časopise Journal of Educational Psychology. Hlavním cílem autorů bylo experimentální cestou ověřit dva základní faktory, které mohou ovlivňovat míru efektivity výuky. Jedná se o efekt metody (Method-affects-learning) a efekt média (Medium-affects-learning). Efektem metody se má na mysli způsob prezentace výukového materiálu a to, v jaké míře konkrétní způsob prezentace ovlivní zapamatování si studovaného materiálu, resp. schopnost uplatnění nově získaných kompetencí.

Autoři ve své studii srovnávali, zda je v případě prezentace výukového materiálu (části rostlin) vizuální cestou efektivnější nabízet vysvětlení daného jevu audio kanálem, nebo textovou podobou. Klíčovým tématem studie mělo být ale zkoumání efektu média. Zde bylo výzkumnou otázkou, zda typ konkrétního média zajistí vyšší efektivitu zapamatování a transferu vyučovaného materiálu. Autoři srovnávali imerzivní virtuální realitu (iVR) reprezentovanou brýlemi pro virtuální realitu (HMD; Head-Mounted Display) s běžnou neimerzivní virtuální realitou reprezentovanou běžným desktop zařízením, respektive LCD monitorem. Výzkumníci zjistili signifikantní rozdíly v metodě výuky. Pokud k prezentovaným ilustracím bylo doplňující vysvětlení poskytnuto audio kanálem, byla míra efektu učení vyšší ve srovnání s podmínkou, ve které bylo vysvětlení prezentováno vizuálně textem. Zcela nepřekvapivý byl ale výsledek srovnání efektu média. Výzkumníci zjistili, že efektivita výuky v imerzivní virtuální realitě se nelíší od výuky za použití běžných LCD displejů. Dosažený výsledek ale nelze vysvětlit tím, že iVR nenabízí potenciálně vyšší efektivitu výuky. Autoři z důvodu max. kontroly použili typ výukové úlohy, který byl identicky pro 2D i pro iVR. Užití imerzivní virtuální reality ale právě u vybraného typu úkolu neznamenalo žádnou přidanou hodnotu. Výzkumníci sice měli jistotu, že jedinou měnící se proměnnou v designu byl typ média, ale zároveň naprosto rezignovali na samotnou podstatu a konkurenční výhodu nového typu média (iVR). V rámci výukového prostředí studenti pouze pasivně sledovali obrázky za současného doprovodného vysvětlování tématu. Koukat se na několik statických obrázků v iVR opravdu žádnou výhodu média nepřináší. Velice podobné omezení smysluplnosti se objevilo v podobně zaměřené studii ve stejném časopise o 16 let později. A nepřekvapivě s velice podobným výsledkem. Parong a Mayer (2018) srovnávali využití iVR při edukaci tématu lidského těla. Sice v tomto případě byla umožněna základní interakce, uživatel si např. mohl přiblížit erytrocyt, v principu se ale stále jednalo o 360° video (viz obrázek 1). Ani zde nebyl plně rozvinut skutečný potenciál a skutečná výhoda imerzivního virtuálního prostředí.



Obr. 1: Ukázka z aplikace The body VR: Journey Inside a Cell. Zdroj youtube.com

Otázkou či spíše výzvou je, jak uchopit výzkumný design, aby zároveň bylo možné dojít ke konkluzivním vypovídajícím výsledkům a zároveň se nevytrácela podstata. Možnou cestou by bylo, např. v kontextu porovnání efektivity výukových médií, použít přístup, ve kterém by byly porovnány dvě optimální řešení pro každé médium. Zároveň by byly ale precizně popsány rozdíly. Čtenář by měl jasné výsledky s tím, že by mohl reflektovat možnost skrytého efektu intervenujících proměnných.

3 Řešení úlohy v experimentu neodpovídá skutečnému způsobu práce

Jednou z dalších forem „kastrace“ výzkumu je cílená snaha výzkumníka omezit, resp. striktně definovat typ možných kognitivních operací v experimentální úloze. Důvod je prostý. Jednoduché reakce či aktivity se výrazně lépe měří a analyzují než komplexní chování. Tento fenomén je velice častý mj. v oblasti práce s mapou, která představuje komplexní a informačně bohatou reprezentaci. Výzkumníci redukují celou typickou škálu činností, které reálně jedinec provádí s mapou (mj. srovnávání, řazení, aggregace) na jednu vybranou izolovanou aktivitu – např. vizuální vyhledávání či zapamatování při krátké expozici (například Stachoň et al., 2018). Z výsledků potom usuzují např. na větší efektivitu jedné metody nad druhou, nebo na různou úroveň schopnosti vybraných populací řešit dané úlohy na mapě. Nevyčleňovat dílčí procesy či jevy mimo kontext je zvláště důležité mj. v interkulturním výzkumu. Vizuální vyhledávání objektů a jejich diskriminace na mapě ale odpovídá pouze jedné fázi v komplexním procesu práce s mapou a rychlosť sama o sobě může mít pouze marginální význam. Je to jako posuzovat schopnost porozumět románu z měření, jak rychle participant vyhledá na stránce slovesa. Anebo schopnost rozpoznat výřezy mapy při předchozí 500milisekundové expozici 100 položek analogicky odpovídá úloze, pokud bychom z románu ukázali každou desátou stránku na vteřinu a z počtu rozpoznaných stránek usoudili na schopnost zapamatování si příběhu.

4 Závěr

Výše uvedené příklady ilustrují fenomén, kdy výzkumníci postupují pragmaticky z hlediska zachování čistoty výzkumného postupu, přitom ale zároveň značně limitují užitečnost a smysluplnost svých výzkumů. V prvním případě jsou sice obsahy výukových lekcí srovnatelné, ale za tu cenu, že nebyla skutečně využita výhoda nového média. Ve druhém případě již výzkumníci rezignují na skutečnou bohatost realistického řešení úlohy a raději měří pouze to, co se dobře a snadno měří a vyhodnocuje. Domníváme se, že tato pragmatika může vycházet i z potřeby přizpůsobit se recenznímu řízení. Vždyť jaká je šance, že bude akceptovaná experimentální studie, u které autoři sami explicitně uvedou, že výsledný efekt může být zapříčiněn nejen nezávislou proměnnou, a že tedy neměli vše zcela pod kontrolou.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou grantové agentury GAČR v rámci projektu „The influence of socio-cultural factors and writing system on perception and cognition of complex visual stimuli“ (GC19-09265J).

Literatura

- Moreno, R., a Mayer, R. E. (2002). Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. *Journal Of Educational Psychology*, 94(3), 598-610. <http://doi.org/10.1037//0022-0663.94.3.598>
- Parong, J., a Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal Of Educational Psychology*, 110(6), 785-797. <http://doi.org/10.1037/edu0000241>
- Stachoň, Z., Šašinka, Č., Čeněk, J., Angsüsser, S., Kubíček, P., Štěrba, Z., a Bilíková, M. (2018). Effect of Size, Shape and Map Background in Cartographic Visualization: Experimental Study on Czech and Chinese Populations [Online]. *Isprs International Journal Of Geo-Information*, 7(11). <http://doi.org/10.3390/ijgi7110427>

Kolaborativní imerzivní virtuální prostředí jako nástroj pro výzkum interkulturních rozdílů

Alžběta Šašinková^{1,2}, Čeněk Šašinka¹

Kabinet informačních studií a knihovnictví, Filozofická fakulta¹

Katedra psychologie, Fakulta sociálních studií²

Masarykova univerzita, Brno 602 00

st.betty@mail.muni.cz, ceneksasinka@gmail.com

Abstrakt

K rozpoznávání interkulturních rozdílů jsou zpravidla využívány zjednodušené úlohy prezentované ve 2D zobrazení, což může mít za následek opomenutí důležitých poznatků nebo i zkreslení získaných dat. Kolaborativní imerzivní virtuální prostředí (CIVE) oproti tomu přináší možnost sledovat a vyhodnocovat chování a jednání osob při společném řešení úlohy v nebývalém detailu a zároveň velmi komplexně. Předmětem analýzy zde jsou jak kognitivní, tak i sociální aspekty. Technologie CIVE např. umožnuje přesně sledovat a vyhodnocovat informace o proximitě avatarů či četnosti komunikace a zároveň okulomotorické chování řešitelů. Díky různorodosti sledovaných parametrů můžeme získat výrazně komplexnější obraz interkulturních rozdílů než dosud.

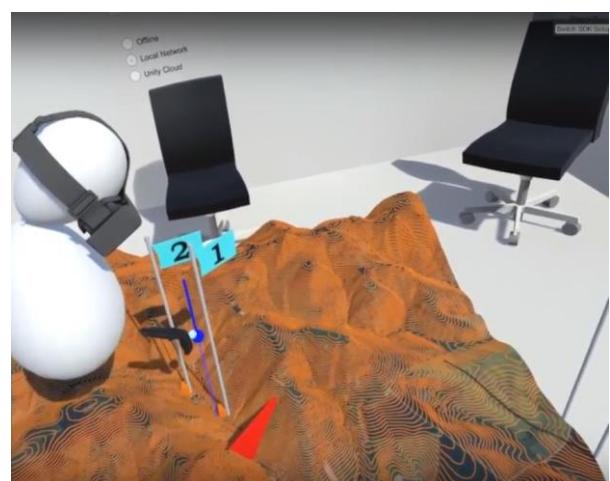
1 Kolaborativní imerzivní virtuální realita

Virtuální realita je technologie rychle nabývající na významu, jejíž šíře využití se rozvíjí stejně rychle jako technické kvality. Brýle pro virtuální realitu (*head-mounted display, HMD*) umožňují díky využití stereoskopického zobrazení zážitek ponoření se (imerze) do simulovaného prostředí. Kromě vizuálního vjemu je dnes standardní součástí HMD rovněž zařízení pro zprostředkování sluchových vjemů. V tomto virtuálním světě se může uživatel skrze svého avatara volně pohybovat, interagovat s prostředím a manipulovat s ním. Na brněnské Masarykově univerzitě vzniklo unikátní řešení kolaborativního imerzivního virtuálního prostředí (*CIVE*) (Šašinka et al., 2018), které k přednostem klasické VR přidává zásadní výhodu – na stejném „virtuálním místě“ se může ve stejnou chvíli ocitnout více osob, které se mohou v reálu nacházet na různých koncích světa. V CIVE spolu mohou v reálném čase komunikovat a spolupracovat na společném úkolu. Ač primárně vyvíjena pro edukační využití, skýtá tato technologie obrovský potenciál pro výzkum. Pro účely tohoto příspěvku je klíčová možnost hloubkové analýzy

interakcí uživatelů a interkulturní srovnání způsobů interakce mezi řešiteli různých národností.

Kromě kognitivních aspektů, které typicky sledujeme při validizaci vzdělávacích programů (pre-test a post-test úrovně znalostí, správnost řešení úlohy, čas potřebný k vyřešení úlohy atp.) nám CIVE umožňuje pozorovat, zaznamenat a analyzovat nezměrné množství dat také o sociálních aspektech řešení úlohy. Cenné mohou být informace například o kvantitě a povaze interakcí mezi řešiteli (jejich verbální komunikace i očního kontaktu, gestice apod.), vzdálenosti mezi jejich avatary, trajektoriích jejich pohybů ve virtuálním prostředí, očních pohybech řešitelů, způsobu manipulace s virtuálním prostředím a objekty v něm a podobně. Všechna tato data jsou z CIVE snadno dostupná a poskytují objemný a obsažný balík, v němž lze explorativní analýzou nalézat známé i dosud nerozkryté vzorce.

A právě systematický explorativní výzkum hraje například podle Viviana Vignolese a jeho kolegů klíčovou roli, pokud jde o to, jak předcházet zkreslení závěrů kulturním biasem výzkumníků a zároveň usnadnit vytváření ověřitelných a platných teorií (Vignoles et al., 2016).



Obr. 1: Ukázka vzdělávací aplikace CIVE (Šašinka et al., 2018) zaměřené na výuku geografie (konkrétně vrstevnic): pohled jednoho řešitele na avatara druhého

řešitele při práci na úkolu týkajím se nadmořské výšky bodů označených vlajkami.

2 Sebepojetí v interkulturním srovnání

Kam konkrétně zaměříme pozornost při studiu interakcí v CIVE, je samozřejmě na výzkumníkovi. Příkladem psychologického fenoménu, který je možné zkoumat skrze analýzu způsobu interakce v CIVE, je sebepojetí (*self-construals*), tedy způsobu, jakým se jednotlivci nejen pojímají, ale také jak se vztahují ke svému okolí.

Markusová a Kitayama (1991) došli k závěru, že Asiaté pojetí sebe sama odvozují od vztahů k druhým lidem, míry, do jaké „zapadají“ do společnosti a jak s ní vycházejí (*interdependent self-construal*). Oproti tomu Američané prý takovou formu propojení nijak neoceňují; důležitá je pro ně nezávislost a sebevyjádření a spoléhají se hlavně sami na sebe (*independent self-construal*). Vignoles (2016) zjistil, že tak jednoduchá dichotomie Východ-Západ nefunguje, sebepojetí má více komponent a ty se projevují v různých kulturních kontextech v různé míře.

Za předpokladu, že se nám podaří na základě dobře zakotvené, validní teorie identifikovat projevy chování charakteristické pro jednotlivé komponenty sebepojetí, můžeme toto chování pozorovat a velmi precizně analyzovat právě prostřednictvím CIVE a úloh, na nichž budou pracovat skupiny různých národností. Zjednodušeně řečeno můžeme například sledovat, jak moc a jak dlouho řešitelé při plnění úlohy hovoří, jak často se v řeči střídají, jestli mezi sebou navazují oční kontakt, snaží se pomocí gest přiblížit své myšlenkové operace kolegům, zda se divají tam, kam jim kolegové ukazují, jestli si řešení úlohy řešitelé rozdělili, nebo naopak společně pracují na stejném oddílu úlohy. Dále pak můžeme sledovat, jestli se ptají na názor kolegy nebo si říkají o pomoc či radu, zda své závěry konzultují s kolegy nebo je přizpůsobují názorům spoluřešitelů a tak dále. Z toho poté budeme v konečném důsledku moci usuzovat kupříkladu na komponenty sebepojetí, jako je *spoléhání na sebe vs. závislost na ostatních* (dle Vignoles, 2016).

Podobně lze ale hledat a sledovat vzorce typické i pro zcela jiné individuální rysy (další, který se nabízí k analýze, je např. kognitivní styl).

Tým na Masarykově univerzitě je aktuálně ve fázi cizelace výzkumných designů a jedním z cílů naší práce je nyní iterativním postupem vytvořit a kompletovat seznam proměnných, které jsou relevantní pro sledování v interkulturním kontextu.

3 Závěr

CIVE může být při správném využití malou revolucí v analýze chování jedinců a sociálních interakcí, protože nám umožňuje získat velmi komplexní balík

různorodých dat. A porovnání tzv. tvrdých dat (jako jsou eye-trackingová data nebo informace o proximitě avatarů) s obsahem komunikace uživatelů může přinést cenné informace o příčinách chování uživatelů. Na druhou stranu s sebou velké množství různých typů a formátů dat nese rovněž časovou a znalostní náročnost při jejich zpracování. Aby taková práce měla smysl, je nezbytná existence a znalost validní teorie, což v některých oblastech psychologického výzkumu není samozřejmostí.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou grantové agentury GACR v rámci projektu „The influence of socio-cultural factors and writing system on perception and cognition of complex visual stimuli“ (GC19-09265J).

Literatura

Markus, H. R. a Kitayama, S. (1991). Culture and the self: Implications for cognition, emotion, and motivation. *Psychological Review* [online]. **98**(2), 224-253.
<http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0033-295X.98.2.22>

Šašinka, Č., Stachoň, Z., Sedlák, M., et al. (2019). Collaborative Immersive Virtual Environments for Education in Geography. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. **8**(1), 3.
<https://doi.org/10.3390/ijgi8010003>

Vignoles, V. L., Owe, E., Becker, M. et al. Beyond the ‘east–west’ dichotomy: Global variation in cultural models of selfhood. *Journal of Experimental Psychology: General* [online]. 2016, **145**(8), 966-1000.
<http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/xge0000175>

Modulární neuronové sítě: metody zvyšující robustnost sémantického popisu scény

Gabriela Šejnová, Michal Vavrečka

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky

Jugoslávských partyzáňů 1580/3, 160 00 Praha 6

Email: gabriela.sejnova@cvut.cz, michal.vavrecka@cvut.cz

Abstrakt

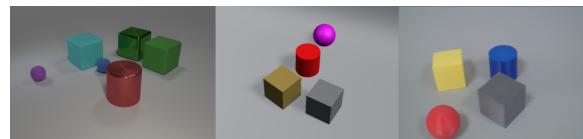
Nejnovější modely založené na modulárních neuronových sítích dosahují lidské přesnosti v úloze Visual Question Answering (zodpovídání otázek k obrázkům). Ačkoliv zvládají zodpovídat v přirozeném jazyce i velmi komplexní otázky, mezi odpověďmi chybí základní logická konzistence (tedy $1+1=2$). Právě proto používáme ucelenosť popisu sémantické scény jako metriku pro další zlepšení současných architektur. V článku se soustředíme na závislost přesnosti odpovědí na úhlu pohledu na scénu. Ukazujeme, že současné modely nezvládají generalizovat napříč různými úhly a navrhujeme vlastní upravený dataset, který tuto přesnost zvyšuje.

1 Úvod

Jedním z intenzivně zkoumaných problémů umělé inteligence je propojení mezi jazykem a obrazem, tedy sémantický popis viděného. Jednou ze současných úloh testujících tuto schopnost je Visual Question Answering (VQA), kdy je modelu prezentován obrázek a otázka v přirozeném jazyce týkající se jeho obsahu, přičemž na výstupu je očekávána správná odpověď (Agrawal a spol. (2017)). V posledních několika letech dosáhly state-of-the-art modely velkého pokroku v této úloze, na benchmarkovém datasetu CLEVR dosahují přesnosti až 98% (Mascharka a spol. (2018), Suarez a spol. (2018), Perez a spol. (2018)). Klíčovou vlastností těchto architektur je jejich kompozicionální struktura - jedná se o set specializovaných neuronových sítí (modulů), přičemž každá je trénovaná pro jednu logickou operaci (např. filtrování vlastnosti objektů). Tyto moduly jsou poté sekvenčně řetězeny dle konkrétní otázky tak, aby selektivní pozornost mohly z obrazu odvodit správnou odpověď (Johnson a spol. (2017a)).

V této práci se zaměřujeme na jednu ze slabin těchto modelů - logickou inkonzistenci mezi odpověďmi pro jednu scénu. Je-li odpověď na otázku "Kolik je na obrázku objektů?" číslo 4, musí dávat odpovědi na otázky "Kolik vidíš krychlí/válců/koulí?" také součet 4 (za předpokladu, že existují jen tyto tři tvary). Dle našeho předešlého výzkumu (Sejnova a spol. (2018)) dosahují současné modely pouze 56% konzistentnosti na syntetickém

CLEVR datasetu, po natrénování na námi upravené verzi tohoto datasetu (CLEVR COUNT) až 97% přesnosti, při testování na reálných fotografiích jsou ale výsledky značně horší. Při převodu do reálného světa totiž není dodržen fixní úhel kamery, z které byl generován původní dataset. Naše výsledky ukazují, že pro zvýšení konzistence na reálných datech je třeba vnést variabilitu v úhlech pohledu již do trénovací fáze.



Obr. 1: Porovnání mezi použitými datasety. Zleva: CLEVR (originál), GYM dataset a reálná data (pouze pro testování).

2 Současné datasety a jejich vylepšení

Jedním z benchmarkových datasetů zaměřených na řetězení logických operací při zodpovídání otázek je syntetický dataset CLEVR (Johnson a spol. (2017a)). Skládá se ze scén vygenerovaných v programu Blender, obsahujících jednoduchá primitiva s omezeným spektem vlastností (3 tvary, 2 materiály, 2 velikosti a 8 barev). Otázky, generované automaticky, jsou směrovány právě na tyto vlastnosti ("Jakou barvu má velký válec napravo od žluté koule vzadu?") a prostorové vztahy mezi objekty. Protože jsou kladený náhodně, jsou při trénování zapojeny všechny funkční submoduly, chybí však kontrola distribuce jednotlivých typů otázek. Z dříve provedené analýzy (Sejnova a spol. (2018)) vyplynulo, že modul pro počítání (*count* module) je v datasetu zapojený méně a vede tedy modely k nepřesnému počítání, zejména co se týče logické konzistence.

Z tohoto důvodu jsme nejprve vytvořili adaptaci původního CLEVR datasetu, nazvanou *CLEVR COUNT*, která sestává ze stejného setu obrázků, avšak otázky jsou zaměřeny pouze na počítání buď celkového počtu objektů, nebo objektů dané vlastnosti ("Kolik vidíš objektů? Kolik koulí? Kolik krychlí?"). Samotné natrénování vybraného state-of-the-art modelu TbD (Mascharka a spol. (2018)) na tomto datasetu zvýšilo logickou konzistenci o desítky procent (viz Tab. 1). Při

Train	Test	Count objects	Count shapes	Count color
CLEVR COUNT		64.5 (56.1)	94.9 (57.1)	99.6 (62.9)
CLEVR GYM(3)		69.5 (35.6)	95.8 (63.1)	92.2 (37.6)
CLEVR REAL(3)		51.2 (17.2)	84.5 (41.1)	87.3 (19.0)
COUNT COUNT		99.6 (97.4)	98.4 (97.5)	100 (99.4)
COUNT GYM(3)		97.0 (87.8)	99.1 (95.6)	98.4 (88.9)
COUNT REAL(3)		85.9 (55.2)	90.0 (71.8)	95.2 (64.4)
GYM COUNT		12.5 (0.1)	37.6 (2.2)	42.3 (0.1)
GYM GYM(2)		100.0 (99.4)	99.9 (99.9)	99.9.0 (99.4)
GYM REAL(3)		51.5 (17.2)	84.7 (41.1)	87.1 (19.0)

Tab. 1: Přesnost počítání objektů u jednotlivých modifikací TbD modelu (REAL = reálná data). První sloupec označuje dataset, na kterém byl model trénován, druhý sloupec testovací dataset (v závorce číslo nejpřesnějšího viewportu) a zbylé tři přesnost počítání v dané kategorii. Hodnota v závorce odpovídá logické konzistenci. Hodnoty jsou v procentech.

testování na reálných datech bylo nasnímáno celkem 150 scén, každá z 9 různých (předem daných) úhlů. Snímání proběhlo pomocí robotického manipulátoru Kuka IIWA LBR 7 s připevněnou kamerou Basler Dart (5 MPx, 25 FPS). Pro ovládání ramene a akvizici snímků byl použit robotický operační systém ROS (Quigley a spol. (2009)). Logická konzistence vypočtená na reálných datech měla podstatně slabší výsledky - možným důvodem bylo zatížení trénovaného modelu na konkrétní, fixní úhel kamery, z něhož byla scéna v CLEVR datasetu snímána.

Dalším krokem byla tvorba datasetu podobného CLEVRu, generovaného ve virtuálním prostředí OpenAI Gym (Brockman a spol. (2016)), kdy každá scéna je zachycena z 9 rozdílných úhlů (prac. název GYM dataset). Výsledkem je dataset s 90 000 obrázky (10 000 scén x 9 viewportů) a 1 080 000 trénovacími otázkami (12 otásek/scénu zaměřených na počítání objektů v kategoriích *všechny objekty/tvary/barvy*). Zmíněný TbD model jsme natrénovali jak na původním CLEVR datasetu, tak i na našem CLEVR COUNT datasetu a na posledním zmíněném GYM datasetu. Výslednou architekturu jsme testovali z hlediska logické konzistence na obrázcích z CLEVR a GYM datasetu, ale i na reálných datech. Výsledky můžete vidět v Tab. 1.

3 Výsledky a závěr

Po natrénování TbD modelu (Mascharka a spol. (2018)) na GYM datasetu s 9 viewporty dosahovala přesnost odpovědí na stejném datasetu ve všech kategoriích přibližně 100 %, což je několikaprocentní zlepšení oproti naší předchozí verzi modelu natrénovaném na COUNT datasetu. Testování na ostatních datasetech COUNT (s CLEVR obrázky) a REAL však ukázalo přesnost naopak výrazně nižší oproti oběma předchozím verzím. Takovýto rozdíl je pravděpodobně způsoben sníženou variabilitou nového GYM datasetu, který obsohal pouze objekty stejně velikosti a materiálu a v

renderu se neměnilo osvětlení tak, jako v originálním CLEVR datasetu. Dalším krokem tedy bude vylepšit kvalitu renderu a variabilitu objektů v GYM datasetu natolik, aby model dosahoval stejně vysoké přesnosti na všech třech datasetech.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory Studentské grantové soutěže ČVUT, č. SGS18/205/OHK3/3T/37, grantu TAČR TL02000362 a projektu INAFYM - CZ.02.1.01/0.0/0.0/16.019/.

Reference

- Agrawal, A., Lu, J., Antol, S., Mitchell, M., Zitnick, C. L., Parikh, D. a Batra, D. (2017). Vqa: Visual question answering. *International Journal of Computer Vision*, 123(1):4–31.
- Brockman, G., Cheung, V., Pettersson, L., Schneider, J., Schulman, J., Tang, J. a Zaremba, W. (2016). Openai gym. *arXiv preprint arXiv:1606.01540*.
- Johnson, J., Hariharan, B., van der Maaten, L., Fei-Fei, L., Zitnick, C. L. a Girshick, R. (2017a). Clevr: A diagnostic dataset for compositional language and elementary visual reasoning. V *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017 IEEE Conference on*, str. 1988–1997. IEEE.
- Johnson, J., Hariharan, B., van der Maaten, L., Hoffman, J., Fei-Fei, L., Zitnick, C. L. a Girshick, R. B. (2017b). Inferring and executing programs for visual reasoning. V *ICCV*, str. 3008–3017.
- Mascharka, D., Tran, P., Soklaski, R. a Majumdar, A. (2018). Transparency by design: Closing the gap between performance and interpretability in visual reasoning. V *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, str. 4942–4950.
- Perez, E., Strub, F., De Vries, H., Dumoulin, V. a Courville, A. (2018). Film: Visual reasoning with a general conditioning layer. V *Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence*.
- Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., Wheeler, R. a Ng, A. Y. (2009). Ros: an open-source robot operating system. V *ICRA workshop on open source software*, vol. 3, str. 5. Kobe, Japan.
- Sejnova, G., Tesar, M. a Vavrecka, M. (2018). Compositional models for vqa: Can neural module networks really count? *Procedia computer science*, 145:481–487.
- Suarez, J., Johnson, J. a Li, F.-F. (2018). Ddrprog: A clevr differentiable dynamic reasoning programmer. *arXiv preprint arXiv:1803.11361*.

Jak číst a aplikovat normy o kolaborativních robotech

Petr Švarný a Matěj Hoffmann

ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra kybernetiky

Karlovo náměstí 13 121 35 Praha 2

Email: petr.svarny@fel.cvut.cz, matej.hoffmann@fel.cvut.cz

Abstrakt

Průmyslová odvětví bývají doprovázena řadou norem či standardů, které umožňují regulovat dané odvětví. Přestože má norma sloužit jako návod pro pracovníky z oboru, sama je často psaná spíše jazykem právníků než uživatelů. Z tohoto důvodu a také pro svou vysokou cenu mohou normy připomínat spíše bedlivě střežená tajemství než snahu komunikovat obsah srozumitelně. Sami se zabýváme normou pro kolaborativní robotiku, ISO/TS 15066, s kterou jsme se pro naši práci museli podrobně seznámit. V tomto příspěvku představujeme základní poznatky o normách a rady jak je převést do praxe. Pracujeme s normou pro kolaborativní roboty, ale rady jsou platné obecně, nejen normy, které jsou vydávány ISO nebo se týkají robotů (např. pro psychology ISO 10667-1).

1 Základní charakter standardů

Se standardy, či česky normami, se vědomě nebo nevědomě setkává každý. Citace odborné práce jsou nejvíce upraveny v souladu s ISO 690 (2010), k internetu se připojuje pomocí Wi-fi v souladu s IEEE 802.11 a IEEE 802.16 a mnoho dalších. Normy představují zejména vodítko pro výrobce a tvůrce pro zajištění kvality jejich služeb. Tím spíš jsme jimi obklopeni i jako uživatelé těchto služeb.

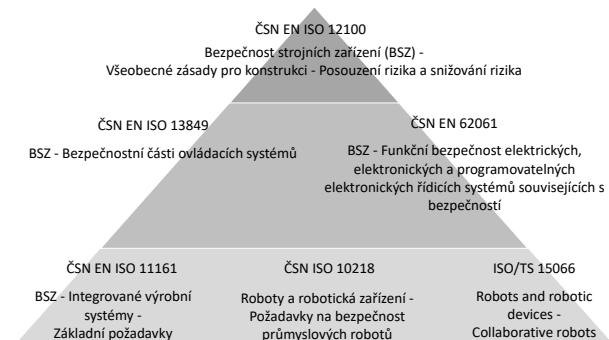
Všechny tyto normy vznikají v organizacích, které mohou být soukromé nebo státní. Nejznámější organizací je International Standard Organization (ISO, používá značku ISO). Na úrovni jednotlivých států potom existují národní agentury, které standardy (nejen od ISO) přejímají a překládají. V České republice je takovou organizací Česká agentura pro standardizaci (ČAS, značka ČSN). Evropská unie má také svou agenturu European Committee for Standardization (CEN, značka EN). Kromě toho existuje i mnoho organizací, které se zabývají specifickými obory, např. Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association (IEEE-SA, značka IEEE). Agentury mohou mezi sebou standardy přejímat (ISO a CEN) či naopak se specializovat jen na úzkou oblast (zmiňovaná IEEE-SA se zabývá normami spojenými s elektronikou). Vzhledem k tomu, že normy ISO jsou nejvíce rozšířené a týkají se i naši normy, budeme se blíže zabývat jimi.

Zejména v případě norem, které se přejímají. Pokud si totiž budete pamatovat jen číslo 10218, můžete skončit u dvou úplně odlišných norem. První je ČSN EN ISO 10218 ‘Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů’, vytvořená ISO, následně přejatá CEN a ČSN. Druhou je ČSN EN 10218 ‘Ocelový drát a výrobky z drátu’, vytvořená CEN a přejatá ČSN.

Daná norma se může dělit na specifičtější části, např. ISO 10218 má dvě části ISO 10218-1 ‘Roboty’ a ISO 10218-2 ‘Systémy robotů a integrace’. Značka TS u zmiňované normy ISO/TS 15066 znamená, že se zatím nejedná o přijatou normu, ale o tzv. ‘technickou specifikaci’, tj. normu v přípravě.

Norma, dokud to nespecifikuje nějaký zákon, může být jen sadou doporučení, jak udělat kvalitní službu nebo způsob, jak se mohou výrobci sjednotit na nějakém designu, aby jejich produkty byly kompatibilní. Samotná norma však nikdy nevynucuje svou aplikaci a ani nemusí být široce rozšířena.

Obsah normy vznikal obvykle během let na základě zkušeností z průmyslu nebo z vědeckých pokusů a několikaleté diskuse v příslušných komisích. V případě námi studované normy byly hodnoty bezpečných sil a rychlostí získány po pěti letech výzkumu a (doslova) pokusech na lidech. Komise s nimi mohla začít pracovat na návrhu normy ISO 15066. Norma však není tesaná do kamene. I když se norma posune z technické specifikace, do plnohodnotného normy, může se ještě dál vyvíjet. Poznatky o vymezení a možnostech kolaborativních robotů z ISO 15066 používají pro vylepšení nových verzí ISO 10218.



Obr. 1: Hierarchie ISO norem v oblasti bezpečnosti.

Pro další práci s normou je tedy podstatné, za jakým účelem ji používáme. Lze rozlišit dvě hlavní motivace: (a) Můžeme ji využívat jako ‘best practices’ – hodnoty či postupy je dobré projít a pochopit jejich funkčnost, avšak nemusíme se jich striktně držet; (b) Pokud chceme normu použít k ustanovení shody s požadavky a získat certifikát o takové shodě, potom je norma kontrolním listem. Tento list bude procházen bod po bodu a ve všech byste měli normu dodržet.

2 Hierarchie

ISO normy jsou hierarchicky seřazeny podle toho, jakou mají působnost, od nejobecnějších až po specifické. Díky tomu by měly pokrýt většinu daného odvětví.

Specifické standardy se zaměřují na určitou podoblast daného oboru a pravidla rozvíjejí a upřesňují. Pokud je ve specifické normě něco upřesněno, měla by se uplatnit právě ona a ne nadřazená obecnější norma.

Nejobecnější normy jsou o správě nebo výrobě obecně (např. ISO 9001 (2015) o kvalitě). Obecné normy se snaží popsat základní poznatky oboru a ustanovit všeobecnou pravidla. Normě o kolaborativních robotech je nadřazena norma o robotech obecně, tj. ISO 10218 (2011). Ta mimo jiné již zmiňovala kolaborativní roboty, avšak neupřesňovala, jak konkrétně se s nimi má zacházet. Obecná pravidla samozřejmě nemusí vždy dávat smysl, např. mohou být zbytečně přísná pokud přistupujete k lehkému kolaborativnímu roboť stejně jako k těžkému průmyslovému roboťu.

3 Ukázka zlidštění normy

Podobně jako u právních textů se musíme vyrovnat se specifickým jazykem. Dokonce i samotný popis je standardizován, kdy se přesně rozlišuje mezi významem sloves shall (normativní a povinné), should (doporučení nebo tzv. good practice), may (povoleno) a can (čistě faktické tvrzení o možnosti).

Z naší zkušenosti je lepší vyjít ze specifického standardu a postupně se tím dostat k relevantním obecnějším normám, na které se norma odvolává. Z těchto norem si potom vytvořit vlastní, čitelnější, shrnutí, které bude kombinovat znalosti ze všech relevantních norem.

Z ISO 10218 vychází definice základních pojmu jako je kolaborativní operace či kolaborativní pracovní prostor, které celkem odpovídají tomu, co by člověk očekával. Podstatnější je, že standard také zavádí hierarchii prostorů, kde kolaborativní prostor je nejspecifickým prostorem, součástí sledovaného a operačního prostoru. Stejná norma již představuje i čtyři způsoby, jak může člověk a robot spolupracovat. Těmi je bezpečné zastavení (safety-rated monitored stop), ruční vedení (hand guiding), sledování rychlosti a vzdálenosti (speed and separation monitor-

ing) a omezení síly a výkonu (power and force limiting). Ve standardu pro kolaborativní roboty se již přesně příše, jaké hodnoty se mají použít v jednotlivých způsobech spolupráce.

Převodem standardu kolaborativních robotů do praxe se zabývá také samostatný evropský projekt COVR (Bessler a spol., 2019). Projekt je zhmotněním zmiňované volnosti interpretace standardu, neboť jeho prvním cílem je hledat postupy, jak efektivně vytvářet kolaborativní aplikace, aby bylo co nejsnadnější aplikace s bezpečnou kolaborací vytvářet.

4 Závěrem

Ač mohou normy na první pohled působit neproniknutelně, je možné normu přeložit do rychle a lehce aplikovatelných pravidel. Vždy je však třeba brát v potaz cíl použití dané normy.

Poděkování

P. Š. a M. H. čerpali podporu z grantu GA17-15697Y Grantové agentury ČR; P.S. byl z části také podpořen ČVUT v Praze, grant č. SGS18/138/OHK3/2T/13.

Bibliografie

Bessler, J., Schaake, L., Bidard, C., Buurke, J. H., Lassen, A. E. B., Nielsen, K., Saenz, J. a Vicentini, F. (2019). Covr – towards simplified evaluation and validation of collaborative robotics applications across a wide range of domains based on robot safety skills. Carrozza, M. C., Micera, S. a Pons, J. L. (et al.), V *Wearable Robotics: Challenges and Trends*, str. 123–126, Cham. Springer International Publishing.

ISO 10218 (2011). ISO 10218 Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots. Standard, International Organization for Standardization, Geneva, CH.

ISO 690 (2010). ISO 690 Information and documentation – Guidelines for bibliographic references and citations to information resources. Standard, International Organization for Standardization, Geneva, CH.

ISO 9001 (2015). ISO 9001 RQUALITY MANAGEMENT SYSTEMS. Standard, International Organization for Standardization, Geneva, CH.

ISO/TS 15066 (2016). ISO/TS 15066 Robots and robotic devices – Collaborative robots. Standard, International Organization for Standardization, Geneva, CH.

Computational model of CA1 pyramidal cell with meta-STDP stabilizes under ongoing spontaneous activity as *in vivo*

Matúš Tomko, Lubica Benušková

Centre for Cognitive Science, DAI FMPI UK, Mlynská dolina, 84248 Bratislava, Slovakia
matus.tomko@fmph.uniba.sk; lubica@ii.fmph.uniba.sk

Peter Jedlička

Institute of Medical Informatics, Faculty of Medicine, Justus-Liebig-University, Rudolf-Buchheim-Str. 6,
D-35392 Giessen, Germany
peter.jedlicka@informatik.med.uni-giessen.de

Abstract

Synaptic plasticity is the basic mechanism of learning and memory. It is the ability of neurons to change efficacies of synaptic weights in response to stimuli. There is no general agreement on which synaptic plasticity rule(s) hold in the brain, although some general principles have been agreed upon. Thus, we implemented the Spike-Timing Dependent Plasticity rule with metaplasticity (meta-STDP) in a biophysically realistic computational model of hippocampal CA1 pyramidal cell in order to model synaptic plasticity in alive hippocampus. Characteristic feature of the brain *in vivo* is an ongoing spontaneous or background activity in neural circuits. Neurons should not change their weights as a result of this background activity, only when a statistically different pattern of input activity appears. As a first step in our research, we subjected our CA1 model to realistically simulated input activity and we have achieved realistic output spontaneous activity and stabilization of synaptic weights after a short time.

1 Introduction

Synaptic plasticity is ability of synapses to change their strength or efficacy of the synaptic transmission according to input/output activity (Hughes, 1958). It is considered as a critical neural mechanism for learning and memory. In the field of hippocampus, the research is focused primarily on long-term synaptic changes lasting minutes, hours, or months. They are called long-term potentiation (LTP) and long-term depression (LTD) of synaptic efficacy.

Several models of synaptic plasticity have been proposed (Mayr and Partzsch, 2010). Meta-STDP rule (Benuskova and Abraham, 2007) is a synaptic rule that combines classical STDP (spike-timing dependent plasticity; Markram et al., 1997) and metaplasticity (Abraham, 2008). The main idea of metaplasticity is that previous presynaptic and postsynaptic

activity affects the sign and size of synaptic plasticity at the stimulated synapses (Abraham, 2008). Benuskova and Abraham (2007) used this approach to modify classical STDP rule. Magnitudes of LTP / LTD in the meta-STDP are dynamically changed as a function of a previous average postsynaptic activity (Benuskova and Abraham, 2007). Computational models of the granule cell endowed with this rule were able to reproduce experimental results of synaptic plasticity occurring in the dentate gyrus, provided the model exhibited ongoing spontaneous activity (Benuskova and Abraham, 2007; Jedlička et al., 2015). Based on computer simulations, the authors concluded that ongoing spontaneous activity is the key factor that determines the degree of long-term potentiation and long-term depression. The role of spontaneous activity in the induction of heterosynaptic LTD has been experimentally confirmed by Abraham et al. (2007). As predicted by the model, procaine infusion into the lateral path fibers, sufficient to transiently block neural activity in this pathway, prevented the induction of LTD in the lateral path following medial path high-frequency stimulation. Similar conclusions have been reached by Dong et al. (2008) who concluded that coincident activity of afferent pathways in the CA1 region can induce either LTP only or LTP/LTD depending on the experimental stimulation protocol and the state of hippocampal activity. The hippocampal EEG power was higher in urethane-anaesthetized rats and much higher in awake rats, which was correlated to the magnitude of LTD in following commissural pathway but not to that of LTP in preceding Schaffer pathway (Dong et al., 2008).

CA1 pyramidal cells are principal excitatory cells in the hippocampal CA1 region. Ovoid cell bodies are located in the stratum pyramidale. A surface area of the pyramidal cells body is $465 \pm 50 \mu\text{m}^2$ and a diameter is $\sim 15 \mu\text{m}$. CA1 pyramidal cell dendrites are classified into nine categories according to location,

diameter, length and spine density. Basal dendritic tree is formed of primary dendrites (3 – 5) located in the stratum oriens. Proximal dendrites (close to the soma) are thick with few or no dendritic spines. Thin distal dendrites are densely covered with spines. CA1 pyramidal cells express typically one thick apical trunk. In the stratum radiatum, the apical dendrite giving off from 9 to 30 oblique side thin branches. After reaching the stratum lacunosum-moleculare they end with the bifurcation and form the dendritic tuft in this layer. Dendrite spines increase the dendritic surface area. They are the main target of excitatory synaptic connection. The total number of excitatory synapses was estimated on over 30 000. Their relative representation on individual parts of the dendritic tree is as follows: 38.3% on the stratum oriens distal dendrites, 0.8% on the stratum oriens proximal dendrites, 0.9% on the stratum radiatum thick medial dendrites, 7.1% on the stratum radiatum thick distal dendrites, 47.1% on the stratum radiatum thin dendrites, 1.6% on the stratum lacunosum-moleculare thick dendrites, 1.4% on the stratum lacunosum-moleculare medial dendrites, and 2.8% on the stratum lacunosum-moleculare thin dendrites (Megías et al., 2001).

The entorhinal-hippocampal system is characterized by occurrence of different types of oscillations. Dominant are theta (~6–10 Hz) and gamma (~30–150 Hz) oscillations that are often correlated with spatial navigation and memory. Timing and strength of inputs from EC and CA3 have significant role on the activity of the CA1 pyramidal cells (Buzsáki, 2002; Schomburg et al., 2014). The mean firing rates of individual CA1 pyramidal cells are in range from 0.001 Hz to 10 Hz in different brain states. Distribution of firing rates is strongly skewed and the most of CA1 neurons fires at frequency ~1–2 Hz (Mizuseki and Buzsáki, 2013).

In this work we apply the meta-STDP synaptic plasticity rule to the compartmental model of CA1 and subject the model to the simulated ongoing spontaneous activity. The goal is to optimize the values of parameters in order to achieve dynamically stable synaptic weights.

2 Methods

2.1 Compartmental model of the CA1 cell

NEURON simulation environment (Hines and Carnevale, 1997), version 7.6.5, and Python, version 3.6, running on PC under Windows 7 or Windows 10 were used to create and simulate the model. The model was previously published by Cutsuridis et al. (2009). Source code of the model

is available from the ModelDB database at <https://senselab.med.yale.edu/modeldb/>, accession No. 123815. The CA1 pyramidal cell compartmental model is comprised 15 distinct sections, i.e. soma, axon, 4 stratum oriens (SO) dendritic sections, 3 stratum radiatum (SR) dendritic sections, and 6 stratum lacunosum-moleculare (SLM) dendritic sections (Cutsuridis et al., 2009).

Each section contains a calcium pump and buffering mechanism, a calcium activated slow afterhyperpolarization (AHP) potassium current, a medium AHP potassium current, a high voltage activated (HVA) L-type calcium current, an HVA R-type calcium current, a low voltage activated (LVA) T-type calcium current, an h current, a fast sodium current, a delayed rectifier potassium current, a slowly inactivating M-type potassium current and a fast inactivating A-type potassium current. Active and passive properties were taken from Poirazzi et al. (2003a, 2003b).

2.2 Model inputs

The NEURON built-in class *Exp2Syn* is used to model all excitatory synapses. This class models synaptic conductivity g as a two-state kinetic scheme described by two exponential functions:

$$g(t) = w \left(e^{-\frac{t}{\tau_2}} - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right) \quad (1)$$

where w is synaptic weight, $\tau_1 = 0.5$ ms is the rise time constant, and $\tau_2 = 3$ ms is the decay time constant. The peak conductance represents synaptic weight and is modified according to the plasticity rule (see below).

A total number of excitatory synapses was set at 98 (see Fig. 1). The distribution of synapses on the dendritic tree was determined according to experimental data (Megías et al., 2001). The number of synapses in the stratum oriens distal sections was 40, representing 40.81% of all model synapses. Apical branches in the stratum radiatum were modelled by tree connected sections with total number of 52 excitatory synapses, representing 53.06% of all model synapses. The total number of excitatory synapses in the stratum lacunosum-moleculare sections was 6, representing 6.12% of all model synapses.

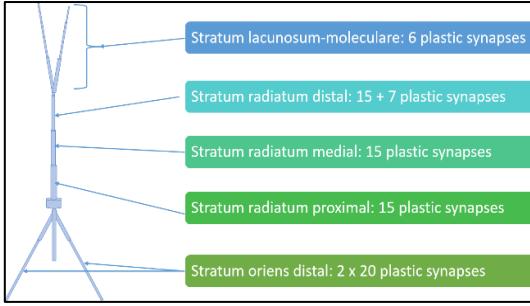


Fig. 1: Compartmental model of CA1 pyramidal cell with position and number of synapses (schematic).

There are two main excitatory synaptic inputs into the CA1 cell, i.e. Schaffer and commissural pathways, which make synapses in all layers except soma and stratum lacunosum-moleculare. In the latter, synapses originate from the perforant path. Based on experimental data from Shinohara et al. (2012), we divided synapses as follows: for stratum oriens 2 x 20 synapses (12 commissural and 8 Schaffer) and for stratum radiatum 17 commissural and 35 Schaffer synapses.

Each synapse received a train of presynaptic spikes that were generated by independent spike generators. In NEURON it is taken care of by the built-in process *NetStim*. Presynaptic spikes sequence delivered to one synapse consisted of a combination of random and periodic spike trains. We have chosen this strategy because we can thus simulate the theta activity that is a prominent state of the hippocampal network (Buzsáki, 2002), plus the background random spikes.

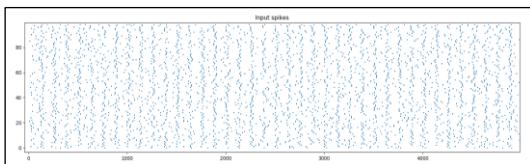


Fig. 2: Ongoing input spontaneous activity over the period of 5s. In this graph the x-axis is the time in ms, and y-axis is the order number of a synapse.

2.3 Synaptic plasticity

Meta-STDP rule was employed to model synaptic plasticity. Implementation of the rule was the same as for the granule cell model in Jedlička et al. (2015). We too have used the presynaptic centered pairing scheme because it is biologically relevant and compatible with the Bienenstock-Cooper-Munro (BCM) theory. In this scheme, for each presynaptic spike, only one last and one next

postsynaptic spike is considered. The weight change is calculated as:

$$w(t + \Delta t) = w(t)(1 + \Delta w_p - \Delta w_d) \quad (2)$$

where Δw_p is positive weight change and Δw_d is negative weight change.

On the one hand, the positive weight change (potentiation) occurs when presynaptic spike precedes postsynaptic spike. On the other hand, weakening of the weight (depression) occurs when postsynaptic spike precedes presynaptic spike. It is formulated as:

$$\Delta w_p(\Delta t) = A_p \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau_p}\right) \Delta t > 0 \quad (3)$$

$$\Delta w_d(\Delta t) = A_d \exp\left(\frac{\Delta t}{\tau_d}\right) \text{ if } \Delta t < 0 \quad (4)$$

where $\Delta t = t_{post} - t_{pre}$, A_p and A_d are amplitudes, τ_p and τ_d are decay constants for the time windows over which synaptic change can occur. Parameter t_{post} represents the instant of time at which the voltage on the postsynaptic dendrite, where a synapse is located, exceeds the threshold of -37 mV. It is experimentally estimated threshold for induction of LTD/LTP (Lisman and Spruston, 2005).

Amplitudes of LTP / LTD in the meta-STDP are dynamically changed as a function of a previous temporal average of soma spiking θ_S :

$$A_p(t) = A_p(0) \left(\frac{1}{\theta_S(t)}\right) \quad (5)$$

$$A_d(t) = A_d(0) \theta_S(t) \quad (6)$$

$$\theta_S(t) = \alpha \langle c \rangle_\tau = \frac{\alpha}{\tau} \int_{-\infty}^t c(t') \exp\left(\frac{-(t-t')}{\tau}\right) dt' \quad (7)$$

where $A_p(t)$ and $A_d(t)$ are amplitudes for potentiation and depression at time t , and α is a scaling constant. $A_p(0)$ and $A_d(0)$ are initial values at time 0. The term $\langle c \rangle_\tau$ expresses the weighted temporal average of the postsynaptic spike count, with the most recent spikes entering the sum with bigger weight than the previous ones (Benuskova and Abraham, 2007).

In our simulations, we used already existing .mod files developed by Jedlička et al. (2015)

(<https://senselab.med.yale.edu/modeldb>ShowModel.cshtml?model=185350>) to model plastic synapses according to the meta-STDP synaptic plasticity rule. We joined these files with the files of the compartmental CA1 model into a one synaptically plastic CA1 model.

3 Results

The first step was to optimize our model parameters to mimic firing as in *in vivo* conditions. We performed it in two phases: the model with fixed weights (without synaptic plasticity rule) and the model with plastic weights (with the synaptic plasticity rule described above).

In experiments with the model with fixed weights we manipulated the values of initial weights and parameter *start start* of *Netstim*. The model output firing frequency corresponded to *in vivo* CA1 pyramidal cell behavior when the weights were randomly initiated to values from interval [0.0002, 0.0003] and parameter *start* of *Netstim* to random values from interval [0, 46]. Average input frequency from 10 runs was 7.27 (standard deviation 0.03) and average output frequency was 2.56 (standard deviation 0.76), see Fig. 3.

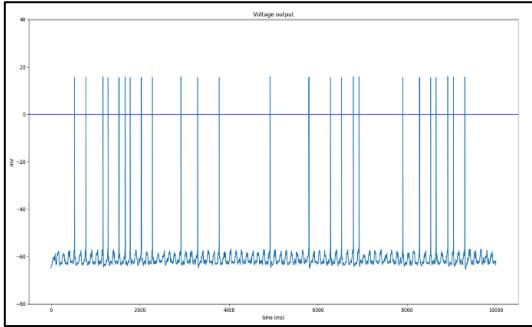


Fig. 3: The CA1 pyramidal cell model firing at frequency 2.56 Hz without synaptic plasticity over 10s. The x-axis is the time in ms, and y-axis is the somatic voltage in mV.

The model with plastic synapses had more parameters that were optimized. Each simulation run covered about 5 minutes of real time. Parameters were considered as optimal when the model output firing frequency was about 2.0 Hz, and weights, average weights and amplitudes A_p and A_d were dynamically stable. This has been accomplished using the following parameter values: *NetStim* parameter *start* from interval [0, 40], initial random weights from interval [0.0002, 0.0006][0.0002, 0.0006]. Initial amplitudes were set to $A_p(0) = 0.004$ for potentiation and $A_d(0) = 0.002$ for depression. Scaling constant α was set to 3000. Decay time constant for potentiation and depression was $\tau_p = \tau_d = 15$ ms, and averaging time constant τ for postsynaptic spike count was 50000 ms.

The following figures show the results of individual weights (Fig. 4), average weights (Fig. 5), potentiation and depression amplitudes (Fig.

6) and integrated spike count ϑ_S (Fig. 7) for one typical simulation. The next figure shows the evolution of individual synaptic weights in all the layers i.e. oriens distal, radiatum proximal, radiatum medial, radiatum distal and lacunosum-moleculare, over the first 5 minutes of time.

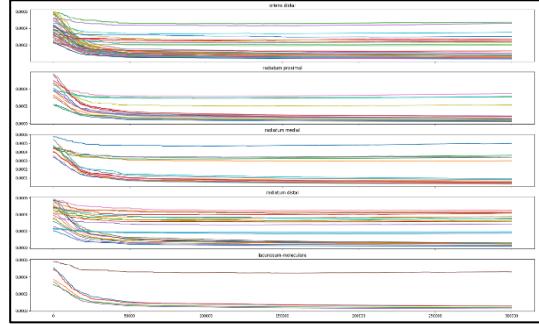


Fig. 4: The CA1 pyramidal cell model weights were stabilized with employed meta-STDP rule after a short transitory period. The x-axis denotes time in ms and the y-axis denotes values of synaptic weights. Output firing frequency 1.78 Hz.

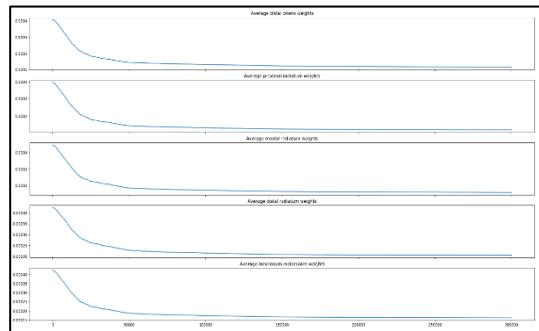


Fig. 5: The CA1 pyramidal cell model average weights in all the layers were stabilized with employed meta-STDP rule. Output firing frequency 1.78 Hz.

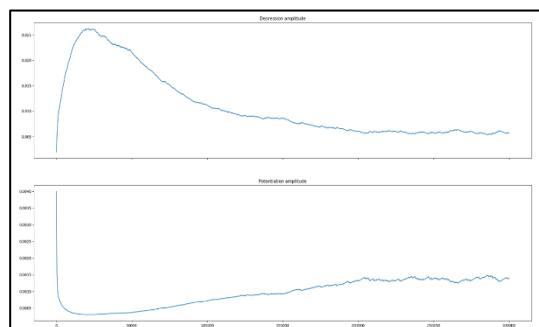


Fig. 6: The CA1 pyramidal cell model depression and potentiation amplitudes were stabilized with employed meta-STDP rule. Output firing frequency 1.78 Hz.

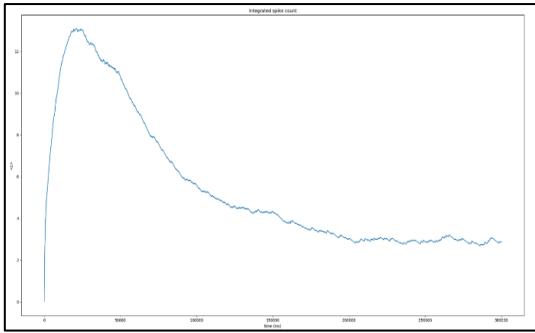


Fig. 7: The CA1 pyramidal cell model integrated spike count was stabilized with employed meta-STDP rule. Output firing frequency 1.78 Hz.

4 Discussion

A detailed biophysically realistic compartmental model of the CA1 pyramidal cell endowed with the meta-STDP synaptic plasticity rule has been introduced. In this study we optimized the model parameters to mimic *in vivo* firing under realistically simulated ongoing spontaneous activity as recorded in neuronal circuits (Buzsáki, 2002). Each synapse received an independent spike train input consisting of periodic spikes corresponding to theta activity and random spikes corresponding to random background activity. Average frequency of spikes in the one spike train was ~8 Hz. We also found that only random spikes are not sufficient to generate action potential at the soma. On the other side, fully synchronized inputs have caused a very high output firing frequency.

In our model we used the same synaptic plasticity mechanism as in the granule cell model in which ongoing spontaneous activity was a key determinant of degree of LTP and LTD (Jedlička et al., 2015). The meta-STDP rule consists two components. Each synapse has implemented paired-centered voltage-based STDP. For each presynaptic event are considered two postsynaptic events, one occurred before and one occurred after presynaptic event. The presynaptic event is a delivery of spike at the synapse. The postsynaptic event is registered when voltage at the synapse reaches threshold -37 mV (Lisman and Spruston, 2005). This is due to propagation of excitatory postsynaptic potentials from other synapses, and to back-propagation of action potentials from the soma. The second component of the meta-STDP rule is the BCM-like metaplasticity. It calculates current depression and potentiation amplitudes based on average soma output firing activity ϑ_s . Higher average output activity decreases potentiation amplitude and increases depression amplitude, lower output activity decreases

depression amplitude and increases potentiation amplitude to maintain homeostasis. STDP at the synapses uses these amplitudes for weights modification. This synaptic plasticity rule is in accord with other recent implementations of metaplastic synaptic plasticity rules like in Clopath et al. (2010) and Zenke et al. (2013).

5 Conclusion

We have modified existing compartmental model of the CA1 pyramidal cell by adding synapses and by implementing synaptic plasticity rule, namely meta-STDP rule. Our model exhibits realistic input-output spontaneous activity as neurons *in vivo*. During ongoing spontaneous activity, synapses should not change their weights. This has been achieved after manual optimization of model parameters. Next, we will implement *in vivo* synaptic plasticity protocols as described in Dong et al. (2008).

References

- Abraham, W.C. (2008). Metaplasticity: tuning synapses and networks for plasticity. *Nat. Rev. Neurosci.* 9(5): 387-399.
- Abraham, W.C., Logan, B., Wolff, A. and Benuskova, L. (2007). "Heterosynaptic" LTD in the dentate gyrus of anesthetized rat requires homosynaptic activity. *J. Neurophysiol.* 98: 1048–1051.
- Benuskova, L. and Abraham, W.C. (2007). STDP rule endowed with the BCM sliding threshold accounts for hippocampal heterosynaptic plasticity. *Journal of Computational Neuroscience* 22(2): 129-133.
- Buzsáki, G. (2002). Theta oscillations in the hippocampus. *Neuron* 33(3): 325-340.
- Clopath, C., Büsing, L., Vasilaki, E., Gerstner, W. (2010). Connectivity reflects coding: a model of voltage-based STDP with homeostasis. *Nature Neurosci.* 13: 344–352.
- Cutsuridis, V., S. Cobb and Graham, B. P. (2009). Encoding and retrieval in a model of the hippocampal CA1 microcircuit. *Hippocampus* 20(3): 423-446.
- Dong, Z. et al. (2008). Coincident activity of converging pathways enables simultaneous long-term potentiation and long-term

- depression in hippocampal CA1 network *in vivo*. *PLoS ONE*. 3(8): e2848.
- Hines, M. L. and Carnevale, N. T. (1997) The NEURON Simulation environment. *Neural Computation*. 9(6): 1179-1209.
- Hughes, J. R. (1958). Post-tetanic potentiation. *Physiological Reviews*. 38(1): 91-113.
- Jedlicka, P., Benuskova, L. and Abraham, W. C. (2015). A voltage-based STDP rule combined with fast BCM-like metaplasticity accounts for LTP and concurrent “heterosynaptic” LTD in the Dentate Gyrus *in vivo*. *PLOS Computational Biology*. 11(11): 1-24.
- Lisman, J. and Spruston, N. (2005). Postsynaptic depolarization requirements for LTP and LTD: a critique of spike timing dependent plasticity. *Nat. Neurosci.* 8: 839–841.
- Markram, H., Lübke, J., Frotscher, M., Sakmann, B. (1997). Regulation of synaptic efficacy by coincidence of postsynaptic APs and EPSPs. *Science*. 275(5297): 213-225.
- Mayr, C.G. and Partzsch, J. (2010). Rate and pulse based plasticity governed by local synaptic state variables. *Front. Syn. Neurosci.* doi: 10.3389/fnsyn.2010.00033
- Megías, M. et al. (2001). Total number and distribution of inhibitory and excitatory synapses on hippocampal CA1 pyramidal cells. *Neuroscience*. 102(3): 527-540.
- Mizuseki, K. and Buzsáki, G. (2013). Preconfigured, skewed distribution of firing rates in the hippocampus and entorhinal cortex. *Cell Reports*. 4(5): 1010-1021.
- Poirazzi, P., Brannon, T. and Mel, B. W. (2003a). Arithmetic of subthreshold synaptic summation in a model CA1 pyramidal cell. *Neuron*. 37(6): 977-987.
- Poirazzi, P., Brannon, T. and Mel, B. W. (2003b). Pyramidal neuron as a 2-layer neural network. *Neuron*. 37: 989–999.
- Shinohara, Y. et al. (2012) Hippocampal CA3 and CA2 have distinct bilateral innervation patterns to CA1 in rodents. *European Journal of Neuroscience*. 35(5): 702-710.
- Schomburg, E. W. et al. (2014). Theta phase segregation of input-specific gamma patterns in entorhinal-hippocampal networks. *Neuron*. 84(2): 470-485.
- Zenke, F., Hennequin, G. and Gerstner, W. (2013). Synaptic plasticity in neural networks needs homeostasis with a fast rate detector. *PLoS Comput Biol* 9(11): e1003330. pmid:24244138

Few-shot semantic segmentation using REPTILE meta-learning approach

Matúš Tuna, Igor Farkaš

Department of Applied Informatics, Comenius University
Mlynská dolina, 84248 Bratislava
Email: tuna1@uniba.sk

Abstract

Semantic image segmentation task is important in many machine learning applications, but it usually requires a large number of training samples with pixel level annotations which is time consuming. As a remedy, we explore object segmentation using only a few training examples, by adapting a few-shot learning method known as REPTILE. Our preliminary results show comparable accuracy to the previous work, except one case, despite a smaller number of trainable parameters in our model.

1 Few-shot semantic segmentation

Semantic segmentation task is inherently more difficult than category classification, because instead of one label, it requires a 2D map of labels, separating a target objects from the background. Few-shot classification models such as Siamese neural networks (Koch et al., 2015), Prototypical networks (Snell et al., 2017) or MAML (Finn el al., 2017) achieve classification accuracy approaching fully supervised models, using only a fraction of labelled data. Due to inherently higher difficulty of semantic segmentation and limited availability of training data, few-shot approaches to semantic segmentation seem viable, but they have not yet been sufficiently explored, compared to their use for categorization. Among the first attempts to few-shot semantic segmentation is Shaban et al. (2017) who combined a segmentation model based on a fully convolutional network (Shelhamer et al., 2016) with a conditional model trained to generate a set of parameters conditioning the segmentation model to segment objects of particular category using only a few examples. Dong et al. (2018) introduced a metric learning approach (similar to Prototypical networks) that relies on creating per class prototypes from a limited amount of training data that can be used for final segmentation. Guided networks (Rakelly et al., 2018) use a small number of training images with limited annotation (one point per object) to perform semantic segmentation. This model also uses two networks, one for generating latent representation of a task from a small number of sparsely annotated images and one that uses this representation to generate a segmentation map.

2 Semantic segmentation using REPTILE

REPTILE algorithm (Nichol et al., 2018) belongs, together with MAML, to a family of meta-learning based few-shot learning methods. They propose a specific learning procedure that results in a network that can be adapted to a new task using only a small number of training data. These methods are universal with respect to model that is used, lending themselves for any (stochastic) gradient descent (SGD) learning. Unlike MAML, REPTILE algorithm does not calculate the second-order derivatives of a cost function which results in a strong advantage without sacrificing performance. REPTILE uses two optimization steps: (1) A task is sampled from a distribution of tasks (e.g. 5 random categories from a set of possible categories), then n steps of stochastic gradient descent are performed on this task resulting in a new set of parameters $\tilde{\theta}$. (2) Starting parameters θ are moved towards the new set $\tilde{\theta}$. The intuition behind REPTILE is that eventually the parameter vector θ should converge to a state that is close (in a Euclidian sense) to manifolds of optimal solutions of all possible tasks. In this state, only a small number of gradient steps using new training examples are required to update the network to a new task. REPTILE algorithm can be summarized as follows:

- Initialize network parameters θ ,
- for i iterations do:
 - sample task τ and compute loss L_τ
 - perform n steps of SGD:
$$\tilde{\theta} = SGD(\theta, L_\tau, n)$$
 - REPTILE update with learning rate ε :
$$\varepsilon : \theta \leftarrow \theta + \varepsilon(\tilde{\theta} - \theta)$$
- end for.

In our experiments, to be consistent with the setup used by Shaban et al. (2017), we used the network architecture FCN32 (Shelhamer et al., 2016). The only difference is that we chose ADAM optimizer (Kingma et al., 2014). We also adapted the ADAM optimizer to the REPTILE update by treating the term $(\tilde{\theta} - \theta)$ as a gradient. The convolutional feature extractor was pretrained using the ImageNet dataset (Deng et al.,

2009). We used PASCAL VOC 2012 image segmentation dataset (Everingham et al., 2015) and applied the same category splits as Shaban et al. (2017). The performance was evaluated on a one way 5-shot tasks, which means that during training every iteration a random category is sampled from a set of 15 training categories from the training subset. Then every SGD iteration five supports images that contain at least one pixel from that category are sampled from training data. All pixels belonging to categories that are different from the training category are relabeled as background. During testing the similar procedure is performed, although the categories are taken from the validation subset and the network is retrained using only the 5 support examples selected at the beginning of the test episode. After each test episode the network parameters and ADAM optimizer statistics are reset to the state before the test. We used the same performance metric as Shaban et al. (2017), namely the per class mean intersection over union computed across all 5 test classes (excluding background). The learning rates for ADAM optimizer and for REPTILE were set to 0.0001. For every REPTILE update during training we performed 24 ADAM updates, and during testing 64 ADAM updates. The network was trained for 1000 REPTILE updates.



Figure 1: Examples of segmentation from our model.

3 Results and conclusion

In Table 1 we compare our model with Shaban et al. using the same 4 test splits (named PASC5-0, PASC5-1, PASC5-2 and PASC5-3). We have not compared our model to Dong et al. and Rakelly et al. due to a different metric used in their work. Accuracy of our model for most test splits is comparable to the model by Shaban et al. except for the PASC5-1 split. There is a large difference between the number of parameters between the two models. Our model does not contain

the conditional model that contains similar number of parameters as the segmentation model which might explain the difference in segmentation accuracy. We plan to test this hypothesis in the future. We also plan to verify our model on larger semantic segmentation dataset which will enable us to test the accuracy on 5-way tasks.

Method (5-shot)	PASC5-0	PASC5-1	PASC5-2	PASC5-3	Mean
Shaban et al. 2017	35,9	58,1	42,7	39,1	43,9
Ours	37,1	48,5	43,8	38,5	42,0

Table 1: Performance comparison of the models. We used the mean intersection over union (MIOU) metric from Shaban et al. (2017).

Acknowledgement

The work was supported by Slovak Grant Agency for Science (VEGA), project 1/0796/18.

Literature

- Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L. J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 248-255).
- Dong, N., & Xing, E. P. (2018). Few-shot semantic segmentation with prototype learning. In *BMVC*.
- Everingham, M., Van Gool, L., Williams, C. K., Winn, J., & Zisserman, A. (2010). The pascal visual object classes (VOC) challenge. *International Journal of Computer Vision*, 88(2), 303-338.
- Finn, C., Abbeel, P., & Levine, S. (2017). Model-agnostic meta-learning for fast adaptation of deep networks. In *ICML*, pp. 1126-1135.
- Kingma, D. P. a Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. *Preprint arXiv 1412.6980*.
- Koch, G., Zemel, R. a Salakhutdinov, R. (2015). Siamese neural networks for one-shot image recognition. In *ICML Deep Learning Workshop*.
- Long, J., Shelhamer, E., & Darrell, T. (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 3431-3440).
- Nichol, A., Achiam, J., & Schulman, J. (2018). On first-order meta-learning algorithms. *arXiv preprint 1803.02999*.
- Rakelly, K., Shelhamer, E., Darrell, T., Efros, A., & Levine, S. (2018). Few-shot segmentation propagation with guided networks. *ArXiv preprint 1806.07373*.
- Shaban, A., Bansal, S., Liu, Z., Essa, I., & Boots, B. (2017). One-shot learning for semantic segmentation. *arXiv preprint 1709.03410*.
- Snell, J., Swersky, K., & Zemel, R. (2017). Prototypical networks for few-shot learning. In *Advances in NIPS*, pp. 4080–4090.

Prototyp nástroje TrailScript pro evaluaci chování ve virtuálním prostředí

Pavel Ugwitz, Zdeněk Stachoň a Lukáš Herman

Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta

Masarykova univerzita, Brno 61137

ugwitz.pavel@mail.muni.cz, zstachon@gmail.com, herman.lu@mail.muni.cz

Abstrakt

Jsme schopni zaznamenat a vizualizovat interakci člověka s virtuálním prostředím? A co když se jedná o problematiku více uživatelů? Tento příspěvek prezentuje funkční prototyp nástroje pro evaluaci chování uživatelů ve virtuálních prostředích. Na základě získaných prostorových dat probandů (užití ovládacího rozhraní, pohybu, interakce s prostředím, aj.) dochází k výpočetnímu zpracování klíčových agregovaných hodnot, i k vizualizaci výstupů. Algoritmy pro prostorové analýzy, v nástroji obsažené, lze kombinovat, a komparovat tak chování jednotlivých probandů či celých skupin. Dílčí výstupy lze též podrobit statistické analýze.

1 Proč zpracovávat virtuální chování?

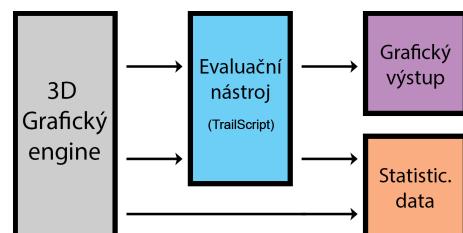
Žijeme v éře big data, a proto je nutné, abychom s přihlédnutím na limity lidského kognitivního aparátu nastavili datům řád, selekci a prezentovatelnou formu. Nakonec i technologické řešení 3D vizualizace, které sbírá data o chování uživatele ve virtuálním prostředí dokáže vygenerovat datasoubor o tisících řádků – a je už arbitrární, jestli se tak stane na úrovni logování jednotlivých úhozů kláves, či na úrovni komplexních úkonů.

Konstrukce experimentů ve virtuálních prostředí je pro výzkumníky výhodná z důvodu zajištění kontrolovaných podmínek experimentu (Parsons, 2015); vyhotovení experimentálního prostředí je, v porovnání s reálnou instalací, levné a rychlé; zajímat nás mohou základní výzkumy verifikující efekty samotného virtuálního prostředí¹ a k němu vztažené kognitivní, motorické aj. procesy (Juřík a kol., 2017), anebo pak aplikovaný výzkum, věnující se specializované tematice – kupř. klinické psychologii (Riva, 2015), návrhu a projekci budov (Portman, 2015), či interkulturnímu výzkumu.

2 Kolekce, komputace, a vizualizace dat

Tento článek pojednává o nástroji TrailScript, který slouží jako mezičlen, nebo koncový člen zpracování behaviorálních dat probandů ve virtuálním prostředí. Dle Obr. 1 dochází prvně v reálném čase k vizualizaci v gra-

fickém enginu², který nabízí člověku možnost interakce s experimentálním prostředím. Tato interakce je zaznamenána do textového výstupu. Části textového výstupu by sice mohly být přímo analyzovatelné ve statistickém softwaru, náročnost na zpracování takovýchto, typicky časoprostorových dat by však byla nákladná z hlediska lidského času; a obdobně, zpracování výstupů v reálném čase enginu by zase bylo nákladné na výpočetní kapacitu daného stroje. Proto do analýzy vstupuje nástroj cíleně navržený na zpracování výstupních dat interakce probandů ve virtuálním prostředí.



Obr. 1: Proces transformace dat, od kolejce, k jejich vizualizaci či agregaci.

Nástroj TrailScript je napsán v jazyku Processing (Java, s rozšířenou grafickou funkcionalitou). Protože tento jazyk staví na robustních základech, lze v něm snadno manipulovat se zpracovávanými datovými typy (txt/csv soubor, tabulka), nasadit grafické uživatelské rozhraní, i vytvářet grafické vizualizace. Tyto vizualizace lze dále upravovat a exportovat jako obrázky či vektory. Další formou výstupů jsou agregované hodnoty, jejichž statistické zpracování je již poměrně snadné.

3 Dílčí prostorovo–interakční analýzy

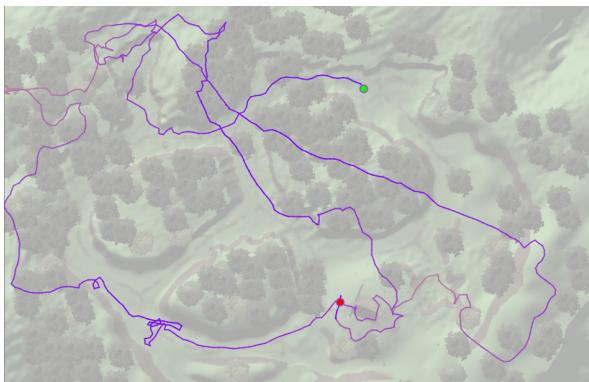
Grafické výstupy, které nástroj produkuje, jsou v oblasti kartografických vizualizací známé. Potřebná metodologie byla popsána a explorována (Bertin, 1983; Kousoulakou a Kraak, 1992), podobné analytické produkty byly vyhotoveny (Chittaro, 2006; Herman a kol., 2018). Nicméně, tyto ostatní produkty jsou limitované svojí zastaralostí, vazbami na jiné systémy, uzavřeností kódů či implementací pro specifická řešení, která nejsou pro naše potřeby aplikovatelná.

¹Kupř. Virtuální / rozšířená / smíšená realita, uživatelská rozhraní.

²Kupř. Unity; nástroj je nicméně na grafickém enginu nezávislý.



Obr. 2: Ukázkové virtuální prostředí



Obr. 3: Základní prostorová analýza jednoho průchodu virtuálním prostředím.

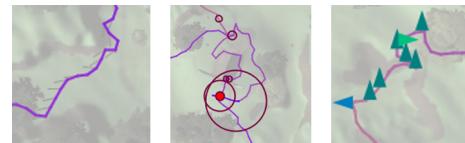
Obr. 2 zobrazuje ukázkové experimentální prostředí, které bylo vyhotovenou v enginu Unity; Obr. 3 pak znázorňuje prostorovou analýzu průchodu probanda tímto experimentálním prostředím. Vizualizace je zobrazena ve 2D, z pohledu svrchu dolů. Plátnem, na něž se samotná vizualizace zobrazuje, je izometrický, desaturovaný pohled na dané experimentální prostředí³. Na plátně vykreslená čára je časoprostorovým znázorněním průchodu probanda prostředím, a z podoby této čáry lze vyčíst mnohé. Místní zakulacenost, či ostrost průchodové čáry vyjadřuje, zda-li proband exploroval prostředí souvislým pohybem s nízkou frekvencí alternace směru cesty, resp. jestli konal rychlé, trhané pohypy. Zelená a červená tečka značí začátek a konec probandovy trasy. Nabízí se zde kvalitativní evaluace průchodu dané trasy⁴; při vizualizaci průchodů více probandů je těž možné provést komparaci.

Další možné členění chování jedince je zachyceno na Obr. 4. Krátké, šedé čáry (a) značí pohled po okolí, kdy rotace hlavy nekoresponduje se směrováním těla⁵. Kolečka v průchodové čáře (b) značí místa, na nichž se proband zastavil; velikost daného kolečka pak symbolo-

³Po uvedení orientačních prvků (osa X a Y) a měřítka, a po dodání podkladového plátna lze vizualizovat jakékoliv prostředí.

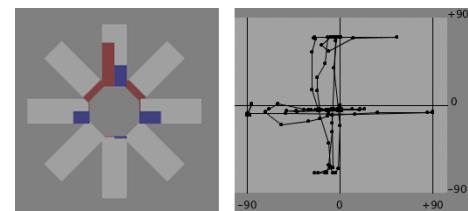
⁴Resp. po implementaci metody „ostrosti“ daného průchodu bude možno provést i analýzu kvantitativní.

⁵Separovat směr chůze vůči pohledu jde v zařízeních, které nabízejí dodatečné stupně volnosti – kupř. brýle pro virtuální realitu.



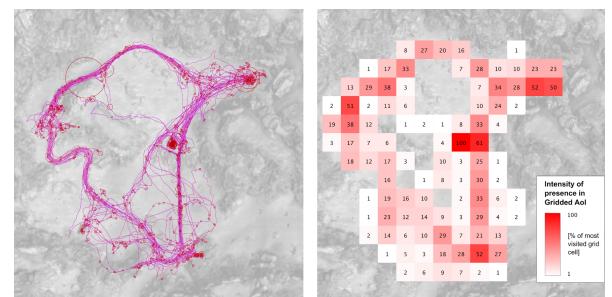
Obr. 4: Detailní analýza jednoho průchodu: (a) pohledy po okolí, (b) zastavení, (c) užití ovládacího rozhraní.

lizuje dobu zastavení. A konečně, i v rámci pohybové čáry lze zaznamenat další úkony v čase – kupř. úhozy směrových kláves (šipek na klávesnici) (c), značící změnu směru pohybu, či jiné užití ovládacího rozhraní.



Obr. 5: Využití uživatelského rozhraní: (a) stisk kláves a chůze daným směrem, (b) pohledy po okolí vůči centrálnímu bodu, v rozmezí +/- devadesát stupňů.

Míra využití vybraných uživatelských rozhraní je demonstrována na Obr. 5. Jedná se kupř. o počet úhozů směrových kláves i dobu virtuální chůze daným směrem (a), či rozhlížení se po okolí v brýlích pro virtuální reálitu (b), vůči centrálnímu bodu pohledu.



Obr. 6: Agregované hodnoty: (a) preferované trasy, (b) matice průchodů.

Na Obr. 6 je zachycen shluk všech průchodů prostředím v celém experimentu (a). Toto je dále rozpočítáno v matici relativních hodnot (0-100), tzv. *gridded areas of interest* (b). Zde lze kupř. na základě teorií o wayfindingu (Arthur, Passini, 2002) uvažovat o tom, proč probandi volili takové cesty, které volili, a proč byly konkrétní oblasti (ne)navštěvovány. Podobně se lze ve vztahu k preferovaným cestám zabývat i parametrizací prostoru.

Kromě vizuálních výstupů, nástroj produkuje i následující číselné hodnoty: délka průchodu prostředím, nachozená vzdálenost, počet zastavení, průměrná rychlosť, užití uživatelského rozhraní (úhozy kláves), a jiné. Tyto lze dále podrobit deskriptivní statistice či inferenčním analýzám.

4 Diskuze: limitace i potenciál

Platí, že vhodnost vizualizace závisí na kontextu toho, co je vizualizováno; a námi prezentované vizualizace jsou řešeny čistě ve 2D zobrazení. Stávající experimenty, které byly na bázi námi prezentovaného nástroje TrailScript vyhotoveny, se bud' konaly ve virtuálních geografických prostředích (VGE) (Konečný, 2011), jejichž výšková komplexita nebyla nijak výrazná, anebo šlo o stacionární scénáře, kde bylo probandům přímo zakázáno se po prostředí pohybovat – tudíž, 2D vizualizace je dostačující, i vhodná. Nicméně, pokud by došlo k analýze pohybu ve výškově komplexním prostoru (kupř. vícepatrová budova), statická 2D vizualizace by byla nedostatečná. Pro takové či jiné komplexní scénáře bude nutné vyhotovit trojrozměrnou a/nebo interaktivní vizualizaci; programovací jazyk Processing přímo 3D knihovnu (P3D) obsahuje, zbývá ji implementovat. Nicméně, existují vizualizace, které externí nástroj zpracovat neumí (kupř. analýzu viditelnosti je třeba spočítat ve 3D enginu, a externímu nástroji předat).

Pokud ještě zůstaneme u vhodnosti vizualizací, pak lze dostupné algoritmy rozšířit o další – a sice bud' čerpáním z existujících kartografických metod, anebo implementací analýz pro specifické výzkumy, které vyvstanou. Kupř. lze zaznamenávat vzdálené eye-trackingové fixace probandova pohledu na klíčové prvky v prostředí; tato funkcionality byla v základu již implementována, nicméně další testování bude nutné.

Dále, s rozšiřující komplexitou daných analýz (počet probandů v jedné vizualizaci, míra interakce mezi probandy či zavedení interaktivních/autonomních objektů, výběr/kombinace metod, selekce/editace) se zvyšují nároky i na robustnost uživatelského rozhraní. Proto bude nutné uživatelské rozhraní restrukturovat, kupř. užitím Processing knihovny controlP5.

5 Závěr

Byl prezentován prototyp nástroje TrailScript, a sice ve své současné podobě vč. nedostatků, resp. potenciálu pro další rozvoj. Argumentace byla vedena primárně na hladině technologie a vizuální komunikace; každopádně, aplikační potenciál této aplikace existuje, a bude příhodné jej rozvíjet a užívat spolu se zvyšováním robustnosti programu.

Konkrétně, v našem případě spatřujeme potenciál ve výzkumu interkulturních rozdílů a v parametrisaci prostoru; mj. očekáváme, že dostatečně heterogenní výzkumný vzorek napomůže k ověření hypotéz – ať již základních, vizuálně-kognitivistických, či těch konkrétnějších, manifestujících se v jemných nuancích interindividuálních rozdílů či interaktivity s prostředím. Výzkumy tohoto druhu již probíhají (Stachoň a kol., 2018); v dalším kroku je však třeba je přenést i do virtuálního, interaktivního 3D prostoru.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou grantové agentury GAČR v rámci projektu “The influence of socio-cultural factors and writing system on perception and cognition of complex visual stimuli” (GC19-09265J).

Literatura

- Arthur, P., & Passini, R. (2002). *Wayfinding: People, signs, and architecture*. Oakville, Ont.: Focus.
- Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press.
- Chittaro, L., Ranon, R., & Ieronutti, L. (2006). VU-Flow: A Visualization Tool for Analyzing Navigation in Virtual Environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 12(6), 1475-1485. doi:10.1109/tvcg.2006.109
- Herman, L., Řezník, T., Stachoň, Z., Russnák, J. (2018). The Design and Testing of 3DmoveR: an Experimental Tool for Usability Studies of Interactive 3D Maps. *Cartographic Perspectives 2018*, 31–63. doi:10.14714/cp90.1411
- Juřík, V., Herman, L., Šašinka, Č., Stachoň, Z., & Chmelík, J. (2017). When the display matters: A multifaceted perspective on 3D geovisualizations. *Open Geosciences*, 9(1). doi:10.1515/geo-2017-0007
- Konečný, M. (2011) Cartography: Challenges and Potentials in Virtual Geographic Environments Era. *Annals of GIS* 2011, 17 (3), 135-146. doi:10.1080/19475683.2011.602027
- Koussoulakou, A., & Kraak, M. (1992). Spatiotemporal maps and cartographic communication. *The Cartographic Journal*, 29(2), 101-108. doi:10.1179/000870492787859745
- Parsons, T. D. (2015). Virtual Reality for Enhanced Ecological Validity and Experimental Control in the Clinical, Affective and Social Neurosciences. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. doi:10.3389/fnhum.2015.00660
- Riva, G. (2009). Virtual reality: An experiential tool for clinical psychology. *British Journal of Guidance & Counselling*, 37(3), 337-345. doi:10.1080/03069880902957056
- Portman, M., Natapov, A., & Fisher-Gewirtzman, D. (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 376-384. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2015.05.001
- Stachoň, Z., Šašinka, Č., Čeněk, J., Štěrba, Z., Angsuesser, S., Fabrikant, S. I., Morong, K. (2018). Cross-cultural differences in figure-ground perception of cartographic stimuli. *Cartography and Geographic Information Science*, 46(1), 82-94. doi:10.1080/15230406.2018.1470575

Význam, uplatnění a návrhy na vylepšení smečkových algoritmů

Daniel Valenta, Petr Sosík

Slezská univerzita v Opavě, Filozoficko-přírodovědecká fakulta, Ústav informatiky
Bezručovo náměstí 13, 746 01 Opava 1
F180337@fpf.slu.cz, petr.sosik@fpf.slu.cz

Abstrakt

Článek se zabývá problematikou heuristických optimalizačních smečkových algoritmů inspirovaných především společenským soužitím vlků obecných a jejich schopností ve smečkách dynamicky vytváret vlastní hierarchii, ve které má každý člen jasně stanovenou roli. Díky tomuto principu vlci projevují při plnění denních úkolů vyšší míru inteligence, než jaké by byl schopen kterýkoliv z nich dosáhnout samostatně. Toto chování lze matematicky popsat, a tudíž simulovat v multiagentovém systému. Simulované chování se můžeme následně snažit optimalizovat podle předlohy reálných vlků.

Smečkové algoritmy mají využití zejména při řešení optimalizačních problémů. Již v současné době našly uplatnění v celé řadě odvětví, jako jsou například neuronové sítě, inženýrství, počítačové sítě, ekonomie, matematika, medicína, počítačová grafika, aj.

Článek je revizí již existujících publikací. Jeho cílem je vytvořit stručný přehled o dosavadních výsledcích v tomto oboru a opravit chyby, které původní publikace obsahují. Součástí článku jsou také nastíněny návrhy na vylepšení či rozšíření existujícího algoritmu a možnosti budoucího výzkumu.

1 Vlk obecný

Vlci jsou pozoruhodná, společenská šelmovitá zvířata. Jsou na vrcholu potravinového řetězce a nemají přirozené nepřátelé. Živí se savci menšího i většího vzrůstu, výjimečně loví i ptáky, ryby, plazy, či hmyz. Vlčí smečka má obvykle 5 až 7 členů (až 30) a platí v ní přísná hierarchie, ve které má každý jedinec pevně stanovenou roli [16]. Vlci vytvářejí hierarchii sami mezi sebou. Hierarchie se mění v průběhu času (vlci stárnu a rodí se nové generace) a vlci v ní mohou mít různou roli při různých činnostech. Rozlišujeme vlky:

- *Alpha* – Alpha samec a samice, tzv. dominantní pář, jejich příkazy následují ostatní vlci, rozhodují při lově, volbě místa ke spaní, aj. Alpha samice má jako jediná samice v hierarchii rozmnožovací úlohu. Nejdůležitějšími vlastnostmi Alpha páru jsou organizační schopnosti a disciplína (nikoliv síla).

- *Beta* – podporují a respektují Alpha pář při rozhodovacích schopnostech, poskytují mu zpětnou vazbu, často jsou kandidáty na nové Alpha vlky, pověřují úkoly vlky umístěné níže v hierarchii.
- *Delta* – podřizují se Alpha a Beta vlkům, plní jejich rozkazy, ovládají Omega vlky, často jde o starší vlky, či naopak mladší s potenciálem posunout se v hierarchii výše. Dělíme je na:
 - *Skauity* – sledují okolí a varují smečku v případě nebezpečí.
 - *Strážce* – pomáhají při lovu a v případě nebezpečí chrání smečku, svou přítomností zajišťují pocit bezpečí ve smečce.
 - *Osetřovatelé* – pomáhají starým a nemocným vlkům.
- *Omega* vlci – podřizují se všem ostatním vlkům, mají právo jist až jako poslední, pomáhají filtrovat násilí a frustraci ve smečce tím, že si na nich ostatní vlci mohou "vybit zlost". Ztráta omega vlka může být příčinou rozepří ve smečce a následného narušení disciplíny, hierarchie, i rozpadu smečky [16].

Techniku lovů vlčí smečky lze popsat s pěti krocích:

- Patrání po kořisti* – vlci se snaží nalézt co nejvydatnější kořist s ohledem na potřebné úsilí k ulovení kořisti.
- Obtížování kořisti* – snaha vlků v popředí upoutat na sebe pozornost a případně oddělit vyhlídknutou kořist od stáda.
- Obklíčení kořisti* – snaha dostat kořist do patové situace.
- Kořist je obklíčena* – kořist nemá kam utéct.
- Útok* – vlci útočí na slabá místa kořisti (břicho, nohy, čumák) dokud nepodlehne únavě, poté ji strhnou na zem a zadávají [16].



Obr. 1: Technika lovů [10]

2 Smečkový algoritmus

V této kapitole využijeme poznatků ze života vlků, analogicky je uplatníme při návrhu algoritmu aplikovatelného k řešení například optimalizačních problémů. Pro návrh a implementaci algoritmu jsou použity poznatky ze zdrojů [10][12][14].

Cílem algoritmu je nalezení globálního extrému (minima) nějaké zadané funkce (*fitness* funkce) na jejím definičním oboru, kterým je omezený n-rozměrný prostor (*prostředí*). V ilustracích budeme v článku využívat 1D, 2D a 3D prostor. Jednotliví vlci jsou plně popsáni svými pozicemi (n-rozměrnými vektory) v tomto prostoru. Hodnota *fitness* na pozici vlka představuje kvalitu jeho řešení – jeho *fitness* (čím menší hodnota funkce, tím lepší *fitness*).

V průběhu algoritmu si vlci určitým způsobem vyměňují informace o své poloze a na jejich základě upravují své polohy v dalším kroku algoritmu, s cílem co nejvíce se přiblížit požadovanému extrému *fitness* funkce. Hierarchie vlků v každém kroku algoritmu se odvíjí od kvality jejich aktuálního řešení, a vlci výše postavení v hierarchii více ovlivňují příští pozice ostatních vlků. Populace vlků je konstantní, v průběhu algoritmu se mění pouze jejich postavení v hierarchii a jejich aktuální pozice.

Algoritmus postupně plynule přechází mezi dvěma fázemi:

1. Fáze hledání kořisti – smečka díky vysokému podílu náhodných pohybů vlků extenzivně prohledává prostředí, aby zamezila uváznutí algoritmu v lokálním minimu.
2. Fáze obklíčení kořisti – vliv náhodných pohybů je postupně omezován a členové smečky se postupně stahují kolem nalezeného extrému (minima) *fitness* funkce.

Notace matematických rovnic v dalším textu není standardní a veškerá násobení vektorů se ve vzorcích počítají po komponentách následovně:

$$(x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,n}) * (x_{2,1}, x_{2,2}, \dots, x_{2,n}) = \\ (x_{1,1} * x_{2,1}, x_{1,2} * x_{2,2}, \dots, x_{1,n} * x_{2,n}),$$

kde $x_{i,j}$ označuje komponentu i na osové souřadnici dimenze j . Tedy například:

$$(x_1, y_1) * (x_2, y_2) = (x_1 * x_2, y_1 * y_2),$$

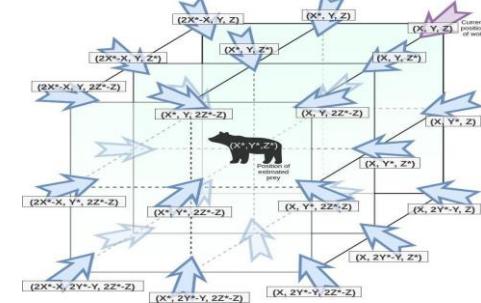
kde x_i označuje komponentu i na osové souřadnici x a y_i označuje komponentu i na osové souřadnici y .

S. Mirjalili, autor který navrhl tento algoritmus [10], používá ve svých publikacích právě tuto notaci. Jeho vzorce jsou převzaty také v jiných dostupných publikacích, jenž citují Mirjaliliho práci. Rozhodl jsem se proto tuto notaci zachovat.

2.1 Prostředí a vlk

Cílem vlka v prostředí je najít a „ulovit kořist,“ tj. optimální řešení problému (souřadnice, na nichž fitness funkce nabývá stanovaného kritéria, v našem případě globálního minima). Metaforicky budeme nazývat hodnotu fitness funkce na aktuální pozici vlka dosud nejlepší nalezenou kvalitou kořisti.

Pohyb vůdčích vlků ve 3D prostředí směrem ke odhadované pozici kořisti je znázorněn na obr. 2:



Obr. 2: Pohyb vlků ve 3D prostředí v jednom kroku algoritmu: (X, Y, Z) – pozice vlka, (X^*, Y^*, Z^*) – kořist.

Fialová šipka na obr. 2 znázorňuje aktuální pozici vlka. Medvěd představuje pozici odhadnuté kořisti. Ostatní šipky znázorňují potencionální nové pozice jedince, jenž jsou blíže (nebo stejně vzdálené) ke kořisti. Pozice stejně vzdálené od kořisti na ose X jsou vypočteny jako:

$$X^* - (X - X^*) = 2X^* - X; X^* - (X^* - X) = X,$$

kde X^* je pozice kořisti a X je pozice vlka. Konkrétní nová pozice jedince (nemusí být nutně blíže ke kořisti) závisí na dalších parametrech, o kterých se dočteme v dalším textu.

2.2 Sociální hierarchie

V každé iteraci algoritmu zařazujeme podle fitness funkce každého z jedinců do vlčí hierarchie. Jedinec s nejlepší (v našem případě nejnižší) fitness hodnotou je zařazen do kategorie Alpha, s druhou nejlepší fitness hodnotou do kategorie Beta, s třetí nejlepší fitness hodnotou do kategorie Delta a všichni ostatní jedinci jsou zařazeni do kategorie Omega.

Při aktualizaci sociální hierarchie algoritmus bere v potaz také fitness hodnoty vlků Alpha, Beta a Delta z předchozích iterací a zachovává tak dosud nejlepší nalezené řešení problému.

2.3 Hledání a pronásledování kořisti

Aktualizace pozic vlků v prostředí probíhá na základě odhadu pravděpodobné pozice kořisti podle vlků Alpha, Beta a Delta (více v podkapitole *Obklíčení kořisti*). Abychom zajistili divergenci mezi hledáním kořisti a lovem, přiřadíme každému jedinci vektor:

\vec{A} se složkami $rand(-1, 1) * a$,

kde funkce $rand(-1, 1)$ generuje náhodné číslo v rozmezí -1 až 1 a kde:

$$a = 2 - \frac{2i}{i_{max}},$$

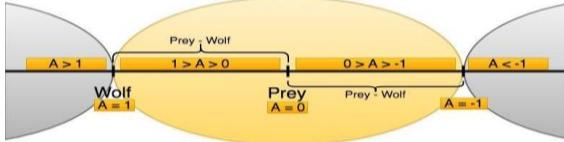
přičemž i je aktuální iterace algoritmu, i_{max} je maximální počet iterací algoritmu. Přitom a se chová tak, že s přibývajícími iteracemi algoritmu lineárně klesá jeho hodnota od 2 k 0, a zvyšuje se tedy postupně (v pokračujících iteracích algoritmu) pravděpodobnost, že také $\|\vec{A}\|$ (velikost \vec{A}) bude klesat. Vektor \vec{A} má tedy hodnotu v rozmezí (-a, a) a ovlivňuje směr pohybu jedinců v prostoru (viz. podkapitola Hledání a pronásledování kořisti). Přitom velikost vektoru:

$$\|\vec{A}\| > 1$$

ve zhruba první polovině celkového počtu iterací algoritmu přinutí jedince odchylkovat se od dosud nejlepší nalezené kořisti s vidinou, že mohou nalézt kořist lepší (tedy že dosud nejlepší nalezená kořist je nejlepší pouze lokálně), zatímco:

$$\|\vec{A}\| < 1$$

ve zhruba druhé polovině iterací algoritmu přinutí jedince naopak přibližovat se k dosud nejlepší nalezené kořisti a tu pronásledovat a lovit. Každý jedinec má přiřazen vlastní vektor \vec{A} a rozhoduje proto každý sám za sebe, kdy bude kořist hledat a kdy lovit.

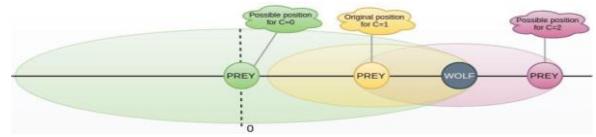


Obr. 3: Vliv vektoru \vec{A} , pro přehlednost v 1D prostředí

Žlutý kruh na obrázku 3 vyznačuje část prostředí, v němž je každá pozice blíže kořisti než současná pozice jedince. Je-li $\|\vec{A}\| < 1$, pak nová pozice kořisti bude s vysokou pravděpodobností právě uvnitř tohoto kruhu. Další složka algoritmu podporující fázi hledání, či pronásledování kořisti, je vektor:

\vec{C} se složkami $rand(0,2)$,

který je náhodným číslem v rozmezí 0 až 2 (jiným, než generuje funkce rand v \vec{A}) a slouží k tomu, aby náhodně zvýšil, nebo naopak snížil jedincem nalezenou kořist. Na rozdíl od vektoru \vec{A} není lineárně snižován v průběhu přibývajících iterací algoritmu. Vektor \vec{C} napomáhá vlkům chovat se více přirozeně. Analogicky se v přírodě vyskytují v loveckých cestách vlků různé překážky zabranující pohodlnému přiblížení ke kořisti. Vektor \vec{C} tedy napomáhá vlkům upřednostňovat průzkum prostředí, či lov kořisti, vyhýbat se tak lokálnímu optimu, a to nezávisle na iteraci algoritmu.



Obr. 4: Vliv vektoru \vec{C} , pro přehlednost v 1D prostředí

Jak můžeme vidět na obrázku 6, složky vektoru \vec{C} mohou být i nulové, čímž mohou v konkrétní dimenzi výrazně měnit vliv pozice kořisti na novou pozici vlka. Tato pozice přitom může být i velmi vzdálená od pozice vlka i původně odhadnuté pozice kořisti a vliv vektoru \vec{C} je proto silně náhodný.

2.4 Obklíčení kořisti

Aktualizace vektorů pozic jednotlivých jedinců \vec{X}_j , kde j je index jedince, probíhá podle předpisu:

$$\vec{X}_j(i+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3},$$

kde i je aktuální iterace algoritmu a $\vec{X}_1, \vec{X}_2, \vec{X}_3$ jsou potencionální nové pozice vlků Alpha, Beta, Delta, které reprezentují pozice v prostředí nejbližší optimu. Aktualizovaná pozice jedince $\vec{X}_j(i+1)$ je tedy průměrem potencionálních pozic $\vec{X}_1, \vec{X}_2, \vec{X}_3$ a nachází se mezi nimi. Přitom:

$$\begin{aligned} \vec{X}_1 &= \vec{X}_\alpha(i) - \vec{A}_1 * \vec{D}_\alpha, \\ \vec{X}_2 &= \vec{X}_\beta(i) - \vec{A}_2 * \vec{D}_\beta, \\ \vec{X}_3 &= \vec{X}_\delta(i) - \vec{A}_3 * \vec{D}_\delta, \end{aligned}$$

kde $\vec{X}_\alpha(i), \vec{X}_\beta(i), \vec{X}_\delta(i)$ jsou pozice vlků Alpha, Beta, Delta reprezentující pozice s dosud nejlepší nalezenou kořistí v iteraci i , vektor \vec{A} je definován v podkapitole Hledání a pronásledování kořisti a je vypočten $3x$ (indexy 1, 2, 3), $\vec{D}_\alpha, \vec{D}_\beta, \vec{D}_\delta$ definují vzdálenost mezi pozicí jedince X_j od kořisti následovně:

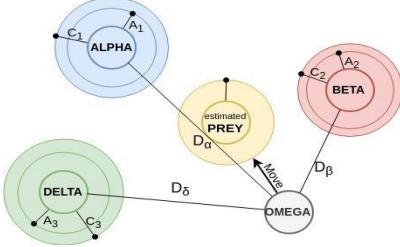
$$\begin{aligned} \vec{D}_\alpha &= |\vec{C}_1 * \vec{X}_\alpha(i) - \vec{X}_j(i)|, \\ \vec{D}_\beta &= |\vec{C}_2 * \vec{X}_\beta(i) - \vec{X}_j(i)|, \\ \vec{D}_\delta &= |\vec{C}_3 * \vec{X}_\delta(i) - \vec{X}_j(i)|, \end{aligned}$$

kde $|\vec{X}|$ je vektor, jehož složky jsou absolutní hodnoty složek vektoru \vec{X} . Vektor \vec{C} je definován v podkapitole Hledání a pronásledování kořisti, je vypočten stejně jako vektor \vec{A} $3x$ (indexy 1, 2, 3) a ovlivňuje váhu odhadované pozice kořisti $\vec{X}_\alpha(i), \vec{X}_\beta(i), \vec{X}_\delta(i)$ (zesiluje ji, nebo naopak zeslabuje).

Vzdálenosti $\vec{D}_\alpha, \vec{D}_\beta, \vec{D}_\delta$ tedy v pozicích $\vec{X}_1, \vec{X}_2, \vec{X}_3$ určují okolí odhadu pozice kořisti $\vec{X}_\alpha(i), \vec{X}_\beta(i), \vec{X}_\delta(i)$

ovlivněné váhou \vec{C} , v němž se nachází všechny možné pozice, které jsou kořisti blíže, než současná pozice jedince $\vec{X}_j(i)$. Konkrétní pozice je závislá na vektoru \vec{A} , přitom je-li $\|\vec{A}\| < 1$, pak se potencionální pozice jedince \vec{X}_1, \vec{X}_2 nebo \vec{X}_3 nachází právě uvnitř tohoto okolí (čím je $\|\vec{A}\|$ blíže nule, tím blíže je kořisti) a naopak.

Omega vlci se nepodílejí na odhadu kořisti a jejich pozice se aktualizují pouze na základě odhadu pozice kořisti vlky Alpha, Beta, nebo Delta. Vlci Alpha, Beta a Delta jsou si v této základní implementaci algoritmu rovnocenní a při aktualizaci svých pozic zohledňují také své vlastní aktuální pozice – nemají tak tendenci měnit příliš svou pozici. Pokud mají vlci tendenci přiblížovat se ke kořisti, dochází k jevu, kdy kořist postupně obklíčí (vlci se přiblížují z různých směrů).



Obr. 5: Aktualizace pozic $\vec{X}_j(i + 1)$ jedinců Omega podle vzorce na začátku kapitoly 2.4 [10]

Analogie pro napadení kořisti je pak v algoritmu stav, kdy dojde ke splnění ukončovací podmínky algoritmu, tedy pokud vyčerpáme všechny iterace algoritmu (řešením je pozice Alpha vlka), nebo když se Alpha přesune na takovou pozici v prostředí, jejíž hodnota odpovídá optimu.

2.5 Popis algoritmu

Vstupy algoritmu jsou:

- dimenze prostředí problému,
- hranice prostředí problému,
- fitness funkce charakterizující problém,
- velikost smečky (počet vlků),
- počet iterací algoritmu,
- ukončovací podmínka,
- kritérium pro fitness funkci.

Pseudokód algoritmu:

1. Inicializace jedinců (vlků):
 - náhodné umístění vlků do prostoru.
2. V každé iteraci i :
 - a. výpočet fitness funkce jedinců a určení sociální hierarchie:
 - i. Alpha = jedinec s nejlepší (nejnižší) fitness funkcí,
 - ii. Beta = jedinec s druhou nejlepší fitness funkcí,

iii. Delta = jedinec s třetí nejlepší fitness funkcí,

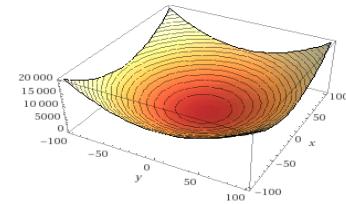
iv. Omega = ostatní jedinci,

- b. výpočet dosud nejlepšího řešení $\vec{X}_\alpha(i), \vec{X}_\beta(i), \vec{X}_\delta(i)$ (přiřazení pozic vlků Alpha, Beta, Delta),
- c. aktualizace pozic všech jedinců $\vec{X}_j(i + 1)$, přičemž pro každého z nich aktualizujeme vektory \vec{A}, \vec{C} ,
- d. kontrola ukončovací podmínky.

3 Příklad implementace

V této kapitole si předvedeme funkčnost navrženého algoritmu na příkladu optimalizace problému hledání minima jednoduché fitness funkce F ve 2D prostoru:

$$F = x^2 + y^2, \text{ kde } x, y \in (-100, +100).$$



Obr. 6: Graf jednoduché fitness funkce F [18]

Pro použití v n dimenzích funkci F zobecníme:

$$F = (x_1)^2 + (x_2)^2 + \dots + (x_n)^2,$$

kde x_j je složka n -dimenzionálního prostoru, $1 \leq j \leq n$.

Dále stanovíme velikost smečky (počet vlků) na hodnotu 7 (inspirace přírodou) a počet iterací algoritmu například na hodnotu 50. Ukončovací podmínu definovat nebudeme (algoritmus vždy projde všechny iterace). Je-li algoritmus v první iteraci, pak:

- vypočti fitness hodnotu pro každého z jedinců tak, že dosadíme do funkce F pozice jedinců $\vec{X}_j(1)$,
- srovnej fitness hodnoty F jedinců:
 - vlk s nejnižší fitness hodnotou se stává vlkem Alpha,
 - vlk s druhou nejnižší fitness hodnotou se stává vlkem Beta,
 - vlk s třetí nejnižší fitness hodnotou se stává vlkem Delta,
 - ostatní vlci se stávají vlky Omega.

V dalších iteracích proved pro každého z jedinců:

- vypočti fitness hodnotu F pro daného jedince,
- zařaď jedince do stávající sociální hierarchie:
 - jedinec se stává novým Alpha vlkem je-li výsledná hodnota F nižší než

- fitness hodnota dosavadního Alpha vlka,
- jedinec se stává novým Beta vlkem, je-li výsledná hodnota F vyšší než fitness hodnota dosavadního Alpha vlka, ale nižší než fitness hodnota dosavadního Beta vlka,
- jedinec se stává novým Delta vlkem, je-li výsledná hodnota F vyšší, než fitness hodnota dosavadního Alpha a Beta vlka, ale nižší než fitness hodnota dosavadního Delta vlka,
- jedinec se stává Omega vlkem, je-li výsledná hodnota F vyšší než fitness hodnota dosavadního Alpha, Beta i Delta vlka.

Činnost programu, tedy pohyb vlků v prostředí v jednotlivých iteracích, probíhá podle popisu algoritmu v předchozí kapitole. Algoritmus při testování konvergoval již po 20 krocích k hodnotě 0 s přesností na více než 3 desetinná místa a po padesáti krocích konvergoval až k hodnotě: 4.886810777574884e-07.

4 Současné uplatnění algoritmu

Obecně uplatníme tento algoritmus při řešení vyhledávacích a klasifikačních problémů pomocí optimalizace.

V současné době nalezneme uplatnění algoritmu v celé řadě odvětví. V inženýrství například při návrhu integrovaných obvodů a kontrolérů, při plánování cesty robotů, nebo při minimalizaci nákladů a spotřeby při dodávání, nebo odběru elektřiny (ať už při návrhu sítě elektráren dodávajících proud koncovým zákazníkům, nebo při návrhu energeticky úspornějších hardwarových i softwarových komponent počítače). Další uplatnění nalezneme v oblasti návrhu počítačových (či jiných) sítí. V oblastech, jako jsou architektura a ekonomie, se uplatní při minimalizaci nákladů, naložených kamionů či potřebného materiálu.

V neuronových sítích byl algoritmus efektivně použitý pro nalezení optimálních vstupních vah u neuronové sítě typu Backpropagation, dále k samotnému učení vícevrstvého perceptronu.

V matematice má algoritmus uplatnění při výběru optimální podmnožiny (například v oblastech, jako jsou statistika, fuzzy logika, aj.) a v počítačové grafice při segmentaci obrazu (například prahování). Segmentace obrazu se využívá v oblasti medicíny při identifikaci částí snímků pořízenými rentgenem, nebo CT.

Ve všech těchto oblastech, které se mnohdy vzájemně překrývají, prokazuje použití smečkového algoritmu pozitivní výsledky (alespoň v konkrétních případech) z hlediska času zpracování a přesnosti (kvality) v porovnání s výsledky podobných [3][4][5][6][9][15].

5 Srovnání s podobnými algoritmy

Algoritmy prohledávání do šířky či hloubky poskytují přesná řešení celé řady problémů. Neposkytují ale dostatečně rychlé řešení při řešení složitých (či neřešitelných) problémů, a právě tehdy se nabízí využít optimalizační algoritmus. V tomto případě můžeme sáhnout po některém z algoritmů zmíněném v tabulce níže. Vzhledem k šíři problematiky nejsou popsány činnosti těchto algoritmů, avšak zájemce si o nich může přečíst více informací v odkazované literatuře.

Algoritmus	Stručné srovnání
Hejna častic [17][1]	V rámci práce [1] byly oba (i smečkový) algoritmy srovnány na příkladu optimalizace nákladů na výrobu pohonného hmot. Hejna častic zpočátku konvergují rychleji k optimální hodnotě, avšak smečkový algoritmus optimální hodnoty dosáhl dříve. Algoritmus kombinující vlastnosti obou algoritmů na stejném příkladu prokázal pozitivní výsledek v porovnání s oběma z nich.
Genetický algoritmus [8][17][5]	Algoritmus byl použit v práci [5] při řešení problému toku energie v elektrické síti. Během 100 iterací algoritmu nebyl schopen konvergovat k optimální hodnotě, resp. možná konvergoval předčasně. Jistě bychom ale našli i příklady, kdy algoritmus funguje efektivně ve srovnání s tímto případem.
SOMA algoritmus [17] [2]	Algoritmus byl použit v práci [2], ve které se osvědčil při řešení problému obchodního cestujícího například v porovnání s algoritmem hejna častic (PSO). Přímé srovnání se smečkovým algoritmem se mi nepodařilo nalézt.
Mravenčí kolonie [7][13]	V práci [13] byl algoritmus použit při řešení problému obchodního cestujícího a byl srovnán s genetickým algoritmem. Přímé srovnání se smečkovým algoritmem se mi nepodařilo nalézt.

6 Další zkoumání

V blízké době plánuji především zkoumat chování popsáного algoritmu s různě nastavenými parametry a dále plánuji zkusit nahradit vektor \vec{C} přiřazující kořisti váhu méně náhodným způsobem.

Algoritmus dosud pracuje jen s malou podmnožinou vlastností života reálných vlků. Skutečně vlky však dokážeme rozlišit pomocí celé řady parametrů – síla, rychlosť, výdrž, stáří, aj. V další fázi výzkumu proto plánujeme zahrnout do algoritmu některé z těchto vlastností a využít je například k volbě délky kroku při přesunu pozice vlka směrem ke kořisti. Implementované vlastnosti vlků by se rovněž mohly promítnout při tvorbě společenské hierarchie podobně, jako u genetických algoritmů. Vlci by rovněž mohli tvorit v průběhu iterací nové generace s vlastnostmi optimalizovanými pro konkrétní typ úlohy a nahrazovat generace původní. Z matematického hlediska by to znamenalo definovat fitness funkci komplexněji než pouze pomocí aktuální kvality řešení jedince.

Některé vlastnosti, jako jsou únava (zrychlení / zpomalení kroku pohybu ke kořisti v závislosti na předchozích reakci vlka), hlad (možný efektivnější přístup k divergenci mezi hledáním kořisti a lovem), potřeba odpočinku (důkladnější prohledání okolí, pokud se vlkům nedáří nalézt ideální kořist), aj. plánují implementovat pomocí gramatik typu kolonie.

Bude přinejmenším zajímavé sledovat chování modifikovaného algoritmu.

Literatúra

- [1] Chopra, N., Kumar, G., & Mehta, S. (2016). Hybrid GWO-PSO Algorithm for Solving Convex Economic Load Dispatch Problem, 4.
- [2] Dokania, S., Bagga, S., & Sharma, R. (2017). Opportunistic Self Organizing Migrating Algorithm for real-time Dynamic Traveling Salesman Problem. In *2017 51st Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CISS.2017.7926065>.
- [3] Faris, H., Aljarah, I., Al-Betar, M. A., & Mirjalili, S. (2018). Grey wolf optimizer: a review of recent variants and applications. In *Neural Computing and Applications* (Vol. 30, pp. 413-435). IEEE. <https://doi.org/10.1007/s00521-017-3272-5>.
- [4] Kayvan, S. (2016). *An application of Grey Wolf Optimization algorithm for fuzzy portfolio selection problem* [Online].
- [5] Khaled, A., El-Rafei, A., & Badra, N. Solution of Optimal Power Flow using Evolutionary-Based Algorithms. *International Journal Of Engineering: Science And Technology*, 9(55-68). <https://doi.org/9.55-68.10.4314/ijest.v9i1.5>.
- [6] Khelifi, A., Saliha, C., & Bentouati, B. A new hybrid algorithm of particle swarm optimizer with grey wolves' optimizer for solving optimal power flow problem. *Leonardo Electronic Journal Of Practices And Technologies*, 17(32).
- [7] KRÖMER, P. (2012). *Optimalizace pomocí mravenčích kolonií: Inspirace, definice, aplikace a perspektivy* [Online]. Retrieved from <https://homel.vsb.cz/~kro080/mravenci.pdf>.
- [8] Mitchell, M. (c1996). *An introduction to genetic algorithms*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- [9] Mirjalili, S. (2015). How effective is the Grey Wolf optimizer in training multi-layer perceptrons. *Applied Intelligence*, 43(1), 150-161. <https://doi.org/10.1007/s10489-014-0645-7>.
- [10] Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey Wolf Optimizer. *Advances In Engineering Software*, 69(1), 46-61. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.12.007>.
- [11] Radinger, E. H. (2018). *Moudrost vlků: jak myslí, jak vnímají a pečují o sebe*. Praha: Mladá fronta.
- [12] Rajesh, K. Downloads - presentations and source codes [Online]. Retrieved March 24, 2019, from.
- [13] RANDALL, P. Coded and Testing [Online]. Retrieved March 24, 2019, from <https://reflectionsonor.wordpress.com/2012/08/01/a-t-colony-optimization-coded-and-testing/>.
- [14] SISdevelop: SwarmPackagePy [Online]. Retrieved March 24, 2019, from <https://pypi.org/project/SwarmPackagePy/>
- [15] Jiang, T., & Zhang, C. (2018). Application of Grey Wolf Optimization for Solving Combinatorial Problems: Job Shop and Flexible Job Shop Scheduling Cases. *Ieee Access*, 6, 26231-26240. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2833552>.
- [16] Velké šelmy: VLK (CANIS LUPUS) [Online]. (2010). Retrieved March 24, 2019, from <http://selmy.ursus.cz/vlk/V-obecne.html>.
- [17] Volná, E. (2012). *Evoluční algoritmy a neuronové sítě* [Online]. Ostrava. Retrieved from http://www1.osu.cz/~volna/Evolucni_algoritmy_a_neuronove_site.pdf.
- [18] Wolfram|Alpha [Online]. (2018). Retrieved March 24, 2019, from <https://www.wolframalpha.com/>.

Mind the next generations: boosting pro-ecological worldviews via social responsibility appeals

Lenka Valuš, Viera Bačová

Institute of Experimental Psychology, Center of Social and Psychological Sciences SAS

Dúbravská cesta 9, 84104 Bratislava, Slovakia

valus.lenka@gmail.com; viera.bacova@savba.sk

Abstract

Previous research showed that retirement saving increases after presenting people with an appeal to the sense of responsibility toward their future selves. In our study, we encouraged young adults ($N = 344$) to think of the environment in which they themselves or their future grandchildren would live. The grandchildren-related appeal led to a greater willingness to financially support an environmental organization and to a higher level of pro-ecological worldviews than the other appeal but not compared to the control group. Contrary to the previous findings, effectiveness of the intervention in our study did not depend on perceived closeness to future selves or future grandchildren. We hypothesize that the future self/generation continuity rather mediates than moderates the effect of appeals.

1 Introduction

Given far-distant consequences of unsustainable behavior, people are usually short-sighted when it comes to the environment. How to resolve this issue? Previous research (Bryan & Hershfield, 2012) focused on ways how to motivate people to save more money for their retirement. The authors compared effectiveness of a traditional appeal to people's self-interest versus an appeal to their social responsibility toward their future selves. The future-self-targeted message led to a substantial increase in saving.

In our study we focused on environmental issues as one of the major concerns of today's societies. Since consequences of unsustainable behavior in this domain will affect not only present but mainly future generations, we decided to expand the research. Thus, our main aim was to test the effectiveness of two types of appeals—social responsibility toward future self vs future grandchildren—on pro-ecological worldviews and behavior. At the same time, we were interested in perceived closeness to either future selves or future grandchildren as moderators of the effects.

2 Method

Out of 344 young adults ($M = 22$ years, $SD = 2.4$) who participated in our online research, two thirds were women ($n = 231$). After completing demographic items, the participants indicated their feelings of closeness to their future selves (Bryan & Hershfield, 2012) and their future grandchildren (Hershfield et al., 2014) - in a randomized order.

Then, each participant was randomly allocated in one of the three groups. Members of the experimental groups read one of two messages. The first one (EG1; $n = 112$) contained the appeal to social responsibility toward future self: "Please think about your future. Thirty years from now, you will live in the environment that people are shaping today. You are also involved in protecting the current environment. You have a responsibility towards your 30-year-old self. Your future well-being and quality of life depend on how you treat your environment now." The other one (EG2; $n = 124$) targeted social responsibility to future grandchildren: "Please think about the future of your grandchildren. They will live in the environment that people are shaping today. You are also involved in protecting the current environment. Well-being and quality of life of future generations depend on how you treat your environment now." Members of the control group (CG; $n = 108$) were not exposed to any appeal.

Finally, the participants proceeded to the dependent measures: i) the 15-item New Environmental Paradigm scale (NEP; Dunlap et al., 2000; $\alpha = .72$) indicating pro-ecological worldviews (e.g., "Humans are seriously abusing the environment.") and ii) a donation item. Thus, the participants were previously informed that some of them will be randomly drawn and rewarded with €30. The donation item asked the participants how much money of the potential win in the lottery they would donate to an environmental organization. No specific name of the organization was provided; we just described its mission and activities.

3 Results

Comparisons of the three groups are provided in Figure 1 and Figure 2. The error bars represent upper limits of 95% confidence intervals. Analyses of variance showed significant results, $F(2, 341) = 9.53$, $p < .001$, $\eta^2 = .05$, and $F(2, 332) = 3.31$, $p = .038$, $\eta^2 = .02$. Yet, only two out of six comparisons

were significant after applying the Bonferroni correction. Namely, both the pro-ecological worldviews and financial donations were substantially higher in EG2 compared to EG1: MDIFF = 0.26, 95% CI [0.14, 0.38], $p < .001$, $d = 0.61$ & MDIFF = 3.41, 95% CI [0.76, 6.06], $p = .012$, $d = 0.33$. Series of moderation analyses failed to support the assumption that effectiveness of the appeals depends on perceived closeness to future selves or future grandchildren.

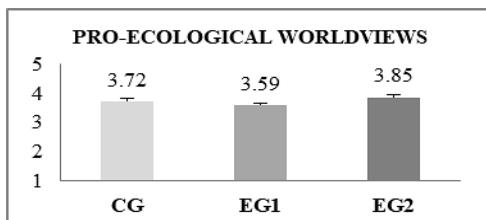


Fig. 1: Comparison of pro-ecological worldviews

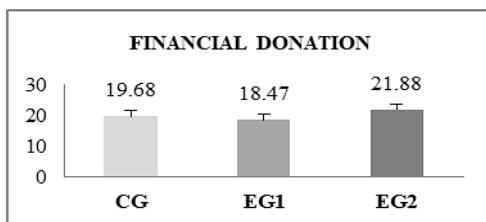


Fig. 2: Comparison of financial donations

4 Discussion

We see the main reason why our intervention failed to succeed in the specificities of our sample. Almost all participants showed high pro-ecological worldviews and behavior even without any appeal. In fact, more than 70% were willing to donate at least half of their financial prize to an environmental organization, and more than 40% would donate all of it. Even considering social desirability of the answers, the numbers are really high. Similarly, there were only 17 participants who indicated rather anti-ecological or neutral attitudes. Hence, there was not much room for improvement.

The other explanation is that the messages were not strong enough. Intriguingly, the scores in the group with future-self-related appeal were lower compared to the control group. It is possible that the future self is still relatively close in time and participants do not expect such early changes in the quality of the environment in Slovakia - consequently, they see no reason for concern. However, as far as future grandchildren are concerned, the time gap is relatively large, so the possibility of a deteriorated environment may be much more likely. Therefore, the appeal to future generations was more effective. In addition, discounting in the environmental domain seems to

differ from discounting in the financial and health domains (Böhm & Pfister, 2005; Hendrickx & Nicolaij, 2004).

As for the role of connectedness with the future self, we hypothesize that this might rather be a less stable disposition open to eventual interventions (e.g., Hershfield et al., 2011). Therefore, we propose testing the models with future self/generation continuity as mediators rather than moderators of the effect of appeals on attitudes, judgments and intertemporal choices. The main challenge, however, is to find effective ways of long-term support for sustainable behavior.

Acknowledgment

This research was supported by grant APVV-16-0153 – ‘Cognitive failures - individual predictors and intervention possibilities’.

References

- Böhm, G., & Pfister, H. R. (2005). Consequences, morality, and time in environmental risk evaluation. *Journal of Risk Research*, 8(6), 461–479.
- Bryan, C. J., & Hershfield, H. E. (2012). You owe it to yourself: Boosting retirement saving with a responsibility-based appeal. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(3), 429–432.
- Dunlap, R. E., Van Liere, K. D., Mertig, A. G., & Jones, R. E. (2000). New trends in measuring environmental attitudes: measuring endorsement of the new ecological paradigm: a revised NEP scale. *Journal of Social Issues*, 56(3), 425–442.
- Hendrickx, L., & Nicolaij, S. (2004). Temporal discounting and environmental risks: The role of ethical and loss-related concerns. *Journal of Environmental Psychology*, 24(4), 409–422.
- Hershfield, H. E., Bang, H. M., & Weber, E. U. (2014). National differences in environmental concern and performance are predicted by country age. *Psychological Science*, 25(1), 152–160.
- Hershfield, H. E., Goldstein, D. G., Sharpe, W. F., Fox, J., Yeykelis, L., Carstensen, L. L., & Bailenson, J. J. (2011). Increasing saving behavior through age-progressed renderings of the future self. *Journal of Marketing Research*, 48(SPL), S23–S37.

Inteligentní infrastruktury: požehnání, nebo prokletí?

Jiří Wiedermann

Centrum Karla Čapka pro výzkum hodnot ve vědě a technice
Ústav informatiky AV ČR
Pod Vodárenskou věží 2, 182 07 Praha, Česká republika
Email: jiri.wiedermann@cs.cas.cz

Abstrakt

Dnešní doba neobyčejně přeje rozvoji tzv. specializované umělé inteligence, která je schopna řešit úzce vy mezené problémy v pečlivě konstruovaných omezených prostředích. Proto se začínají uvažovat rozsáhlé, tzv. inteligentní infrastruktury, které využívají řadu spolupracujících specializovaných umělých inteligencí, jako jsou marketingové systémy, doporučovací systémy a sociální kreditní systémy, jdoucí přes různé oblasti života lidí a společnosti. Jejich cílem je učinit poskytování různých služeb efektivnější, operativnější, bezpečnější a spravedlivější. V příspěvku nastíníme architekturu těchto systémů a naznačíme výzkumné problémy spjaté s jejich vývojem. Společenské přijetí zejména hodnotících systémů je kontroverzní záležitost vedoucí k řadě legálních a etických problémů.

1 Úvod

Současný vývoj v umělé inteligenci narazil do zdi (Buchanan, 2018). Experti přestávají pracovat na vývoji umělé inteligence podobné lidské inteligenci (LeVine, 2018). Budoucnost umělé inteligence není o počítači, který myslí tak, jako člověk (Sandhu, 2018). To vše jsou titulky zpráv z posledních měsíců, které referují o výrocích významných expertů o současném stavu umělé inteligence. Pokud budoucnost umělé inteligence není o počítači, který myslí tak, jako člověk, tak o čem je ta budoucnost?

Jednou z cest, jak přemýšlet o budoucnosti umělé inteligence, je slevit z podmínky o počítači, který myslí tak jako člověk. Rozumnou cestou se zdá být využití různých existujících specializovaných inteligencí, které mohou spolupracovat na řešení stejných problémů viděných z různých aspektů a které mohou využívat pro svoji činnost stejnou technologickou infrastrukturu. To je základ myšlenky inteligentních infrastruktur. Cílem budování inteligentních infrastruktur je učinit poskytování různých služeb, jak individuálních, tak i sociálních, efektivnější, operativnější, bezpečnější a spravedlivější.

Aktivním propagátorem myšlenky inteligentních infrastruktur je Michael I. Jordan (2018), americký vědec, profesor na Kalifornské univerzitě v Berkley,

vedoucí osobnost v oblasti strojového učení. Jeho představa, prezentovaná v poslední sobě v sérii jeho přednášek na významných konferencích z oboru umělé inteligence vystoupení je ta, která, kdybychom použili metaforu z nadpisu tohoto příspěvku, by znamenala „požehnání“ pro uživatele inteligentní infrastruktury. Profesor Jordan však nezmíňuje donedávna málo známý vývoj kolem tzv. systému sociálních kreditů, což je také inteligentní infrastruktura, která se v současné době realizuje v Číně, u které se většina pozorovatelů z okruhu západní civilizace domnívá, že je spíše „prokletím“ celé společnosti, nežli „požehnáním“ (Botsman, 2017).

Cílem tohoto příspěvku je ukázat, žeoba dva přístupy k inteligentním infrastrukturám — jak přístup profesora Jordana, tak i čínský přístup, vycházejí ze stejných premis a využívají stejné informační technologie. Přínosem tohoto článku je jisté zobecnění pojmu inteligentních infrastruktur tak, aby jejich architektura pokryvala oba zmíněné přístupy. Zmíníme i nové výzvy v oblasti výpočetních síťových technologií, v oblasti zpracování velkých dat a v oblasti specializované umělé inteligence, které před nás staví realizace inteligentních infrastruktur. Rozdíl mezi oběma přístupy je hlavně v zamýšleném využití těchto infrastruktur, což vede k řadě etických problémů se závažnými důsledky, se kterými jsme zatím nebyli konfrontováni ani ve své komplexnosti, ani v jejich rozsahu.

2 Vize inteligentních infrastruktur

V současné době neexistuje žádná obecně uznávaná definice pojmu inteligentních infrastruktur. I když je tento pojem ve vývoji, můžeme alespoň uvést vizi, popisující hlavní charakteristiky těchto systémů.

Z pohledu zúčastněných vědních disciplin a jejich poslání jsou inteligentní infrastruktury rozsáhlé výpočetní systémy, které využívají informační technologie specializovaných umělých inteligencí na průniku *informatiky, umělé inteligence, ekonomiky, sociologie a etiky* za účelem efektivního, operativního, bezpečného a spravedlivého poskytování různých služeb.

Činnost inteligentní infrastruktury určují pravidla hry — kdo a jak, za jakých podmínek, se může podílet na činnosti systému, jaké tím získá výhody, a

jaké nevýhody.

Z pohledu jejich návrhu a jejich vnitřní architektury se skládají informační infrastruktury z pěti specifických vrstev, které zhruba odpovídají shora zmíněným pěti vědním disciplínám.

Základem je dnes již do jisté míry „klasická“ infrastruktura internetu včetně (IoT). *Internet věcí* je heterogenní síť propojených počítačů, mobilních telefonů, dopravních prostředků, domácích spotřebičů a jiných objektů, které obsahují elektroniku, software, senzory a aktuátory a mají jednotný identifikátor (většinou ve formě IP adresy) a schopnost navzájem komunikovat prostřednictvím sítě. To všechno jsou prostředky, které využívají zejména nástroje informatiky resp. softwarového inženýrství. Prostřednictvím objektů infrastruktury se stávají účastníky sítě uživatelé těchto objektů.

Dále požadujeme, aby bylo možné využívat data a datové toky pro budování znalostí o objektech, které tvoří síť. Za tím účelem musí být data, plynoucí sítí, koherentní, zapadající do nějaké formální či méně formální *znalostní teorie* a využitelná pro odvozování (inferenci) znalostí v rámci této teorie. Zde přicházejí do hry specializované umělé inteligence. Množné číslo používáme proto, že nad stejnou sítí může fungovat několik znalostních teorií, každá z nich specializovaná na specifický typ dat o objektech a budující specifickou znalostní bázi. Např. jedna báze může být zaměřena na zdravotní informace, další na dopravní, sociální, atp. Také zde může být mechanismus — *preferenční systém* — určující preference jednotlivých objektů na základě jejich minulého anebo statistického chování v různých sledovaných oblastech zájmu.

Na základě informací ze znalostní báze o každém objektu a jeho interakcích a minulých akcích může dále *tržní mechanismus* společně se znalostí preferencí vytvářet pro daný objekt *doporučení* pro vykonání nějaké nové akce nebo pro realizaci nějakého rozhodnutí. Na této úrovni již inteligentní infrastruktura funguje jako inteligentní trh (či tržiště), v klasickém ekonomickém smyslu. Takový systém je v pozadí systému jako je Uber pro dopravní služby, Airbnb pro ubytovací služby, doporučovací systém firmy Amazon pro tipy na nákup preferovaného zboží, atd.

Nad takto fungujícím inteligentním infrastrukturou lze dále implementovat *kreditní systém*, který systematicky sbírá kredity (hodnoty) přiřazené rozhodnutím či akcím realizovanými jednotlivými objekty. Pokud jsou tyto kredity sociologické povahy, vztahující se k rozvoji, struktuře a fungování společnosti, tak výsledný systém tvoří sociální kreditní systém. V závislosti na jejich povaze lze kredity využívat pro hodnocení daného objektu z různých sociologických aspektů: lze např. hodnotit jeho schopnost splácat půjčky, potenciál jeho koupěschopnosti, společenské úspěšnosti, hodnocení zdravotního stavu za účelem zdravotního pojištění, atd. Jiným příkladem kreditního systému je systém používaný ve vysokém školství, který hodnotí úspěšnost

studia.

Smysl kreditnímu systému dává poslední, pátá vrstva inteligenčních infrastruktur: *etika*. Je to systém morálních principů, které mají vliv na to, jaké rozhodnutí činí lidé (či obecně, objekty). To samozřejmě závisí na tom, co je obecně považováno za dobré pro jedince nebo pro společnost.

Počet pěti vrstev architektury inteligenčních infrastruktur je v jistém smyslu maximalistický — samozřejmě, je možné uvažovat takové systémy, ve kterých některá z vrstev chybí. Pak dostaneme vlastně příklady existujících systémů tohoto druhu, jako jsou např. již zmíněné rezervační systémy typu Uber nebo Airbnb, různé doporučovací systémy anebo bankovní kreditní systémy, elektronická evidence tržeb, elektronický recept, atp.

3 Výzkumné výzvy spjaté s inteligenčními infrastrukturami

I z předchozího stručného popisu architektury a činnosti inteligenčních infrastruktur je zřejmé, že ve své maximální verzi se jedná pravděpodobně o nejkomplexnější systémy pro zpracování dat, které známe, resp. přesněji: dovedeme si reálně představit (protože zatím, v době psaní tohoto příspěvku, žádný takový systém neexistuje).

Složitost takových systémů je daná několika faktory, a to jak technologickými, tak i bezpečnostními a etickými.

Prvním z nich je rozsah takových systémů. V praxi se může jednat až o systémy obhospodařující až stamilióny subjektů (viz připravovaný čínský systém sociálních kreditů, zmíněný v další části). Z tohoto rozsahu vyplývá i obrovské množství dat („big data“), které musí systém obhospodařovat. Tento úkol se liší od běžného off-line zpracování velkých dat, protože data do systému neustále, on-line způsobem přibývají, čím se mění preference uživatelů, a změny, které se promítají třeba do preferencí a doporučení, je potřebné v reálném čase zpracovat.

Zde nastává problém, kde fyzicky je vhodné držet příslušná data. Pokud jsou příliš vzdálená a centralizovaná v datových centrech (tzv. cloud-based networks, sítě datových mraků), narázíme na problém jejich rychlé dostupnosti (to je typický problém IoT). Většina interakcí má totiž charakter, že využívá související data získaná z blízkého okolí a ze stejné semantické oblasti, a současně využívají vysokorychlostní (např. 5G) sítě. V takových případech je potřebné služby datového mraku distribuovat po sítí na její „okraje“, blíže k výpočetním zdrojům, kde probíhají intenzivní výpočty (tzv. cloud-edge computing). V těchto oblastech stále probíhá intenzivní výzkum.

Dalším problémem je vzájemná provázanost rozhodnutí doporučovacích systémů. To nastává v si-

tuacích, kdy jsou k dispozici omezené zdroje vzhledem k počtu zájemců o ně (a to je prakticky vždy), a tudíž nelze všem uživatelům doporučit stejná rozhodnutí, protože zdroje se mohou vyčerpat. Např. v případě dopravní zácpy nelze všechny automobily poslat stejnou objížďkou. Jiný případ nastane, kdy ve stejné situaci (např. „hledám asijskou restauraci v pěší vzdálenosti“) doporučení závisí na mé okamžité poloze. V některých případech dokonce nelze uspokojit všechny zájemce. Tehdy je potřebné volit mezi nimi a vybrat, kdo bude a kdo nebude uspokojen. Zde vstupuje do hry etika ve spolupráci se s kreditním systémem.

Jiný problém s daty je jejich původ. Jsou spolehlivá? Nejsou zastaralá? Učení neuronových sítí konané z nespolehlivých či zastaralých dat zřejmě nemůže být optimální a tedy i rozhodnutí takových sítí budou nespolehlivá.

Úkolem inteligentních infrastruktur je také vydávání různých doporučení. Pokud mají být taková doporučení důvěryhodná, musí být k dispozici vysvětlení, jak a proč k danému závěru systém dospěl. To, jak je známo, je problém, zejména pokud se využívají neuronové sítě, o kterých nevíme, jak ke svým výsledkům dospívají.

Kombinacím tržních mechanismů s doporučovacími systémy, pracujícími s velkými daty, plně nerozumíme. Proto je důležitá extrakce příslušných znalostí z dat o práci takových systémů pomocí učení bez učitele. O tom také skoro nic nevíme. Zde hrají důležitou roli kauzální mechanismy. Obecně se má za to, že neuronové sítě nejsou vhodným prostředkem pro zjišťování kauzality. Jak jinak tedy řešit uvedené problémy?

Také nečekané situace jsou problémem. Jak zajistit robustnost a férorost řešení i v takových podmínkách?

Ochrana soukromí, vlastnictví dat a sdílení dat mezi organizacemi a soukromníky je další velký okruh problémů, se kterým v podmínkách inteligentních infrastruktur nemáme zkušenosti. To už jsou vlastně etické problémy, kterým se budeme věnovat v další sekci.

4 Etické problémy inteligentních infrastruktur

Inteligentní infrastruktury vyžadují pro svoji činnost o každém objektu množství dat privátního charakteru. Zde vznikají otázky, jak se taková data získají, kde se uchovávají, komu patří, jak jsou chráněna. To jsou obecné problémy s daty personálního charakteru, které jdou za rozsah i obsah tohoto příspěvku. Dalším problémem je asimilace dat do různých systémů specializovaných inteligencí. Data o daném objektu v obecném případě pocházejí z mnoha zdrojů, soukromých (např. Facebook), veřejných (různé

rejstříky), neveřejných (firemní interní informace o zákaznících, registr trestů, informace od státních organizací, pojíšťoven, lékařů, atp.). Kde jsou hranice svolobného nakládání s takovými informacemi? Kdo může mít přístup k nim, ze jakých okolností?

Tyto a podobné problémy ve své obecnosti řeší etika. Problém je samozřejmě v tom, že etika řeší tyto problémy v obecnosti, a většinou se nezabývá konkrétními případy, které jsou ovšem pro intelligentní infrastruktury nejjednodušší. Nejlépe je to vidět na případě sociálních kreditních systémů. Tyto systémy mají dlouhou tradici sahající před věk počítačových informačních technologií. Typickým příkladem je důchodový systém, což je způsob, jakým obyvatelstvo dané země financuje definované důchodové dávky pomocí sběru kreditů během doby své pracovní činnosti. Extrémním případem, kde etika hraje hlavní roli ve využití sociálních kreditních systémů, je v současné době budovaný čínský sociální kreditní systém. Jeho cílem je monitorování, hodnocení a řízení chování tržních účastníků tohoto systému v omnoho širším měřítku, než stávající kreditní systémy. Jestli se experiment podaří, tak systém posílí důmyslným způsobem možnosti čínské vlády řídit a ladit tržní a sociální mechanismy a průmyslovou politiku v celé zemi. Dobrý popis tohoto systému je např. v práci (Meissner, 2017).

Čínský sociální kreditní systém je navržen tak, aby motivoval dodržování právního řádu. Občané získávají body za dobré skutky, jako je např. dobrovolnictví, darování krve, nebo přilákání investic do města. Body lze na druhé straně ztráct za různé přestupy, jako jsou porušení dopravních pravidel (dokonce i přechod chodců na červenou — zde se využívají on-line kamerové systémy pro rozeznávání osob podle obličeje a chůze), neplacení daní, nestarání se o své staré rodiče, nekontrolované hraní počítačových her, atd. Získané kredity pak mají vliv na různé benefity: přístup k neplaceným zdravotním službám, slevu na nájemné, výhody v bankovnictví, přístup ke kvalitnímu vzdělání, k rychlému internetu, atd. Málo kreditů znamená ztrátu výše zmíněných benefitů, státní podpory, nemožnost pracovat ve státních službách, omezení cestování letadlem či rychlovlaky, atd.

Z pohledu západní civilizace představuje čínský kreditní systém pro místní režim prostředek poháněný umělou inteligencí, který porušuje lidská práva (viz např. (Thomson, 2017)). Zřídka však čteme, že tento mechanismus vítá většina občanů Číny, kteří mají dost nekontrolovatelných zpronevěr, korupce, podvodních produktů, absence komunitních a státních správních infrastruktur a nefunkčního zdravotnictví. Současně to může být důsledek tisícileté čínské tradice motivovat morální chování lidí a zcela jiného pojetí pojmu soukromí a osobní svobody.

5 Závěr

Naše vize inteligentních infrastruktur představuje pokus o maximální využití současně známých specializovaných umělých inteligencí. Je to způsob, jak generovat do jisté míry inteligentní chování ve formě „užitečných rad“ a informací pomocí výpočetních agentů, ze kterých žádný zvlášť takového chování není schopen. Ve své výsledné podobě se vlastně jedná o interaktivní hry s velkým počtem hráčů, které ovšem neslouží pro zábavu, nýbrž pro usměrňování a motivování smysluplného chování účastníků hry, případně pro naplňování jejich potřeb.

Z etického hlediska takové systémy před nás staví novou výzvu. Doposud jsme totiž ve velké většině vnímali umělou inteligenci jako inteligenci, vlastní nějakému zařízení, třeba robotu či počítače, které funguje do jisté míry autonomně a tudíž se může „vymknout“ z řízení lidí, dokonce může převyšít inteligenci lidí a konat proti jejich zájmům. To není typický případ inteligentních infrastruktur. Ty celkem jistě nejsou autonomní, nekonají nic jiného, nežli sbírají informace, které jim lidé dovolí a dají k dispozici, a podle návodů, dodaných lidmi, poskytují „rady“ a služby, když jsou o to uživatelem požádány. Tyto systémy samozřejmě neví, co činí, a za své konání nemohou být odpovědný. Lidé je mohou, ale nemusí budovat a poslouchat. Dovedeme se takové výzvě postavit? Stanou se inteligentní infrastruktury požehnáním, nebo prokletím?

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci Centra Karla Čapka pro výzkum hodnot ve vědě a technice, za částečné podpory institucionálního plánu ÚI AV ČR RVO 67985807 a programu Strategie AV21 „Naděje a rizika digitálního věku“.

Literatura

- Botsman, R. (2017). Big data meets Big Brother as China moves to rate its citizens. In: WIRED, <https://www.wired.co.uk/article/chinese-government-social-credit-score-privacy-invasion>
- Buchanan, M. (2018). Our Robot Overlords Might Be Delayed. Research in artificial intelligence seems to have hit a wall. In: Bloomberg, <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2018-04-04/artificial-intelligence-research-might-have-hit-a-wall>, 2018
- Jordan, M. (2018). Artificial Intelligence - The Revolution Hasn't Happened Yet. In: Medium, April 18, 2018, <https://medium.com/@mijordan3/artificial-intelligence-the-revolution-hasnt-happened-yet-5e1d5812e1e7>

LeVine, S. (2018). AI researchers are halting work on human-like machines. In: AXIOS, <https://wwwaxios.com/ai-researchers-are-halting-work-on-human-like-machines-c7c821c2-59b1-40da-bdb4-e2a368b215aa.html>

Meissner, M. (2017) China's Social Credit System, <https://www.merics.org/sites/default/files/2017-09/China>

Sandhu, N. (2018). The Future of AI: It's Not About A Computer That Thinks Like A Human. <http://blogs.blackberry.com/2018/11/the-future-of-ai-its-not-about-a-computer-that-thinks-like-a-human/>

Thomson, E. (2017). A Deontological Ethics Analysis of China's "Social Credit System". <https://earlsblog.me/2017/11/08/a-deontological-ethics-analysis-of-chinas-social-credit-system-part-1-the-background/>

Register autorov

A

Adamus, Magdalena 7

B

Bačová, Viera 137
Bašnáková, Jana 13
Ballová Mikušková, Eva 9
Beňušková, Ľubica 120
Brezina, Ivan 17
Budinská, Ivana 15

C

Cimrová, Barbora 29

Č

Čavojová, Vladimíra 9, 17
Čeněk, Jiří 20
Černý, David 22
Šašinka, Čeněk 45, 103, 112, 114
Šašinková, Alžběta 112, 114

D

D. Poslon, Xenia 87
Dudeková, Katarína 7

F

Farkaš, Igor 29, 59, 93, 126
Fele, Benjamin 31
Ferber, Maike 100
Filip, Maroš 33

G

Gáliková, Silvia 37
Galasová, Miroslava 35
Gergel, Peter 29

H

Herman, Lukáš 103, 128
Hoffmann, Matěj 106, 118

Hudák, Marián 39, 93
Hvorecký, Juraj 41

J

Jedlička, Peter 120
Juřík, Vojtěch 45, 112
Jurkovič, Marek 17
Jursa, Andrej 48

K

Kénesy Túnyiová, Mária 61
Kasanický, Tomáš 15
Kelemenová, Alica 54
Kellner, Martin 59
Kende, Anna 87
Kopčo, Norbert 100
Korečko, Štefan 39, 93
Krammer, Peter 61
Kuzmíková, Jana 61
Kvarda, Ondřej 103
Kvassay, Marcel 61

L

Lášticová, Barbara 87
Lúčny, Andrej 70
Laback, Bernhard 100
Lacko, David 63
Lokša, Peter 100

M

Markoš, Anton 75
Markošová, Mária 48

N

Nagy, Marek 79

P

Pecháč, Matej 85
Popper, Miroslav 87

R	
Rosipal, Roman	29
S	
Sarto-Jackson, Isabella	89
Sivý, Martin	93
Smolík, Filip	33
Sobota, Branislav	39, 93
Sosík, Petr	131
Spišák, Ondrej	100
Stachoň, Zdeněk	103, 128
Straka, Zdeněk	106
Svoboda, Aleš	108
Š	
Šebeňa, René	100
Šejnová, Gabriela	116
Švarný, Petr	118
T	
Takáč, Martin	31
Tomaška, Ľubomír	89
Tomko, Matúš	120
Trojčák, Dominik	93
Tuna, Matúš	126
U	
Ugwitz, Pavel	45, 128
V	
Valenta, Daniel	131
Valuš, Lenka	13, 35, 137
Vasil', Peter	93
Vavrečka, Michal	116
W	
Wiedermann, Jiří	139
Z	
Zelenka, Ján	15