

FILOSOFIE EMERGENTISMU V POČÍTAČOVÝCH VĚDÁCH

Philosophy of Emergentismus in Computer Science

Jakub Jura a Jiří Bíla

Abstrakt: Při slově emergentismus se nám nejčastěji vybaví významy jako je náhlost, neočekávanost nebo nepředpověditelnost. Je to jeden z méně známých směrů filosofie vědy, který v současnosti našel širší uplatnění ve vědě a technice – především v umělé inteligenci..

Key words: Emergence, Emergentismus, Emergentní syntéza, Filosofie, Umělá inteligence, Počítačové vědy.

1. Úvod

Emergentismus je filosofický směr, který je hodný pozornosti inženýrů, neboť si našel své uplatnění v současné vědě a technice. Další jeho výjimečnost spočívá v tom, že se uchytil jako takový (sám o sobě) a nikoliv pouze jako produkt filosofické reflexe vědy. Filosofické koncepty a směry se ve vědě vyskytují – jsou zde dobře ukotveny. Klasická věda je materialistická, redukcionistická a deterministická, v postmoderní vědě se vyskytuje spiritualismus, narativismus či konstruktivismus atd. Ale speciální vědy si jimi nezabývají. Například fyzika se nezabývá materialismem – jako takovým – ačkoliv se tohoto paradigmatu drží. Materialismus je filosofický směr, tedy je doménou filosofie. Ale emergentismu se stalo, že se na filosofii částečně emancipoval. Původní koncepce je čistě filosofická. Před více jak sto lety byl použit pro filosofickou reflexi biologických teorií. I v současnosti je používán pro filosofickou reflexi sociálních a kulturních fenoménů, na které se materialistické pohledy nehodí. Ale našel využití i v umělé inteligenci, která jej dále (zpětnovazebně) rozvíjí a tříbí. Vzniká slabá a silná alternativa, emergentismus diachronní a synchronní atd. Pro začátek můžeme emergenci přiblížit definicí Josefa Kelemena, který ji definuje jako „**jev, který se na určité úrovni popisu skutečnosti zcela přirozeně vyskytuje, něco však stojí v cestě redukcí tohoto jevu na jevy nižších úrovní**“ [1].

1.1. Etymologie slova emergence

Slovo emergence se používá například i k označení výrůstku na povrchu rostliny [2]. Tak i tak slovo emergence vychází z latinského výrazu emergere, který má český význam vynořit se, vymanit se [3]. Latinské emergere je složené z e+mergere. Přičemž mergere je infinitiv od mergo, které znamená ponořit, potopit, spustit, zakopat. Předpona e (event. ex) znamená „z“ a u slova mergere znamená de facto jeho pravý opak. Tedy vynořit, vystoupit,

vytáhnout, vyzdvihnout, přinést na světlo, ale také postavit se na nohy [4]. Ve významu slova emergence se potom nacházejí asociace na něco nového, překvapivého a neočekávaného.

2. Historické kořeny emergentismu

S pojmem **emergentní produkt** přišel jako první **George Henry Lewes** [5], když rozlišil produkty spojování příčin na emergenty a resultanty. Zatímco resultanty je možné odvodit z nižší úrovně, tak emergenty nikoliv. Použil přitom analogii **Jamese Stuarta Milla** [6] o mechanickém a chemickém spojování příčin. Podle Milla [6] cit dle [9], se dvě, či více příčin kombinuje **mechanickým způsobem** tak, že celkovým výsledkem je součet dílčích výsledků (jako kdyby reagovali odděleně). Millovým prototypovým příkladem tohoto je případ dvou, či více sil, které účinkují společně, aby vytvořili daný pohyb: pohyb je vektorový součet toho, co by mohly být účinky jednotlivých sil působících samostatně. Podle Milla se dvě, či více příčin kombinuje **chemickým způsobem** tak, že produkují daný výsledek jen tehdy a právě tehdy, když výsledný účinek není jejich pouhý, mechanický, součet. Mill použil termínu chemický způsob, neboť chemičtí činitelé utvářejí výsledek nechemickou cestou. Vezměme si chemický proces jako například: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (metan a kyslík produkují oxid uhličitý a vodu). Produkt těchto reaktantů působících společně není v žádném případě součet jejich oddělených působení. Mill označil účinek dvou a více příčin působících mechanickým způsobem "**homopathic effects**" a účinek dvou a více příčin působících chemickým způsobem "**heteropathic effects**". Dnes jsou na tomto principu založeny teorie tzv. slabého emergentismu. Poslední z historických zdrojů emergentismu, který by byla chyba opominout, neboť je odrazovým můstkem k současným pojetím emergentismu je C. Lloyd Morgan, který napsal knihu Emergent Evolution [7]. Ten má za své ústřední téma vědomí, které emerguje v procesu vývoje a není možné jej redukovat na organickou strukturu živého organismu. Doslovně říká, že: „během evolučního procesu vznikají nové emergentní kvality, které vytvářejí nové fundamentální síly, které zapříčiňují pohyb událostí neanticipovatelným způsobem, a které jsou způsobeny zákony síly, kterými se řídí hmota na nižší úrovni komplexity“.

3. Současný emergentismus

3.1 Filosofie emergentismu

Definice emergentismu, která bývá uváděna za klasickou v oblasti počítačových věd, je z pera Daniela W. Hillise: „Za emergentní jev můžeme obecně pokládat **cokoliv, co je na určité „vyšší“ úrovni zřetelné a svébytné** (symetrický tvar sněhové vločky), **kauzálně působivé** (úder pěstí), či jakkoliv jinak **pozoruhodné** (lavina, inflace), a **na co lze hledět jako na důsledek vlastností a chování prvků nějaké „nižší“ úrovně** (molekul H_2O , svalových buněk, sněhových vloček, ekonomických subjektů), přičemž to **není snadné nebo dokonce možné prostředky této nižší úrovně popsat, vymezit či předpovědět**“ [8] cit. dle [21].

V současnosti se filosofie emergentismu rozvíjí ruku v ruce s rozvojem umělé inteligence, kde nachází praktické uplatnění. Příkladem filosofa, který se zabývá emergentismem z této pozice, je Stephan Achim z Filosofické fakulty v Karlsruhe, který postuluje tři

typy emergentismus založené na šesti principech [10], [11]. Nejdříve postuluje **slabý emergentismus** (weak emergentism) založený na principu (i) fyzikálního monismu, (ii) systematických vlastnostech a (iii) synchronním determinismu. Další – **silný emergentismus** (strong emergentism) má dvě varianty: synchronní a diachronní emergentismus. **Synchronní** emergentismus se řídí navíc ještě principem (iv) ireducibility a **diachronní** emergentismus k tomu přidává (v) novost a (vi) strukturální nepredikovatelnost.

3.2. Aplikace emergentismu v umělé inteligenci

Další velkou kapitolou je aplikace emergentistických přístupů v jednotlivých odvětvích lidské činnosti. Snad nejrozsáhlejší současnou aplikační oblastí je umělá inteligence, počítačové vědy a kybernetika. Příkladem je snaha Toma De Wolf z Belgického Leuvenu o emergenci samoorganizace AGV – automaticky naváděných vozidel pracujících ve skladu zásob [12]. Dalším autorem, který se věnuje emergenci v kontextu samoorganizace je Iris Breddin. Ten se zabývá možností modelování emergentního, k čemuž užívá principu entropie a formálních jazyků. Základní otázkou je takový návrh počítače, který by mu umožnil využít principu sebeorganizace [13]. A K. Ueda z university v Kobe (Japonsko) se věnuje emergentní syntéze s aplikací do oblasti průmyslu [14], [15].

Další technickou oblastí, kde je uplatňován emergentismus, je konceptuální design. Zde se emergentními jevy, resp. emergentní syntézou zabývá například John S. Gero a emergenci chápe spíše jako důsledek sémiotických procesů v rámci interakce člověka a počítače, respektive jako výpočetní manipulaci se znalostmi [16]. Na našem pracovišti se zabýváme emergentní syntézou v konceptuálním navrhování a redesignu. Emergence v CRDP (Conceptual ReDesign Process) je reprezentována ve třech rovinách. V rovině procesu syntézy řešení problému, v rovině evolučního výpočtu a v rovině popisu procesu dosahování řešení v zakřivujícím se prostoru neurčitostí. Postup se nazývá Emergent Knowledge Discoveries (EKD) [17], [18], [19].

3.3. Aplikace emergentismu v ostatních vědách

Velmi zajímavou pozici si emergentismus našel v neurovědách. Jeden z takových přístupů je Hameroffova představa emergence vědomí jakožto kvantového fenoménu, přičemž nositelem tohoto fenoménu by mohli být cytoskelety typu mikrotubuly a filamenty. Hameroff předpokládá, že mezi mikrotubuly se mohou vyskytovat vlny akčního potenciálu vedoucí ke vzniku inference holograficky uspořádaných paměťových stop [20]. To je i v souladu s definicí I. Havla, která popisuje podobný výsek reality – pouze v jiném měřítku: Mentální stavy a procesy lze pojmout jako emergentní jevy na některé vyšší úrovni dostatečně složitě dynamického systému [21], resp., že mentální stavy a procesy lze pojmout jako emergentní jevy nad rozsáhlou množinou vzájemně vázaných kauzálních domén [21].

Ale emergentistický přístup je možné vidět také například v čistě humanitních vědách. Důkazem toho je článek Jany Horákové, který je svým způsobem můstkem mezi technikou a humanitními vědami [22]. Horáková píše, že jednotlivé prvky postmoderního performance tvoří síť, ve které však tvar/význam není přítomen, ten emerguje až v čase vnímání představení. S odlišným přístupem přichází Luis Felipe de Oliveira, když se na jednu stranu snaží vyhnout zapojení subjektu do teorie disonance, ale na druhou stranu hledá v emer-

gentismu oporu pro její definování mimo jazyk akustiky [23]. Máme-li něco, podle Oliveira, nazvat emergentním, potom to musí být **ireducibilní, nové a nepredikovatelné**.

4. Závěr

Emergentismus – jako filosofický směr – se v materialistické vědě vynořil na světlo světa způsobem jemu vlastním. Tedy jako myšlenka z materialismu vycházející, ale jej samotný významně přesahující. Jeho užitečnost spočívá v tom, že popisuje principy fungování toho výseku reality, který není popsateľný jinými (v západní vědě etablovanými) přístupy.

Acknowledgement

Tento výzkum je prováděn a koordinován za ČVUT v Praze na ústavu Přístrojové a řídicí techniky, fakulty strojní za podpory výzkumného grantu No 2B06023.

References

- [1] **Kelemen J.:** *Strojovia a agenty*. Archa, Bratislava, 1994.
- [2] **Holub, J., & Lyer, S.:** *Stručný etymologický slovník jazyka českého*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1967.
- [3] **Horyna, B. et. al. (Ed.).** (1995). *Filosofický slovník*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, druhé rozšířené vydání, 1998.
- [4] **Lewis, Ch. T. & Short, Ch.:** A Latin Dictionary [Electronic version], Tufts University, Massachusetts Retrieved 10. 12. 2008 from: <http://www.perseus.tufts.edu/cgi-bin/ptext?doc=Perseus%3Atext%3A1999.04.0059%3Aentry%3D%2315627>.
- [5] **Lewes, G. H.:** *Problems of Life and Mind*, vol. 2. London: Kegan Paul, Trench, Turbner, and Co, 1875.
- [6] **Mill, J. S.:** *System of Logic*. London: Longmans, Green, Reader, and Dyer. 8th ed., 1872.
- [7] **Morgan, C. L.:** *Emergent Evolution* [electronic version]. London: Williams and Norgate, 1923. Retrieved 10.12.2008 from: http://books.google.cz/books?id=Cb7n_wVQXe0C&printsec=frontcover
- [8] **Hillis, W., D.:** *Intelligence as an emergent behavior; or, the songs of Eden*. The artificial intelligence debate: false starts, real foundations <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=63323&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=15527394&CFTOKEN=66434362>. MIT Press Cambridge, MA, USA, 1989, pp. 175-189. ISBN:0-262-57074-2.
- [9] **Wilson, R. A. & Keil, F. C. (Eds.).** *MIT Encyclopedia of The Cognitive Science*. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press. 1999.
- [10] **Achim, S.:** *Varieties of Emergentism*. *Evolution and Cognition* 1999, Vol. 5, No. 1, 1999, pp 49 – 59. Retrieved 19. 11. 2008 from: <http://www.brynmawr.edu/biology/emergence/stephan.pdf>.
- [11] **Achim, S.:** *Emergentism, Irreducibility, And Downward Causation*. *Grazer Philosophische Studien*, 65 (2002), 2002, pp. 77-93. Retrieved 19. 11. 2008 from: http://www.institutnicod.org/Reduction/06_Stephan_GPS65.pdf.

- [12] **Wolf, T. & Holvoet, T. & Samaey, G.:** *Development of Self-Organising Emergent Applications with Simulation-based Numerical Analysis.* , Proceedings of the First IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems, pages 295-298, MIT, Boston, MA, USA, July 9-11, 2007. Retrieved 5. 12. 2008 from: <http://www.cs.kuleuven.ac.be/cwis/research/distrinet/resources/publications/42243.pdf>
- [13] **Breddin, I.:** *Self-Organisation and Emergence.* Organic Computing 2006, Institut für Telekommunikationssysteme, Fakultät IV, TU Berlin, 2006. Retrieved 20.11.2008 from: <http://kbs.cs.tu-berlin.de/teaching/sose2006/oc/folien/SelfOrganizationAndEmergencePaper.pdf>
- [14] **Ueda, K., Lengyel, A. & Hatono, I.:** *Emergent Synthesis to control and planning in make to order manufacturing environments* In: CIRP Annals – manufacturing Technology, No.1, Vol. 53, 2004, pp. 385-388.
- [15] **Ueda, K., Kito, T. & Takenaka, T.:** *Modelling of value creation based on Emergent Synthesis* In: CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 57, Issue 1, 2008, pp. 473-476. Retrieved 20.11.2008 from: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B8CXH-4SGTMB63&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_usrid=10&md5=8bf29ce47520c40c013b76a765ad9302
- [16] **Gero, J.:** *Creativity, emergence and evolution in design..* Knowledge-Based Systems 9(7), 1996, pp. 435-448. Elsevier, ISSN: 0950-7051 Retrieved 20.10.2007 from: <http://web.arch.usyd.edu.au/~john/publications/1996/96GeroCreativity.pdf>
- [17] **Bíla, J., Jura, J., Tlapák, M. (2006).** *Emergent Synthesis in Conceptual ReDesign Process.* In Proc. of 6th Int. Workshop on Emergent Synthesis - IWES' 06. Tokyo, Japan: IWES' 06, The University of Tokyo, Japan.
- [18] **Bíla, J. & Jura, J. (2007).** *Artificial Intelligence and Emergent Synthesis in Conceptual Design Process.* In 5th International Conference on Soft Computing Applied in Computer and Economic Environments – ICSC 07 (pp. 289-296). Kunovice: European Polytechnical Institute, 2007. ISBN 80-7314-108-6.
- [19] **Bíla, J., Brandejský, T., Bukovský, I., Jura, J. (2006).** *A Non Traditional Software Support Conceptual Design System CD3.* In Proc. of Advanced Engineering Design – AED 2006 [CD-ROM] (pp. F2.01). Prague: CTU. ISBN 80-86059-44-8.
- [20] **Hameroff, S.:** *Quantum coherence in microtubules: A neural basis for emergent consciousness?* Journal of Consciousness Studies, 1, 1994, pp. 91-118.
- [21] **Havel, I., M. Přirozené a umělé myšlení jako filosofický problém** [Electronic version]. 2004. ISSN 1214-8857. Retrieved 2. 10. 2007 from <http://glosy.info/texty/prirozene-a-umele-mysleni-jako-filosoficky-problem/4>
- [22] **Horáková, J.:** *Divadlo, Performance art a umělá inteligence.* 2002. Retrieved 15. 5. 2006 from http://divadlo.cz/gfx/attachments/hq12364_horakova.pdf.
- [23] **Oliveira, L., F., El-Hani, Ch., N. & Zampronha, E., S.:** *Emergentism and musicology: an alternative perspective to the understanding of dissonance.* IX Brazilian Symposium on Computer Music, Campinas, SP, August 2003. Retrieved 20.11.2008 from: http://gsd.ime.usp.br/sbcm/2003/papers/rLuis_F_Oliveira.pdf

Kontaktní adresa

ÚPŘT FS ČVUT, Technická 4, Praha 6 – 166 07, Czech Republic,
Fax : +420 2 3333 5603, Tel : +420 2 2435 2534, 2487, Mob : +420 732 61 41 29
Jakub.Jura@fs.cvut.cz, Jiri.Bila@fs.cvut.cz