

Intelligentní systémy a neuronové sítě

Arnošt Veselý, Česká zemědělská univerzita, Kamýcká, Praha 6 - Suchbát

Summary:

In the article two main architectures of intelligent systems: logical-symbolic and connectionist are compared. A neural net architecture is a special case of a connectionist architecture. At present in cognitive science connectionist paradigm is as important as formerly used logical-symbolic paradigm. From the point of view of the connectionist paradigm, intelligence is an emergent feature in a sufficiently complex dynamic system.

Anotace:

V článku jsou porovnány dvě hlavní architektury inteligentních systémů: logicko-symbolická a konekcionistická architektura. Neuronová síť je specifickým případem konekcionistické architektury. V kognitivní vědě v současné době konekcionistické paradigma je stejně důležité jako dříve užívané logicko-symbolické paradigma. Z hlediska konekcionistického paradigmatu je inteligence emergentním jevem v dostatečně složitém dynamickém systému.

Key words:

Logical-symbolic systems, neural nets, connectionists systems, soft computing

Klíčová slova:

Logicko-symbolické systémy, neuronové sítě, konekcionistické systémy, soft computing

Úvod

Zkoumání inteligentních systémů je důležitou součástí informatiky. Za inteligentní jsou považovány takové systémy, které dokážou řešit obtížné úkoly, jako je například chápání přirozených jazyků, porozumění mluvené řeči, orientace a pohyb v prostoru, hraní her jako jsou například šachy atd.

První inteligentní systémy obsahovaly symbolickou reprezentaci vnějšího světa. Řešení úloh hledaly v rámci této symbolické reprezentace. Současně s nimi se vyvíjely systémy, které napodobovaly činnost nervové soustavy živých organismů. Vývoj těchto systémů zaznamenal velký rozkvět během osmdesátých let a v současnosti je přinejmenším rovnocenným soupeřem klasických systémů založených na logicko-symbolickém zpracování informace o vnějším světě.

Cíl a metodika

Cílem této práce je

- porovnat dva základní přístupy, které se pro vytváření inteligentních systémů v současnosti používají a sice přístup logicko-symbolický a přístup neuronový či konekcionistický
- ukázat, jak konekcionistický přístup k vytváření inteligentních systémů poskytuje nové paradigma pro kognitivní vědu

Výsledky

Z hlediska architektury, první inteligentní systémy byly **logicko-symbolické systémy**. Inspirací pro jejich vytváření bylo lidské uvažování. Autoři modelovali jednoduché lidské uvažování, které je algoritmické. Při tomto přístupu není podstatné v jakém mediu jsou algoritmy implementovány. Protože univerzální nástroj pro implementaci algoritmů je počítač, inteligentní systémy byly realizovány formou počítačových programů.

Inteligentní logicko-symbolické systémy se staly základním paradigmatem kognitivní psychologie a umožnily vytvořit modely fungování lidské mysli, které bylo možno experimentálně ověřovat. Vznikla nová vědní disciplína, kognitivní věda, která pro popis fungování lidské mysli začala využívat poznatky i dalších vědních disciplín a to především logiky, jazykovědy, biologie a informatiky. Základní dogma kognitivní vědy je, že inteligentní systém je fyzikální systém, ve kterém je fyzikálními objekty zachycen symbolický popis světa. Inteligentní systém tedy především musí mít vlastní vnitřní symbolickou reprezentaci reálného světa. Na základě této reprezentace potom může řešit úlohy, které se v reálném světě vyskytují.

Základní paradigma kognitivní vědy vyjádřili Newell a Simon (1976) následovně:

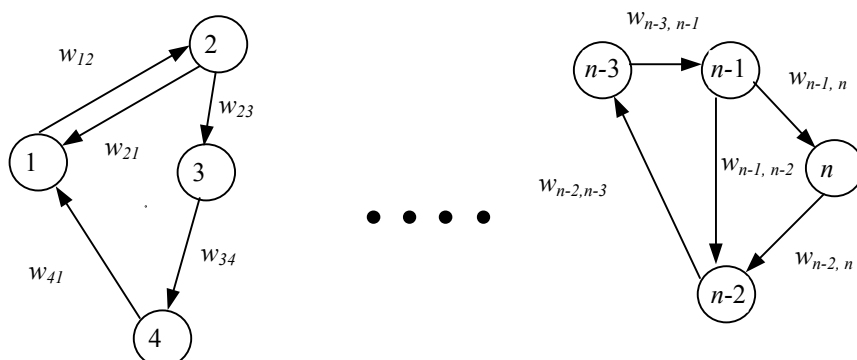
Fyzikální symbolický systém poskytuje nutné a postačující prostředky pro inteligentní chování.

Současně s logicko-symbolickými systémy se vyvíjela teorie neuronových sítí. Neurony, které jsou základními prvky neuronové sítě, jsou velmi zjednodušeným matematickým modelem neuronů živých organismů. Ukázalo se, že příliš nezáleží na konkrétně použitém modelu neuronu, ale že základní vlastnosti neuronové sítě jsou dány především velkým počtem elementů sítě a způsobem jejich propojení. Tak se dospělo k obecnějšímu pojmu, k tzv. **konekcionistickým sítím či systémům** (Hassoun, 1995).

Konekcionistický systém se skládá z velkého počtu jednoduchých, navzájem si podobných prvků, mezi nimiž existují vzájemné vazby. Prvky systému mohou být v různých stavech. Stav prvku závisí na aktivitě ostatních prvků a na vzájemných vazbách s ostatními prvky. Tyto vazby jsou obvykle charakterizovány reálnými čísly, tzv. "váhami".

Prvky konekcionistického systému mohou být například zjednodušené modely neuronů živých organismů, ale mohou to být také například logická hradla nebo procesory. Spojení s okolním světem zprostředkovávají vstupní a výstupní prvky systému.

Konekcionistický systém může být ve dvou funkčních režimech: výpočetním a adaptačním. Ve výpočetním režimu systém reaguje na měnící se vstupy, které přicházejí z vnějšího prostředí. V adaptačním režimu se mění hodnoty vah a systém tak mění své chování. V této souvislosti hovoříme také o učení systému. Obvykle se předpokládá, že adaptační změny vah jsou ve srovnání s výpočtem sítě pomalé, tj. že výpočet sítě probíhá při konstantní hodnotě vah.



Obr. 1. Konekcionistický systém s n elementy a váhami w_{ij} .

Inteligentní systém na bázi konekcionistické sítě se tedy odlišuje od logicko-symbolického systému v následujících bodech:

1. Neudrží si explicitní reprezentaci vnějšího světa. Určitou reprezentaci vnějšího světa ale mít musí. Tato reprezentace je netransparentním způsobem zakódována do systému vah. Systém proto, pokud provede určité rozhodnutí, není schopen toto rozhodnutí explicitně zdůvodnit.

2. Je schopen učení. To je důležitá vlastnost, protože návrháři systému nemusí hledat algoritmy řešení úloh, které budou systému předkládány. Mohou systému předkládat pouze příklady úspěšných řešení.

3. Systém je schopen abstrakce, tj. pokud zná řešení pro určité situace, je obvykle schopen dospět k správnému řešení i v situacích podobných.

4. Systém je robustní. To znamená, že pokud dojde k menší lokální poruše systému, neznamená to výrazné zhoršení jeho chování.

Lidský mozek se skládá z řádově 10^{11} neuronů, které jsou navzájem propojeny hustou sítí synapsí. Jedná se tedy evidentně o konekcionistický systém. Co ale způsobuje, že je schopen inteligentní činnosti? Věda zatím neumí dát na tuto otázku jednoznačnou odpověď. Jedna z možných a častých odpovědí je, že mozková neuronová síť je konekcionistický dynamický systém a projev inteligence je **emergentním jevem** v tomto systému. Emergentní jev systému je takový jev, který nelze beze zbytku na základě vlastností jednotlivých prvků vysvětlit.

V této souvislosti stoupenci konekcionistického přístupu formulují tzv. konekcionistickou tézi (viz např. Mařík a kol. (2001)):

Mentální stavy a procesy lze pojmut jako emergentní jevy dostatečně složitého dynamického systému.

V této souvislosti ale vzniká otázka, zda může k tomuto emergentnímu jevu dojít také v umělé neuronové síti, jejíž prvky jsou pouze velmi zjednodušené matematické modely neuronu. Neuron živých organismů je totiž velmi složitá biologická struktura. Tato otázka nemůže být na základě současných znalostí zatím zodpovězena, ale z tohoto důvodu se zkoumají také reálnější modely biologického neuronu a sítě z nich vytvořené.

Konekcionistický systém je v podstatě nelineární dynamický systém. Teorie nelineárních dynamických systémů je značně složitá vzhledem k jejich chaotickému chování. Proto naděje, že by bylo možné v dohledné době pochopit podstatu inteligence jako emergentního jevu konekcionistického systému je mizivá.

Na věc lze ale pohlížet i z jiného hlediska. Pokud je lidské vědomí a vůle emergentním jevem v rámci složitého dynamického systému neuronové sítě mozku, potom je každý budoucí stav vědomí jednoznačně předurčen současným fyzikálním stavem mozku a stavem okolí, které na něj působí. Aby se této jednoznačné determinaci budoucího stavu vědomí vyhnul, předpokládá Penrose (1994), že chování neuronů je ovlivněno stavem některých jeho důležitých součástí: mikrofilamentů a mikrotubulů. Mikrofilamenty a mikrotubuly jsou nezbytnou součástí všech buněk, protože vytvářejí jejich skelet a usměrňují pohyb proteinů v buňce. Vzhledem k jejich malým rozměrům, změny jejich stavu podléhají kvantovým zákonům. Lze si představit, že stav vědomí je určen kvantovým stavem mikrofilamentů a mikrotubulů určitého souboru neuronů. Pak následující stav vědomí nemusí být deterministicky určen. Může existovat více možných následných stavů, při čemž každý z nich může být pouze charakterizován pravděpodobností, s kterou může nastat.

Diskuse

V posledních letech je řešena otázka, zda lze logicko-symbolické systémy realizovat pomocí konekcionistických systémů a pokud ano, tak jakým způsobem (Veselý, 2000). Dosud nebyla uspokojivě vyřešena otázka, zda mají neurony nebo jejich skupiny reprezentovat jednotlivé symboly nebo zda symboly mohou být reprezentovány holisticky, tj. konfigurací a stavem celé sítě. V druhém případě není jasné, jakým způsobem realizovat odvozovací

pravidla symbolického systému. Pokrok v této oblasti by ale jistě znamenal podstatný příspěvek pro konstrukci inteligentních systémů a rozvoji soft computing. Zároveň by byl také podstatným příspěvkem pro kognitivní psychologii.

Závěry

Konekcionalistické sítě jsou schopné řešení stále složitějších úloh a v mnoha případech začaly konkurovat logicko-symbolickým systémům. V rámci teorie konekcionalistických sítí byla navržena celá řada nových algoritmů pro řešení obtížných úloh. Jak bylo uvedeno výše, tyto algoritmy mají podstatně jiné vlastnosti, než mají algoritmy logicko-symbolických systémů. Nejvýraznější odlišností, která se významně projeví při praktických aplikacích, je skutečnost, že při použití konekcionalistické sítě není třeba nejdříve nalézt algoritmické řešení úlohy. Chování konekcionalistické sítě při řešení úloh v mnohém připomíná chování živých organismů. Návrhem a aplikací algoritmů založených na konekcionalistických sítích se zabývá nová disciplína soft computing.

Literatura

- Hassoun, M.H., 1995: *Fundamentals of Artificial Neural Networks*, MIT Press, Cambridge.
- Mařík, V. a kol., 2001: *Umělá inteligence 3*, Academia, Praha .
- Newell, A. , Simon H.A. , 1976: Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search, in Haugland, J.: *Mind Design II*, MIT Press, Cambridge, 1997.
- Penrose, R.: *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness*, Oxford University Press, Oxford.
- Veselý, A., 2000: *Neuronový a logický přístup k umělé inteligenci*, habilitační práce, Česká zemědělská univerzita, Praha.