

## Fuzzy logika a počítačové vidění

Pokud jste v našem seriálu dosud postrádali slibované zmínky o principech používaných při konstrukci "umělých bytostí" a těšili jste se, že alespoň částečně nahlédnete do mozku třeba Terminátora, nebo raději sympatičtějšího "Čísla 5", tentokrát se dočkáte.

Umělá inteligence – hrozba, či naděje? (3)

Tento citát snad nejlépe vystihuje potíže, s nimiž se potýkají odváživci snažící se napodobit zázrak života neohrabanými prostředky současné matematiky, techniky a přírodních věd vůbec. Pustili se do ohromného problému a přiznejme jim, že první krůčky na předlouhé cestě už učinili. Důkazem jsou i disciplíny, o nichž se zmíníme v tomto příspěvku.

### Fuzzy logika

Fuzzy logika je jednou z mnoha dalších částí umělé inteligence. Její vznik lze datovat do roku 1965, kdy elektrotechnik a regulační technik L. Zadeh publikoval svůj první článek s názvem Fuzzy sets (v překladu snad nejlépe neostré množiny, v češtině se však už ujal původní anglický termín). K vytvoření základů teorie fuzzy množin ho vedla snaha umět vhodně popsat komplikované systémy a tento popis jednoduše využít v praxi. V 19. století byly přírodní zákony chápány dost rigidním způsobem – na rozdíl od století našeho, kdy se pomocí obecné teorie systémů začalo nahlížet na přírodní zákony jako na systémy postavené na objektech reálného světa s určitou časoprostorovou rozlišovací úrovní.

Zatímco u systémů, jakými jsou různé "klasické" elektrotechnické obvody či fyzikální soustavy, stačí rigidní přístup poplatný minulému století, u jevů a systémů typu biologického, ekonomického či ekologického se brzy ukázala potřeba nového přístupu. Nedostatečná formalizace těchto systémů není dána jen možným nedostatkem informací, ale také tím (jak již řekl Aristoteles), že "systém je víc nežli pouhý souhrn jeho částí". To znamená, že u složitých systémů, u kterých se výrazně uplatňují jejich holistické vlastnosti a synergismus, mnohdy nelze oddělit pozorovatele od pozorovaného jevu (typickým příkladem je Heisenbergův princip neurčitosti z kvantové fyziky). To vedlo k formulování principu inkompatibility, který v podstatě říká totéž, co výše zmíněný Einsteinův citát. Kdybychom na tento princip aplikovali řeč fuzzy množin, vyjádřili bychom jej asi takto: "Cím blíže je příslušný problém reálnému světu, tím více fuzzy (neostré) se stává jeho řešení."

Co to tedy vlastně je fuzzy logika? Klasická logika, která pochází z dob antického Řecka, je známá v podstatě každému. Pracuje na principu dvou ostrých protipólů, jimiž se vyjadřuje příslušnost do jedné ze dvou základních tříd: pravda – nepravda, ano – ne, černá – bílá, špatný – dobrý atd. Po dlouhá staletí byla (a také v podstatě pořád je) považována za jediný druh logiky i přesto, že někdy produkovala prapodivné paradoxy. Jako příklad lze uvést známý výrok Kréťana Epimenidese "Všichni Kréťané jsou lháři". Vzhledem k tomu, že on sám je Kréťan, vyvstává poněkud zašmodrchaná otázka, zda tento výrok je pravdivý, či nikoli.

V tomto století vznikla tzv. Lvovsko-varšavská škola, která dala světu tzv. vícehodnotovou logiku, v níž by se, zjednodušeně řečeno, mohla hodnotit výše zmíněná tvrzení ne pouze známkou 1 (pravda), nebo 0 (nepravda), ale např. 1/2 (což je z hlediska antické logiky nesmysl).

To vše pak vytvořilo vhodné podhoubí pro L. Zadeha a jeho fuzzy množiny. Ten přišel s tím, že zatímco u normálních množin, jejichž funkce příslušnosti m přiřazuje prvkům pouze hodnoty 0 (nepatří do množiny) a 1 (patří), u fuzzy množin může zmíněná funkce nabývat mnoha hodnot a vyjádřit tak např. skutečnost, že daný prvek patří do množiny úplně, více, středně, méně,... To dalo nejen matematikům, vědcům, ale i technikům do rukou mocný nástroj pro popis systémů, které byly do té doby popsatelné jen s velikými obtížemi, nebo vůbec ne (viz též Chip 7/97, str. 104).

Jako příklad se často uvádí rozlišení lidí podle stáří. To je dost ošemetný problém, který je pomocí dvouhodnotové logiky (0 a 1) prakticky neřešitelný. Nejen proto, že pro člověka ve věku 10 roků je staří i ten, jemuž je 20 či 30, zatímco pro lidi ve věku 60 až 70 jsou čtyřicátníci pořád ještě mládenci. Na závadu je hlavně ona ostrá věková hranice, která může v jistém okamžiku například dva v podstatě stejně staré někdejší spolužáky poslat do různých kategorií (mladý – starý), ačkoliv třeba z hlediska jejich vitality by byl na místě pravý opak. Kam tedy ve

dvouhodnotové logice položit hranici, která by věkovou množinu jednoznačně rozdělila?

Pro fuzzy logiku to není problém. Ta by tuto množinu rozdělila, řečeno lidskou řečí, na mladší, mladé, dospělé, starší,... Zní to velmi jednoduše, viděte? Vždyť takový přístup používá náš mozek každý den. Nicméně vlastní matematická teorie, která musela být vybudována, není žádná legrace. Musela však být vytvořena proto, aby ji v praktických aplikacích mohli používat matematici, technici, ale také ekonomové, sociologové atd. A nakonec vzala pod svá křídla i dvouhodnotovou logiku, která není nic jiného než okrajový případ fuzzy logiky.

V současné době, kdy už je fuzzy logika většinou uznávána (sem tam se ještě nějaký přežívající zkostnatělý odpůrce najde), je na světě již mnoho jejich aplikací pocházejících převážně z Japonska (jak jinak!). Byly vyvinuty fuzzy procesory, které se používají v nových výrobcích, pračkou počínaje a řízením složitých systémů konče. A objevují se i nové hybridní procesory, které v sobě zahrnují kombinaci různých metod, jako např. neurofuzzy procesory aj. Fuzzy logika dnes nachází stále širší uplatnění v mnoha oblastech vědy a lidské činnosti, dokonce i v tak neurčitých úlohách, jakými jsou např. ekonomické či rozsáhlé ekologické a biologické systémy. U těchto systémů se lze k rigoróznímu popisu dostat velmi těžko, ne-li vůbec, což je předurčuje právě pro vágní popis pomocí fuzzy logiky.

Ta pracuje tak, že hodnoty, se kterými chceme pracovat, se nejprve normalizují (tj. převedou se na vhodné univerzum – množinu) a provede se tzv. fuzzifikace (každé hodnotě z univerza se přiřadí stupeň příslušnosti). Poté se pomocí jistých fuzzy-logických operací a defuzzifikace získá ostrá hodnota, která říká, jak dalece konkrétní prvek do dané množiny patří či ne.

Vzhledem k tomu, že se podíl teorie řízení a umělé inteligence v běžném životě stále více uplatňuje, nezbývá než očekávat nárůst zájmu i o toto odvětví a samozřejmě také o příslušné odborníky.

#### Počítacové vidění

Dalším z perspektivních směrů v oblasti umělé inteligence je tzv. počítacové vidění. Jak již z názvu plyne, jde o rozeznávání obrazců pomocí počítačů. Historie tohoto odvětví je stará jen přibližně jako éra PC. Byly však už vypracovány mnohé metody, jimiž se člověk snaží napodobit to, co jeho mozek automaticky dělá každou vteřinu. Snímat obrazy, analyzovat je, rozdělit je na objekty a provést jejich identifikaci co do pohybu a druhu (určit, "co je to za objekt"). Vzhledem k tomu, že člověk je tvor hravý, neomezuje se při možnostech dnešní techniky jen na viditelný obor spektra, ale může pomocí počítacového vidění teoreticky rozeznávat objekty i v jiných spektrálních oborech, nejčastěji v infračerveném atd.

Postup při počítacovém vidění lze zhruba dělit do následujících kroků:

- získání digitálního obrazu;
- úprava;
- rozložení na objekty;
- popis objektů;
- klasifikace jednotlivých objektů.

Získání digitálního obrazu je proces, při němž zařízením typu skener či videokamera se získá obraz scény a převede se do digitální podoby. Tento proces velmi významně ovlivňuje všechny další, neboť na kvalitě obrazu záleží, jak budou následující kroky úspěšné. Například pokud získáme obraz, v němž nebudou vinou horšího snímacího zařízení zachyceny jisté detaily, pak také nebudou nalezeny a zpracovány v dalších krocích. To může mít nepřijemný dopad, pokud se jedná např. o zařízení zpracovávající špiónážní snímky apod.

Úpravou rozumíme v podstatě použití různých filtrů a opravných mechanismů k odstranění poruch obrazu (různých šumů infiltrovaných do obrazu před vstupem do kamery nebo během zpracování). Během tohoto procesu se nejen odstraňuje šum, ale také zlepšuje kvalita některých částí obrazu, např. vyostřováním hran, potlačením či zvýrazněním některých vlastností obrazu pomocí filtrovací atd.

Jakmile je obraz upraven, je možné provést jeho rozložení na jednotlivé objekty. Za tímto účelem bylo vyvinuto několik metod, jako je segmentace prahováním (za využití určitých vlastností obrazu se zvýrazní některé objekty), segmentace narůstáním oblastí (zde se obraz rozčleňuje na homogenní celky; kritérium homogenity může být založeno na jasových vlastnostech) a další.

U takto připravených objektů je možné přistoupit k jejich popisu; znamená to, že se musí popsat nějakým vhodným a selektivním způsobem, který by umožnil jejich jednoznačnou klasifikaci. To

Ize udělat třeba binárním popisem, který se např. na černobílé obrazce dá snadno aplikovat tak, že se vytvoří vektor či matici, jejichž prvky jsou 0 nebo 1 podle toho, zda byl daný pixel bílý, či černý (obr. 1). Z tohoto principu je ihned zřejmé, že binární popis produkuje obrovské objemy dat, což není žádoucí.

Jinou možností je hraniční popis, při němž se hranice objektu "rozsekají" na stejné úseky a jejich orientace se opět zapíše jako vektor čísel, z něhož lze bez problému takový objekt opět rekonstruovat. Oba přístupy mají své nedostatky. Binární produkuje velké objemy dat a hraniční není jednoznačný.

Jako slibný směr (samořejmě mimo jiné existující metody) se jeví použití fraktální geometrie (v současnosti je vyvíjen na katedře automatizační a regulační techniky FT VUT ve Zlíně) na popis a následnou klasifikaci. Tento postup zcela vylučuje velké objemy dat i nejednoznačnosti plynoucí z hraničního popisu (obr. 2).

Touto metodou lze každý objekt popsat velice úsporně (např. objekt na obr. 1 pomocí 18 čísel namísto řádově Kb či Mb!), která jej jednoznačně určují. Postup funguje tak, že se zjistí koeficienty tzv. afinních transformací, které daný objekt generují, a tyto koeficienty se pak použijí při klasifikaci tohoto objektu např. pomocí neuronové sítě (obr. 3).

Jak současné experimenty ukázaly, jde o přístup velmi výkonný, který šetří nejen čas, ale také hardware (a tím i peníze). Navíc umožňuje i velmi elegantně řešit popis pohybu těchto objektů (rotace, posunu, změny velikosti – tj. pohybu k pozorovateli nebo od něho).

Ke klasifikaci již popsaných objektů se používají různé metody – klasickými počínaje a moderními (neuronové sítě, fuzzy logika aj.) konče. Zde jde v podstatě o to, zjistit, do jaké třídy daný objekt patří – Porsche do třídy automobilů, F16 do třídy letadel atd. Na tuto problematiku jsme ostatně narazili už v první části seriálu.

Počítačové vidění je jednou z nejdynamičtěji se vyvíjejících oblastí umělé inteligence a jeho aplikace lze nalézt v různých průmyslových robotech a robotických linkách, v inteligentních robotech, vyvíjených dnes jak pro NASA, tak pro armádu, i jinde. V budoucnosti se s nimi budeme setkávat i v takových oblastech, jako je řízení aut a letadel, při chirurgických operacích a jednou jistě i v domácích robotech, kteří nás po příchodu zdvořile pozdraví, naservírují kávu a bez otálení se pustí do luxování v předsíni.

Ivan Zelinka ([Zelinka@zlin.vutbr.cz](mailto:Zelinka@zlin.vutbr.cz))

Autor:

Ivan Zelinka

Rubrika:

Magazín

Vydání:

729814 - 729844