

# Spracovanie a analýza dát

© HALÁSZ, Jozef

**Zdroj:** RUSKO, Miroslav - HALÁSZ, Jozef, 2011: *Environmentálne orientované informačné systémy*. - Žilina: Strix, Edícia EV-64, Prvé vydanie, ISBN 978-80-89281-76-3, 220 s.

## Univerzálne programové prostriedky

Pre spracovanie dát sú dnes k dispozícii rozmanité univerzálne programové prostriedky. V najčastejšie používaných, tzv. „kancelárskych balíkoch“ sú obsiahnuté textové editory, tabuľkové procesory, databázové systémy apod. Často sa používajú aj nešpecializované štatistické a simulačné programy, či grafické editory. Pre úlohy riešené v oblasti ochrany životného prostredia sú tieto prostriedky vhodné hlavne kvôli relatívne nízkej cene. Plne vyhovujú pre jednoduché úlohy, napr. spracovanie písomnej dokumentácie, alebo základné vyhodnotenie nameraných hodnôt v tabuľkách. Prispôsobenie univerzálnych prostriedkov na riešenie špecifických úloh predpokladá ich zvládnutie na vyššej ako používateľskej úrovni a bude väčšinou spojené v nižšom užívateľskom komfortom.

Účelovo vytvorené programové prostriedky sú na druhej strane nákladné, ťažšie sa dajú prispôbiť na odlišné pomery rôznych používateľov. Dnes sa vytvárajú na vyšších úrovniach riadenia a pre veľké organizácie. Príkladom môžu byť informačné systémy o životnom prostredí niektorých spolkových štátov v Nemecku, či analytické a simulačné programy vládnych inštitúcií v USA.

Možnosť prepojenia uvedených skupín programových prostriedkov ponúkajú štandardy definujúce dátové formáty, metódy prístupu k informáciám v databázach a pod.

## Nástroje sofistikovaného spracovania dát

Sofistikovanými (dômyselnými, prepracovanými) budeme pre účely tejto publikácie nazývať programové prostriedky, ktoré:

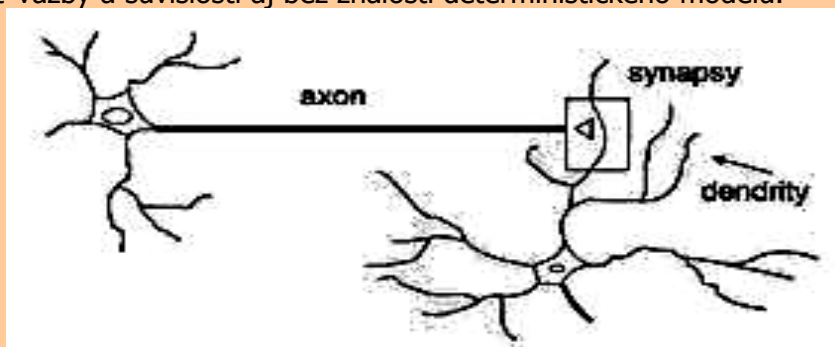
- dokážu automaticky opravovať formálne a syntaktické chyby v príkazoch operátora,
- ponúkajú súbor osvedčených postupov (šablóny) pre používateľa,
- vykonávajú automatický prevod medzi rôznymi formami vyjadrenia informácie (text, graf, zvuk, a pod.),
- svoje vlastnosti dokážu dynamicky meniť, prispôbiť sa štýlu práce používateľa.

Až na poslednú vlastnosť, veľa moderných univerzálnych aj účelových programových prostriedkov môžeme označiť za sofistikované.

### **Neurónové siete**

Prvotným impulzom ku vzniku umelých neurónových sietí bola snaha vedcov modelovať procesy odohrávajúce sa v ľudskom mozgu. Veľmi skoro sa princípy

neurónových sietí začali využívať i v mnohých technických oboroch. Neurónové siete sa stali základným pilierom umelej inteligencie. S rastúcimi možnosťami počítačovej techniky sa aplikácie neurónových sietí rozšírili prakticky do všetkých oborov ľudskej činnosti. Svoje uplatnenie nachádzajú predovšetkým tam, kde nie sme schopní vytvoriť matematický alebo fyzikálny model, pretože daný jav je príliš zložitý, ale máme k dispozícii veľké množstvo dát. Neurónové siete sú v nich v mnohých prípadoch schopné nájsť väzby a súvislosti aj bez znalosti deterministického modelu.

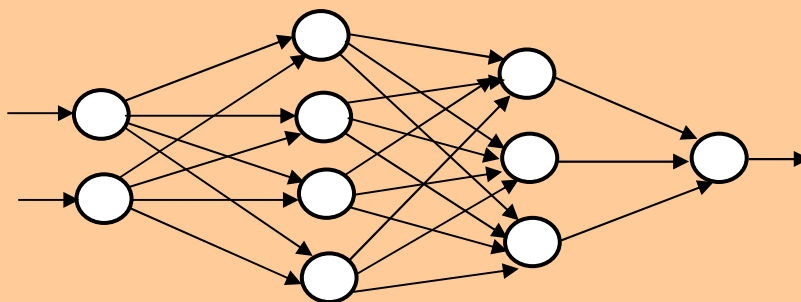


Obr. 1 Schematické zobrazenie neurónu

**Neurónová sieť (NS)** môžeme definovať ako paralelný výpočtový systém, ktorý má schopnosť uchovávať informácie a umožňuje ich ďalšie spracovanie. Napodobňuje ľudský mozog v zbieraní poznatkov v procese učenia a uchovávaní týchto poznatkov prostredníctvom spojení medzi neurónmi (synapsy). V adaptívnych sieťach sa na uchovávanie údajov používajú aj prahové koeficienty alebo parametre prechodových funkcií neurónov. Cieľom je nastaviť tieto parametre tak, aby správanie siete minimalizovalo isté kritérium.

Základným prvkom NS je neurón, ktorý má jeden výstup a niekoľko vstupov od iných neurónov alebo z okolitého prostredia. Neurón transformuje stavy vstupov na výstup podľa jednoduchých pravidiel. Zložitosť NS spočíva v spojení mnohých jednoduchých elementov do funkčného celku. Vo väčšine sietí sú neuróny usporiadané do vrstiev, čo uľahčuje programovú implementáciu a umožňuje matematický popis činnosti NS. Opäť je tu možno podobnosť s ľudským mozgom, kde "vrstvy" neurónov sa nachádzajú aj v niektorých jeho častiach.

**Dopredná sieť** (feed-forward) neobsahuje žiadne uzavreté slučky. Signály sa šíria iba od vstupných neurónov cez vnútorné neuróny (neuróny, ktoré sú vstupmi aj výstupmi spojené s inými neurónmi) k výstupným neurónom.



Obr. 2 Schéma neurónovej siete

*Rekurentné siete* majú aspoň jednu uzavretú slučku. Výstup takejto siete nezávisí len na okamžitých hodnotách vstupov, ale aj na predošlých hodnotách.

Proces nastavovania parametrov siete nazývame učením. Kontrolované učenie (supervised learning) je založené na tom, že máme k dispozícii množinu požadovaných výstupov k množine vstupov. V procese učenia sa upravujú parametre siete (váhy spojení) tak, aby sa minimalizoval rozdiel medzi odozvou siete na dané vstupy a požadovanými výstupmi. Nekontrolované učenie (unsupervised learning) je také, pri ktorom má sieť k dispozícii iba vstupy; k nim prislúchajúce výstupy sieť generuje na základe vlastností samotných vstupných údajov. Tieto výstupy nie sú vopred známe.

Dopredné NS s kontrolovaným učením sú veľmi často používané pre ich ľahkú implementovateľnosť a všestrannosť ich použitia. Používajú sa pri klasifikácii údajov, aproximácii funkcií, predikcii alebo identifikácii a modelovaní neznámych systémov.

Hlavnou výhodou neurónových sietí je schopnosť učiť sa. Pomocou NS je možné popísať aj zložité viacdimeziálne dáta, ktoré nie je možné popísať jednoduchými pravidlami alebo zákonitostami platiacimi v množine týchto dát nie je ľahké objaviť napr. štatistickými metódami. Modelovanie systémov pomocou NS je vysoko abstraktné - tá istá sieť môže byť bez zmeny štruktúry modelom pre rôzne systémy, ak sa na učenie tejto siete použijú rôzne údaje. Táto vysoká miera abstrakcie je na druhej strane aj nevýhodou NS, pretože znalosti obsiahnuté v naučenej NS sú rozptýlené v jej parametroch - váhach medzineurónových spojení - a nie je možné ich zo siete získať v explicitnom tvare, ako je tomu napr. pri expertných systémoch.

### **Aplikácie NS v environmentálnych systémoch**

V oblasti životného prostredia sa začali NS využívať len nedávno. Sú väčšinou úzko špecializované a často majú charakter experimentálnych modelov.

Uvedieme preto len stručný prehľad oblastí, z ktorých sú známe viac-menej úspešné výsledky:

- problematika odvádzania zrážkovej vody <sup>1, 2</sup>,
- predikcia zrážok <sup>3, 4</sup>,
- odhad vplyvu sezónnych klimatických zmien <sup>5, 6</sup>,
- identifikácia nebodových zdrojov kontaminácie <sup>7</sup>,
- šírenie znečisťujúcich látok v povrchových vodných zdrojoch <sup>8</sup>,
- optimalizácia kvality vody.

<sup>1</sup> BRADDOCK, R.D.- KREMMER, M.L.- SANZOGNI, L., 1998: *Feed-forward artificial neural network model for forecasting rainfall run-off*. Environmetrics, 9(4),1998, str. 419-432

<sup>2</sup> DOUGLAS, B.- LENAT, R. V., 1990. *Building large knowledge-based systems: Representation and inference in the Cyc project*. Addison-Wesley

<sup>3</sup> ELSHORBAGY, A. - SIMONOVIC, S.P., 2000: *Performance evaluation of artificial neural networks for runoff prediction*, J. Hydrologic Engineering, 5(4) 2000, str. 424-427

<sup>4</sup> FRENCH, M.N.- KRAJEWSKI, W.F.- CUYKENDALL, R.R., 1992: *Rainfall forecasting in space and time using a neural network*, Journal of Hydrology, 137(1) 1992, str. 1-31

<sup>5</sup> CLAIR, T.A., 1998. *Using neural networks to assess the influence of changing seasonal climates in modifying discharge, dissolved organic carbon, and nitrogen export in eastern Canadian rivers*, Water Resources Research, 34(3) 1998, str. 447-455

<sup>6</sup> COULIBALY et al., 2000: *A recurrent neural networks approach using indices of low-frequency climatic variability to forecast regional annual runoff*, Hydrological Processes, 14(15) 2000

<sup>7</sup> BRION, G.M. - LINGIREDDY, S., 1999: *A neural network approach to identifying non-point sources of microbial contamination*, Water Research, 33(14) 1999, str. 3099-3106

<sup>8</sup> NEELAKANTAN, T. et al., 2001: *Neural network modeling of cryptosporidium and giardia concentrations in the Delaware River*, Water Science and Technology, 43(12) 2001, str. 125-132

## **Znalostné a expertné systémy**

Jedným z príznakov ľudskej spôsobilosti riešiť problémy nedeterministickými riešiacimi postupmi je používanie heuristik. Heuristika je určitý návod na rozhodovanie v nedeterministických krokoch riešiaceho postupu. Vo väčšine prípadov umožňuje nájsť správny postup, no nezaručuje ho. Ťažkosť spočíva v tom, že samotná heuristika neumožňuje vopred rozlíšiť, či jej použitie je, alebo nie je vhodné. Riešenie takýchto problémov sa zakladá na tzv. produktívnych metódach vyhľadávania a preverovania efektívnych postupností riešiacich operácií. Znalosti a skúsenosti umožňujú už v skorých etapách riešenia problémov vyhľadávať a zohľadňovať pri riešení užitočné informácie, ktoré umožňujú čo najrýchlejšie vylučovať nevhodné postupy a zamerať sa na tie, ktoré sú vzhľadom na danú úlohu perspektívne. Z nich sa potom následne selektívne vyhľadávajú optimálne postupy.

**Znalostné systémy** sú počítače vybavené programami umožňujúcimi riešiť problémy na základe poznatkov produktívnymi postupmi. Znalosti musia byť vyjadrené v tvare zodpovedajúcom opisným a relačným zákonitostiam, pravidlám vymedzenej problémovej oblasti ako aj v tvare procedúr schopných nielen manipulovať s takýmito výrazmi, ale aj situačne rozpoznávať, kedy má k manipulácii dôjsť. Kvalita poznatkov, t.j. rozsah, detailnosť, neprotirečivosť (konzistentnosť), úplnosť i štruktúrovanie podmieňuje a ohraničuje účinnosť i efektívnosť riešenia<sup>9</sup>.

Poslaním znalostných systémov je teda pomáhať pri riešení problémov, ktoré hoci pre ne nepoznáme algoritmické riešiace postupy, sú riešiteľné na základe produktívnych metód využívajúcich znalosti. Povaha týchto znalostí môže byť odborná aj všeobecná.

Pre znalostné systémy na riešenie odborných problémov sa zaužilo pomenovanie expertné systémy. Expertné systémy sa dajú považovať za podtriedu znalostných systémov. Ich špecifickosť spočíva v tom, že používajú znalosti a riešiace postupy, ktorých zdrojom sú špecialisti vo svojej profesii.

**Expertný systém** je teda počítačový systém vybavený znalosťami odborníka (experta) zo špecifickej oblasti, v ktorej rozsahu je schopný uskutočniť rozhodnutie rýchlosťou a kvalitou rovnajúcej sa prinajmenšom priemernému špecialistovi. Expertný systém má tri základné zložky:

- inferenčný (odvodzovací, riešiaci) mechanizmus,
- báza znalostí,
- báza údajov (faktov).

Báza znalostí obsahuje údaje a pravidlá, ktoré dodali experti. Tieto sú uložené použitím vhodnej schémy na reprezentáciu znalostí (pravidlá a rámce). Charakterizujú obecné a špecifické poznatky o danej doméne a o spôsoboch riešenia problémov v tejto doméne. Sú to poznatky a heuristiky, prevzaté od špecialistov, ktorí sú kompetentní k riešeniu problémov v danej oblasti.

Údaje o konkrétnom probléme, ktorý má expertný systém vyriešiť, sa uchovávajú v báze faktov. Sú to špecifické pravdivé tvrdenia, charakterizujúce konkrétny problém. Údaje predstavujú krátkodobú informáciu v tom zmysle, že sa môžu meniť, napríklad počas prebiehajúcej konzultácie.

**Inferenčný mechanizmus** je sústava kooperujúcich programov, zabezpečujúcich procedurálnu zložku činnosti znalostného systému. Na úrovni symbolických výpočtov napodobňuje schopnosť špecialistu alebo bežného človeka uvažovať. V

---

<sup>9</sup> POPPER, M.- KELEMEN, J., 1988. *Expertné systémy*. Bratislava : Alfa. ISBN 80-05-00051-0, s. 60

inferenčnom mechanizme sú implementované tiež obecné, doménovo nezávislé poznatky o spôsoboch riešenia problémov, o odvodzovanie nových poznatkov zo starých, o spôsoboch komunikácie s užívateľom a pod. Inferenčný stroj poskytuje odpovede s použitím systematických logických operácií vykonávaných s informáciami z bázy znalostí. Táto spôsobilosť expertného systému umožňuje urobiť jeho činnosť transparentnou a umožňuje jeho používateľom posúdiť úroveň expertízy.

Rozšírená schéma expertného systému obsahuje ďalšie komponenty:

- Komunikačný modul, ktorý zabezpečuje interakciu medzi používateľom a expertným systémom.
- Vysvetľovací modul, ktorý je vybavený schopnosťou odpovedať na dva základné typy otázok: „prečo?“ a „ako?“.
- Plánovací modul, ktorý koordinuje a spracováva pravidlá v procese odvodzovania a zabezpečuje efektívne využitie bázy znalostí.
- Modul akvizície poznatkov pre získavanie nových znalostí a dolovanie dát.
- Modul externých údajov pre situácie, v ktorých inferenčný mechanizmus požaduje údaje z operačného prostredia systému a zabezpečuje ich poskytnutie.
- Modul externých programov zabezpečujúci súčinnosť expertného systému s programovým okolím.

### **Problémy riešené expertnými systémami**

Problémy vhodné na riešenie expertnými systémami sa členia na *analyzujúce* a *syntetizujúce*. Problém patrí do kategórie analyzujúcich, keď jeho riešenie spočíva v rozpoznaní, určení vopred špecifikovanej, a teda už opísanej entity na základe dostupných údajov. Typickým reprezentantom tejto kategórie je napr. identifikácia chemickej látky alebo medicínske diagnostikovanie. Problém patrí do kategórie syntetizujúcich, keď na základe daných údajov a ohraničujúcich podmienok má jeho riešenie vyústiť do zostrojenia (odvodenia) zatiaľ ešte neopísanej (neznámej) entity z prvkov, ktoré sú známe. Typickým reprezentantom je konštruovanie alebo plánovanie.

*Tab. 1 Všeobecné charakteristiky problémov*

	Použitie expertného systému nemusí byť odôvodnené	Použitie expertného systému môže byť prínosom
Problém	je formálne dobre vyjadriteľný a štruktúrovateľný	nie je formálne dobre vyjadriteľný alebo štruktúrovateľný
Riešenie	je založené na deterministických (napr. výpočtových) postupoch	nie je deterministické, je založené na produktívnych postupoch vyhľadávania vhodnej postupnosti riešiacich krokov
Princíp riešenia	spočíva na teoreticky podložených, ucelených, kategorických a formálne vyjadriteľných znalostiach	nemá teoreticky dobré a ucelené podklady, použité znalosti nie sú kategorické a formálne dobre vyjadriteľné
Používané údaje	jednoznačné, presné, spoľahlivé a dostupné	sú vágne (neurčité), nepresné, nespoľahlivé a vzhľadom na nedostupnosť neúplné



Pri posudzovaní vhodnosti použitia expertných systémov sa zameriame na všeobecné charakteristiky problémov, tab. B5-1<sup>10</sup>. Čím väčšími zodpovedá povaha problému charakteristikám z pravého stĺpca, tým viac prichádza do úvahy použitie expertného systému. Prirodzene iba vtedy, keď ide o riešenie netriviálnych praktických problémov, ktorými sú poverovaní odborníci, a keď existujú predstavy o zodpovedajúcich produktívnych riešiacich postupoch.

Dnes nájdeme expertné systémy v mnohých sférach ľudskej činnosti, ale ich schopnosti sú striktné vymedzené povahou, kvalitou a systematickosťou ľudských pravidiel, na ktorých sú založené. Ak sa dostatočne nezohľadnia potreby ich používateľov, môžu sa stať tieto systémy len obrovskými úložiskami dát a taktiež môžu pri nejasne formulovaných pravidlách generovať klamlivé riešenia.

Ako príklad pragmatického rozhodovania o použití expertného systému, uvedieme nasledujúce úvahy:

- Existujú vo firme ťažko nahraditeľní špecialisti - nositelia know-how, na ktorých je závislá prosperita firmy?
- Je špecialistov, ktorých firma potrebuje ku svojmu úspešnému fungovaniu, málo a tí, ktorých firma zamestnáva, sú ustavične preťažovaní pracovnými povinnosťami?
- Je cena práce určitých špecialistov neúnosne vysoká a firma ich potrebuje - povedzme vzhľadom k charakteru prevádzky - veľký počet?
- Sú v určitých prevádzkach ťažkosti s dodržiavaním technologickej disciplíny aj v prípade zodpovedného prístupu príslušných pracovníkov?
- Zdá sa, že by firma mohla znížiť spotrebu vstupov, resp. eliminovať vznik odpadu, ak by sa podarilo presnejšie dodržiavať prevádzkovú disciplínu?
- Sú vo firme ekologicky alebo zdraviu škodlivé či rizikové prevádzky?

V prípade, ak je odpoveď aspoň na tri otázky z uvedeného zoznamu kladná, znamená to, že problémy, s ktorými sa firma stretáva, je možné (aspoň čiastočne) riešiť s využitím poznatkov špecialistov. Je však potrebné zistiť, či majú tieto poznatky povahu, ktorá by dávala nádej, že je možné tieto poznatky dostatočne efektívne reprezentovať a využívať pomocou znalostných technológií.

Druhá sada otázok pomôže pomerne spoľahlivo zistiť povahu poznatkov, ktoré pri rozhodovaní používajú špecialisti danej oblasti:

- Sú zručnosti, ktoré používajú špecialisti, poznatkami, alebo ide o určité vrodené nadanie alebo sú dané určitými tradíciami, popr. rodinným prostredím a pod.?
- Dokážu si špecialisti zo svojej oblasti osvojovať nové poznatky, resp. zvyšovať úroveň používania existujúcich poznatkov i mimo vlastnú praktickú činnosť? Navštevujú školenia a kurzy? Sledujú odbornú literatúru?
- Existuje v oblasti, ktorej sa špecialisti venujú, primeraná odborná literatúra?
- Majú poznatky špecialistov svoje miesto v niektorej z oblastí vedy a techniky?
- Dokážu špecialisti vysvetliť svoje profesionálne rozhodnutie?

Aspoň dve kladné odpovede na túto sadu otázok znamenajú, že existuje reálna nádej postupným a dobre vedeným dialógom s ochotným špecialistom získať od neho profesionálne poznatky v tvare, ktorý bude vhodný k implantovaniu do pamäte príslušného expertného systému.

---

<sup>10</sup> POPPER, M.- KELEMEN, J., 1988. *Expertné systémy*. Bratislava : Alfa. ISBN 80-05-00051-0, s. 65

## **Typy expertných systémov**

Z hľadiska charakteru riešených úloh možno expertné systémy rozdeliť na dve skupiny:

- **Diagnostické** – ich úlohou je vykonávať efektívnu interpretáciu dát s cieľom určiť, ktorá z hypotéz z vopred stanovenej konečnej množiny cieľových hypotéz najlepšie odpovedá reálnym dátam týkajúcich sa daného konečného prípadu. U diagnostických systémov teda riešenie prípadov prebieha formou postupného ohodnocovania dielčích a cieľových hypotéz v rámci pevne daného vnútorného modelu riešeného problému, ktorý je zadaný expertom najčastejšie v podobe inferenčnej siete.
- **Plánovacie** – obvykle na riešenie takých úloh, kde je známy cieľ riešenia a počítačový stav, a systém má s využitím dát o konkrétnom riešenom prípade nájsť postupnosť krokov, ktorými možno dosiahnuť cieľ. Opierajú sa o princíp generovania a testovania prístupných riešení. Podstatnou časťou takýchto expertných systémov je generátor možných riešení, ktorý automaticky generuje postupnosť operátorov. Dá sa ukázať, že s rastúcim počtom operátorov veľmi rýchlo rastú kombinatorické možnosti pri vytváraní postupností krokov – hovorí sa o kombinatorickej explózii. Znalosť experta i údaje o reálnom prípade sa v plánovacích expertných systémoch využívajú k výraznému obmedzeniu kombinatorickej explózie skúmaných riešení navrhovaných generátorom. Vybrané riešenia sú testované na údajoch z bázy dát. Výsledkom činnosti plánovacieho systému je zoznam prípustných riešení, obvykle zhodnotených istou mierou optimality, k výpočtu ktorej sa tiež používajú údaje z bázy dát.

Z hľadiska aplikovateľnosti rozoznávame:

- prázdny expertný systém - expertný systém bez problémovo závislých častí (t.j. bez bázy znalostí a bázy dát). Tento typ expertných systémov sa podarilo vyvinúť iba pre riešenie diagnostických úloh (diagnostické expertné systémy). Plánovacie expertné systémy majú totiž výrazne problémovo závislú bázu znalostí.
- problémovo orientovaný expertný systém - prázdny expertný systém doplnený o bázu znalostí. Je použiteľný k riešeniu úloh iba v určitej problémovej oblasti (architektúra, reprezentácia znalostí a riadiaci mechanizmus sú úzko napojené na danú oblasť).
- expertný systém riešiaci konkrétny prípad - expertný systém obsahujúci všetky dôležité zložky - bázu znalostí, riadiaci mechanizmus a bázu dát pre konkrétny problém.

Expertné systémy sa zatiaľ používajú v environmentálnych aplikáciách menej často, aj keď v mnohých ohľadoch by ich použitie mohlo byť prínosom. Nepochybne to súvisí s multidisciplinárnosťou a komplexnosťou problematiky a malým počtom štandardizovaných analytických metód. V posledných rokoch sa publikovalo množstvo prác o nasadení expertných systémov v oblasti poľnohospodárstva, lesného a pôdneho hospodárstva, kvality vôd a ovzdušia.

## **Agentové technológie**

Pojem agent vznikol vo vednom odbore umelej inteligencie, v súvislosti s vývojom zariadení a programov napodobňujúcich ľudské činnosti a postupy.

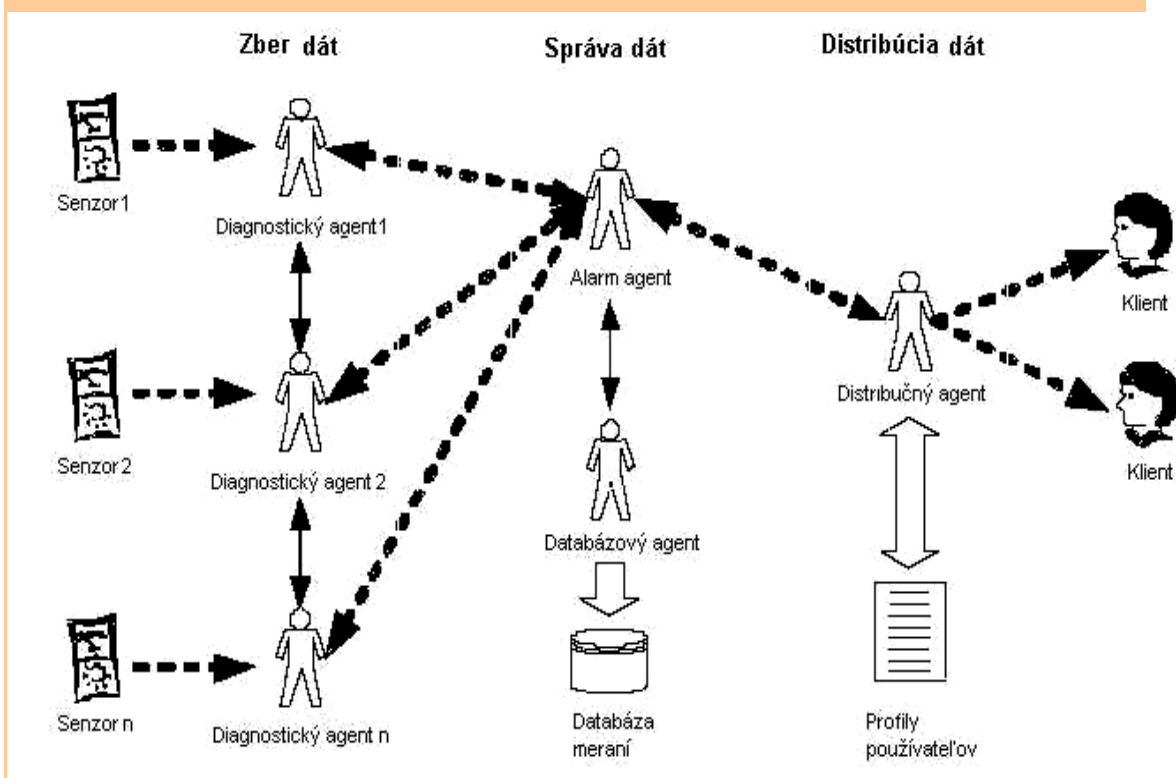
V počítačových systémoch a sieťach sa chápe agent, ako program, ktorý je:

- autonómny, pracuje bez priamych zásahov ľudí a riadi (v určitej miere) svoje konanie a vnútorný stav,
- komunikatívny, spolupracuje s inými agentmi prostredníctvom komunikačného jazyka,
- senzitívny, „vníma“ svoje prostredie a reaguje na zmeny,
- iniciatívny, konanie agentov môže byť aj cieľovo-orientované, prekračujúci rámec jednoduchej predprogramovanej odozvy na zmeny.

V uvedenom kontexte je agent systém, ktorý je cez vnímanie informácií (bez ohľadu na povahu prostredia, ktoré je ich zdrojom), cez uvažovanie o nich a následné konanie, kontinuálne v spätnej väzbe s prostredím, tvoreným určitou (symbolicky reprezentovanou) bázou poznatkov. Dosahovanie cieľov spočíva v tom, že agent na základe senzorických údajov a v súlade so svojím vlastným ustrojením určitým spôsobom zoraduje svoje akcie v prostredí, čím sa prostredie postupne dostáva do stavu, v ktorom je cieľ agenta dosiahnutý<sup>11</sup>.

**Multiagentové systémy** (MAS) sú distribuované systémy, v ktorých pôsobí a kooperuje množstvo heterogénnych, autonómnych, individuálnych agentov v určitom prostredí. Agenti môžu byť fyzické (roboty) alebo softvérové entity.

Budúcnosťou technológie agentov, ktorá ju v zásade robí pre environmentálnych analytikov atraktívnou, je škálovateľnosť; schopnosť vysporiadať sa s malými aj veľkými problémami. Predstava je taká, že komplikované úlohy sa rozdelia a spracujú sa niekoľkými agentmi na rôznych počítačoch.



Obr. B5-3 Schéma multiagentového monitorovacieho systému

<sup>11</sup> KELEMEN, J., 1994. *Strojovia a agenty*. Bratislava : Archa. ISBN 80-7115-089-4



V poslednej dobe bolo vyvinutých niekoľko environmentálnych monitorovacích informačných systémov **EMIS** (Environmental Monitoring Information Systems) uľahčujúcich a skvalitňujúcich prácu odborníkov. Jedná sa tak o systémy poskytujúcich platformu pre integrovanie údajov pochádzajúcich z rôznorodých zdrojov, ako aj o monitorovacie systémy pracujúce v reálnom čase. Napríklad na Novom Zélande bol realizovaný systém **NZDIS** (New Zealand Distributed Information System) založený na agentovej architektúre <sup>12</sup>.

Systém **Java Agents** slúži na monitoring a manažment použitím skupiny softvérových agentov, ktoré môžu vykonávať rôzne úlohy v monitorovacích sieťach.

Odlisný prístup reprezentuje projekt vytvorenia „asistenta“ pre analýzu environmentálnych dát na znalostnej báze, ktorý poskytuje rozhranie medzi používateľom a analytickými súbormi pre offline štúdium <sup>13</sup> ako aj **DNEMO**, multiagentový systém pre kontrolu kvality vzduchu v reálnom čase <sup>14</sup>. Do týchto systémov sú včlenené doménové znalosti a využívajú distribuované expertné a znalostné systémy.

Medzi moderné monitorovacie systémy môžeme zaradiť **WATERNET**, distribuovaný systém na monitorovanie kvality vody používajúci senzorovú sieť. Je budovaný na platforme Windows NT a SQL Server. Zabezpečuje zber a overovanie nameraných hodnôt a vyhodnocuje ich v reálnom čase. Systém sa overoval v Paríži na Seine a na rieke Llobregat pri Barcelone. Komplexne vybudovaný systém obsiahne celú oblasť manažmentu kvality vodných zdrojov <sup>15</sup>.

V oblasti databázových systémov sa uplatňujú agentové technológie najmä pri tvorbe dopytov sofistikovaného vyhľadávania informácií. V danom kontexte názov „inteligentný agent“ označuje program, ktorý dokáže realizovať náročné požiadavky týkajúce sa vyhľadávania rôznych tém (aj cez Internet). Úloha, ktorá sa má vykonať, je pridelený agent, ktorý pracuje tak, že zohľadňuje požiadavky a preferencie danej osoby. Na rozdiel od obvyčajného programu ako je prehliadač webových stránok, či textový procesor, agent sleduje skôr to, čo chceme dosiahnuť, ale aj to, čo považujeme za podstatné a čo nie, takže výsledky ich riešení sa približujú k našim predstavám. Využíva pritom svoje vlastné postupy k tomu, aby splnil danú úlohu. Prispôsobuje sa novej informácii, ktorú poskytuje, a tiež informácii, na ktorú narazí pri snahe dosiahnuť cieľ.

Okrem jednoduchých prehľadávacích agentov sa realizovali aj veľké projekty, napr. **Infosleuth**. Cieľom bolo vytvoriť a odskúšať prostriedok, ktorý v prostredí dynamicky sa meniacich informácií dokáže na splnenie človekom zadaných cieľov vyhľadávať a využívať zdroje (aj také, ktoré v čase definovania systému neboli známe). Vytvorený systém používa multiagentovú technológiu, ontologický prístup

---

<sup>12</sup> PURVIS, M. - CRANFIELD, S. - M. NOWOSTAWSKI, 2000. *A distributed architecture for environmental information systems*. - In: Environmental Software Systems-Environmental Information and Decision Support. Kluwer Academic Publishers, s. 49–56

<sup>13</sup> FINE, S. S. et al., 1998: *An automated assistant for environmental data analysis*. – In: 14th Int. Conf. on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography and Hydrology, American Meteorological Society, Phoenix, s. 38-40

<sup>14</sup> KALAPANIDAS, E. - AVOURIS, N., 2002: *Air quality management using a multi-agent system*. International Journal of Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering, 7:119–130, 2002

<sup>15</sup> WATERNET. Dostupné na internete: <http://www.rec.org/REC/programs/telematics/enwap/gallery/waternet.html> [cit.: 2005]

k sémantike informácií a programovacie techniky vhodné pre prostredie Internetu (Java applety). Samotná činnosť Infosleuth sa prirovnáva k práci manažéra odbornej knižnice, ktorý má priebežne a samostatne aktualizovať účelovo zameraný knižničný fond (vyhľadávať nové publikácie), vytvárať katalógy a byť pripravený odpovedať na otázky odborníkov zaujímajúcich sa o úzko špecializované témy<sup>16</sup>.

Na báze skúseností pri vývoji Infosleuth a použitím jeho výsledkov pre oblasť environmentalistiky vznikol v roku 2000 projekt **EDEN** - Environmental Data Exchange Network (Sieť pre výmenu environmentálnych informácií). V rámci riešenia EDEN sa musia riešiť aj konceptuálne, terminologické problémy. Jednoducho sa dá charakterizovať len samotný cieľ projektu a poskytovať cez Internet podrobné, aktuálne informácie o životnom prostredí<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> PITTS, G. – FOWLER, J., 2001: InfoSleuth: An emerging technology for sharing distributed environmental information. – In: Information Systems and the Environment. National Academy Press, 2001, s. 159–172

<sup>17</sup> EDEN. - Dostupné na internete : (<http://www.exchangenetwork.net/> [cit.: 2010])