

INTELLEKT JA LOOGIKA

Tuletame meelde

Loogikas nimetatakse valemite interpreteerimiseks niisuguse

- tõeväärtuste skaala fikseerimist ja
- süsteemi esitamist ja
- vastavuse tekitamist, mille korral valemite figureerivatele
- objekt- ehk indiviidsümbolitele sätitakse vastavusse antud süsteemi elemendid,
- predikaatsümbolitele sätitakse vastavusse antud süsteemi signatuurist pärit predikaadid (ehk antud süsteemi elementide omadused või seosed elementide vahel)
- valemitele sätitakse vastavusse tõeväärtuste skaalalt pärit tõeväärtused

Õiged teadmised ja väärteadmised

Määratlus. Teadmist $\langle A, B \rangle$ nimetame *õigeks teadmiseks*, kui $\varphi[A|B]=1$.

Teadmist $\langle A, B \rangle$ nimetame *väärteadmiseks*, kui $\varphi[A|B]=0$.

Märkus. Kui oleme kokku leppinud, et interpreteerimine toimub *klassikalisel viisil*, siis nimetame, kui see vajalikuks osutub, et tegemist on õige teadmise, või vastupidi – väärteadmisega *klassikalises mõttes*.

Selleks, et kindlaks teha, kas mingi teadmine on õige või väärteadmine, on loogika raames kaks võimalust: interpreteerimine ja tuletamine.

Teadmistega seotud tuletamine

Loogikas nimetatakse tuletuseks niisugust konstruktsiooni, mille lähteelementideks ja iga sammu tulemuseks on valemid.

Konstruktsioonis figureerivateks seosteks aga on *valemeid seostavad* fikseeritud (vähemalt kahekohalised) seosed, mida nimetatakse tuletusreegliteks

Tuletusreegli näide 1. *Konjunktsiooni lisamise reegel.* See reegel koosneb kõikidest niisugustest valemipaaridest $\langle X, Y, X \& Y \rangle$, kus X ja Y on mingid valemid.

Tuletusreegli näide 2. Implikatsiooni eemaldamise reegel ehk reegel *modus ponens* ehk lühemalt MP. See reegel koosneb kõikidest niisugustest valemikolmikutest $\langle X, X \supset Y, Y \rangle$, kus X ja Y on mingid valemid.

Vastavad konstruktsioonisammud: $\frac{X \quad Y}{X \& Y}$ $\frac{X \quad X \supset Y}{Y}$

Teadmistega seotud tuletamise näide

$$\frac{\frac{(A \int B) \quad (B \int C)}{(A \int B) \& (B \int C)} \quad ((A \int B) \& (B \int C)) \supset (A \int C)}{(A \int C)}$$

Kui asendame selles tuletuses figureerivad atomaarsed valemid (st valemid, millel on kuju $X \int Y$) kirjutistega, mis väljendavad seda, mida loeme õigeks teadmiseks (nt asendades kirjutise $X \int Y$ kirjutisega “ $\langle X, Y \rangle$ on teadmine”), siis saame eelnevast järgmise väga olulise ja seejuures ka usaldusväärse “põhjaga” konstruktsiooni n-ö otse **teadmiste jaoks**:

$$\frac{\text{“}\langle A, B \rangle \text{ on teadmine”} \quad \text{“}\langle B, C \rangle \text{ on teadmine”}}{\text{“}\langle A, C \rangle \text{ on teadmine”}}$$

Ekspertsüsteemide olemusest

- Sellistes valdkondades, nagu näiteks meditsiiniline või tehniline diagnostika (koos vastavate soovitustega selle kohta, kuidas peaksid asjalood olema), situatsioonide manageerimine jms, kasutatakse ekspertidelt saadud teadmisi ning (loogiliste valemite abil väljendatud) seoseid nende vahel, et usaldusväärsel viisil saada kätte teadmisi, selle kohta, et “mis on lahti”, “mis viga”, “mida nüüd teha”, “mida edaspidi teha” jne.
- Niisugusel juhul on muu hulgas kindlasti vaja kolme asja: (I) olukordade kirjeldamise vahendeid (näiteks sobivalt koostatud valemid) ja (II) ekspertidelt saadud tingimuste, soovituste jms esitamise vahendeid (näiteks samuti sobivate valemite vormis) ja (III) tuletusvahendid (näiteks seosed, mida esitavad sobivad tuletusreeglid), mille abil jõuda nõutava teadmise või soovituseni.
- Ühendades ja realiseerides (I)+(II)+(III) jõuame ühe või teise **ekspertsüsteemini**

Ekspertsüsteemidest ja tuletamisest

- Nagu eespool mainitud, on ekspertsüsteemide üheks oluliseks komponendiks see “masinavärk” (mida sageli nimetatakse tuletamise masinaks – *inference engine*), mis võimaldab olemasolevatest ja paikapidavaks loetud teadmistest lähtudes usaldusväärsel viisil jõuda antud valdkonnas või antud olukorras vajalike teadmiseni (näiteks selle kohta, et “mis värk on” või “mida tegema peaks”)
- Üheks usaldusväärseimaks viisiks on tuginemine loogilisele tuletamisele nn korrektsete tuletusreeglite abil (korrektsuse all mõeldakse seda, et õigetest valemitest lähtudes jõutakse iga vastava reegli kohase sammu abil uuesti õige valemieni)
- Eespool esitatud ja väga kasinalt selgitatud n-ö puht-loogilised tuletusreeglid ja nendega seostatud reeglid teadmistega opereerimiseks (sh olemasolevatest uuteni jõudmiseks) annavad ühe võimaliku vaatenurga mõningate ekspertsüsteemide olemusele.

Närvivõrgud (neural network).

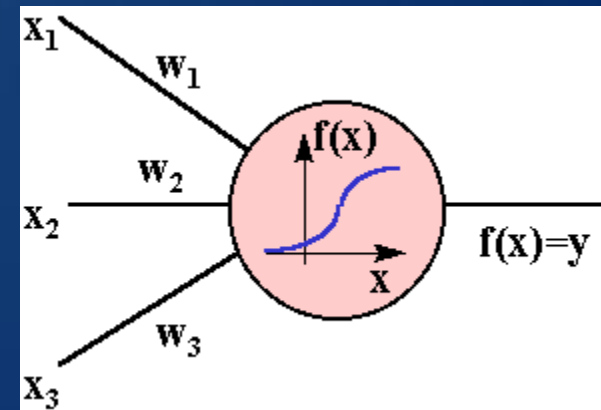
- Närvivõrk – õppiv süsteem, kasutab mitte ainult sisseehitatud algoritme, vaid ka eelmisi “kogemusi” (Võrreldav väikse lapsega, kes paneb puzzle kokku iga kord vähem eksides).

Neuroniks on kujutletav “must kast”, kus on palju sisendeid ja üks väljund. Kuidas seda väljundit saadakse sisenditest paneb paika neuroni sisealgoritm.

x_1, x_2, x_3 – sisendid, w_1, w_2, w_3 – kaalud.

Neuronisse edastatakse siinkohal w_1x_1, w_2x_2, w_3x_3 .

Väljundiks on $y=f(x)=f(w_1x_1+ w_2x_2+ w_3x_3)$



Närvivõrkude kasutamine

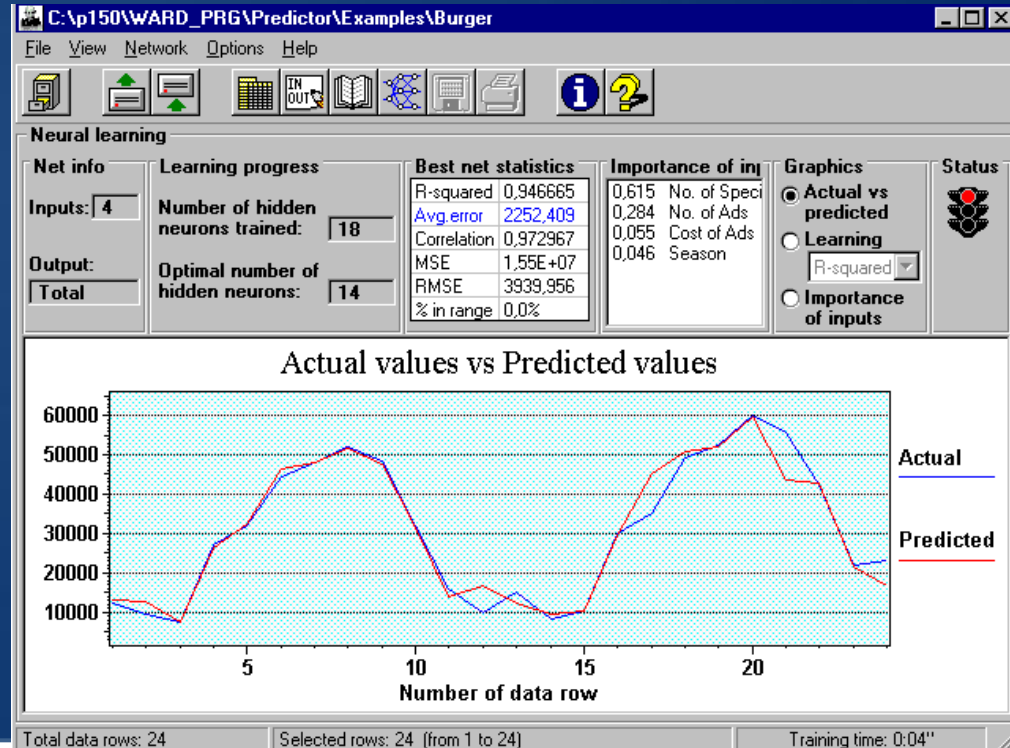
- Pildi tuvastus
- Klasterdamine
- Prognoosimine
- Otsuste tegemise toetamise süsteemid
- Assotsiatiivne mälu (andmete pakkimine sobivuse järgi)

Närvivõrgud. Teadmise moodustamine. Õppimise näide

- Olgu tegu tähtede tuvastamisega mustvalgel pildil suurusega 30×30 pikslit. Piksel on esitatav kas 0 või 1 abil. Kokku on vaja $30 \times 30 = 900$ pikslit ja see määrab neuronite sisendite arvu. Olgu alfabeedis 28 tähte. See määrab kui palju väljundeid peab olema arvutatud. Õppimise tulemusena, sisestades pildi, tähega A, saame maksimaalse väärtuse neuronil, mis on vastutav A tähe vastuse eest. Kui võrk ei ole veel asju selgeks saanud, tekib A väljundis mingi väiksem signaal. Õppimiseks kasutatavate algoritmide abil (näiteks Error Back Propagation) on võimalik arvutada sisendi kaalu, lähtudes maksimaalse ja saadud väljundsignaali väärtuste vahest.
- Tulemuseks on moodustatud teadmine, kus sisendiks on pilt ja vastuseks on täht. Seejuures on seose “ \int ” rollis kompositsioon kõikide neuronite funktsioonidest, mis on arvutatud kaalude abil.

Närvivõrkude tarkvara näited

- NeuroShell Predictor
- NeuroShell Classifier
- NeuroShell Trader.



Automaatne arutlus. Näited (Automated reasoning)

- Teoreemide automaatne tõestamine (automated theorem proving)
 - Boyer-Moore Theorem Prover (NQTHM)
 - HOL Light
- Situatsioonide sarnasuste põhine arutlus (Case-based reasoning systems)
- Protseduurne arutlus (procedural reasoning system (PRS)), valib plaani eesmärgi saavutamiseks, kasutades baasi protseduursete teadmistega (näiteks majade plaanid, juhised kuhu robot peab edasi liikuma, olles teatud punktis)

Arutlus eesmärgist detailideni ja detailidest eesmärgini

- Arutlust on võimalik ehitada kahes suunas:
 - Edasiliikumine sisenditest tulemuseni (Forward chaining). Kasutatakse reeglit Modus Ponens.
 - Tagasiliikumine tulemusest sisenditesse (Backward chaining). Realisatsioonides on tihti reegliks ainult Modus Ponens. Siia kuulub ka teoreemide tõestamine rikkalikuma reeglite kogumiga. Samuti on võimalik kasutada resolutsiooni meetodit.
- Kaasaegsed süsteemid kombineerivad erinevaid meetodeid

Mõned realisatsioonid

- **Ekspertsüsteemide loomise vahend CLIPS:
A Tool for Building Expert Systems**
<http://clipsrules.sourceforge.net/>
- **NASA CLIPS (rule-based language)**
<http://www.siliconvalleyone.com/founder/clips/index.htm>
- **SAT solver: MiniSat** <http://minisat.se/>