

OPEREERIMINE TEADMISTEGA JA INTELLEKT

Tuletame meelde

- Teadmine on iga selline järjestatud paar, milles esimene on teise tähiseks ja samas teine on esimese tähenduseks **ehk**
- Järjestatud paar $\langle X, Y \rangle$ on teadmine, kui $X \int Y$ **ehk**
- Järjestatud paar $\langle X, Y \rangle$ on teadmine, kui $\langle X, Y \rangle \in \int$

Oluline järeldus. Kui mingi süsteemi signatuuris esineb (mittetühi!) tähiseks-tähenduseks olemise seos (mis NB! seostab just selle süsteemi elemente), siis antud süsteem teab vähemalt mõne asja korral, mida see tähendab või kuidas seda tähistatakse

Oluline märkus. Sellest, et sageli figureerivad teadmistes tekstid (kas tähise või tähendusena) **ei järeldu**, et nii peaks alati olema

Opereerimine teadmistega

- *Teadmistega opereerimise* all mõistame niisuguste operatsioonide teostamist, mille operandide või resultaaside hulgas figureerivad teadmised, sh näiteks
- *teadmiste moodustamine*
- *teadmistes esinevate tähiste või tähenduste või neis esinevate komponentide väljaeraldamine*
- *teadmiste assotsieerimine tähiste või tähenduste või neis esinevate komponentide abil*
- *teadmiste hulkade või lausa teadmiste süsteemide moodustamine*
- *teadmiste kaotamine*
- *jms*

Teadmistega opereerimist selgitavad näited I

- *Teadmiste moodustamine*

Näide. Õpilasele selgitatakse, et kirjutise “*lõikuvad sirged*” tähenduseks on kirjutis “*sirged, millel on täpselt üks ühine punkt*”.

Seejuures loodetakse, et süsteem nimega “põhikooli õpilane”, moodustab endas (seni seal puudunud) teadmise:

⟨ “*lõikuvad sirged*”,

“*sirged, millel on täpselt üks ühine punkt*” ⟩ $\in \mathcal{I}$

Teadmistega opereerimist selgitavad näited II

- *Teadmistes esinevate tähiste või tähenduste või neis esinevate komponentide väljaeraldamine*

Näide. Niisugust operatsiooni peaks suutma teostada süsteem, mille nimeks “põhikooli õpilane”, et edaspidi vastata näiteks sedalaadi küsimustele:

- **milline tähendus** on teie jaoks kirjutisel “*lõikuvad sirged*”
- **kuidas nimetaksite** “*sirgeid, millel on täpselt üks ühine punkt*”
- **milline tähendus** on teie jaoks kirjutisel “*täpselt üks*”
- **kuidas tähistaksite** seda, et “*sirgetel s ning t pole ühiseid punkte*”

Teadmistega opereerimist selgitavad näited III

- *Teadmiste assotsieerimine tähiste või tähenduste või neis esinevate komponentide abil*

Näide. Kui selgitame õpilasele, et:

- *“kolmnurga tipuks nimetame, selle kolmnurga kahe külje ühist punkti”,*

siis loodame, et ta (st süsteem nimega “põhikooli õpilane”) suudab teadmisi assotsieerida, milles veendumiseks võiksime temalt ju kohe ka küsida:

- *“millised sirged teile siinkohal eelkõige meenuvad”*
- saabub ebamugav vaikus, kuni kostab
- abistav sosin klassist: *“lõikuvad sirged, kuna neil on ju ühine punkt”*

Teadmistega opereerimist selgitavad näited IV

- *Teadmiste hulkade või lausa teadmiste süsteemide moodustamine*

Näide. Palume süsteemil nimega “õpetaja-metoodik” koostada kolmnurkade geomeetriaie pühendatud osa koolimatemaatika teatmikus

Teadmistega opereerimist selgitavad näited V

- *Teadmiste lõhkumine*

Näide. Olles kuulnud, et John ja Mary lahutasid oma abielu, võite tuttavale, kes seniajani veel teab, et “*Mary abikaasa – see on ju John!*”, selgitada, et sõnade “*Mary abikaasa*” **tähenduseks ei ole enam** “*John*”

Teadmistega opereerimist selgitavad määratluste näited I

- *Teadmiste loomine*

Definitsioon. Niisugune operatsioon ehk seose rakendamine ehk konstruktsioonisamm, mille lähtematerjali seas ei ole teadmisi, kuid tulemusteks on teadmised.

Sellist tegevust selgitab mõnevõrra näiteks funktsionaal

$$F: H_1 \times H_2 \rightarrow H,$$

kus K on mingi teadmiste klass $H_1 \notin K$, $H_2 \notin K$, $H \subset K$.

Teadmistega opereerimist selgitavad määratluste näited II

- *Teadmiste teisendamine*

Definitsioon. Niisugune operatsioon ehk seose rakendamine ehk konstruktsioonisamm, mille lähtematerjali seas esineb teadmisi ning tulemusteks on teadmised.

Sellist tegevust selgitab mõnevõrra näiteks funktsionaal

$$F: H_1 \times H_2 \times \dots \times H_n \rightarrow H,$$

kus K on mingi teadmiste klass

$$(\exists m \leq n)(h_m \in K \ \& \ \langle h_1, h_2, \dots, h_n \rangle \in \text{dom} F), \quad H \subset K.$$

Teadmistega opereerimist selgitavad määratluste näited III

- *Teadmiste kaotamine*

Definitsioon. Niisugune operatsioon ehk seose rakendamine ehk konstruktsioonisamm, mille lähtematerjali seas esineb teadmisi ning tulemusteks pole teadmised.

Sellist tegevust selgitab mõnevõrra näiteks funktsionaal

$$F: H_1 \times H_2 \times \dots \times H_n \rightarrow H,$$

kus K on mingi teadmiste klass

$$(\exists m \leq n)(h_m \in K \ \& \ \langle h_1, h_2, \dots, h_n \rangle \in \text{dom} F), \ H \notin K.$$

Ajaga seostamine teadmiste loomise korral

- *Teadmiste loomine*

- Definitsioon. Niisugune operatsioon ehk seose rakendamine ehk konstruktsioonisamm, mille lähtematerjali seas ei ole teadmisi, kuid tulemusteks on teadmised. Seejuures
- pärinevad lähtematerjal ning tulemused ajast olenevatest hulkadest
 - *tulemusi sisaldavas hulgas pole* enne operatsiooni teostamist ehk vastava konstruktsioonisammu astumise hetke selle sammu tulemusena tekkinud teadmist
 - *tulemusi sisaldavas hulgas on* pärast operatsiooni teostamist ehk vastava konstruktsioonisammu astumise hetke selle sammu tulemusena tekkinud teadmine

Ajaga seostamine teadmiste kaotamise korral

- *Teadmiste kaotamine*

Definitsioon. Niisugune operatsioon ehk seose rakendamine ehk konstruktsioonisamm, mille lähtematerjali seas esineb teadmisi ning tulemusteks pole teadmised. Seejuures

- pärinevad lähtematerjal ning tulemused ajast olenevatest hulkadest
- *tulemusi sisaldavas hulgas on* enne operatsiooni teostamist ehk vastava konstruktsioonisammu astumise hetke, selle sammu tulemusena tekkinud teadmine
- *tulemusi sisaldavas hulgas pole* pärast operatsiooni teostamist ehk vastava konstruktsioonisammu astumise hetke, selle sammu tulemusena tekkinud teadmist

Teadmiste valdkonnad

Definitsioon. Vaatleme teadmist $\langle X, Y \rangle$, milles $Y \in A$. Niisugusel juhul kõneleme, et $\langle X, Y \rangle$ on **teadmise hulga A** ehk **A -alane teadmine** ehk **valdkonna A alane teadmine** ehk **teadmise valdkonnast A** vms

Näide 1. Kui teadmise $\langle X, Y \rangle$ korral Y on pärit tunnete vallast, siis on meil tegemist **emotsioonide alase teadmisega**.

Näide 2. Kui teadmise $\langle X, Y \rangle$ korral Y on pärit punktihulkade (nagu näiteks sirged, ringid, ruudud, nurgad jms) vallast, siis on meil tegemist **teadmisega geomeetriast**.

Näide 3. Kui teadmise $\langle X, Y \rangle$ korral Y on pärit algoritmide vallast, siis on meil tegemist **algoritmika valdkonna teadmisega**.

Semantilised süsteemid ehk pre-ontoloogiad

Definitsioon. Süsteeme, mille signatuuris esineb ainult tähiseks-tähenduseks olemise seos, nimetame *semantiliseks süsteemideks* ehk *pre-ontoloogiaks*.

Märkus. Asjaolu, et süsteemi *elementide* seas võib esineda mingeid teadmisi, ei tee sellest süsteemist kohe iseenesest pre-ontoloogiad (käesoleva kursuse raames!). Pre-ontoloogiaks olemiseks on oluline, et süsteemi signatuuris figureeriks tähiseks-tähenduseks olemise seos. Ehk teiste sõnadega – selles süsteemis on fikseeritud ja (signatuuris) eksponeeritud üks kindel viis tähiste ja tähenduste seostamiseks. Ehk veelgi täpsemalt – on selgelt esile toodud üks kindel viis just selle süsteemi elementide kahekaupa seostamiseks nii, et esimene seostatav saab enesele tähiseks olemise rolli ja teine seostatav saab enesele tähenduseks olemise rolli ja seejuures on esimene seostatav teisele tähiseks ning teine seostatav esimesele tähenduseks.

Ad hoc [loe: *ad hoc*] on ladinakeelne väljend, mis tähendab *selleks*, s.t. mingiks kindlaks otstarbeks või juhtumiks; mingile üksikjuhule sobitatud.

Aditiivsus (ladinakeelsest sõnast *additivus*=juurdeantav, lisandav) on suuruste see omadus, et suuruse väärtus, mis vastab tervik- esemele, võrdub summaga neist suuruse väärtustest, mis vastavad eseme osadele tema üksikõik millise jaotuse korral; näiteks mahu aditiivsus tähendab, et keha maht võrdub teda moodustavate osade mahtude summaga; aditiivsus ilmneb ka niisugustel suurustel, nagu joone pikkus, pinna pindala, keha mass jms.

Aegread ehk dünaamilised read ehk kronoloogilised read on statistilised* arvuread, mis näitavad nähtuste muutumist ajas.

Afekt (ladinakeelsest sõnast *affectus*=erutus) ehk pahvak kujutab võrdlemisi järsku tekkivat erutust, mis on seoses mitmesuguste muutustega hingeelus ja kehalises talitluses ning millega kaasneb tahtlase enesevalitsemise kadu tingituna peaaegu koore pidurdava toimel ajutisest lakkamisest; afektiivne tähendab: afektist tingitud; afektiivne toonus on seega meeleliigutusest ehk erutusest tingitud ebatavaline pingus.

Afiinne (ladinakeelsest sõnast *affinis*=naabruses olev): näiteks afiinne geomeetria on õpetus suurustest ja geometrilistest kujunditest, mis jäävad afiinsetel teisendustel muutmatauks; afiinsed teisendused on sellised tasapinna või ruumi teisendused, et sirged teisenduvad sirgeteks ja säilib rööbitiolek.

A fortiori on ladinakeelne väljend, mis tähendab *seada enam*.

Akustik (kreekaelsest sõnast *akustikos*=kuulmis-) on eriteadlane akustika küsimustes; akustika on õpetus helidest ja ehitiste ruumilise kõlavuse tingimustest.

Algoritm (sõna pärineb araabia keelest, tulenedes matemaatiku Al-Khwarizmi* nimest) tähendab arvutuseeskirja, antud liiki ülesande lahendamiseks ettenähtud tehete kombinatsiooni, mis võimaldab ülesannet lahendada igal üksikjuhul (kuid ei tarvitse esineda üldiseks valemiks kokkuvõetuna), näit. Eukleideese* algoritm kahe loigu ühismõodu või kahe täisarvu suurima ühisteguri leidmiseks aheljalga- mise teel, ruutjuure leidmise algoritm, jm.

Aminohapped on orgaanilised happed, milles radikaali üks vesiniku- aatom on asendatud nn. amiinoriühmaga NH₂; nende tüüpilisemaks esin- dajaks on glükokoll ehk glütsiin — amiinohappe NH₂CH₂-COOH; nad tekivad valkainetest ja etendavad olulist tähtsust taimede ning loomade ainevahetuses.

Amplituud (ladinakeelsest sõnast *amplitudo*=ulatuvus) tähendab füüsikas suurimat võnkeulatust — võnkuva keha suurimat hälvet oma tasakaaluasendist.

Amplituudimodulatsioon vt. modulatsioon.

Amplituudipiiraja on raadiotehnikas ja elektroonikas kasutatav seadis, mis peab säilitama elektrivõngete amplituude teatud piires.

Analoog (kreekaelsest sõnast *analogos*=vastav, sobitatud, mil- lest on tulnud ka sõna *analoogiline*=samalaadne, sarnane) on mingi eseme või nähtuse teisik või jäljendaja, mis ilmutab temaga sar- nasust või ühetaolisust; vt. ka ekvivalent.

Analoogarvuti kannab kodumaises kirjanduses sageli ka *modelleeriva seadme* nimetust; analoogia tuleneb kreekaelsest sõnast ja tähendab sarnasust ehk samalaadsust; modelleerimine tuleneb ladina keelest ja tähendab eeskju põhjal sellega sarnase mudeli vormimist.

Anastomoos (kreekaelsest sõnast *anastomosis*=ühendus) on lii- tumus torukujuliste elundite, nagu vere- või mahlasoonite vahel, mis võimaldab verel või mahlal voolata ühe soone alalt teisele; samuti ka närvide liitumus.

Anemia (kreekaelsest eesliitest *an-*, mis tähendab eitust, ja sõnast *haima*= veri) ehk kehveresus on vere omaduste halvenemine tema koostise muutumise tõttu; aneemiast, mida nimetatakse ka vere- vaesuseks, tuleb eristada oligeemiat ehk väheveresust — vere koguse vähenemist.

Animalkulistik (ladinakeelsest sõnast *animalculum*=metsloomake ehk metsloomapöög, tulenedes vähendavana sõnast *animal*=loom, uluk) ehk seemneuskujud kuuluvad preformistide hulka; preformism (ladinakeelsest eesliitest *prae-*=eel- ja sõnast *forma*=kuju, liik) ehk preformatsiooniteooria, mis kannab ka ennakmoodustusteooria ehk ka predeineatsiooniteooria nimetust, oli bioloogias XVII sajandil kujune- nud ja järgmise sajandi keskpaigani esinenud metafüüsiline teooria, mis väitis, et täiskasvanud elusolend esinevat ülitillukese sugemena juba sugurakus; olendi arenemine seisnevat vaid selle preformeeritud ehk ennakult moodustunud sugeme väljaarenemises ehk evolutsioonis lihtsalt tema suurenemise teel; ovistid ehk ovulistid (lad. *ovum*=muna) ehk munaukujud oletasid, et see suge peituvat munarakus; ani- malkulistik seevastu väitsid, et sugemena esinev ennakmoodustus ehk nn. animalkulus peitub isasolendi seemnerakus ehk spermatoosoidis; lei- dus isegi preformiste, kes väitsid, et sugurakkudes on üksikesse pei- detuna preformeerunud ka järgneva preformeeritud ja metafüüsilise evol- utas Peterburi akadeemik K. Fr. seemnerakkudes taolised tillukese neesiõpetuse, mis väitis, e hiljem aga selgus, et sugurakud teatud ehitusega arendid.

Antihomeostaatiline on mood tege *anti-* (kreekaelsest *anti-*=tane; võiks tähendada *homeosta- kaotav*, *vältiv*; sisuliselt võiks aga siiski mitte *püsikkust* või *sis- likkust* või *sisetasakaalu häiriv*, *näilist* *sisetasakaalu säilitav*).

Antinoomia (kreekaelsest e seadus) ehk vasturääkivus täher kahe teineteist eitava otsustuse t kahe otsustuse teineteist eitamis.

Antitees (kreekaelsest sõn

Originaali tiitel:

Norbert Wiener

CYBERNETICS

OR CONTROL AND COMMUNICATION
IN THE ANIMAL AND THE MACHINE

The Technology Press, Cambridge, Mass.
John Wiley & Sons, Inc., New York
Hermann & Cie, Paris 1948

Süsteemidest, mis suudavad opereerida teadmistega

Meenutades, mille või kelle korral oleme täheldanud suutlikkust opereerida teadmistega – võime alustada loetlemist:

- inimolendid
- inimkooslused
- loomad
- loomade kooslused
- kooslused, millesse kuuluvad nii inimesed, kui loomad (näiteks ratsanik ja hobune)
- tehnilised süsteemid (näiteks teatavad digitaalskeemid)
- tarkvarasüsteemid
- tehnilised seadmed koos tarkvara (näiteks mõni arvuti)
- inimesed koos tehniliste süsteemidega

Intelligentised süsteemid

Definitsioon. Süsteemi, mis on suuteline opereerima mittetriviaalsete teadmistega, ehk selliste teadmistega, milles tähis erineb tähendusest, nimetame

intelligentseks süsteemiks

Märkus. Asjaolu, et süsteemis *esinevad* teadmised, ei tee iseenesest süsteemist veel intelligentset süsteemi. Intellekti olemasoluks on vajalik *suutlikkus opereerida* teadmistega.

Intellekti taksonoomia

Üheks võimaluseks korrastada oma “pilti” intelligentsetest süsteemidest, on lähtuda järgmistest küsimustest:

- mis laadi süsteemiga on meil tegemist
- mis viisil opereerib see süsteem teadmistega
- millise valdkonna teadmistega on seejuures tegemist

Iga vastuste kolmik annab meile (vastuste järjekorra ignoreerimise korral) mingi intellekti liigi, mida üks või teine süsteem saaks evida.

Intellekti liigi näide

Definitsioon. Kui mingi inimese poolt loodud tehniline või tarkvarasüsteem suudab tekitada uusi teadmisi algoritmide vallas, siis ütleme, et tegemist on

*algoritmilise kreatiivse (ehk loova)
tehisintellektiga*

Algoritmilise kreatiivse tehisintellektiga süsteemi näide

Enam kui kolmkümmend aastat tagasi loodi eesti õpetlase Enn Tõugu ja tema õpilaste poolt inseneriülesannete lahendamiseks mõeldud tarkvarasüsteem, mille üks esimesi versioone sai endale nimeks **PRIZ**.

See süsteem genereeris lähtudes ülesannete formuleeringutest, neis leiduvate mõistete tähendustest ning asjakohastest seostest (nt arvulise tähendusega suurusi seostavatest võrranditest) programme ehk kirjutisi, mille tähenduseks on vastavate ülesannete lahendamiseks vajalike sammude korrastatud kogumid ehk algoritmid

