

Lisad

Mõisted ja kontekst.....	1
Miks modelleerida mõtlemist.....	1
Arengulise lähenemise põhjendus.....	2
Mõtlemise tasandid Toomela / Vögotski	3
Tasand üks – sensoorsed üksiktunnused	3
Tasand kaks – sensorsete üksiktunnuste õpitavad kombinatsioonid	3
Tasand kolm – objektid	3
Järgnevad tasandid, lühidalt	4
Lühike selgitus eelnevate tasandite kohta.....	5
Piaget vs Vögotski	6
Klassikalise ja operantse mõtlemise terminid	7
Operantse tingimise tüübid.....	8
Kinnituste liigid	10
Operantsed kinnituskavad.....	10
Aheldamine vs taipamine terminid.....	11
Mudeli aspektid.....	12
Operantse tegevuse kustumine	12
Operantsed kinnituskavad.....	12
Fixed-ratio.....	13
Fixed-interval.....	15
Variable-ratio ning variable-interval kinnituskavad	17
Mudeli töösüklid	20
Edasiarendused	21
Assotsiatiivse piirkonna optimeerimine	21
Taipamine tegevuste mitmest diskriminantsest stiimulist mõtlemise võime korral ning tööriistakasutuse võime	22
Otsingukäitumine ja katsetamine	25
Mentaalsed kaardid	26
Märgilise mõtlemise teke.....	28
Jagatud tähelepanu teke	30
Internaliseerumine	30
Mudel ei käsitle.....	32
Edasise arenduse kokkuvõte	33
Mittepööratavate tegevuste vältimine	34
Vältimine ja põgenemine.....	35
Katsetulemused	37
Viited.....	38
Teemaga seonduv kirjandus	40

Mõisted ja kontekst

Miks modelleerida mõtlemist

- Ülesehitav lähenemine võimaldab küsida küsimusi, mida kirjeldavas lähenemises ei taibanud küsida.
- On võimalik luua tehislikud katsealused:
 - o Kes on rangema kontrolli all.
 - o Kelle protsessid ehk mõttekäigud on jälgitavad aeglustatult. Keerukate protsesside mõistmiseks on see hädavajalik (Wagoner & Valsiner, 2003).
 - o Võimaldab saada infot sisemiste vastasmõjude, andmete liikumise kohta.
 - o Lisada või eemaldada elemente ja nende omadusi.
- Rakendused robotikas, autonoomsed süsteemid:
 - o Naturaalse mõtlemise modelleerimine on tõenäoliselt lihtsaim ja harivat tulemust andev viis luua esimesi primaatidele või inimestele lähedase võimekusega tehisintellekte. Selle põhjal saab hiljem juba luua kohati veel puhtamaid, optimaalsemaid ja disainitumaid intellekte. Senise mudeli põhjal ma ei toeta väiteid, nagu oleks naturaalne mõtlemine suurelt jaolt evolutsiooniline segadus ja “spageti kood”.
 - o Parema õppimisvalem, blokeerimise omaduse tõttu + viide täpsustusele
 - o Tõhusam alternatiiv mõnede planeerimisülesannete lahendamiseks, mida hetkel tihti lahendatakse kasutades *reinforcement learning*’ut – tegevus pidevas füüsilises, motoorses maailmas vs diskreetse maailmas. Vaata töö põhiteksti peatükki “Eeldused”.
 - o Oletatavasti selgem ja turvalisem paradigma autonoomsete süsteemide eesmärkide, eesmärgipärase käitumise disainimiseks.

Arengulise lähenemise põhjendus

Mõtlemise modelleerimise paremaks mõistmiseks pakun arengulist lähenemist, mida saab põhjendada süsteemiteooriaga: süsteemiteooria järgi iga uue elemendi lisamine süsteemi annab süsteemile kvalitatiivselt uusi omadusi. Erinevalt redutseerivast lähenemisest süsteemiteooria keskendub osade paigutusele ja nendevahelistele suhetele, mis ühendavad neid tervikuks. Süsteemiteooria võimaldab rakendada samu printsiipe sõltumatult elementide substantsist (Heylighen & Joslyn, 1992).

Kui püütakse kohe mõista mõnda kõrgema järgu omadust või elementi, jäetakse arvesse võtmata selle koostiselemendid – need jäävad tundmatusse. Selleks, et mõista süsteemi omadusi ja leida tema koostiselemente – juhul kui ise süsteemi loojaks parajasti pole – on ainuke võimalus jälgida, kuidas omadused ja elemendid süsteemi tekkides-arenedes ükshaaval juurde tulevad. Ka elementide endi omadused süsteemi seostumisega muutuvad, seega tuleb neid jälgida enne süsteemi seostumist või muudatusi seostumise hetkel. Sama käib protsesside kohta. Neid küsimusi uuribki ja vastavaid meetodeid kasutab arenguline psühholoogia (Toomela, 2003a, 2003b; Vygotsky, 1994a).

Mõtlemise tasandid Toomela / Vögotski

Tasand üks – sensoorsed üksiktunnused

Refleksid, reageeritakse üksnes sensoorsele üksiktunnusele – oluline pole objekt või kontekst, millega see seotud on (Toomela, 2003b) – kui ülejäänut tajutakse, siis eraldi tunnustena, mis ei moodusta tervikut.

Stiimul võib pärineda vahetult välisilmast või ka mõnelt kaasasündinud mehhanismilt, mis küll suudab moodustada sensoorsetest kvaliteetidest kombinatsiooni, kuid on ontogeneetiliselt mitte paindlik. Siin tasandil õppimist kui uute seoste loomist ei ole, kuid olemasolevad reaktsioonid saavad kiireneka (Toomela, 2003c).

Tasand kaks – sensoorsete üksiktunnuste õpitavad kombinatsioonid

On võimalik õppimine, kus ühe stiimuli sidumine teisega võimaldab tekkida tingrefleksidel. Varem tähenduseta stiimul võib saada uue tähenduse. Stiimuli võivad moodustada tunnused või nende kombinatsioonid (sensoorsed mikrosüsteemid). Osa võimeid on kaasasündinud.

- 1) Võime õppida seoseid, kus üks tunnus või tunnuste mikrosüsteem ennustab teist.
- 2) Tingrefleksid toimivad klassikalise tingimise kirjelduse kohaselt: üks stiimul aktiveerib teise stiimuli, millega on seotud kaasasündinud reaktsioon (Toomela, 2003b).
- 3) Kaob üks-ühene seos keskkonna stiimulite ja tegevuse vahel (Toomela, 2003c). Järelikult tunnuste mikrosüsteemid võivad koosneda 3 või rohkemast tunnusest, kus 1 neist on kaasasündinud reaktsiooni või seda esilekutsuv tunnus, mida teised 2 aktiveerivad. Seega muu hulgas võimalik moodustada tunnuste kombinatsioone, mis midagi tähendavad, ilma et sealjuures tema komponendid eraldi esinedes midagi või sama asja tähendama peaksid. Kombinatsioonid võivad moodustuda tunnustest tajusüsteemis või diskriminantstiimulitest, tegevustega kombineerudes.

Tasand kolm – objektid

- 1) Eristub spetsiaalne mikrosüsteemide klass, mis esindab objekte.
- 2) Võimalik tegutseda sihipäraselt mingi objekti suunas.
- 3) Seosed objektide vahel.
- 4) Pole situatsiooni/konteksti eristust.
(Toomela, 2003b).
- 5) Saab mõelda mitmest eraldiasuvast, kuid ainult nähtavast objektist.
- 6) Tekib võime kasutada “märke”, kuid need on vahetult seotud osutatava asja tähendusega.
- 7) Ühe asja mõjutamine teise vahendusel, ehk tegevusjärgnevuste tekitamine.

8) Ahvide probleemilahendusvõimed, “taipamine” – katsetamisel toimub hüppeline vigade vähenemine.

(Toomela, 2003c).

Järgnevad tasandid, lühidalt

Tasand 4 – sünkreetsed märgid

Objektidevaheliste suhete tajumine. Esimene semiootiliselt vahendatud, kultuuriline tasand.

Põhineb eelmistel, naturaalsel tasanditel. Märgid ei ole omavahel seotud; on kontekstispetsiifilise tähendusega (Toomela, 2003b, 2005; Vygotsky, 1997). Samas, nagu ka eelmiste ja kõigi järgnevate tasandite puhul – on kasutuses kõik käesolevale eelnevate tasandite võimed ja need toimivad ka eraldiseisvatena edasi (Toomela, 2003b, 2005; Vygotsky & Luria, 1994b; Vygotsky, 1997).

Tasand 5 – objektimärgid ja objekti omaduste märgid

Prototüüpsed sümbolid; kontekstisõltuv (Toomela, 2003b, 2005).

Tasand 6 – kompleksed mõisted (tavamõisted)

Eksemplarsümbolid, objektide eksemplarkategooriad, nende objektide omadused ja suhted nende vahel; kontekstisõltuv, kuigi märgid on mõistetavad ka väljapool konkreetset situatsiooni; kompleksne asjade seostamine (Toomela, 2003b, 2005; Vygotsky, 1997). Puudulik metakognitsioon (muu hulgas ei saa teise vaatekohta võtta); sõna pole veel asjast eristunud (Toomela 2003c).

Tasand 7 – teadusmõisteline mõtlemine

Kontseptsid (Vygotsky, 1997). Sümbolid klassikaliselt defineeritud kategooriatele – individuaalselt vajalikud ja kollektiivselt piisavad atribuudid; teravate piiridega. Võimalik esitada abstraktset teadmist; formaalloogiline esitus; metakognitsioon. Kontekstisõltumatu – konteksti ei saa otsustamisel arvesse võtta, kui see pole eksplitsiitselt nõutud (Toomela, 2003b, 2005; Vygotsky, 1997). Võimalik võtta teise isiku vaatekohta.

Tasand 8 – süsteemne mõtlemine

Iga teadusliku mõiste puhul määratletakse tema kasutamise kontekst. Võimaldab sama asja liigitada mitmetesse kategooriatesse.

Kontekstisõltuvus tekib taas – kolm esimest sümbolilise mõtlemise tasandit olid samuti kontekstisõltuvad, kuid süsteemse mõtlemise puhul isik ise saab aktiivselt valida, millist konteksti ehk faktide, mõistete ja reeglite süsteemi arvesse võtta (Toomela, 2003b, 2005). Dialektilised mõisted; põhjuse kirjeldus: süsteemi eri tahkude kirjeldus; võimaldab integratsiooni teadussuundade vahel (Toomela 2003c).

Lühike selgitus eelnevate tasandite kohta.

Naturaalne mõtlemine on see, mis esineb loomariigis ning on kaasasündinud, evolutsioonis arenenud. Naturaalne mõtlemine on iseäralik selle poolest, et andmete liikumine toimib teatud seaduspärasuste järgi ka märgilise programmi ja kogemuse puudumisel (paljudel loomadel polegi märgilise mõtlemise võimet või nad ei kasuta seda (Tomasello, 1997)).

Kultuuriline mõtlemine on info liikumise erijuhtum, kus osa andmete vahelistest seostest vastab märgi definitsioonile (definitsioon + **viide**). On märgiline protsess, mis jookseb naturaalse mõtlemise mehhanismidel, kasutab selle võimalusi ning juhib andmete liikumist selles. Märgiline mõtlemine on kui tähelepanu liikumise programm, naturaalne mõtlemine kui riistvara, mis sisaldab andmeid ja põhitehteid.

Naturaalne vs märgiliselt vahendatud mõtlemine: Naturaalne kujuneb evolutsioonis sammhaaval teatud “sisseehitatud” omadustest, nende võimest töödelda sensomotoorseid kogemusi. Hiljem toimub märgiliselt mõtlema hakanud indiviidi areng õppimise käigus teatud muude protsesside kuid mitte tingimata mehhanismide lisandudes.

Metamõtlemine on märgilise mõtlemise erijuht, kus märgiline protsess juhib muuhulgas otseselt iseennast (**viide**). Kaudne analoog arvutimaailmas oleks koodi genereerimine, modifitseerimine. Metamõtlemine tekib alates teadusmõistelise mõtlemise tasandist. Tavaline märgiline mõtlemine ei ole otseselt võimeline ennast süstemaatiliselt jälgima ja muutma, kuigi igal tegevusel loomulikult on mõju potentsiaalselt mistahes andmetele mudelis.

Piaget vs Vögotski

Tahan tuua välja olulise erinevuse Piaget ning Vögotski lähenemiste vahel, mis puudutab märgilise mõtlemise tasandeid – nimelt Piaget järgi mõtlemise areng eelneb kõne arengule ning varajane kõne on egotsentriline (viide), kuid Vögotstil eelneb mõtte arengule kõne areng, kus kõne on sotsiaalne – sotsialiseerumisel kõne internaliseerumise läbi areneb ka mõtlemine (viide). See on oluline perspektiiv silmas pidada käesoleva mudeli seisukohast – nimelt mudel peaks olema võimeline märgilise mõtlemise tasanditele arenema läbi sotsiaalse suhtluse – õppima ennustama, mis teised talle ütlevad, ning hakkama ise endale neid asju ütleva, ehk internaliseerima, ja hakkama läbi sisemise kõne oma tegevust ja mõtlemist suunama; samuti internaliseerima muid väliseid protsesse ning õpitud skeemidena sisemiselt läbi töötama (Toomela, 1996; Vygotsky, 1994a; Vygotsky & Luria, 1994b).

See pole ainult nõue, vaid ka võimalus, kuna ennustamine on mudeli ülesanne niikuinii ning märgilise mõtlemise eeldused tekivad samuti muudel põhjustel.

Vögotski ja Piaget kirjelduse erinevus ei tähenda, et Piaget siinkohal täiesti eksib – täiesti võimalik, et kõne ja teatud mõtlemise võimete arenguks tõepoolest on tarvis siiski mõningaid täiendavad arenguid naturaalses mõtlemise mehhanismides, neist kahte Tomasello ka nimetab (vaata: viide töö teksti peatükile).

Samuti ei pruugi Piaget ja Vögotski seisukohad tegelikult olla nii vastandlikud, kui kirjeldasin. Ka Vögotski jaoks sai naturaalne mõtlemine edasi areneda, kuna ta rääkis kahe arengusuuna põimumisest, mitte ühe asendumisest teisega (viide).

Võimalik, et kõne ja teatud mõtlemise võimete arenguks on tarvilik või kasulik mõningate täiendavate omaduste areng naturaalses mõtlemise mehhanismides, kuid vastavad detailid selguvad edaspidi, märgilise mõtlemise modelleerimise uurimuses.

Pigem on see tekst mõeldud säärase vastandava tõlgenduse ühe poole vältimiseks (Piaget: “sisseehitatud mehhanismid on need, millel põhineb sisekõnelise mõtlemise võimete areng, nende abil ja hiljem areneb väline kõne”) ja teise poole võimaluste esile toomiseks (Vögotski: “mõte areneb kui internaliseerunud kõne”).

Internaliseerumine on oluline arengusuund silmas pidada: praegune mudel tegeleb ennustamisega ning internaliseerumine on oma olemuselt samuti ennustamine. Kui internaliseerumine võimaldab selgeks õppida teatud tüüpi sündmusi, mis juhivad tähelepanu, tegevust ja mõtlemist algselt väliselt (märgiline suhtlus) (viide, Vögotski, Educational Psychology raamat), siis ei ole vaja tingimata eeldada keeruliste “mõtlemisoskuste” kaasasündinud olemasolu, ega neid mudelisse sisse programmeerida. Samas Piaget jäigema tõlgendamise järgi arendada mõtlemist enne suhtlust eeldaks rohkem mudelile oskuste sisseprogrammeerimist.

Klassikalise ja operantse mõtlemise terminid

Tingitud stiimulite tähenduste ehk tingimata stiimulite faktorite õppimine. Klassikaline tingimine.

Lühendid:

UCS – *unconditioned stimulus*

UCR – *unconditioned reaction*

CS – *conditioned stimulus*

CR – *conditioned response*

Tingitud stiimul alati enne reaktsiooni (traditsioonilisemalt, enne tingimata stiimulit)

Forward conditioning: tingitud stiimul esineb enne tingimata stiimulit.

Backward conditioning: tingitud stiimul esineb pärast tingimata stiimulit, pidurdab seose õppimist.

Acquisition – aeg, mis kulub stiimulitevahelise seose omandamiseks. (TODO: selle seaduspärad).

(viide: http://scholarpedia.org/article/Classical_Conditioning)

IDEE: küsimus, kas seos peaks olema tingimata CS -> UCS -> R või piisaks CS -> R ?

Forward conditioning reegli järgi CS -> R seost ei tohiks tekkida, kui CS esineb peale UCS, kuid enne R. TODO: Uuri!

Kui CS -> R ei vasta tõele, siis mudeli kõik sisendid/väljundid on stiimulitega ühendamiseks ning ei ole tegevusrakke. Selle asemel lihtsalt osad stiimulid (UCS) on võrgust väljaspool otse ühendatud tegevusrakkudega ning treenimise tarvis lisaks kontrollnuppudega, ning mitte millegi muuga.

TODO: ruumi olemasolul kirjelda, mis juhtub, kui tingitakse algul CS1 -> UCS, hiljem CS2 -> UCS ning alles seejärel esinevad korraga CS1, CS2. Samuti, mis juhtub, kui kohe alguses tingitakse CS1, CS2 -> UCS ning hiljem esitatakse neid kas ühekaupa või tingitakse täiendavalt ühekaupa.

Extinction

Kui CS esineb korduvalt ilma UCS, siis seos kaob. TODO: selle täpsemad seaduspärad.

Esmane ja teisene seos

Esmane seos sai eelnevalt kirjeldatud.

Teisene seos tekib, kui netraalne stiimul pannakse paari CS-ga, mitte UCS-ga. Sel juhul uus stiimul hakkab lõpuks ennustama samuti UCS-le vastavat reaktsiooni.

Võib ka treenida $S1 \rightarrow S2$, alles seejärel $S2 \rightarrow UCS$ ning ikkagi tekib seos $S1 \rightarrow S2$ ning järelikult $S1 \rightarrow UCS$. Seda nimetatakse eeltingimiseks. (viide)

Analoogselt käib kolmanda astme seos.

Teised seosed on edaspidi olulised märgilise mõtlemise tekkeks. (*selgitus + viide*)

Operantse tingimise tüübid.

Positiivne kinnitus – andes isendile midagi, mida ta tahab, tegevust kinnitatakse.

Negatiivne kinnitus – kaotades ära midagi ebameeldivat, tegevust kinnitatakse. Variandid on **escape** ja **vältimine**. *Escape* korral eemaldatakse olemasolev ebameeldivus, vältimise korral potentsiaalne (oodatav) ebameeldivus. **Vältimise võib veel omakorda jagada vältimiseks, kus välditakse mingi välise toimunud sündmusega (hoiatusega) kaasnevat oodatud tagajärge ning sisemiselt plaanitava tegevuse oodatud tagajärge. Viimast võib nimetada allasurumiseks.** Vältimine avaldub tegevuses, kuid teda põhjustanud kartus ei saa seetõttu enam kinnitust, seega väheneb aja jooksul ka vajadus vältimise järele (Skinner, 1965).

Positiivne karistus – tekitades midagi ebameeldivat, tegevust karistatakse.

Negatiivne karistus – võttes ära midagi vajalikku, tegevust karistatakse.

Extinction – tegevus, mis varasemalt andis kinnituse, enam ei anna ning seega tegevuse tõenäosus väheneb. *Extinction*'i variatsioon on *shaping* ehk *differential reinforcement*.

Viimasel juhul kinnitatakse järjest veidi keerukamaks muutuvaid tegevusi, mis kohe alguses ei oleks saanud toimuda. Mudeli seisukohast ei nõua selline õppimine muudatusi, küll aga on puudu õppimiseks soodsate tingimuste teke – mudeli käitumine pole veel kuigi muutlik-katsetav, et midagi sel teel kujundada.

Nii positiivne kui negatiivne kinnitus viib isendi teatud vajaduse rahuldatuse taseme sisemisele tasakaalupunktile lähemale, karistus viib eemale (*TODO: otsida viiteid homeostasis-teooriale*).

Seega tegevusi ei saa jagada lihtsalt meeldivateks või ebameeldivateks a la Thorndike või *reinforcement learning*. Võib ju pakkuda, et sel juhul vajaduse määr on täpsustav diskriminantne stiimul, kuid mudeli seisukohast on hulga lihtsam, kui vajaduse soovitud muut ongi kõige lihtsama operantse tingituse (mis veel ei nõua diskriminantseid stiimuleid) protsessi aluseks.

Operantne tegevus

Klassikalises tingimises tegevus järgneb stiimulile. Seda tegevust nimetatakse reaktsiooniks.

Operantses tingimises tegevus eelneb stiimulile, toimub stiimuli saavutamiseks. Seda tegevust nimetatakse operantseks tegevuseks ehk nimisõnaga, operandiks (Skinner, 1965).

Püüdlev tegevus ja *escape*

Vältiv tegevus

Allasurumine

Üks erilist liiki kinnitus võib olla veel lihtsalt mistahes sensoorne tagasiside, kuna võimaldab organismil õppida uudseid viise, kuidas edukalt manipuleerida maailma enda ümber liikuma (Skinner, 1965).

Tingimise liigid

Õppimisel

0) klassikaline tingimine (stiimul – reaktsioon)

1) reaktsiooni / tegevuse kinnitamine

2) tegevuse karistamine või positiivse stiimuli äravõtmine (- on aversiivne vaid deprivatsiooni korral??)

3) vältiva käitumise kinnitamine

Tegevuses, vastavalt eelnevale kolmele õppimisel liigile

0) reaktsioon

1) reaktsioon, kui on deprivatsioon

2) teatud tegevuse vältimine (tegemata jätmine)

3) vältiv käitumine (vältiva tegevuse tegemine)

Kinnituste liigid

- 1) positiivne kinnitus
- 2) negatiivne kinnitus
- 3) positiivne karistus
- 4) negatiivne karistus

Operantsed kinnituskavad

(Ferster & Skinner, 1957; Skinner, 1965)

Ratio, interval.

Ratio kinnituskava korral tegevus saab kinnitatud ehk annab mingi tulemuse iga n korra järel.

Interval kinnituskava korral tegevus saab kinnitatud iga esimene tegevus, mis toimub peale seda, kui eelmisest kinnitusest (mõnes katsekorralduses kinnitatud tegevusest) on möödunud aeg t .

Fixed, variable.

Fixed-ratio ning *fixed-interval* kinnituskava puhul kehtib alati sama *ratio* või intervall.

Variable-ratio ning *variable-interval* kinnituskava korral tegevuse kinnituse ilmumise tingimuseks olev parameeter on juhuslikult muutlik mingis vahemikus.

Eelnevaid kinnituskavasid saab omavahel kombineerida mitmetel viisidel.

Ratio ning *variable* kinnituskavad on *extinction* suhtes püsivamad. Kõige püsivam on *variable ratio*.

Ratio kinnituskava iseärasuseks on veel see, et kui ta ei ole kombineeritud intervall-kinnituskavaga, on tulemuseks võimalikult suure sagedusega tegevused. *Variable kinnituskava tegevused on rahulikuma sagedusega (wikip, otsida mõni soliidsem viide – Skinner?).*

Aheldamine vs taipamine terminid

On selge, et mõned autorid kasutavad sõna “aheldamine” ka sõna “taipamine” tähenduses. “Taipamise” terminit rõhutan, eristamaks mudeli võimet õppida tingitud tegevusjärgnevusi (aheldamist) nende järgnevuste või järgnevuse elementide ringiorganiseerimise ja erinevate järgnevuste elementide ühendamise võimest. Taipamist võimaldav mehhanism võimaldab ka aheldamise, samas fikseeritud tegevusahelate tingimist oleks võimalik teostada mehhanismiga, mis ei võimaldaks kirjeldatud taipamist. Lihtne aheldamise mehhanism võimaldaks jäikade ahelate tingimist. Taipamist võimaldav mehhanism muudab kõigi teadaolevate ahelate lülid ringiühendatavateks. Uusi ahelaid tekitades saab luua tegevusjärgnevusi, mida pole varem kinnitatud, luua uudseid seoseid õpitud lülide vahele. Köhleri uuringute eesmärk oli uurida shimpanside võimet eesmärgi huvides vaimselt ringiorganiseerida maailma, mida ta nimetas “*insight*” (Tomasello & Call, 1997). Shimpanside tajuvõimed on kahtlemata mitmekesisemad, võimaldavad rohkem seoseid ja manipulatsioone kui käesolevas mudelis, kuid kogemuste “kujutlemise” teel alternatiivseteks tegevusjärgnevusteks ringistruktureerimise põhiidee jääb minu jaoks hetkel samaks. *Insight* ehk taipamine on Köhleri termin – vältimatult kognitiivne manipulatsioon; aheldamine Skinneri termin, rohkem biheivioristlik – lihtsal juhul, varem esinenud käitumisahela kordamine.

Piaget nimetas säärast protsessi “vigade ettenägemiseks” või “vaimseks katse-eksituse meetodiks”, kuna indiviid vaimselt proovib erinevaid stsenaariume läbi (Tomasello & Call, 1997).

Praeguses mudelis “kujutlemine” pole midagi sellist, mida saaks visuaalselt näha ühe liikuva pildina või alternatiivsete teekondade ükshaaval läbimõtlemissena – selles osaleb palju kujutlusi korraga ning see pole mudeli jaoks probleem. Kui visuaalsed ja ainult ükshaaval läbimõeldavad kujutlused naturaalses mõtlemises esinevad, siis tulevad nad mudelisse hiljem ning võibolla näiteks ruumiliste rotatsioonidena jms, mille sooritamist ei pruugi olla alati võimalik paralleelselt arvutada, eriti kui kaasata protsessi tähelepanu ja märgiline kontroll.

Mudeli aspektid

Operantse tegevuse kustumine

Operantne tegevus kustub aeglasemini kui omandatakse (Skinner, 1965).

Seda saab selgitada selle läbi, et piisab nõrgast seosest ehk tegevusele omistatud energiast, et tegevus käivitataks. Tegevustel on madal lävi, mis siiski on kõrgemal nullist, sest vastasel korral kustutatavad tegevused ei lõpeks kunagi muud moodi kui ainult karistamise või teiste tegevuste ülekaalu läbi.

Millest see lävi sõltub, jääb hetkel väljapoole mudelit. Selge on, et lävi on võrdlemisi madalal, ja oletatavasti stabiilne, kuna Skinneri järgi organism annab iga kinnituse kohta tagasi keskeltläbi kindla arvu operantseid tegevusi (Skinner, 1965), ning iga tegevus omakorda vähendab deprivatsiooni väikesel määral.

Mida suurem on deprivatsioon, seda sagedasem on tegevus, seda pikem kustumiskõver ning rohkem tegevusi kustumise jooksul (Skinner, 1965). See on kooskõlas mudeliga, sest seadistuspunkti suurema energia korral on ka selle väikest edenemist ennustav tegevus vastavalt suurema energiaga.

Kustumisega seondub ka küllastatuse teema: kui deprivatsioon kaob, siis tegevus seniks ajutiselt lõpeb. See aga ei tähenda, et kinnitamise järel tegevus alati kaob – kinnitus ei pruugi deprivatsiooni selles suhtes vähendada märkimisväärselt (Skinner, 1965).

Skinner kirjutab, et kustutatav tegevus hakkab esinema väiksema sagedusega (Ferster & Skinner, 1957). Selle nähtuse esinemiseni saavad viia ka praeguses mudelis mitmed asjaolud ning hetkel ma ei ole neid kõiki võimalikke põhjusi analüüsinud ega mudeli operantset kustumiskõverat testinud.

Operantsed kinnituskavad

Kinnituskavad annavad üllatavalt sarnaseid tulemusi, eriti keerukate kinnituskavade korral, õige mitmesuguste liikide isendite juures: tuvid, hiired, rotid, koerad, kassid, ahvid (Ferster & Skinner, 1957). Seega võiks oletada, et kinnituskavad kasutavad toimimiseks võrdlemisi lihtsaid ja primaarseid mehhanisme, nähtuste keerukus on lihtsamate protsesside kombineerumise ja dünaamilise vastasmõju tulemuseks.

Järgneva kohta lühike sissejuhatav kommentaar: *ratio* ning intervall-kinnituskavad toimivad mudelis täiesti erinevate protsesside toel.

Fixed-ratio

Skinner kirjeldab fixed-ratio tegevuste ahelat märgistusega:

$$S_{rein}^D \cdot R \rightarrow S_1^D \cdot R \rightarrow S_2^D \cdots S_{N-1}^D \cdot R \rightarrow S_{Mag}^D$$

kus

S_{rein}^D – esimene kinnitusjärgne olukord, milles toimuv tegevus põhjustab uue

tegevusjärgnevuse esimese tegevuse järgse olukorra ehk diskriminantstiimuli (S_1^D)

R – tegevus

S_x^D – igale olukorras S_{x-1}^D sooritatud tegevusele järgnevat olukorda esindav

diskriminantstiimul

S_{Mag}^D – toidumagasini ilmunine, olukord, kus linnul on võimalik tulemuslikult teri nokkida

(Ferster & Skinner, 1957)

Seega Skinneri idee järgne *fixed-ratio* kinnituskava on analoogne “teekonnale” ning üks aheldamise vorm. Iga teekonnal sooritatud sammu ja eelneva olukorra kombinatsiooni esindab erinev diskriminantstiimul, mis sellele sammule järgneb.

Ratio-kinnituskava illustreerib olukorda, kus alaeesmärgid võivad väliselt näida tsirkulaarsed, kuid mudeli siseselt nad seda pole.

Käesolevas mudelis on stiimulite arv piiratud mudeli sisendite arvuga ning neid ei teki juurde. Skinneri “olukorrad” on samas diskriminantstiimulid, mis on pigem õppimise käigus (uue olukord-tegevus kombinatsiooni ilmumise järel) juurde tekitatud süsteemi siseselt ning ei vasta ühelegi tajutavale stiimulile.

See tähendab, et süsteemi siseselt tekib palju representatsioone, mis esindavad toimunud tegevuse-olukorra kombinatsioone ning ühtlasi on ise stiimuliteks, millega omakorda tegevusseoseid luua saab. Käesolevas töös on teostatud esimene neist omadustest, kuid mitte teist (esindused tekivad, ja on kasutuses ainult seoses tajutavate tulemuste ennustamisega, kuid ise ei ole omakorda kasutatavad diskriminantstiimulitena). Sedasi nõuaks mudel rohkem arvutusvõimsust ning uusi “tegevus” – “tegevusele eelnenud olukord” kombinatsioone esindavate rakkude diskriminantstiimuliks saamise omaduse lisamist.

Küll aga on lisatud tööle katse “teekonna” läbimisega, kus igale sooritatud sammule vastab katseplaanis ette nähtud uue stiimuli ilmunine tajusse (viide katsetele). See on sarnane Skinneri katseplaanile, kus rakendati täiendavat välist stiimulit *ratio* või intervalli progresseerumise esindamiseks. See väline stiimul võib olla nii diskreetselt kui pidevalt kasvav (Ferster & Skinner, 1957). Seda ka mudeli poolest: pidevalt muutuva välise stiimuli poolne kinnituskava progressi tajutav esindamine on veel üks omadus, mis nõuab stiimuli

tugevuse klassifikaatori olemasolu. Kui väliseks stiimuliks on kell, siis võib klassifikaator asuda ka nägemissüsteemis erineva kaldega asuvate joonte detektorite näol või toimida ka keerulisemate mehhanismide toel, nagu näiteks HTM (George & Hawkins, 2005), kuid see ei muuda siinkohal klassifitseerija olemasolu kui põhimõtet.

Ratio-kinnituskavadele on omane, et on teatud maksimaalne *ratio*, mida isend on võimeline õppima. Piiri ületamisel tegevus kaob märgatavalt ning tekivad väga pikad pausid. See piirang on võrdlemisi kõrgel (Skinner, 1965). Hetkel on mitmeid ideid, mis moodi mudel seda aspekti tulevikus kajastada võiks. Mudeli aegluse tõttu saab praegu katsetada ainult lühikesi tegevusahelaid.

Mida pikem on *ratio*-kinnituskava ahela pikkus, seda pikemaks muutuvad pausid tegevuste vahel (Ferster & Skinner, 1957). See nähtus saab tekkida mitmetel asjaoludel ning jääb samuti käesoleva mudeli katsetest välja ning edaspidiseks uurimiseks.

Fixed-ratio kinnituskavaga kinnitatud tegevus võib sisaldada pause, mida väiksem deprivatsioon, seda pikemad pausid. Kuid kui tegevus algab, siis toimub ta ühtlase tempoga kuni kinnituseni (Ferster & Skinner, 1957). See ühildub oletusega, et esimese (ja iga järgneva) tegevuse käivitamiseks on tarvilik, et selle tegevuse energia ületaks teatud läve. Kui esimese tegevuse energia selle läve ületas, siis ületavad selle läve ka kõik järgnevad ahelas osalevad tegevused, sest nendelt järgnevatelt lülidelt esimene tegevus oma energia saigi.

Huvitav oleks aga katsetada *variable-ratio* kinnituskava tingimustes, kus deprivatsioon napilt ületab ahela esimese tegevuse käivitamiseks tarvilikku läve. Kuna ahelas energiad summeeruvad, peaks mudeli praeguse kinnitavate stiimulite energiatega arvutamise valemi järgi olema võimalik tekitada olukord, kus ahela esimesed tegevused toimuvad, kuid seejärel ahela sooritamine peatatakse. Üks põhjus, miks küsimus on huvitav, on selles, et mul on mõttes ka alternatiivseid, mõnevõrra keerukamaid ja optimaalse kontrolli kriteeriumi järgi täiuslikumaid valemeid kinnitavate stiimulite energiatega arvutamiseks.

Fixed-interval

Fikseeritud intervalliga kinnituskava on esindatav mudelis kombinatsioonina:

“stiimuli w kestuse määr x ” + “tegevuse y määr z ” $\rightarrow$ “tagajärg”. Kus w oleks “kinnitava stiimuli” puudumise kestust esindav tajukanal ning x väärtuseks selle tajukanali mistahes väärtus, mille ajal või millest suuremate väärtuste ajal tegevuse y sooritamine määraga z annab antud tagajärje. Mudeli ülesanne on õppida tajukanali w sisendväärtuse x ning ning tegevuse y väärtuse z kombinatsioonile järgnevat tagajärge, selle järgi tegevust juhtida. Intervall-kinnituskava juures tuleb arvesse veel üks asjaolu: kuigi isend õpib, et liiga varajane tegevus ei ole tulemuslik, võiks ta seda “igaks juhuks” ikkagi jätkata, sest minimaalsel määral jääb kinnituse ootus ikkagi alles, seni kuni varajast tegevust pole lausa karistatud. Et varajased tegevused lõpuks “kustuksid”, peaks isendil olema lävi, millest madalama energiaga tegevusi ei sooritata. Tulemusena isend ei soorita tegevusi, mis ei ennusta enam piisavalt suurt kinnituse määra. Seda läve käsitlesin operantse tegevuse kustumise peatükis. Esialgu “kustuksid” kõige lühema intervalli järel toimuvad tegevused, seejärel pikema intervalli järel, ning lõpuks domineerima saanud mittetegevus pikeneks kuni umbes treenitava intervalli kestuseni (Ferster & Skinner, 1957). Viimased mittetegevuse intervallid siiski saavad piisavalt tihti osaliselt kinnitatud, tulenevalt kestuse klassifitseerimise valemist. Seega intervall-kinnituskava operantsed tegevused algavad veidi enne tegelikku kinnituse aega.

Fixed-interval kinnituskava treenimine tekitab treenimise protsessi kulgedes mitmesuguseid tegevusrütme. Kuna organismi tegevus on kinnituse ajaks võrdlemisi sarnane *fixed-ratio* kinnituskavale, saab neil hetkedel osalist kinnitust hoopis see tegevusahel, mitte intervalli-seos. Seetõttu peale kinnitamist tegevuse sagedus jälle kasvab, hiljem taas langeb (Skinner, 1965 ja Ferster & Skinner, 1957). Siinkohal ei ole aga ruumipiirangu tõttu eesmärgiks kogu protsessi iseärasusi üles lugeda ega ka mudelil läbi proovida. Teoreetiliselt võiks need omadused mudelis esineda. Esialgu on oluline ainult see, kas mudel on võimeline omandama lõpuks stabiilset intervall-kinnituskavale omast tegevusrütmi.

Stabiilset intervall-kinnituskava iseloomustab, et peale tegevust isend ootab ligikaudu kinnitatava intervallini ning natuke enne intervalli lõppu, kui ta ei suuda kestust enam eristada või selle diskriminantset tähendust korrektselt õppida, järgneb *ratio*-kinnituskavale sarnane järjestikune tegevus kuni kinnituseni (Ferster & Skinner, 1957).

(viide katsetulemusele).

Intervall-kinnituskava erijuht on kinnituskava, kus tegevus peab toimuma teatud arv kordi teatud aja jooksul eelmisest tegevusest (omamoodi segu *ratio*-kinnituskavast ja intervall-

kinnituskavast). Tulemuseks on väga kiire tegevus, kiirem kui *variable-ratio* korral (Skinner, 1965). Võimalik, et selle omaduse lisamiseks on tarvis vältimise kolmandat liiki – tegevust ajapiirangu raames (vaata Vältimise ja põgenemise peatükki).

Suure intervalliga kinnituskava tavaliselt põhjustab mitmete algselt juhuslikult esinenud vahendavate tegevuste aheldamist (Ferster & Skinner, 1957), mida võiks võtta märgina, et mudeli kestuse klassifitseerija poolt esindatavatel intervallidel tohib olla lagi ning pikema intervalliga kinnituskavad omandatakse juba suvaliste tegevuste aheldamise toel. See muidugi eeldab, et taoliseks aheldamiseks sobivad juhuslikud tegevused on igal vabamal momendil käivitumas.

Variable-ratio ning variable-interval kinnituskavad

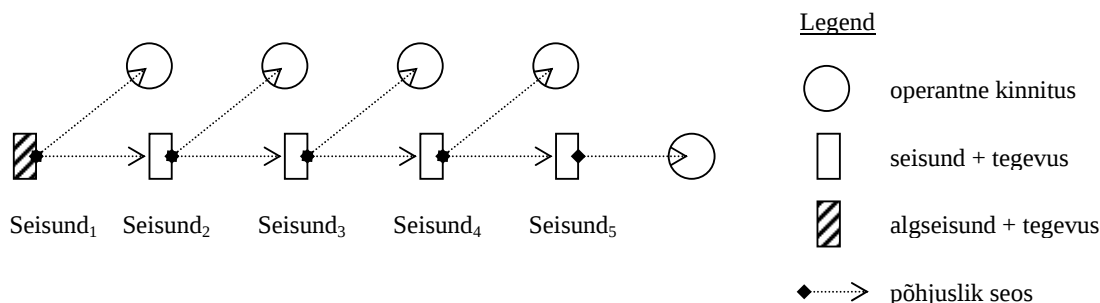
Need kinnituskavad kustuvad aeglasemini kui *fixed-ratio* ning *fixed-interval* (viide).

Kui tegevus annab tulemuse erinevates olukordades (erinev diskriminantne “olukord” *ratio*-kinnituskavas või erinev diskriminantne kestuse taju intervall-kinnituskavas), siis tekib vastavalt rohkem seoseid, mis ennustavad kinnitust, iga olukorra jaoks eraldi. Ükski neist ei pea ennustama kinnitust väga tugevalt, kuid seosed on olemas.

Kui “pikaajalise mälu” kustumise kurv on õige, siis on kõigi kinnitavate seoste kustutamine on vastavalt aeganõudvam, sest kustumise kurvi alumises osas kustumise kiirus langeb ning näiteks 3 seost, mis on kinnitatud $1/30$ juhtudest, annavad suurema summa, kui 1 seos, mis on kinnitatud $1/10$ juhtudest (viide graafikule).

Variable-ratio

Põhjust, miks variable-ratio kinnituskavaga kinnitatud tegevused saavad suurema operantse energia, aitab kirjeldada järgnev joonis:



Ehkki *variable-ratio* kinnituskava võib pealevaadates jätta mulje kui ebakindlast kinnitusest, on tegelikult kinnituse saabumine seda kindlam, mida lähemale on tegevusahel jõudnud antud kinnituskava maksimaalsele *ratio* määrale. Seega esimesed ahela lülid saavad kinnitatud ligi $1/n$ tõenäosusega, viimaste kinnituse tõenäosus läheneb 1-le.

Ahela lülide energia summeerub mudelis esimese ahela lülini liikumisel. Ahela lülide endi vahelised seosed on alati täie tugevusega, kuna nad esindavad mudeli siseseid kontsepte, mis ei kao kuhugile (Seisund_{n+1} tähendab: sooritasin just tegevuse olukorras Seisund_n).

Kui kustumisel tegevuste ja kinnituste vahelised seosed nõrgenevad, siis energia vastavalt väheneb, kuid nende summa jääb siiski proportsioonidelt suuremaks, kui üksiku ja varemalt pidevalt kinnitatud seose energia peale kustumist oleks.

Sellise ahela keskmiste kinnituste summa enne kustutamist on esitatav valemiga ¹:

$$E = \sum_{k=1}^n \frac{1}{k}$$

seda nimetatakse n -s harmooniline number.

Kui $n \rightarrow \infty$, siis on tegu harmoonilise reaga ning

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k} = \infty$$

Taolise tulemuse nägemine tekitab hüpoteesi, et mudelis peaks olema lisaks midagi, mis piirab energia kasvu väga suure maksimaalse *ratio* ehk n väärtuste korral, näiteks iga ahela tegevusele omistatakse ainult teatud osakaal järgmise kinnitava stiimuli ennustatud energia muudust. Sellise osakaalu olemasolu võiks olla ka selgituseks, miks piisavalt pika ahela korral *ratio*-kinnituskava tegevus lakkab (Skinner, 1965). Hetkel seda täiendust mudelis teostatud pole ja ootab edasist uurimist.

Mudelis toimuv kinnitavate stiimulite energia normaliseerimine siin ei aita, sest suhteliselt saavutab see ahel ikkagi suurema energia, kui muud motiivid.

Juhul, kui kustumise kõver on klassikalise tingimise valemite õige, lisanduks siia asjaolu, et ka iga $1/n$ tõenäosusega kinnitatud sõlme seos on kaaluga rohkem kui $1/n$ kinnitust, kuna kustumise kiirus kustumise kurvi alumises osas väheneb.

Seega kõigi ahela lülide kinnitavate seoste mõju esimese tegevuse energiale oleks isegi suurem kui kõigi ahela lülide keskmiste kinnituste summa.

¹ [http://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic_series_\(mathematics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic_series_(mathematics)) ja http://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic_number

Variable-interval

Kui lugeda Ferster & Skinner, 1957, siis on näha, et intervall-kinnituskava tulemusena tekib tegevus, mis natuke enne oodatava tasu hetke esineb korduvalt, kuni tasu ilmumiseni. Seega sisaldab intervall-kinnituskava enda komponendina ratio-kinnituskava. *Variable-interval* korral võib sinna omistada *variable-ratio* komponendi. Seega on *variable-interval* püsivam kui intervall-kinnituskava, kuid mitte nii püsiv kui seda on *variable-ratio*.

Võib küsida, miks *variable-interval* kinnituskava tegevuste intervall-komponent (ootamine) kiiremini ei kustu – vastus on analoogne *variable-ratio* kinnituskavale: iga üksik seos mingi intervalliga on nõrgem, kuid summaarselt on neid sellevõrra rohkem ja need seosed on oma kustumise kõvera alumises osas.

Mudeli töötsükkel

Mudel töötab sünkroonselt. Töötsükkel koosneb järgnevatest faasidest:

- mudelisse uuele ajahetkele vastavate stiimulite ja seadistuspunktide väärtuste saatmine
- möödunud töötsükklite ja käesoleva hetke stiimulite ning seadistuspunktide muutuste vaheliste seoste õppimine
- klassikalised ennustused seadistuspunktide ja kinnitavate stiimulite väärtuste liikumise kohta
- kinnitavate stiimulite olekutele vastavate energiatega uuendamine
- operantse tegevuse leidmine, mis võimalikult hästi tasakaalustab oodatud väärtuste liikumisi või püüdleb mõne olemasoleva ebakõla vähendamisele

Edasiarendused

Assotsiatiivse piirkonna optimeerimine

Käesolev mudel on robustne, luuakse kõik võimalikud assotsiatiivsed sõlmed vaadeldud maatriksisse. Edaspidise arenduse ja uuringute käsitleda oleks, millal on võimalik jätta võrdlemisi “ebahuvitavaid” faktoreid sisaldavad seosed loomata ja millise protsessi (naturaalses mõtlemises, kui see protsess esineb) läbi seoste maatriksit puhastatakse assotsiatiivsetest sõlmedest või nende alaosadest, mis ehk ei sisalda enam piisavalt olulisi faktoreid (seosed on kustunud). Sel juhul on andmestruktuurina maatriksi asemel parem kasutada *hashmap*’i või binaarotsingu puud kasutatavat assotsiatiivset massiivi. Samuti tuleb uurida, kas ja kuidas võiks teatud tähelepanu protsess vähendada maatriksi läbiarvutamist tuleviku ajahetkede ennustamisel või ka õppimisel, jättes valikuliselt ajutiselt välja ülejäänud osa faktorite arvutamise või uuendamise.

Et mudel õpib faktoreid, mis vastavad *nonredundancy* nõudele, siis võiksid shansid selliste mehhanismide toimimiseks olla olemas: kui mingitele stiimulitele vastavad faktorid on head ja ennustavad tagajärgi piisavalt, siis see tähendab, et ülejäänud samal ajal esinenud stiimulid märkimisväärseid seoseid tagajärgedega ei omandagi. Samas näiteks Bayesi õppimise teel omandatud seostel selline selektiivsus puudub ja ebarealistlikult suured andmemahud kõigi asjade omavaheliseks seostamiseks on kerged tekkima, seega on ka tähelepanu protsessile suurem koormus (Yudkowski, 2002).

Blokeerimine võimaldab väiksema hulga seoste teket ning teiseks on need seosed kvaliteetsemad – viimane on oluline, kui arvestada, et diskriminantsed stiimulid võivad mõne eesmärgipuu raames saada kinnitavateks stiimuliteks. Sel juhul on oluline, et mudel püüdleks õigete stiimulite saavutamisele – nende stiimulite poole, mis tegevusega kombineerituna õppimise käigus päriselt signalseerisid järgnevat stiimulite ilmumist ehk praktikas võimaldavad / põhjustavad eesmärgipuu edaspidiseid sõlmesid, mitte ainult ei esine tihti nendega koos.

Taipamine tegevuste mitmest diskriminantsest stiimulist mõtlemise võime korral ning tööriistakasutuse võime

Järgnev peatükk on hüpotees, mitte terviklahendus, ning on toodud selleks, et näidata – anda perspektiiv, kuipalju lisab mudelile juurde võime seostada iga tegevussammuga ühe diskriminantstiimuli asemel mitu diskriminantstiimulit.

Tööriistakasutuse võime hüpoteesina on üks mudeli nõuetest see, et iga tegevussammuga seonduvaid diskriminantstiimuleid saab jagada väliselt kolme liiki:

- a) objektid, millele tegevust rakendatakse
- b) “tööriistad”, mida rakendatakse tegevuse raames
- c) lihtsalt diskriminantstiimulid. Need ei osale otseselt antud tegevussammus (kuid võivad olla osaliseks mõnes muus tegevussammus). Määravad olukorda, sisuliselt senise mudeli diskriminantstiimulid.

Mudeli siseselt oleks kaks diskriminantstiimuli liiki:

- a) objektid, millele tegevust rakendatakse
- b) olukorda määravad, antud tegevussammus mitte osalevad stiimulid

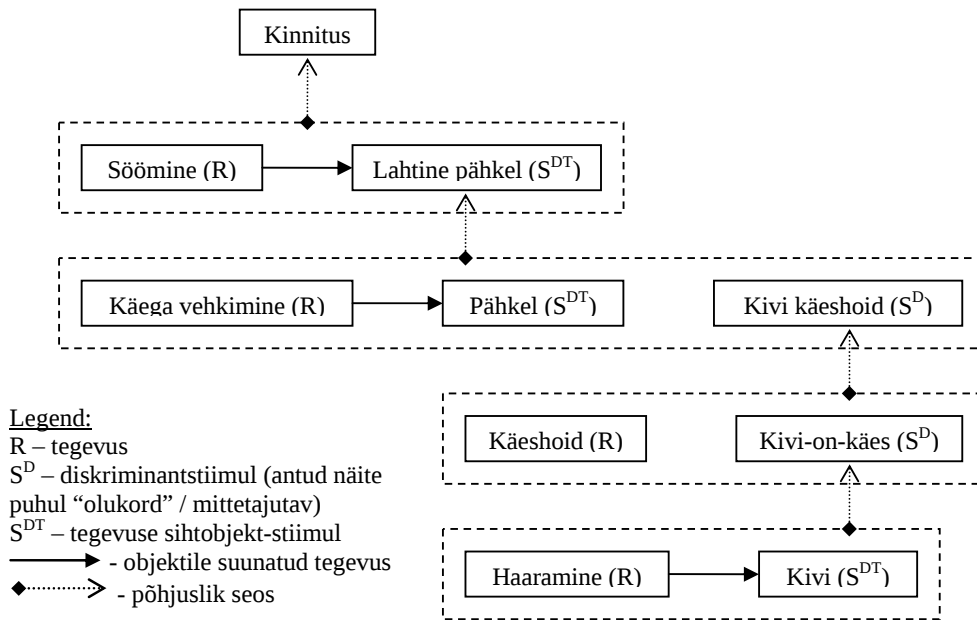
Seega eristub eriline kinnitava stiimuli klass, mille esindus tekib ainult juhul, kui sellele eelneb tegevuse rakendamine vastavale stiimulile, mitte lihtsalt tegevuse ja mingi stiimuli koosinemine. See objektile rakendatud tegevust kinnitav stiimul on diskriminantstiimuliks järgmise astme tegevusele.

Tegevuse kõrgemal kavandamisel mitte ei kästa jäsemete konkreetsetel lihastel liikuda konkreetset viisil, vaid kästakse sooritada tegevust teatud punktide ruumis (analoogselt Georgopoulos jt., 1993 pakutule, mainitud: Kolb & Whishaw, 2003), mis võiks olla valitud kujutluspildiga sobivuse järgi. Võib mõelda ka liikumisest, mis on suunatud enda “sihtmärkidest” mööda, nagu näiteks pöördumine.

Etoloogide arvates loomade ja inimeste tegevused koosnevadki piiratud arvust liigispetsiifilistest mustritest, mis automaatselt hõlmavad ühekorraga mitmeid kehaosasid (näiteks haaramine).

Toon järgnevalt probleemolukorra ning tegevuskava, mille käigus primaadid kasutavad “tööriista”, et probleem lahendada (viide: Köhler).

Ahvi ees on kõva koorega pätkel, nähtavuses on ka kivi. Ahvil on kõht tühi.



Eesmärgipuude harude otstes asuvad sõlmed võib jagada AND ja OR sõlmedeks (Winston, 1984). Ülaloleval joonisel on punktiiriga märgitud piirkonnad kõik konjunktiivsed sõlmed. Mudelis moodustub konjunktiivne sõlm diskriminantsest seosest. Eesmärgipuu disjunktiivne sõlm moodustub aga mingit tagajärge ennustavate sõltumatute faktorite liitumise teel.

Säärane tegevuskava pole jätkuvalt sama, mis teadlik planeerimine.

Toomela järgi lisandub 3. mõtlemise tasandil võime seostada mitut objekti omavahel. See võiks olla umbes vastavuses Piaget 4. ja 5. sensomotoorse faasi alatasanditega.

Tööriistakasutus võib Piaget sensomotoorsete alatasemete järgi olla nii sekundaarne kui tertsiaarne tegevus:

- sekundaarne, kui tegevus toimub analoogsete seostega, nagu ülal olnud joonisel. Kui tööriist juba on käes, siis ei ole vaja seostada mitte tööriista ja sihtmärki, vaid sihtmärki, sellele suunatud tegevust ning diskriminantset olukorda, mis esindab tööriista käes olemist.
- tertsiaarne, kui tegevus nõuab otseselt objektide omavahelist suhestamist, koordinatsiooni sõltuvalt tööriista ja sihtmärgi ruumilisest suhtest (näiteks puuksa pistmine õõnsusse, et sealt putukaid kätte saada).

(Tomasello & Call, 1997).

Käesolev mudel võimaldaks tertsiaarseid operatsioone arvatavasti juhul, kui tajusüsteem suudab esitada ühe objekti orientatsiooni teise suhtes kui stiimulit. Mis moodi objektide suhete esindamine toimub tajusüsteemis, vajab edaspidist täpsustamist.

Minu oletus on, et objektide vaheliste ruumiliste suhete mõistmine võib toetuda tähelepanule ehk pilgu sakaadidele – ühelt objektilt teisele liikuva pilgu sakaadi suund on ruumilise suhte kajastajaks.

Kuid kui arvestada, et sealjuures tuleb mõnikord selle mehhanismi toel arvestada ka objektide kuju, mõõtmeid jne (näiteks puuoksas õõnsusse pistes), siis muutub see sakaadide kontrolli ja kaasnevate tajumuutuste esindamise süsteem võrdlemisi mitut korraga aktiivset protsessi sisaldavaks ja raske on siinkohal kohe ette näha kõiki võimalikke kerkivaid probleeme.

Taipamisele ja tööriistakasutusele võib kaasa aidata võime vaimselt roteerida objekte. See võime on Tomasello & Call, 1997 järgi enamusel imetajatest ning ei eelda võimeid, mis on omased ainult primaatidele. Hetkel mudel seda võimet ei ole käsitlenud ning oletatavasti on tegu tajusüsteemi omadusega. Midagi taolist võib oletatavasti välja arendada näiteks HTM (George & Hawkins, 2005) sarnastest struktuuridest.

TODO: näide tööriista valmistamisest “metatööriista” abil, sama mehhanismi toel.

Viide: Tomasello & Call, 1997, lk 81

Eelnevad näited sisaldasid taipamist kui mõistmist ja potentsiaalselt järgi tegema õppimist, sealhulgas üksikute varem omandatud üksiktegevuste terviklikeks järgnevuseks moodustamise võimet, kuid mitte täiesti uute sammude välja mõtlemise võimet. Eelkirjeldatud ülesannete lahendamiseks oli tarvilik mitme objekti seostamine tegevuste läbi, ühe objekti rakendamisenä teisele.

Otsingukäitumine ja katsetamine

Lisaks üldisele mängule väljaspool probleemolukorda ja taipamisele probleemolukorras kogemuse olemasolul on kasulik "katsetamine" probleemolukorras, kus pole vajalikku kogemust käepärast. Katsetamine kui objektide omaduste õppimine, mille järel toimub hüppeline vigade vähenemine ehk taipamine.

Otsingukäitumist saab Skinneri järgi ette kujutada kui lihtsalt teatud tegevust, mis väliselt sarnaneb "millegi" otsimisena või "millegi" poole vaatamisena, kuid tegelikult on lihtsalt tingitud käitumine, mis varasemalt sarnasest olukorras viis kinnitusele lähemale, nüüd aga vajalik diskriminantne stiimul puudub ning tegevus ei saa sellest faasist edasi minna; tulenevad variatsioonid ja liikumised meenutavadki otsimist (Skinner, 1965).

Keerulisem otsingukäitumine on kognitiivsem: isendi kujutluses on konkreetne stiimul, mida ta saavutada tahab. Otsingukäitumine on kas üldistatud kinnitaja, mis ennustab varasema kogemuse põhjal mitmete stiimulite ilmnemist või esineb koguni spetsiaalne deprivatsioon "ei näe soovitud objekti", mis võimaldaks käivitada otsingukäitumist ka siis, kui konkreetset seda tüüpi objektini jõudmiseks pole kunagi varem otsingukäitumist rakendatud.

Katsetamine on veelgi kognitiivsem ning tähendab stiimulite omaduste uurimist ja kombineerimist.

Goal-driven learning

Sihipärase õppimise välist külge kirjeldab *goal-driven learning* (Ram & Leake, 1995). See puudutab "mängu" ja välise "otsingu" teemat - meetodeid, kuidas "mängida", kuidas "otsida" ja mis mehhanismid seda meetodit ellu viia võivad.

Mäng ja otsing võivad mõnel määral ise olla operantselt õpitud ja teostatud.

Mentaalsed kaardid

Mudeli täiendavaks positsioneerimiseks toon järgnevalt mentaalsete kaartide tüübid (viide: http://people.csail.mit.edu/cckemp/cckemp_place_cells_area_exam_2001.pdf ja http://www.ifets.info/journals/4_1/tripp.html või http://ifets.ieee.org/periodical/vol_1_2001/tripp.pdf)

1. juhuslik liikumine
2. taxon: liikumine tajuliste vihjete suunas (sensoorsed diskriminantstiimulid)
3. praxic: motoorse liikumise kindel muster (motoorsed diskriminantstiimulid)
4. route: iga sensoorse vaate sidumine suunaga (taxon + praxic)
5. allotsentriline: kaart, eesmärk sellel, enda asukoht sellel, koortinaatsüsteem, navigeerimine tundmatutes piirkondades, “planeerimine”.

Praegune mudel võimaldab kuni 4. tasemeni kognitiivseid kaarte.

5. taseme kohta on mul hüpotees, et see võib olla teostatud suunataju toel (eeldusel, et suunataju suudab anda küllaldast informatsiooni), mis koosneb kahest komponendist: suund ja mingis suunas läbitud teepikkus. Tulemuseks on radiaalkoordinaadid, mille abil saab kahe punkti A ja B vahele tõmmata joone teatud akumuliseerunud suunaga, isegi kui algselt liiguti punktist A punkti B ringiga.

Edaspidi, kui isend uuesti soovib liikuda punktist A punkti B, püüab ta operantselt valida uudse kõrvalteekonna (sarnane kognitiivne võime peaks olema kõigil imetajatel – Tomasello, 1999), mis on lähim ideaalsele suunale (suunataju kui seadistuspunkti eelistatud väärtusele), ehk A ja B vahelisele sirgjoonele – vastavalt operantse tegevuse printsiibile püüab isend hoida oma teekonna ja selle joone vahelist integraali minimaalsena ning sunnitud kõrvalekalletel puhul leiab teekonna, mis pikas plaanis hoiab kõrvalekallet minimaalsena.

TODO: joonis.

See seletaks lihtsal moel kahe valitud punkti (algus ja sihtmärk) vahelise teekonna õppimist ja selle teadmise hilisemat paindlikku rakendamist. Kuid et jätta meelde mistahes punktide vahelised suunad (kui selline omadus esineb), see nõuab mudelilt suuremat töötlusmahtu – analoogselt, nagu töö põhitekstis pakutud mudel, mis püüab õppida mistahes ajahetkede vahelisi põhjuslikke seoseid; muu hulgas võrdlemisi episoodilist mälu, mis mäletab teekonna vältel läbitud punktides omatud suunda – et oleks võimalik kõigi nende vahel vajadusel seoseid luua. Episoodilist mälu ja navigatsiooni kirjeldab Devenport, 1998.

Võime kasutada joonistatud kaarte, kui allotsentrilise mõtlemise abivahendeid, on juba märkide tähenduse, suunataju ning suunda muutvate tegevuste vaheliste seoste loomise küsimus, mis kerkib detailsemalt päevakorda edaspidi.

Tomasello & Call, 1997 järgi on orienteerumisvõime peaaegu kõigil imetajatel ning ei eelda võimeid, mis on omased ainult primaatidele.

Objektide püsivus on paljude mitteprimaatidest imetajate võimeks ning on mentaalsete ruumilise mälu ja kaartide loomise võime olulisemaks osaks (Gagnon & Doré, 1992, viidatud: Tomasello & Call, 1997). Seega võiks ka objektipüsivusel olla pistmist episoodilise mäluga.

Märgilise mõtlemise teke

TODO:

Märgi / sümboli definitsioon:

Teisese tingimise definitsioon:

Märgiline mõtlemine eeldab stiimul-stiimul seoseid.

Seoseid sündmuste, stiimulite järgnevuste vahel, milles isend ei osale, primaadid veel üldiselt ei õpi (Tomasello & Call, 1997). Kuid kuna suhtlemise tingimustes on nad ise aktiivsed osalejad, lisandub tegevuse komponent ning seega saavad ka nemad märgilist suhtlust kasutada.

TODO + tekst Toomela 1996, lk 13: eksternaalsed märgid vs internaliseeritud.

Märgid võimaldavad õppida asjade vahelisi seoseid, suhteid väljaspool asjade endi tajumist (Hockett, 1960, viidatud: Tomasello, 1999).

Märgiliste seoste tekkest algab kultuuriline mõtlemine, mis kasutab naturaalse mõtlemise mehhanisme (Toomela, 2003b, 2005; Vygotsky & Luria, 1994b; Vygotsky, 1997). Lisaks tajust vabastamisele võimaldavad märgid mitme representatsiooni samaegset aktiveerimist (Tomasello, 1999).

Märgid võimaldavad kiiremini ja tõhusamini organiseerida tähelepanu kui ühte operantse tegevuse liiki. Märgid on tõhusamad tulenevalt sellest, et nad püsivad auditoorses lühimälus ka peale visuaalse tähelepanu liikumist, neid saab kujutluses aktiveerida mitmekaupade vastavalt vajadusele ning märgid võivad moodustada terveid tegevusplaanide kui õppimise teel omandatud tööriistu.

Teadusmõistelises mõtlemises märgid saavad osutada märkide vahelistele suhetele (viide), ehk omandatakse võime, mis võiks olla analoogne Piaget tertsiaarsetele operatsioonidele, ainult et seekord on objektideks märgid. Vygotski on kirjeldanud, kuidas internaliseerumise läbi kujuneb sisemine dialoog. Metakognitsioon võib kujuneda välja kui täiskasvanute instruksioonid, mis on internaliseerunud ja rakendatud isendi enda mõtlemistegevusele (Karmiloff-Smith, 1992, viidatud: Tomasello, 1999). Sama protsess koos enese mõttekäikude põhjal analoogiatega tegemisega võimaldab näha asju teiste silmade läbi.

Kommenteerin lisaks sellist mõistet nagu “*symbol grounding*” (viide lugeja jaoks). Käesoleva mudeli järgi sümboleid pole tarvis “*groundida*” – nad kasvavad välja stiimulitest ja nendevahelistest seostest, mitte ei ole abstraktseid sümboleid, mille vahel on küll sümboli-

taseme seosed, kuid mida alles tuleb hakata ülalt alla seostama tajudega. Analoogete mõttekäigu leiab Yudkowsi, 2002. Üks sümbol pigem ise juba moodustuks mudelis tervest seoste grupist.

Lisaks ei ole mudeli järgi sümbolite vahel vähemalt esialgu “erilisi” seoseid. On tavalised stiimulite vahelised, teise astme (Skinneri järgi täpsustus, et märkide seosed on operantsed, diskriminantsed – Skinner, 1965)) tingitud seosed.

Kuidas naturaalsest mõtlemisest kasvab välja märke kasutav ning kultuuriline, seda on kirjeldanud Vögtski ning ka Toomela, 1996 – mida soovitan lugeda.

Märkide õppimise võime pole sama, mis keeleline mõtlemine – viimane eeldab lisaks süntaksit. Kuigi primaadid suudavad õppida sõnu ja moodustada lauseid, ei ole nad süntaksit ehk hierarhilisi representatsioone võimelised eriti hästi õppima (Marcus, 2001). Kuigi paljud organismid suudavad tekitada hierarhilisi tegevuskavasid, ei ole nad suutelised seda rakendama kommunikatsioonis. Selle järgi muudab inimesi eriliseks see, et inimene arenes kasutama olemasolevaid mehhanisme ka kommunikatsiooni valdkonnas (Lieberman, 1984, viidatud: Marcus, 2001).

Võib ja on kasulik vähemalt mõnel määral kahtlustada, et sümbolitega manipuleerimise võimed pole kaasasündinud, vaid omandatud (Marcus, 2001).

Vögtski järgi (viide) kultuuriline / märgiline mõtlemine on tähelepanu suunamise protsess. Omamoodi tööriist.

Et muuta idee teostatavus tehissüsteemis ilmsemaks, võiks seda võrrelda stohhastilise turingi masinaga, mille lugemispea on tähelepanu; loetav informatsioon on need diskriminantsed stiimulid, mis tähelepanu suunamise järel tajusse satuvad; ning operantsed motiivid on diskriminantsetest stiimulitest sõltuva lugemispea liigutamise seadused. Stohhastiline oleks see masin, kuna operantne probleemilahendaja ei pruugi alati leida samas olukorras, sama kogemuse, motiivide ja diskriminantsete stiimulite olemasolul sama tegevust – tegevuse leidmine sisaldab juhuslikkuse komponenti. Lisaks selline süsteem on dünaamiline: motiivid võivad muutuda ning seega muutuvad tegevusi suunavate märkide, stiimulite tähendused või osutuvad mõjusaks hoopis teised tähelepanu välja sattunud stiimulid.

Kui arvestada, et aju saab tegeleda mitme ülesandega korraga erinevatel tasemetel – visuaalne tähelepanu, kõrgema taseme probleemilahendus, peenmootorika kontroll, siis oleks ühtlasi tegu hierarhilise turingi masinaga – iga “märk”, mis lugemispea alla satub, võib olla omakorda andmeriba või teise tasandi turingi masin.

Turingi masina võrdluse tõin selleks, et näidata – ka naturaalse mõtlemise süsteem saab omandada “programme” ning muutuda õppimise käigus järjest reeglipärasemaks. Märgiline mõtlemine on kui “tarkvara” naturaalse mõtlemise “riistvaral”.

Muu hulgas tuleneb siit: kui masinad saavad õppida süntaksit, keelt, siis peaksid saama seda ka kirjeldatud naturaalsed süsteemid, kuid selle eelisega, et nende sümbolid on ühtlasi paremini kontaktis füüsilise maailmaga ning omavad omavahel sujuvamaid üleminekuid ning seoseid – iga sümbol on ise seoste grupp, pole puhtaid “olekuid”.

Teadusmõistelisest mõtlemisest alates saab isend neid “programme” isegi teadlikult jälgida ning muuta.

Jagatud tähelepanu teke

Jagatud tähelepanu võimaldab lisaks imiteerimisele sihipärast õpetamist, instrueerimist, pikemas plaanis ka koostööd.

Need võiksid olla omadused, mis kuuluvad ainult inimesele, lisaks vahendavate põhjuslike seoste õppimisele. Primaatidel ei ole kalduvust:

- osutada objektidele, et juhtida teiste tähelepanu neile objektidele lihtsalt näitamise eesmärgil
- hoida objekte, et näidata neid teistele
- juhatada teisi kohtadesse, kus nad saaksid asju või sündmusi vaadelda
- ei paku aktiivselt objekte teistele
- ei õpeta sihilikult teistele uudseid tegevusi

(Tomasello, 1999)

Need omadused paistavad võrdlemisi käitumuslikud ega pruugi nõuda suurt täiendust mudeli õppivale osale.

Internaliseerumine

Internaliseerumine on see protsess, mille kaudu teiste isendite märgilised juhtnöörid (kui diskriminantsed stiimulid ja tähelepanu suunajad) aktiveeruvad ka siis, kui neid isendeid parajasti juhendamas pole. Selle asemel hakkab noor isend ise endale neid asju sobivas olukorras ütlema, sest see aitab probleemilahendusele kaasa. Lõpuks muutuvad need ütlemised kuuldamatuks, sisekõneks.

Internaliseerimine algab enne kui isend on õppinud korralikult rääkimagi (Vygotsky, 1994a; Vygotsky & Luria, 1994b). Kõne areng sõltub samuti teiste isenditega suhtlemisest ning väliselt kuuldamatu kuid täielik sisekõne kujuneb alles kõne ja internaliseerimise protsessi tulemusena.

Vaata ka peatükki “Piaget vs Vögotski”.

Mõnevõrra ühilduvat protsessi enesekontrolli aspektist kirjeldab Skinner, kui ta kirjeldab aheldamise eriliigina tegevusi, mis muudavad teiste tegevuste tugevusi ja ning mis saavad kinnitatud, et nad seda teevad. Taoline tegevus peaaegu eristab inimest kõigist ülejäänud organismidest (Skinner, 1965).

Mudel ei käsitle

Kuigi mudelit saaks oletatavasti edasi arendada primaatide tööriistakasutuse võimete vähemalt ühele osale ning ka isendist sõltumatute põhjuslike järgnevuste õppimisele, ei käsitle mudel järgnevaid primaatide mõtlemise aspekte:

- sotsiaalsed suhted
- momendil ka objektide vahelised ruumilised suhted (tertsiaarsed operatsioonid).

Cheney & Seyfarth, 1990, viidatud: Tomasello & Call, 1997 hüpoteesi järgi objektide vaheliste suhete mõistmine arenes sotsiaalsete suhete mõistmisest. Evolutsiooniliselt võis järgnevus tõepoolest selline olla, kuid see veel ei täpsusta detaile, mis toimub mõtlemise mehhanismide sees.

Minu oletus on, et objektide vaheliste ruumiliste suhete mõistmine võib muu hulgas toetuda tähelepanule ehk pilgu sakaadidele – ühelt objektilt teisele liikuva pilgu sakaadi suund on ruumilise suhte kajastajaks.

Sotsiaalsed suhted on jäänud mudelist välja, kuna need on keerukamad, kui senise mudeli ülesehitamisel toeks olnud biheivioristlik lähenemine (mis ei väida, et sotsiaalseid suhteid ei saa siinsest komplekssema biheivioristliku lähenemise abil kirjeldada).

Edasise arenduse kokkuvõte

- Väliste põhjuslike järgnevuste õppimine ja rakendamine operantses probleemilahenduses
- Vältivad tegevused, mille sooritamisel on mõtet ainult enne kardetavat sündmust.
- Toimunud tegevusi, tegevus-stiimul kombinatsioone või stiimulite kombinatsioone esindavate rakkude kasutamine diskriminantsete stiimulitena operantse tegevusahela järgmisele astmele.
- Ühendada tajusüsteemi külge tunnuste kombinatsioonide / objektide õppimise mudel, näiteks hierarhilise mälu (HTM (viide)) sarnane mudel.
- Objektide pilguga jälgimise võime.
- Objektidele suunatud tegevuse võime.
- Tööriistakasutus Piaget sensomotoorse faasi 4. alatasandi järgi ehk mitme diskriminantse stiimuli seostamine tegevusega.
- Joonistuse kopeerimise võime, eeldab võimet võrrelda kahte visuaalset taju (sarnane, mittesarnane). Ülejäänud protsessi kirjeldus Skinnerilt diskriminantsete stiimulite abil – erinevatele tajudele vastavad erinevad tegevused, mis annavad tulemuseks kinnituse “sarnane” (Skinner, 1965).
- Objektide vaheliste ruumiliste suhete mõistmise võime, võimaldab Piaget sensomotoorse faasi 5. alatasandi. Näited: kastide kuhjamine, kahe pulga ühendamine.
- Mentaalne objektide rotatsioon.
- Mäng ja katsetamine – kas õpitud või kaasasündinud, kuid tõenäoliselt võib mõlemat pidi omada ühisosa *goal-driven learning*’uga. Mängu on käsitlenud ka Vögtski.
- Alternatiivsete tegevuskavade kujutlemise võime, tegutsemine ajapiirangu raames.
- Mentaalsed kaardid, peamiselt allotsentriliste kaartide võime arendamine.
- Objektide püsivus.
- Märiline mõtlemine ja internaliseerumine.

Mittepööratavate tegevuste vältimine

Üks oluline ja huvitav valdkond intellektis on selle turvalisus.

Eppendahl, Kruusmaa & Gavshin, 2007 ning Gavshin, 2007 on kirjeldatud *reinforcement learning* mudelit, mis väldib tegevusi, mille tulemusi ei saa pöörata – mittepööratavate tegevuste vältimine. Lisaks on Eppendahl & Kruusmaa, 2006 kirjeldatud, kuidas see printsiip aitab vältida objektidega kokkupõrkamist.

Minu meelest on sedasorti vältimine väga huvitav idee ja vähemalt mõnevõrra sarnane operantse mõtlemisele, mis samuti üritab säilitada mingite määratud parameetrite väärtust. Erinevus on aga nende parameetrite valikus.

Oletan, et kuna operantne mõtlemine otseselt keskendub väärtuste säilitamisele, siis oleks mittepööratavate tegevuste vältimise idee mugav teostada operantse mõtlemise mudeli abil. Mudel tuleks ühendada superviisoriga nõnda, et keskkonna elementide koordinaadid või nende kaudsed esindused (vaata viidatud artikleid detailidega tutvumiseks) on ühtlasi seadistuspunktid. Mudel väldib tegevusi, mis neid väärtusi kõigutavad, eriti aga tegevusi, mis viivad väärtused paigast ära ning mida ei saa, ei oska ka hiljem taastada endisele väärtusele. Samuti saab mudel operantselt õppida tegevusi, mis muudavad varasema komistuse tulemused märkamatuks.

Sääraselt motiveeritud mudel teeb ainult tegevusi, mille tagajärjel toimuvad muutused on “eksplitsiitselt lubatud”. Vastandatuna intellektidele, mis keskenduvad ainult sellele, selle tegemisele, mida inimene käsib, ja võivad selle käigus teha lisaks kas kogemata või isegi iga hinnaga midagi sellist, mida käskija silmas ei pidanud (toob vanaema põlevast majast välja, lastes maja õhku). Peremehe soovide ekstrapoleerimine on tunduvalt keerukam tegevus, kui lubatud tegevuste vahel interpoleerimine.

Sama printsiipi saab rakendada mingi liikuva masina tasakaalu hoidmisel, tasakaalu taastamisel jne. Operantse mudeli oluline eelis on, et ta on kohandatud tegutsemaks füüsilises, pidevas ruumis – vastandatuna diskreetsete seisunditega tehismaailmale nagu male, go või muu lauamäng (vaata töö põhiteksti ja “eelduste” jaotust).

Vältimine ja põgenemine

Naturaalses mõtlemises võib ette kujutada vähemalt kolme sorti vältimist:

- vältimine kui “tasakaalustamine”. Võib esineda enne ebameeldivat sündmust või pärast. Viimasel juhul nimetatakse põgenemiseks (Skinner, 1965).
- vältimine kui “ära hoidmine”
- operantne tegutsemine ajapiirangu raames

Esimesed kaks tegevust võivad erineda: kui kõrvetan omal näpu vastu kuuma panni sanga, siis järgnevalt panen ta külma vette. See on sisult tasakaalustamine või traditsioonilise nime järgi “põgenemine”. Hoopis teistsuguse loomuga on tegevus, kui kasutan sanga haaramiseks pajalappi. Seda saab teha ainult enne sündmust ning peale sündmust ei muuda ta midagi olematuks.

Osa tasakaalustavaid tegevusi annavad tulemuse ka enne välditavat sündmust: sirutades käe välja enne kukkuma hakkamist või peale kukkuma hakkamist annavad mõlemad tasakaalustava tulemuse.

Praegune mudel suudab õppida ainult esimest sorti tegevusi. Teine vältimise liik nõuab täiendavat komplekti seoseid, et eristada tegevusi, mis aitavad nii enne kui pärast ebameeldivat sündmust, tegevustest, mis aitavad ainult enne. Neid seoseid ma praegu mudelisse ei lisanud ning see osa vajab edaspidist viimistlemist. Kõige lihtsam oletus selle omaduse lisamiseks on seadistuspunktide väärtuste kasutamine täiendavate diskriminantsete stiimulitena – kui seadistuspunkt on juba paigast ära, siis mõni tegevus ei oma enam soovitud tulemust.

Kolmas vältimise liik: mingi tegevus on tulemuslik vaid siis, kui see viiakse läbi enne teatava ajaintervalli möödumist mingi stiimuli ilmnemisest. Naturaalses mõtlemises see võime esineb (Skinner, 1965). Säärase vältimise tarvis peaks olema mudelil võime mitte ainult mõista tegevuse mõju erinevatele tuleviku ajavahemikele, vaid ka planeerida tegevusi ja diskriminantsete stiimulite väärtusi erinevatesse tulevikku hetkedesse ja seega võrrelda alternatiivsete tegevuskavade erinevaid tulemusi. See omadus ei eelda teist vältimise liiki, kuid eeldab mudelilt suuremat keerukust ja arvutusvõimsust planeerimise poolel ning jääb samuti edaspidiseks arenduseks. Täpsustuseks veel, et taolised tegevuskavad pole sugugi sama, mis aheldamist võimaldav protsess, mida kirjeldasin töö põhitekstis, ja mis ei eeldanud plaanitavate tegevuste sidumist mitme tuleviku ajahetkega.

Iga neist vältimise liikidest nõuab erinevat mehhanismi mudelis.

Vältimise juures tuleks tähele panna veel üht probleemi: vältimine, mis on alati tulemuslik, aja jooksul kustub, kuna ennustatud ebameeldivust ei järgne ning seega ei saa ka öelda, et ebameeldivuse ootus (hirm) oli õigustatud. Järkjärguliselt on hirm väiksem ning seejärel

hakkab seetõttu ka vältimise tulemuslikkuse ootus nõrgenema. Samas piisab vaid ühest karistusest, et taastada hirm ning sellest piisab ka, et taastuks küllaldane motiiv vältimiskäitumiseks (Skinner, 1965). Sama nähtus peaks esinema ka mudelis. Skinner pakub, et inimeste käitumise juhtimiseks on karistus seetõttu (ja veel mõnede muude protsesside kombineerumise tõttu) kahtlase väärtusega ja soovitab mõned alternatiivid, nagu küllastumine (ebasoovitavat tegevust põhjustav vajadus möödub), arengulise faasi möödumine, unustamine (pole sama, mis *extinction* ning on üldiselt aeganõudev protsess) või ebasoovitava käitumisega mitteühilduva käitumise tingimine (Skinner, 1965). Kuivõrd need mõtted võiksid aidata operantse mittepööratavate tegevuste vältimise juures, ei ole siinkohal kohe selge.

TODO: + idee simulatsioonide läbimängimise kohta, kui kaitse vältimise kustumise vastu

Katsetulemused

Ratio ning eriti intervall-kinnituskava katsetamiseks olen Skinneri eeskujul kasutanud tegevusi, mida on lihtne sooritada ja mida saab sooritada kiirelt ja korduvalt. Sel moel need ei sekku kinnituskavade ajalise aspektiga.

Operantsete kinnituskavade juures ei ole ma katsetanud kustumiskõveraid, kuna need sisaldavad mitmete protsesside koosmõju – nende analüüs jääb edaspidise uurimise käsitleda.

Operantse tingimise mudelis ja katsetes ei ole sisse lülitatud klassikalise tingimise seoseid

$S \rightarrow R$, kuna need seosed moodustuvad naturaalses mõtlemises vaid organismi siseste reaktsioonidega. Operantselt tingitavad tegevused on katsetes seega kui klassikaliselt mittetingitavad motoorsed tegevused.

Sooritatud katsed:

- klassikaline tingimine:
 - o tingimine
 - o kiirendatud taastumine
 - o kustumine
 - o blokeerimine
 - o tingitud allasurumine
 - o selektiivne seostamine (toob eriti hästi välja blokeerimise kasulikkuse)
 - o iseeneslik taastumine
- operantne tingimine
 - o vältimine kui tasakaalustamine
 - o põgenemine ehk püüdlev tegevus
 - o diskriminantne stiimul
 - o *fixed-ratio* kinnituskava
 - o *fixed-interval* kinnituskava
 - o taipamine
 - o tegevus, mis peab olema minimaalselt teatava kestusega

Katsed edaspidiseks:

- täpsed kustumiskõverad klassikalises ja operantses tingimises
- detailsemad õppimiskõverad
- *variable-ratio* ning *variable-interval* kinnituskavad
- operantses tingimises ühelt kinnituskavalt teisele üleminekud
- operantsete kinnituskavade kombinatsioonid
- erinevad deprivatsiooni tasemed

Viited

- Eppendahl, A. & Kruusmaa, M. (2006). Obstacle Avoidance as a Consequence of Suppressing Irreversible Actions. In Proceedings of EpiRob 2006. URL: <http://homepage.mac.com/a.eppendahl/work/papers/Eppendahl-obsacs.pdf> [14.05.2005].
- Eppendahl, A., Kruusmaa, M. & Gavshin, Y. (2007). Don't Do Things You Can't Undo: Reversibility Models for Generating Safe Behaviours. URL: <http://homepage.mac.com/a.eppendahl/work/papers/Eppendahl-dondty.pdf> [14.05.2005].
- Gavšin, J. (2007). Using the Concept of Reversibility to Develop Safe Behaviours in Robotics. (magistriväitekiri). Tartu, Eesti: Tartu Ülikooli Arvutiteaduse instituut. URL: <http://hdl.handle.net/10062/1990> [14.05.2005].
- Ferster, C. B. & Skinner, B. F. (1957). Schedules of Reinforcement. Prentice-Hall, Inc.
- George, D. & Hawkins, J. (2005). A Hierarchical Bayesian Model of Invariant Pattern Recognition in the Visual Cortex. Menlo Park, CA: Department of Electrical Engineering, Stanford University & Redwood Neuroscience Institute. URL: <http://www.stanford.edu/~dil/invariance/Download/GeorgeHawkinsIJCNN05.pdf> [14.05.2007].
- Heylighen, F. & Joslyn, C. (1992). What is Systems Theory? F. Heylighen, C. Joslyn and V. Turchin (Eds.), Principia Cybernetica Web (Principia Cybernetica, Brüssel). URL: <http://pespmc1.vub.ac.be/SYSTHEOR.html> [14.05.2005].
- Marcus, G. F. (2001). The algebraic mind: integrating connectionism and cognitive science. Cambridge, Massachusetts: Bradford/MIT Press.
- Ram, A. & Leake, D. B. (1995). Goal-Driven Learning. Cambridge, Massachusetts: Bradford/MIT Press.
- Skinner, B. F. (1965). Science and human behavior. New York: The Free Press.
- Toomela, A. (2003a). Culture as a Semiosphere: On the Role of Culture in the Culture-Individual Relationship. I. E. Josephs (Ed.), Dialogicality in development: 129-163. Westport, CT: Praeger.
- Tomasello, M. & Call, J. (1997). Primate cognition. New York: Oxford University Press.
- Tomasello, M. (1999). The cultural origins of human cognition. Cambridge: Harvard University Press.
- Toomela, A. (1996). Kultuuri roll inimese arengus: semiootiline vahendatus ja internaliseerumine. (magistriväitekiri). Tartu, Eesti: Tartu Ülikooli Psühholoogia osakond.

- Toomela, A. (2003a). Culture as a Semiosphere: On the Role of Culture in the Culture-Individual Relationship. I. E. Josephs (Ed.), Dialogicality in development: 129-163. Westport, CT: Praeger.
- Toomela, A. (2003b). Development of Symbol Meaning and the Emergence of the Semiotically Mediated Mind. A. Toomela (Ed.), Cultural Guidance in the Development of the Human Mind: 163-209. Westport, CT: Ablex Publishing.
- Toomela, A. (2003c). Otsustamine ebapiisava informatsiooni alusel: Süsteemne ja mittesüsteemne mõtlemine psühholoogias ja meditsiinis (HTEP.02.101). (2003 sügis, loengukursuse kiled). Tartu, Eesti: Tartu Ülikooli Eripedagoogika osakond.
- Toomela, A. (2005). Decision-making with incomplete information: Systemic and non-systemic ways of thinking in medicine. R. Bibace, J. Laird, & J. Valsiner (Eds.), Science and medicine in dialogue: Thinking through particulars and universals. Westport, CT: Greenwood.
- Vygotsky, L. S. (1994a). The problem of the cultural development of the child. (originaal: 1929). R. van der Veer, & J. Valsiner (Eds.), The Vygotsky reader. (57-72). Oxford: Blackwell.
- Vygotsky, L. S. & Luria, A. (1994b). Tool and symbol in child development. (originaal: 1929). R. van der Veer, & J. Valsiner (Eds.), The Vygotsky reader. (99-174). Oxford: Blackwell.
- Vygotsky, L. S. (1997). Thought and Language. (originaal: 1934). Alex Kozulin (Ed.). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Wagoner, B. & Valsiner, J. (2003). Rating tasks in psychology: From construction of static ontology to dialogical synthesis of meaning. International Society for Theoretical Psychology 10. Istanbul.
- Winston, P. H. (1984). Artificial intelligence. Reading, Menlo Park: Addison-Wesley Publishing Company.
- Yudkowski, E. S. (2002). Levels of Organization in General Intelligence. Singularity Institute for Artificial Intelligence. Goertzel, B. & Pennachin, C. (Eds), Artificial General Intelligence. URL: <http://www.singinst.org/LOGI/LOGI.pdf> [14.05.2007].

Teemaga seonduv kirjandus

TODO