

KOGNITÍVNA VEDA

RNDr. Martin Takáč

Bratislava, 2004.

Upozornenie: Toto nie je ucelený učebný text, ale len autorove prípravy na prednášky. Miestami sú heslovité a v žiadnom prípade nemajú nahrádzať, ale len dopĺňať poznatky získané osobnou účasťou na prednáškach, v kontexte ktorých dávajú zmysel.

1 Úvod: čo je to kognitívna veda

Čo je podľa vás kog. veda? Prečo ste si zapísali tento kurz a ako si ho predstavujete?

1.1 Definícia KV a jej predmetu skúmania

Slovo "kognícia" označuje všetky procesy, ktorými sú zmyslové vstupy transformované, spracovávané, ukladané, vyvolávané a používané. Týka sa to aj takých procesov, ktoré prebiehajú za neprítomnosti relevantných stimulácií, napríklad imaginácia a halucinácie. (Niesser)

kog. veda alebo vedy

Mnoho rôznych definícií kog. vedy/vied:

Problémom kog. vied je pochopiť a vysvetliť povahu ľudského myslenia a inteligencie (Anderson).

Kog. veda má za cieľ pochopiť ako je informácia reprezentovaná a spracovávaná v rôznych agentoch - biologických aj umelých (Gärdenfors)

Kog. veda predstavuje interdisciplinárne vedecké skúmanie mysle. Jej metódy a poznatky vychádzajú z informatiky, lingvistiky, neurovedy, psychológie, kognitívnej neuropsychológie a filozofie. Snaží sa porozumieť ako funguje myseľ v termínoch procesov operujúcich na reprezentáciách. Myseľ ako základ inteligentnej akcie vo svete je opisovaná v termínoch výpočtov a spracovania informácie. (Green)

Spoločné znaky definícií:

1. Predmetom skúmania kognitívnej vedy je obvykle myseľ, inteligencia, myslenie alebo kognícia.
2. Povaha vedeckého skúmania v kognitívnej vede je interdisciplinárna.
3. Predmet kognitívnej vedy je charakterizovaný v komputačno-reprezentačných pojmoch.

Body 1.) a 2.) (bez 3.) tvoria širokú definíciu KV, tretí bod (spolu s 1. a 2.) odlišuje tzv. úzku definíciu KV.

Zúčastnené disciplíny, z kt. KV vychádza: filozofia, psychológia, lingvistika, informatika, antropológia, neuroveda.

1.2 História KV

Descartes a vedomé.

Helmholtz a Freud – nevedomé.

behavioristi

kog. psychológia - cez vojnu - rozoznávanie reči na zašumenom pozadí a iné schopnosti,

po WWII. štúdium mysle - vizuálna percepcia v computer science, lingvistika: akvizícia jazyka u detí, etológia: vrodené sociálne správanie u zvierat, neurofyziológia vzťahuje funkciu nerv. buniek ku komplexným perceptuálnym aj motorickým procesom, neurológovia a neuropsychológovia na fungovaní pacientov s poškodeniami mozgu zisťujú fungovanie zdravého mozgu, antropológovia skúmajú konceptuálnu štruktúru kultúrnych praktík a rituálov. Uvedomili si, že treba spoločný postup

kybernetika - spätná väzba, Hebb, teória informácie, "information-processing psychology", Von Neumann, Turing, Simon and Newell

Predpoklady: priepasť medzi ľuďmi a strojmi sa zúžila: stroje manipulujú so symbolmi, ľudská reprodukcia - kódovaná info v DNA (rekurzívny proces)

Vynález teórie komputability núti ľudí uvažovať o myšli novým spôsobom - mozog-mysel'

Do akej miery myseľ pripomína počítač? mozog je ďaleko od digitálneho počítača, ale Turing dokázal, že paralelné zariadenia (bližšie mozgu) nemôžu vypočítať viac ako sériové.

Prístup: skúmať mentálne procesy z hľadiska výpočtovej teórie.

Za začiatok histórie kog. vied sa považuje konferencia na MIT o Shannonovej teórii informácie. Tam 11. sept. 1956 odzneli tri prednášky: Chomsky: Tri modely jazyka (gramatika=algoritmus implementovaný v mozgu), Simon a Newell: Strojová teória logiky (model stroj. dokazovania teorém), Miller: Magické číslo sedem plus alebo mínus dva (ľudská pamäť ako formálny algor. systém). Myslenie = algoritmická manipulácia so symbolmi.

Pojem kog. veda zaviedol Miller po tejto konferencii.

zahml'ovanie výrazmi ako libido, geštal, atď. Vysvetľovanie = formulovanie neznámeho pomocou známeho. Teória vypočítateľnosti - z malej sady jednoduchých elementárnych prvkov možno skladať neobmedzenú pestrosť komplexných symbol. procesov. Modelovanie počasia, vývoja na burze, interakcií častíc.

Úloha výpočtového modelovania

Na dôsledné objasnenie nejakého fenoménu sa ukazuje ako vhodný *výpočtový model* - dvojica "počítač - softvér" sa použije ako metafora pre mozog a v ňom prebiehajúci proces. Ak sa hypotéza o tom, ako asi vyzerá kognitívny proces skúmaného fenoménu vyjadrí vo forme algoritmu, teda postupnosti krokov a tá sa implementuje a spustí na nejakom zariadení, výsledné správanie zariadenia by malo zodpovedať správaniu modelovaného organizmu. Takto sa ponúka možnosť experimentálnej verifikácie hypotéz, ktoré by inak mohli zostať na špekulatívnej úrovni.

Výsledkom percepcie je model sveta, myslenie je interná manipulácia s modelmi, jazyk je na externalizáciu a komunikáciu týchto modelov.

Samozrejme, celý výpočtový model má byť navrhnutý tak, aby v maximálnej miere zodpovedal experimentálne získaným poznatkom o modelovanom fenoméne - teda v prípade kognitívneho modelovania najmä poznatkom z neurofyziológie a vykonaným psychologickým experimentom.

Computation nám pomáha presnejšie formulovať problémy.

1.3 Metodologické problémy kog. vied

Možno kogníciu abstrahovať od substrátu, na ktorom je implementovaná?

Názor z 80. rokov – Črty kog. vedy [Gardner 1985]:

1. Keď máme hovoriť o kog. aktivitách, treba hovoriť o mentálnych reprezentáciách a postaviť úroveň analýzy úplne nezávislú od biologickej a neurologickej, ako aj od sociologickej a kultúrnej.
2. K porozumeniu ľudskej mysle je najdôležitejším modelom jej fungovania počítač.
3. Zámerné rozhodnutie nebrať do úvahy faktory možno dôležité pre kog. fungovanie, ale v tejto chvíli príliš komplikujúce skúmanie (afektívne faktory - emócie, historicko-kultúrne faktory a kontext akcií a myšlienok).

4. Dôležitosť interdisciplinarity: raz možno zmiznú hranice psychológie, filozofie, AI, lingvistiky, antropológie a neurovedy.
5. Kľúčovou témou súčasnej kogn. vedy sú epistemologické otázky v západnej filozofickej tradícii (povaha poznania, jeho komponenty, zdroje, rozvoj a rozmiestnenie).

To je zastaralý pohľad z r. 1985, body 1., 3., 5. neobstoja, dnes sa preferuje iný prístup:

nový pojem - **stelesnenosť poznatkov** = poznanie sa nedá skúmať ako niečo abstraktné a odtrhnuté od neurónového substrátu. Neurónová architektúra sa dá pochopiť iba v kontexte evolúcie.

Môže počítač myslieť?

- a) Myslenie nie je nič viac ako výpočtový proces a naprogramovaný počítač môže byť inteligentný
- b) Počítačový program môže simulovať aspekty inteligencie. Inteligentného myslenia je schopný len mozog.

Slabinou b) je, že zavádza myslenie ako schopnosť len ľudského mozgu definatoricky.

Náš prístup: Počítačové programy môžu simulovať aspekty inteligencie/myslenia/kognície. Otázku o tom, či takýto program aj skutočne myslí, budeme považovať za irelevantnú. Pokúsime sa výpočtovo modelovať rôzne aspekty mysle od percepcie až po komunikáciu.

Analógia kognícia – počítač:

1. Analógia myseľ-mozog ako program a počítač. Kognitívne modely sú ako počítačové programy, v oboch sú algoritmy. Mozog je ako hardware počítača, neurochemické deje v neurónoch sú ako flip-flop zmeny v obvodoch počítača.
2. Analógia medzi myseľou a univerzálnym Turingovým strojom (Church-Turingova téza)
3. Analógia o zariadeniach na spracovávanie symbolov.
4. Analógia podľa podobností v architektúre (vstupné a výstupné zariadenia, pamäť, procesor...)

Komputačno-reprezentačná teória mysle (Harnish):

1. Kognitívne stavy sú výpočtové relácie k výpočtovým mentálnym reprezentáciám, ktoré majú obsah.
2. Kognitívne procesy (zmeny kogn. stavov) sú výpočtové operácie na výpočtových mentálnych reprezentáciách, ktoré majú obsah

Náš prístup: niektoré procesy v nervovom systéme sú výpočty. Iné sú fyzikálne procesy modelovateľné na počítači. Iné nie a potrebujú iné predpoklady ako teóriu výpočtov a možno iné sa dokonca úplne vymykajú vedeckej explanácii.

2 Mentálne procesy a reprezentácia

Čo spracúvajú mentálne procesy? Hypotézy, viery, spomienky, vnemy - sú symboly.

Systémy symbolov - značky, šimpanzy. Príklad s architektúrou, notové značky, matika, mapy.

Vlastnosti: primitívne symboly + pravidlá kombinovania, doména a metóda vzťahujúca symboly a označované entity.

Numerály, konštrukcia symbolov XIV, vzťah štruktúry symbolov k interpretácii. Explicitnosť, čo je väčšie v rímskych č.

Počítače spracúvajú numerály, ale nevedia ich vzťahnuť k ničomu z reálneho sveta. Interpretácia je ponechaná na používateľa. Vie ale transformovať symboly a jeho operácie sú riadené symbolmi.

Mentálny symbol - nemusí korešpondovať s ničím zo sveta - pekný deň, strašidlo. Percepcia - kauzálna linka zo sveta k interným reprezentáciám - výsledok príř. výberu - orientácia vo svete.

Mentálne procesy závisia na mozgu a najlepšie sa opisujú pomocou symbolov. Mozog nemôže mať nekonečne veľa symbolov. Nervové impulzy môžu byť primitíva, z kt. vznikajú symboly. Dobrá metafora z PC - hocijako zložité procesy pozostávajú z niekoľkých základných operácií nad numerálmi. Preto môžu výpočtové procesy modelovať mentálne symboly a manipuláciu s nimi.

Vypočítateľnosť: efektívna procedúra musí dosiahnuť želaný cieľ po konečnom počte krokov a s použitím konečného množstva znalostí.

binárne sčítovanie: konečnostavový automat. Návrat robota domov: zásobník. Výpočtová sila znamená čo sa dá vypočítať, nie efektívnosť. To sa dosiahne nie zlepšením inštrukcií, ale pamäte. Determ. a nedeterm. Turingov stroj. Univerzálny Turingov stroj. Nie všetko sa dá vypočítať. Turingova téza. Teórie mysle treba formulovať tak, aby boli modelovateľné na počítači. Tým sa minimalizuje intuitívnosť pojmov. Teória stelesnená počítačovým modelom môže byť nepravdivá, ale je aspoň koherentná a vychádza z jasných predpokladov.

(koniec predn.)

2.1 Konceptuálna reprezentácia: od konekcionizmu k symbolom

K problému reprezentácie informácií sa obvykle v kognitívnych vedách pristupuje z hľadiska konekcionizmu alebo symbolovej paradigmy, pričom často chyba zmysluplne premostenie. Gardenfors navrhuje ako premostenie konceptuálnu reprezentáciu založenú na geometrických štruktúrach.

Ďalším problémom je hľadanie zmysluplnej sémantiky jazyka: realisti zobrazujú symboly na objekty reálneho sveta, Fodor ich prekladá do Mentálčiny. Aj tu Gardenfors ponuka návrh riešenia...

Vo svojom príspevku ukážem ako konceptuálna reprezentácia súvisí s percepciou, zavediem pomocou nej kognitívnu sémantiku a ilustrujem javy ako metafora a revízia konceptov.

Kog. veda skúma ako je informácia reprezentovaná a spracúvaná v rôznych typoch agentov.

2.1.1 Symbolová reprezentácia

Komputacionalizmus vychádza z predpokladu, že kogn. systémy by mali byť modelované Turingovými strojmi. Aplikuje sa na modelovanie inferencie a syntakt. parsing. Atómy sú

symboly, proces je manipulácia so symbolmi bez ohľadu na sémantický obsah. Obsahom výrazu v prírod. jazyku je výraz v jazyku mysle - mentálčine. Aj tam prebieha spracovanie info ako výpočet dôsledkov viet pomocou pravidiel. Chomsky: jazyk sú reťazce formálnych symbolov spracovateľných automatmi. Materiálny substrát je irelevantný.

Problém vymedzenia. Predikáty. Ako študovať ich evolučnú emergenciu? Čím špecifikovať situáciu pred vznikom symbolov? Odkiaľ prichádzajú predikáty? Vývoj predikátov, zmena významu konceptu.

Sémantickí realisti - význam symbolu fixovaný. Symbol grounding problem.

2.1.2 Subkonceptuálna úroveň

Konekcionizmus modeluje kog. sys. ANN - paralelné spracovanie neurónmi bez centrálnej kontroly. Kogn. procesy modelované dynamikou vzorcov aktivít v sieti.

[Palmer] vlastné a nevlastné reprezentácie (vlastné sa podobajú na to, čo reprezentujú, k nevlastným musí byť pravidlo). Konekc - vlastné, symbol - nevlastné

Konekc. modely dobre modelujú asociacionistické psych. teórie a sú robustné voči zašumenému vstupu.

Problém: ako vydestilovať konceptuálnu a symbol. info z ANN? Vstup príliš neštrukturovaný. Redukcia dimenzií - Kohonen.

Aj keď vieme, že sa sieť správne naučila kategorizovať vstup, nemusíme byť schopní opísať čo reprezentuje výstup siete.

2.1.3 Konceptuálny priestor

Ako modelovať koncepty? Na symbolovej úrovni sú len pomenované zákl. symbolmi a sú dané pravidlá kompozície pre zložitejšie. V konekcionizme sú implicitne.

KP

dimenzie: farba, výška tónu, teplota, váha, 3D. Sú kognitívne - infralingvistické (bez interného jazyka). Niektoré od senzorických receptorov, iné nie.

pitch - spojitá 1D štruktúra. Neurofyziológia: HF tóny stimulujú bunky na dne slimáka a LF bunky vyššie v špirále. Pozícia v kochlee logaritmicke kóduje pitch - vlastná repr.

Dimenzie - doslova aj s topológiou a metriku, napr. čas, váha. Niektoré diskrétné, napr. pohlavie. Vo väčšine dimenzií je vzdialenosť, preto možno reprezentovať podobnosti, čo je ťažké na symbol. úrovni.

dimenzie sa interpretujú skôr psychologicky ako vedecky (3D). Vnímanie farby (obr.).

KP $S = D_1, \dots, D_n$. Bod $v = \langle v_1, \dots, v_n \rangle$ - objekt.

Dimenzie:

1. vrodené: vitálne - farba, priestorové súradnice, výška tónu
2. naučené: objem vs. výška hladiny (Piaget)
3. kultúrne podmienené: čas, príbuzenstvo
4. vedecké: teplota vs. teplo, tiaž vs. hmotnosť

vlastnosť: oblasť v KP na základe topológie a metriky v S. (teraz, minulosť, budúcnosť)

Kritérium P: Prirodzená vlastnosť je konvexná oblasť KP. Konvexný: ak sú body v_1, v_2 v regióne R, aj v , ktorý je medzi nimi je v R. Väčšina jednoslovných pomenovaní označuje prirodzené vlastnosti: farby (obr.), samohlásky (obr.).

koncept - vlastnosť, alebo sada vlastností v rôznych dimenziách.

Teória prototypov [Rosch]: prototypy - centrá konvexných oblastí. Zložitejšie koncepty "vták" Marr, Nishihara. (obr.) Konceptualizácia podľa vzdialenosti od prototypov

hranica: $\sum_i (v_i - x_i)^2 = \sum_i (w_i - x_i)^2$ (obr.)

niektoré koncepty sú väčšie ako iné: kačica, pštros. Prototypické oblasti s polomerom c_v (obr.)

$\sum_i (v_i - x_i)^2 - c_v = \sum_i (w_i - x_i)^2 - c_w$

Experimenty s muškami (obr.)

2.1.4 Dôkazy z neurovedy

pre kogn. fungovanie ľudského mozgu sa zdá oveľa fundamentálnejším spracovanie info v senzomotorickom riadení ako procesy symbol. manipulácie.

Topografické mapy: susednosť na senzor. periférii sa zachováva do CNS.

retinotopické mapy v laterálnych nn. geniculate (6 vrstiev), somatotopické mapy - pozície sensorov v tele (homunkulus), tónotopické mapy v auditórnom kortexe. Takisto zachovávajú modularitu: rôzne typy neurónov citlivé na rôzne črty a sú v odlišných mapách.

Doslovná interpretácia vektorového priestoru v NS.

Konceptuálne priestory nie sú ľubovoľné: dôkaz - podobná kategorizácia zvierat a rastlín v celom svete. Prečo - evolučná selekcia zachovala konceptualizácie dostatočne verné, aby umožňovali prežiť.

Evolučný pohľad na biolog. kogn. systémy:

jednoduché živočíchy: subkoncept. úroveň (ANN)

zložitejšie - cicavce, vtáky - sofistikované mechanizmy učenia a tvorby konceptov.

symbolovú úroveň v zmysle pravidlovej manipulácie so symbolmi má iba človek a je diskutovateľné, či aj iné primáty.

Konceptuálna úroveň je medzi hrubou symbolovou a citlivou konekc. Konceptuálne dimenzie emergujú zo samoorganizujúcich NS. Symbolová predpokladá konceptuálnu, ktorá jej ponúka grounding - významy.

2.1.5 Výpočtové hľadisko

(ak bude čas)

Symbol - Turingov stroj - téza sa zakladá na predpoklade, že info je symbolovo reprezentovaná. Algoritmy používajú pravidlá alebo prehľadávajú stromovité štruktúry.

V ANN sa systém berie ako DS, kde stavmi sú možné kombinácie aktivít neurónov a dynamika (napr. dif. rovnice) opisujú ako sa stavy siete menia v čase. Činnosť siete - kombinácia rýchlych procesov šírenia aktivít medzi neurónmi a pomalý učiaci proces zmeny váh spojení.

Na koncept. úrovni - vektorové operácie, napr. s maticami. Kľúčovú úlohu má podobnosť = vzdialenosť v priestore. V ANN tiež vektory, ale aktívny vektor má rozmer počtu neurónov, zatiaľ čo v koncept. menej. Takisto jednoduchšia metrika.

2.1.6 Kognitívna sémantika

realisti vs. kognitívisti:

realisti - význam slova alebo výrazu je entita z reálneho sveta (teda je nezávislý od subjektu).

kognitívisti - významy sú mentálne entity, sémantika je zobrazenie jazykových výrazov na kogn. štruktúry. Význam predchádza pravdivosť - tá sa určuje až sekundárne vo vzťahu k vonk. svetu. KP je návrh ako môžu kogn. štruktúry vyzerat'. Rozdiel oproti Fodorovej Mentálčine - tá je jazykom so syntakt. štruktúrami a rekurzívnymi pravidlami. Sémantika mentálčiny je opäť zobrazenie do vonkajšieho sveta.

sémantika - vzťah medzi jazykom a konceptuálnym priestorom (KP).

interpretácia pre jazyk L je mapovanie komponentov L do KP. Individuové konštanty sa zobrazia na vektory, t.j. body KP alebo čiastočné vektory (ak niektoré vlastnosti objektu sú neznáme) = lokačná funkcia. Predikátom označujúcim prirodzené vlastnosti (kt. reprezentujú niečo existujúce v reálnom svete bez ohľadu na kogníciu) zodpovedajú konvexné oblasti KP.

pred(indiv) je splnený, ak lokačná fcia zobrazuje *indiv* na bod v regióne priradenom *pred*. Sekundárne predikáty (napr. "predchádza") sú opisované oblasťami nad primárnymi vlastnosťami.

Body KP - možné individuá definované kognitívne bez referencie na vonkajší svet.

Rôzne lokačné fcie zodpovedajú možným svetom z klasickej intenzionálnej sémantiky.

Niektoré tvrdenia sú analyticky pravdivé vzhľadom na KP, kritérium P a topologickú štruktúru dimenzií. Napr. tranzitivita relácie "pred" vyplýva z lineár. štruktúry dimenzie dĺžka. Takisto "čo je zelené, je zafarbené" a "nič nie je zelené a červené naraz".

nemonot. usudzovanie: Gonzo je vták - umiestnim ho do koncept. priestoru niekde k prototypickému vtáku - tam vtáky lietajú. Keď zistím, že je pštros, vysuniem ho nakraj regiónu "vták" do regiónu "pštros", kde individuá nelietajú. Čiže revidujem location function.

metafora: podobnosť v topolog. alebo metrickej štruktúre medzi rôznymi dimenziami kvality. priestorová dĺžka a čas: prenesenie štruktúry

2.1.7 Záver

výhody koncept. repr:

rieši symbol grounding problem - grounded ku konštrukciám KP

lepšie modeluje učenie a formáciu konceptov.

frame problem - rozdelenie info do domén

podobnosť

symbol a konekcion. paradigmy sa považujú za nekompatibilné. Sú to ale rôzne škály pohľadov: konekcionizmus sa zaoberá rýchlym správaním dynam. systému, zatiaľ čo koncept. a symbol. štruktúry emergujú ako pomalé črty systému. Ten istý systém môžeme vnímať ako asocianistický mechanizmus aj ako KP, ktorý poskytuje grounding symbolovej úrovni. Nie je teda treba rozlišovať 2-3 typy systémov. (*koniec predn.*)

3 Percepcia I. - videnie

3.1 Formulácia problému videnia

Väčšina z nás považuje videnie za samozrejmosť. Zdá sa, že vidíme bez úsilia, no napriek tomu je vnímanie obrazov, predmetov, farby a pohybu veľmi komplikovaný proces. Keď nakloníme hlavu, svet sa nenakloní. Keď zatvoríme jedno oko, nestrácame okamžité schopnosť vnímať hĺbku. Keď prechádzame okolo nejakého predmetu, zakaždým vnímame iný tvar, hoci predmet sa nemení.

Videnie definujeme ako konštrukciu modelu sveta na základe svetelných vzorov dopadajúcich na sietnicu, t.j. vytvorenie symbolovej reprezentácie videného umožňujúcej adekvátne správanie. Napr. pre robota pohybujúceho sa v nebezpečnom teréne *vidieť* znamená spracovať obrazy snímané jeho kamerami tak, aby rozpoznal a lokalizoval jamy a prekážky.

Metodologické princípy výpočtového prístupu k videniu sformuloval David Marr¹ v sedemdesiatych rokoch. Teória, ktorá má objasniť nejaký fenomén, musí podľa neho obsahovať tri úrovne analýzy:

1. *Informačná teória*: čo je cieľom modelovaného procesu, čo je vstupom, čo má byť výstupom, aké obmedzenia platia pre proces. V prípade videnia zahŕňa aj samotnú definíciu vizuálneho percepčného procesu - čo to znamená vidieť.
2. *Algoritmus*: detailný popis jednotlivých krokov - ako vidíme.
3. *Implementácia*: ako je proces fyzicky realizovaný na neurofyziologickej úrovni u organizmu, resp. v softvéri a hardvéri počítača.

3.2 Zraková sústava

Zrakovú sústavu človeka tvoria oči, zodpovedajúce časti mozgu a spoje medzi nimi.

Ľudské oko sa skladá z dvoch systémov. Jeden vytvára obraz a druhý tento obraz pretvára na elektrické impulzy. Prvý systém tvoria rohovka, zrenica a šošovka. Zabezpečujú, aby svetlo dopadalo len na jedno miesto, aby bola primeraná intenzita, atď.

Jadrom druhého, transdukčného systému sú dva typy receptorov: tyčinky a čapíky (spolu ich je 100 miliónov, z toho 6 mil. čapíkov). Majú rozdielne funkcie. Tyčinky sú určené na nočné videnie, lebo pracujú pri nižších svetelných intenzitách a slúžia na čiernobiele videnie. Čapíky sú určené na videnie cez deň, sú citlivé na vyššie intenzity svetla a zabezpečujú videnie farieb.

Oba receptory obsahujú chemické látky, tzv. fotoreceptory, ktoré pohlcujú svetlo. Pohltím svetla sa začína dôležitý proces premeny svetla na elektrický signál a výsledkom je nervový vzruch. (Kognícia teda nezahŕňa len symbolové výpočty - tu vznikajú "symboly" vo fyzikálnej interakcii so svetom.) Elektrický signál sa prenáša prostredníctvom bipolárnych buniek z tyčiniek a čapíkov na neuróny, ktoré nazývame gangliové bunky. Dlhé axóny gangliových buniek po výstupe z oka vytvárajú zrakový nerv, ktorý vedie do mozgu (slepá škvŕna - pokus). Mozgové centrum pre zrakové vnímanie sa nachádza v kôre mozgu v oblasti ostrohovitej brázd na mediálnej strane záhlavného laloka.

¹ David Marr - vyštudoval neurofyziológiu na Cambridge v Anglicku, zaoberal sa štúdiom fungovania ľudského mozgu (cerebellum). V rokoch 1973-80 viedol v Laboratóriu umelej inteligencie Massachusettského technologického inštitútu (MIT) rozsiahly projekt štúdia ľudskej vizuálnej percepcie. V roku 1980 zomrel na leukémiu, výsledky jeho výskumu vyšli posmrtno v roku 1982 v knihe *Vision*.

3.2.1 Vnímanie svetla

O citlivosti zraku rozhodujú takisto tyčinky a čapíky. Medzi nimi sú dva základné rozdiely, ktoré vysvetľujú mnoho javov, vrátane vnímania intenzity alebo jas:

Prvým rozdielom je rozdielne spojenie tyčiniek a čapíkov s gangliovými bunkami. Jedna gangliová bunka je spojená s viacerými tyčinkami, preto dostáva viac signálov ako tá, ktorá je spojená vždy iba s jedným čapíkom. Preto videnie sprostredkované tyčinkami je citlivejšie.

Druhým rozdielom je rozličné rozmiestnenie tyčiniek a čapíkov. Najviac čapíkov (avšak žiadne tyčinky) je v oblasti žltej škvrny a relatívne málo je ich na periférii sietnice. Dôsledkom je lepšia schopnosť vnímať slabé svetlo na periférii.

Čo sa týka vnímania intenzity svetla, sú rozdiely spôsobené odlišnou schopnosťou fotoreceptorov, obsiahnutých v tyčinkách a čapíkoch, absorbovať svetlo rôznych vlnových dĺžok. Najnižší prah pre vnímanie rôznych vlnových dĺžok tyčinkami je vždy nižší ako u čapíkov. Preto pri stmievaní začíname byť relatívne citlivejší na svetlo kratších vlnových dĺžok.

3.3 Jednotlivé kroky spracovania obrazu

3.3.1 Vytvorenie poľa intenzít

Prvým krokom je teda fyzikálna interakcia medzi svetlom dopadajúcim na sietnicu a vizuálnym pigmentom v bunkách sietnice. Odpovede retinálnych buniek (alebo analogicky elektronickej kamery) v princípe zodpovedajú dvojrozmernému poľu hodnôt intenzity v príslušných bodoch svetlocitlivého povrchu.

3.3.2 Lokalizácia zmien intenzity

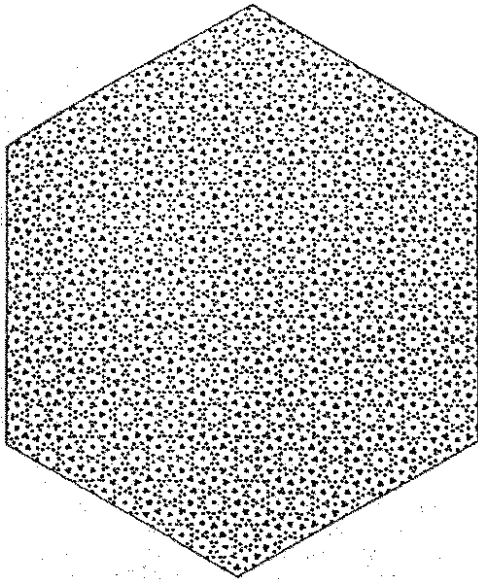
Ak privrieme oči, môžeme pozorovať, že scéna je tvorená oblasťami rôznej intenzity - svetlejšími a tmavšími. Intenzita sa obvykle ostro mení na hranách objektov a - ako dokazujú rôzne schematické kresby - hrany sú významným kľúčom pri vnímaní. Vizuálny systém teda v tomto kroku analyzuje pole intenzít a hľadá hranice regiónov rôznej intenzity. Samozrejme, nie každá zmena intenzity zodpovedá hrane objektu - niektoré vznikajú zmenou osvetlenia, tieňom a pod., úlohou vizuálneho systému je preto aj určiť, ktoré hranice regiónov zodpovedajú skutočným hranám. Keďže zachytený obraz vždy obsahuje určité množstvo šumu - obraz sa "vyhladzuje" napr. nahradením každej hodnoty v poli *priemerom* medzi susednými hodnotami. Môže byť vážený priemer s váhami z Gaussovej krivky.

Zmeny intenzity zodpovedajúce hranám sa detekujú pomocou tzv. gradientu a v grafe zmeny gradientu zodpovedajú prechodom cez nulu (zero-crossing). (str. 68) Kombináciou vzniká mexický klobúk.

V prospech teórie "zero-crossings" svedčia aj neurofyziologické poznatky. Na sietnici sú gangliá buniek dvoch typov spojených s kruhovo usporiadanými receptormi - jedny sú excitované stredovými receptormi a inhibované okrajovými a druhé naopak - zodpovedajú mexickému klobúku - v miestach, kde je aktivita oboch typov buniek v rovnováhe je zero-crossing. Vo vizuálnej kôre mozgu, ako ukázali nositelia Nobelovej ceny neurofyziológovia Hubel a Wiesel, sú bunky aktivované svetlými čiarami istej orientácie vo vizuálnom poli - pravdepodobne detekujú zero-crossings.

3.3.3 Prvotný náčrt

Porovnaním výsledkov filtrovania poľa intenzít cez klobúky rôznej veľkosti dostávame v Marrovom modeli tzv. *prvotný náčrt* - symbolovú reprezentáciu paličiek, hrán a regiónov rovnakej intenzity. Podobné susedné prvky sa grupujú do čiar a väčších útvarov a tento proces sa opakuje. Vizuálne obrazy sú organizované samovoľne - bez vedomého úsilia.



Obr. 1: Konkurujúce kruhy

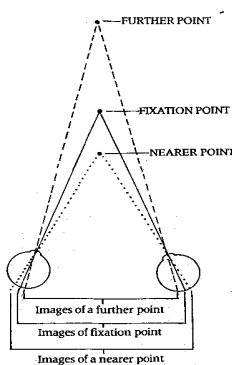
Na obr. 1 sa nám spontánne organizuje obraz do kruhov niekoľkými spôsobmi, ktoré si navzájom konkurujú. Dobrým empirickým opisom organizácie obrazu sú geštaltové² zákony: nadsumatívnosť, transponovateľnosť, organizácia, zákon skúsenosti, proximity, podobnosti, uzavretosti, pregnantnosti.

Redukovanie informácií o ostrých hranách pri polozatvorených očiach môže pomôcť vidieť - obr. Lincolna, str. 78.

Ako sú tieto procesy implementované v ľudskom mozgu nie je známe - musia byť totiž veľmi rýchle, aby umožňovali "on-line" reagovanie. Spracovanie poľa intenzít veľkosti napr. 1000 x 1000 bodov, kde sa pri vyhladzovaní šumu berú do úvahy susedné body, je veľmi náročné na čas.

Keby organizmus používal na orientáciu vo svete výsledok iba tejto fázy spracovania videného, vnímal by svet zhruba ako mucha. Ako opísal Werner Reichardt, riadenie letových aktivít muchy je založené na rýchlych automatických mechanizmoch spúšťaných pohybom čiernej škvry vo vizuálnom poli (sledovanie inej muchy) alebo náhlou expanziou vizuálneho poľa (pristávanie).

3.3.4 Vnímanie hĺbky - stereopsia



Hlavným kľúčom pre určovanie hĺbky je *disparita* - rozdiel medzi obrazmi vnímanými ľavým a pravým okom (pokus - zavrieť oko, jeden prst pred seba, druhú ruku vystrieť)

Ak zaostríme oči na nejaký bod, tento sa vždy premietne do stredu sietnice každého oka, kde je najväčšia hustota fotoreceptorov. Ostatné viditeľné body sa takisto premietnu na sietnicu vo vzdialenostiach od stredov a smeroch zodpovedajúcich vzdialenostiam od fixovaného bodu (viď obr. 2). Na rekonštrukciu relatívnej hĺbky bodu potom postačí trigonometria.

² Tvarová psychológia (Gestaltpsychologie, z nem. Gestalt = tvar, podoba, celok) sa rozvinula ako reakcia proti elementovej psychológii. Tá hľadala v duševných javoch jednoduchšie prvky a duševný život potom vysvetľovala skladbou, zložením týchto jednoduchých javov a prvkov. Na rozdiel od toho tvarová psychológia hlása celostnú koncepciu, podľa ktorej celok a časti sa síce navzájom podmieňujú, ale vždy tak, že celok dominuje nad časťami. Gestalt psychológiu tvorili traja psychológovia - Max Wertheimer (1880 - 1940), Kurt Koffka (1886 - 1941) a Wolfgang Köhler (1887 - 1967). Stretli sa na berlínskej univerzite a tvoria tzv. Berlínsku školu. Postupne sa do riešenia problémov tvarovej psychológie zapojil E. Rubin, D. Katz, K. Lewin.

Obr. 2: Disparita

Je tu ale háčik: skôr ako môžeme merať disparitu musíme vedieť, ktoré body v obrazoch z ľavého a pravého oka si navzájom prislúchajú, teda vznikli projekciou toho istého vzoru. Hľadiť na to isté miesto v oboch obrazoch (teda na sietniciach) nemá zmysel práve kvôli disparite. Ostávajú dva spôsoby:

Identifikovať objekty v scéne a potom spárovať ich prislúchajúce časti v oboch obrazoch: Takýto prístup možno nazvať “zhora nadol”. Zdá sa ale nepravdepodobné, že by bolo možné identifikovať objekty v scéne skôr ako sa určia relatívne hĺbky a orientácia ich povrchov.

Párovať hodnoty intenzít v poliach intenzít z oboch očí: Takýto prístup možno nazvať “zdola nahor”. Žiaľ, intenzita v zodpovedajúcich si bodoch nemusí byť v oboch poliach rovnaká. Keď si napr. pred jedno oko priložíme začadené sklíčko, sme schopní vnímať hĺbku aj keď intenzita svetla dopadajúceho na sietnice je zjavne odlišná (pokus).

Ktorý prístup je teda plauzibilnejší? Ponúka sa experimentálna taktika:

Skúsime, či je systém schopný vnímať hĺbku, ak nie je žiadna možnosť využitia poznatkov vyššej úrovne. Ak to dokáže, bude to potvrdením, že prístup zdola nahor je postačujúci.

Skúsime, či je systém schopný vnímať hĺbku aj ak je vstupný obraz veľmi zašumený. Ak to dokáže, proces nemôže závisieť len na kvalite vstupných dát a teda zahŕňa aj informáciu “zhora nadol”.

Kľúčový experiment v tomto smere urobil Julesz: Pozorovaním *stereogramov* - počítačom zhotovených obrázkov zložených z “náhodných” bodov (samozrejme tak aby simulovali disparitu) - dokázal, že stereopsia môže vzniknúť zdola nahor čisto na základe disparít bez akejkoľvek viditeľnej štruktúry objektov (ukázať stereogramy). Ako ukázali Frisby a Clatworthy, informácia zhora nadol nezlepšuje stereopsiu - u ľudí, ktorí dostali vopred informáciu o tom, čo majú v stereograme vidieť, nenastával efekt hĺbky rýchlejšie ako u neinformovaných. Stereopsia je nezávislá od iných vizuálnych procesov - môže byť samostatným modulom.

(pokus s horoptrom, kykloptické oko)

Istá principiálna informácia môže pri párovaní obrazov predsa len pomôcť:

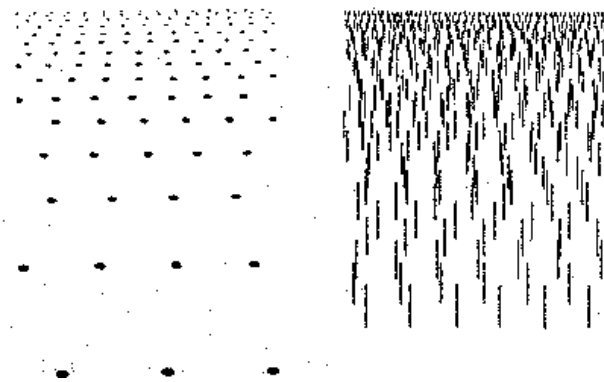
Princíp jedinečnosti: Jeden objekt nemôže byť súčasne na dvoch miestach, t.j. bod v obraze videnom jedným okom možno spárovať s práve jedným bodom v obraze videnom druhým okom.

Princíp spojitosti: Keďže povrchy objektov sú väčšinou nepriehľadné a relatívne hladké, susedné body v obraze obvykle zodpovedajú bodom v približne rovnakej hĺbke (vzdialenosti od oka).

Podľa Marra sú tieto princípy zabudované do mozgu, t.j. vrodené. Marr a Poggio implementovali počítačový program na analýzu stereogramov na základe týchto princíпов (str. 88n), keď však vezmeme do úvahy potrebné množstvo výpočtových operácií a relatívne malú rýchlosť šírenia vzruchov medzi neurónmi, zdá sa tento model videnia neplauzibilný. Ako teda funguje reálna stereopsia u človeka? Zhrňme čo doteraz vieme:

Stereopsia zrejme funguje zdola nahor, nie je však jasné na akých vstupných dátach. Intenzity svetla v poli môžu byť ovplyvnené osvetlením a nezodpovedajú presne fyzikálnym povrchom. Princíp spojitosti je ale založený práve na vlastnostiach povrchov objektov, vstupnými dátami by teda malo byť niečo bližšie k reprezentácii povrchov. Z neuropsychológie (Colin Blakemore) vieme, že vo vizuálnej kôre cicavcov sú stĺpce buniek, kde každá zodpovedá rôznej disparite pre rez obrazu v istej výške. Nevieme však medzi čím

sa určuje disparita. Isté je, že stereopsia môže byť vykonávaná na prvkoch základného náčrtu a že procedúra párovania pracuje na vrodenných princípoch odvodených z povahy fyzického sveta.



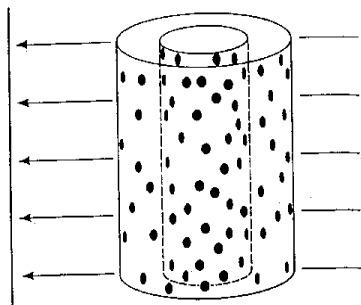
hĺbky

Ďalšie kľúče pre stereo-videnie

Gibson tvrdí, že zdrojom informácií o hĺbke a orientácii povrchov sú gradienty v textúre (obr. 3). Hoci bolo implementovaných niekoľko počítačových programov pracujúcich na tomto princípe, o tom, ako interpretuje gradient textúry ľudský vizuálny systém, je známe veľmi málo.

Obr. 3: Gradient textúry a vnímanie

Ďalšie kľúče (Jakubek - monokulárne/binokulárne, empirické/fyziologické) - prekrývanie, tieňovanie, veľkosť obrazu na sietnici, vzdušná perspektíva (vzdialené objekty sa javia ako zahmlenejšie, modrejšie), výška v pláne (bližšie k horizontu = vzdialenejšie), lineárna perspektíva (rovnobežné čiary sa v diaľke spájajú), akomodácia šošovky.



Tvar objektov možno zrekonštruovať aj z ich pohybu - Ullman uvádza nasledujúci pokus: na plátno sa premieta sada bodov. Kým sú statické, pozorovateľ vidí iba náhodne rozhádzané body. Keď sa začnú pohybovať, vytvárajú efekt dvoch rotujúcich valcov (viď obr. 4). V skutočnosti žiadne valce nie sú, premietajú sa len animované body, ktorých dráhy sú počítačom vypočítané tak, aby budili príslušný dojem.

Obr. 4: Pohyb bodov vytvára ilúziu valcov

Ilúzie

Mnoho z toho, čo vizuálne vnímame, je v nejakom zmysle iluzórne. Vzdialenejšie predmety sa zdajú menšie ako tie, čo sú bližšie. Zrkadlá ukazujú veci tam, kde nemôžu byť. Fatamorgána nás oklame vidinou vzdialenej scenérie. Ryby v rybníku vyzerajú, že sú vo vode vyššie, ako v skutočnosti sú. Mesiac tesne nad horizontom sa javí oveľa väčší ako v zenite. Rovnobežné priamky sa zbiehajú smerom k horizontu. Šošovky menia očividné rozmery a vzdialenosť predmetov.

Väčšinou ide o ilúzie zapríčinené fyzikálnymi efektami pri prechode svetla z predmetov do našich očí. My však vieme, že vzdialené objekty sú oveľa väčšie, ako ich vnímame. Vieme, že predmety videné v zrkadle sú v skutočnosti pred sklom, nie za ním. Náš mozog a myseľ sa väčšinou adaptovali na tieto javy a naučili sa kompenzovať ich takým spôsobom, aby zodpovedali realite - čo ale môže spôsobovať ďalšie ilúzie.

Pri istom type optických ilúzií dochádza k chybným interpretáciám perspektívy. V Poggendorfovej ilúzii je šikmá priamka prekrytá obdĺžnikom. Toto prekrytie vytvára ilúziu dvoch priamok. Keď však ku priamkam priložíme pravítko, zistíme, že sú v spojení. Ponzdovej ilúzii sa hovorí tiež „ilúzia zbiehajúcich sa koľajníc“. Tvoria ju dve rôznobežky v tvare obráteného V. Medzi nimi sú horizontálne umiestnené dve rovnako dlhé rovnobežky.

Napriek tomu sa zdajú byť rôznej dĺžky: Spodná sa javí byť kratšia ako tá vyššie umiestnená. Rôznobežky vnímame ako trojrozmernú vzd'ľujúcu sa cestu. Preto sa nám zdá, že to, čo je ďalej (horná úsečka), je dlhšie ako to, čo je ďalej (dolná úsečka).

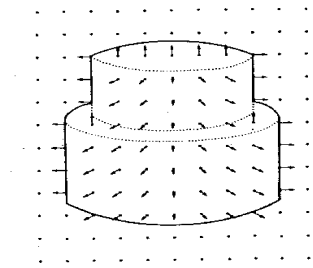
Maurits Cornelis Escher vytvoril na základe týchto skutočností svoje zmätené, ale zároveň fascinujúce obrazy. Vytvárajú nelogické trojrozmerné predstavy. Na prvý pohľad sa obyčajne javia perspektívnymi ukázkami 3D objektov a scén, pri bližšom pozorovaní odhaľujú vnútorné nezlúčiteľnosti tak, že trojrozmerný objekt, ktorý zobrazujú, nemôže existovať.

Približne jedno percento populácie nedokáže vnímať tieto ilúzie. Ich mozog nieje schopný z dvojrozmernej plochy pretransponovať obraz do 3D podoby. Pri týchto ilúziách sa bohato využíva tieňovanie, pretože tieň môže ilúziu zrušiť, ale aj vytvoriť. "Nekonečné schodisko" je jednou z Escherových ilúzií. Escher umiestnil schodisko na strechu budovy. V pravom rohu je strácajúci sa bod, ktorý je vyšší ako bod v ľavom rohu. V tomto prípade ilúzia vzniká vďaka tieňom.

MESAČNÁ ILÚZIA: Urobme si malý experiment: Pozrime sa na Mesiac nad horizontom. Potom zoberme kus papiera, urobme v ňom dierku a podržme ho pred okom. Keď sa pozeráme cez dierku, Mesiac je tej istej veľkosti ako by bol v zenite. Oba úkazy môžeme porovnať tak, že jedným okom pozeráme na mesiac cez dierku a druhým priamo. Vidíme ten istý objekt a dva rôzne javy (v dvoch rôznych veľkostiach).

Princíp vzťahu veľkosť – vzdialenosť by mohla byť podkladom pre porozumenie množstva ilúzií veľkosti. Ilúzia Mesiaca je jedna z najznámejších. Mesiac nad horizontom sa javí 50x väčší ako v zenite, pričom oboj polohám zodpovedajú rovnako veľké obrazy na sietnici. Tento jav je najpôsobivejší počas splnu mesiaca. Vysvetlením je, že vnímaná vzdialenosť horizontu je posudzovaná ako väčšia, než vzdialenosť zenitu. (Holway a Boring, 1941)

3.3.5 Dva a pol rozmerný náčrt



Na riešenie ťažkého problému videnia nás evolúcia vybavila vrodennými princípmi, ktoré pomáhajú pri určovaní hĺbky zo základného náčrtu. Explicitnú reprezentáciu o relatívnych hĺbkach a orientácii (z hľadiska pozorovateľa) každého viditeľného povrchu v scéne Marr nazýva *dva a pol rozmerný náčrt* (viď obr. 5).

Obr. 5: Dva a pol rozmerný náčrt

(koniec predn.)

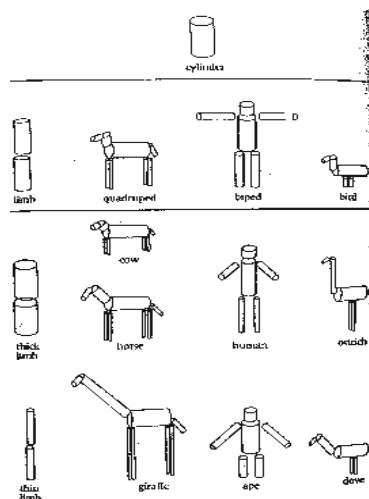
3.3.6 Trojrozmerný model

Naším cieľom je porozumieť ľudskému videniu tak, aby sme mohli implementovať podobný systém napr. v robotovi. Výsledkom výpočtového procesu videnia je symbolová reprezentácia trojrozmerného sveta, z ktorej je explicitne zrejmé, čo je kde (transformáciou z 2,5D náčrtu - tak ako pri CT alebo družicových stereosnímках). Ide teda o identifikáciu objektov na základe ich tvarov a určenie ich relatívneho umiestnenia v priestore.

Interpretácia čiarových kresieb

Vedomosti o svete obmedzujú interpretáciu primitívnych symbolov v kresbách (Clowes, Huffman) - blokové svety: 4 typy spojení: L,T,Y, šípka - všetky prim. symboly musia mať konzistentnú interpretáciu. Waltz: tiene a komplikovanejšie spojenia uľahčujú interpretáciu (str. 112).

Identifikácia objektov



Pri konštrukcii úplného trojrozmerného modelu sa využívajú poznatky získané skúsenosťou. Nie vždy máme úplné dáta pre trojrozmernú rekonštrukciu - napr. nie celý objekt musí byť viditeľný a predpoklady o jeho "odvrátených stranách" prijímame na základe našej kultúrnej podmienenej skúsenosti. Vizuálny systém konštruuje opis vnímaného objektu a porovnáva ho s akýmsi mentálnym katalógom prototypov - trojrozmerných tvarov objektov (vid' obr. 6).

Tento proces prebieha na nevedomej úrovni a stretávajú sa v ňom prístupy zdola nahor a zhora nadol: špecifická čiara časti nejakého objektu môže slúžiť ako kľúč na určenie prototypu a ten sa potom zhora nadol použije na dourčenie zvyšku figúry.

Obr. 6: Katalóg tvarov

Na verifikáciu oboch prístupov môžeme použiť rovnakú experimentálnu metódu ako vyššie: ak je proces identifikácie objektov úspešný aj pri zašumenom obraze, môže závisieť na informácii "zhora".



Pokus: Na obr. 7, ktorý na prvý pohľad vyzerá ako náhodné machule, je pes, ktorý vetří zem v tieni stromu. Táto informácia by mala stačiť, aby ste psa na obrázku identifikovali.

Obr. 7: Príklad na vnímanie "zhora nadol"

Keďže ten istý objekt možno identifikovať z rôznych uhlov pohľadu, Marr a Nishihara navrhujú, že tvar objektu by nemal byť špecifikovaný vzhľadom na súradnicový systém pozorovateľa (ako je to v 2,5D náčrte), ale vzhľadom na objekt samotný. Trojrozmerný model je pre nich reprezentovaný hierarchiou objektov zložených zo zovšeobecnených kužeľovitých tvarov. Model je organizovaný okolo hlavnej osi "tela" a teda spĺňa vyššie uvedenú požiadavku nezávislosti od súradnicového systému pozorovateľa. Takto reprezentovaný objekt ostáva tým istým aj pri mentálnom otáčaní alebo rôznych pohľadoch.

Forma a funkcia

Predpokladajme, že sa pozeráme na scénu, v ktorej je stôl. Aká informácia nám pomáha identifikovať vnímaný objekt ako stôl? Stoly môžu byť najrôznejších tvarov dokonca môžeme ako stôl rozpoznať aj objekt tvaru odlišného od všetkých doteraz videných stolov. Ukazuje sa, že objekt je identifikovaný ako prvok nejakej kategórie nie na základe nejakej nemennej tvarovej charakteristiky, ale preto, že jeho forma, rozmery a iné viditeľné vlastnosti sú vnímané ako vhodné pre nejaký účel - funkciu. Takéto rozpoznávanie si vyžaduje naozaj znalosť vysokej úrovne a ďaleko prekračuje čistú percepciu.

Neuropsychologička Elisabeth Warrington a jej kolegovia skúmali dôsledky mozgových lézií na psychické funkcie a našli dôkazy odlišnosti mechanizmov na vnímanie tvaru a funkcie: Zistili, že pacienti s poškodením ľavého temenného laloku mozgu neboli schopní dobre

vnímať funkciu objektu, zatiaľ čo schopnosť vnímať jeho trojrozmerný tvar ostala nenarušená. U pacientov s poškodením pravého temenného laloku to bolo presne naopak, čo napovedá, že rozpoznávanie tvaru a funkcie je vykonávané navzájom nezávislými mechanizmami.

Vizuálna predstavivosť: spoločný mechanizmus ako pre videnie. Eduardo Bisiach - pacienti s polovičnou vnímavosťou mali opisovať námestie.

3.4 Zhrnutie

Problém videnia - rekonštrukcie objektov, ktorých odraz dopadá na sietnicu je veľmi ťažký. Na jeho zvládnutie sú potrebné znalosti, ktoré možno použiť zdola nahor alebo zhora nadol. Prvý typ znalostí je výsledkom evolúcie a je implicitne zabudovaný v procesoch nervového systému. Túto "znalosť" nie je možné podrobiť introspekcii a nie je pod vedomou kontrolou. Druhým zdrojom znalostí sú životné skúsenosti jednotlivca - znalosti o tvaroch a funkciách objektov potrebné na ich identifikáciu.

Rozdiel v používaní týchto dvoch typov znalostí nám pomôže vymedziť hranicu medzi čistou percepciou a kognitívnym spracovaním. Marr túto hranicu vedie medzi 2,5D náčrtom a trojrozmerným modelom. Neurofyziologické dôkazy svedčia skôr v prospech hranice medzi trojrozmerným modelom scény a identifikáciou objektov a ich funkcií. A možno žiadna jasná hranica ani neexistuje. Jedno je však isté: informáciu o relatívnych hĺbkach povrchov (2,5D náčrt) nie je možné získať bez použitia vrodenných princípov, identifikácia objektov zasa nie je možná bez využitia skúsenosti.

3.4.1 Kritika výpočtového prístupu

Najväčšími kritikmi Marrovej teórie sú zástancovia teórie priameho vnímania, ktorej otcom bol J. J. Gibson. Podľa Gibsona zmysly dokážu priamo vnímať z prostredia informáciu potrebnú na prežitie. Nesúhlasil už so samotným pojmom "spracovanie" (processing) informácie z prostredia - hovorí o "výbere" (pick up) informácie z prostredia. Nejednoznačnosť informácie sa znižuje vnímaním v pohybe - aktívnou exploračiou prostredia.

V prospech Gibsonovcov svedčí:

jednoduchosť jeho teórie,

geometrické argumenty: Longuet-Higgins ukázal, že úplna trojrozmerná rekonštrukcia scény je vypočítateľná z identifikácie a spárovania piatich korešpondujúcich bodov na dvoch rôznych fotografiách,

okamžitosť vizuálneho rozoznávania u človeka - ľudské videnie pracuje naozaj on-line, čo je pri Marrom navrhnutých výpočtových operáciách problém,

pre niektoré Marrove symbolové reprezentácie je ťažké nájsť neurofyziologické koreláty.

Symbolová reprezentácia a paralelné výpočty

V modelovaní vizuálnej percepcie sa čoraz viac uplatňujú paralelné výpočty. Na simulovanie sa nepoužíva klasický sériový počítač s jedným procesorom, ale zariadenie s niekoľkými tisícami navzájom prepojených jednoduchých procesorov, ktoré počítajú súčasne. Významný je aj výskum v oblasti umelých neuronových sietí. Model vizuálnej percepcie implementovaný paralelným spôsobom má niekoľko výhod:

plauzibilitosť - je veľmi podobný neuronálnym aktivitám

rýchlosť - paralelné spracovanie je efektívnejšie a tak sa lepšie približuje "on-line" videniu

explicitná symbolová reprezentácia videného nie je pre väčšinu fáz percepčného procesu potrebná.

3.5 Vnímanie farieb

Ľudské oko rozozná asi 200 odtieňov. Vnímanie farieb je potrebné rozlíšiť z hľadiska jednak fyzikálneho a jednak fenomenologického. Z fyzikálneho hľadiska vnímame určité energetické spektrum svetla (intenzita svetla rôznych vlnových dĺžok 360-740 nm).

Fenomenologické hľadisko je určované tromi atribútmi:

Farebný tón - kolor (hue) – je určený názvom farby, ako červená alebo žltá.

Sýtosť (saturation) – určuje obsah farby alebo čistotu svetla (čím menšia prímes iných farieb, tým je farba sýtejšia). Farebný tón a sýtosť svetla závisia na jeho energetickom spektre.

Svetlosť (brightness) – súvisí so stupňom zmiešania danej farby s bielou alebo čiernou a teda s ubúdaním alebo pribúdaním svetla.

Naše vnímanie sveta vo farbách (aj keď nám, ak je naše vnímanie neporušené, pripadá tak samozrejme) je jednou z najväčších záhad štúdia zrakového vnímania.

V minulosti vznikli dve hlavné teórie vnímania farieb. Prvá z nich bola pôvodne vytvorená Thomasom Youngom v roku 1807. O päťdesiat rokov neskôr ju ďalej rozvinul a kvantifikoval Hermann von Helmholtz svojou trichomatickou teóriou. Tvrdí, že na vnímanie farieb slúžia tri typy receptorov (čapíkov) - eritrolaby pohlcujú červenú, chlorolaby pohlcujú zelenú a cyanolaby pohlcujú cyan (azúrovo modrú). Každý z týchto receptorov je citlivý na široké spektrum vlnových dĺžok, ale najvyššiu citlivosť má iba v malom rozsahu. Oblasti spektra, na ktoré sú jednotlivé receptory citlivé, sa sčasti prekrývajú.

Vnímanie rôznych farieb je určené vzájomným spolupôsobením týchto troch receptorov. To znamená, že svetlo určitej vlnovej dĺžky stimuluje rôzne tieto tri druhy čapíkov a podľa pomeru podráždenia jednotlivých receptorov vzniká vnem určitej farby. Existencia týchto receptorov bola neskôr experimentálne potvrdená.

Napriek svojim úspechom trichomatická teória nedokáže vysvetliť niektoré známe nálezy, týkajúce sa fenomenológie farieb (napr. následné obrazy - pokus). V roku 1878 prispel k výskumu vnímania farieb psychológ Ewald Hering svojou teóriou opozičných procesov. Hering bol presvedčený, že v zrakovej sústave existujú dva typy jednotiek na vnímanie farieb: 1. červeno – zelená , 2. modro – žltá. Každá jednotka reaguje opačným spôsobom na svoje dve protikladné farby. Jednotka pre červenú a zelenú farbu napríklad zvyšuje svoju reakciu, keď vníma červenú farbu a znižuje, keď vníma zelenú farbu. Táto jednotka však nemôže zároveň reagovať oboma spôsobmi, červeno-zelená a žltomodrá farba nemôže vzniknúť. Biela farba vzniká, keď sú v rovnováhe oba typy jednotiek. Taktiež vnímame jeden farebný odtieň, keď je v nerovnováhe iba jeden typ jednotky. Kombináciu farebných odtieňov vnímame, keď sú v nerovnováhe obidva typy jednotiek. Tieto dve teórie navzájom súťažili viac než polovicu storočia. V súčasnosti je trendom spájať tieto dve teórie – s uplatnením trichromatickej teórie pri výklade fungovania čapíkov, a s využitím opozičnej teórie na úrovni neurálnych procesov, prostredníctvom ktorých sa dostávajú svetelné podnety do mozgu.

3.5.1 Miešanie farieb

Aditívne: (optické, priestorové, binokulárne). Napríklad, keď sa prekrýva červená s tmavomodrou, dostaneme magentu. Tam ,kde sa prekrýva tmavomodrá so zelenou, dostaneme cyan. Na mieste prekrytia červenej a zelenej dostaneme žltú. Na mieste, kde sa

prekrývajú všetky tri farby dostaneme bielu. Tento jav platí len pri miešaní svetelných lúčov. Ak by sme totiž miešali spomínané tri farby, ale maliarske, dostaneme sivú alebo šedú.

Subtraktívne: Toto miešanie platí pre miešanie pigmentov. Pre pigmenty ja totiž typické, že pracujú na základe odčítavania alebo pohlcovania vlnových dĺžok svetla. Keď sa prekrývajú všetky tri pigmenty, všetko je absorbované a dostávame čiernu.

Komplementárne farby: červená-modrozelená, oranžová-azúrovomodrá, žltá-indigovomodrá, žltozelená-fialová, zelená-purpurová.

4 Percepcia II. – ostatné zmysly

4.1 Počutie

[Johnson-Laird]:

[Jakubek]:

16-20000 Hz

fyziológia počutia

3 kvality: výška, sila, farba

detektor lži, zajakavosť, biely šum

ilúzie: vizuálne zjatie a stereorepráky

4.2 Chuť, čuch

- interakcia, Henning

adaptácia, cross-adaptácia: syr, víno, chlieb, následné obrazy

čuch - Henning, súvislosť s emóciami, feromóny

4.3 Dotyky, chlad, teplo

- aristotelova ilúzia

Chlad, teplo, fyziologická 0, chodenie po žeravých uhlíkoch

anatómia - senzitivne dráhy

Stevensov zákon: podnet - pocit

(koniec predn.)

5 Pamäť

Evolučná výhoda zapamätania - napr. zdroja potravy, je nesporná.

Dnešná veda zaoberajúca sa štúdiom pamäte využíva poznatky z experimentov vykonávaných kognitívnymi psychológmi, neuropsychologické poznatky o správaní pacientov s mozgovými léziami a tiež počítačové modely z oblasti umelej inteligencie.

Pamäťový systém musí plniť prinajmenšom päť funkcií:

1. Registrovať skúsenosť a vyhodnotiť, či stojí za zapamätanie.
2. Vytvoriť reprezentáciu skúsenosti.
3. Udržiavať spomienku, potenciálne dlhodobo.
4. Vybaviť spomienku rýchlo a efektívne, keď je to potrebné - či už zámerne alebo spontánne.
5. Udržať vybavenú spomienku krátky čas vo vedomí, kým prispieva k vykonávanej myšlienkovvej operácii.

Predstavy o organizácii ľudskej pamäte sa postupne spresňovali. Z predstavy jedinej monolitckej a nedeliteľnej pamäte sa postupne vyčleňovali krátkodobá pamäť, dlhodobá pamäť a sada senzorických skladov. Poďme ale po poriadku.

5.1 Organizácia pamäte

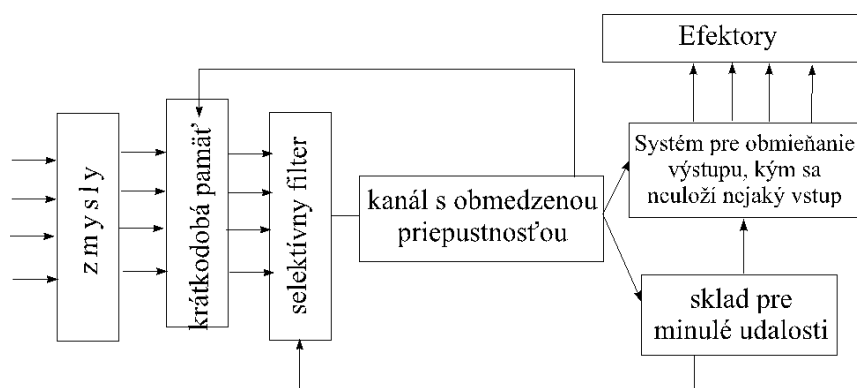
V roku 1956 publikoval George Miller dnes už klasický článok "Magické číslo sedem plus alebo mínus dva", v ktorom opisuje fenomény hovoriace v prospech existencie akejsi krátkodobej pamäte s limitovanou kapacitou vzhľadom na množstvo informácií. Priemerne si človek bez ťažkostí zapamätá na pár sekúnd 7 miestne telefónne číslo. Ak dokáže číslice zoskupovať podľa nejakého logického mnemonického kľúča do skupín, kapacita sa tým zlepšuje.

Napr. keby poznal dvojkovú sústavu, ľahko by si zapamätal aj 12miestne číslo 101000100111, lebo by ho mohol zoskupiť po troch číslicach a preložiť si ich do desiatkovej sústavy $101=5$, $000=0$, $100=4$, $111=7$. Všetko, čo si teraz potrebuje zapamätáť, je číslo 5047. Keby dokázal zoskupovať číslice po piatich a prevádzať do desiatkovej sústavy, vedel by si zapamätáť takmer štyridsaťmiestne binárne čísla.

V každom prípade Miller konštatuje, že počet zapamätateľných zoskupení ostáva približne sedem (plus mínus dva). Oproti tomu kapacita dlhodobej pamäte sa ukazuje bezhraničná.

V roku 1958 publikoval Donald Broadbent teóriu toku informácií medzi zmyslami, krátkodobou a dlhodobou pamäťou (viď obrázok). Podľa tejto teórie sa do zmyslov dostáva ďaleko viac informácií, ako je možné spracovať. Selektívny filter (riadený z dlhodobej pamäti) vyberá, ktorú informáciu pustí na ďalšie spracovanie. Krátkodobá pamäť funguje ako nejaký buffer (dočasný sklad), v ktorom je informácia pár sekúnd a potom je buď vybratá filtrom, alebo premazaná ďalšou informáciou prichádzajúcou zo zmyslov. Informácia ešte môže chvíľu cirkulovať medzi dlhodobou a krátkodobou pamäťou, čo sa deje, keď si niečo opakujeme. (*Kritika: vnímame aj to, na čo nie je zameraná pozornosť - pokusy s vetami do oboch uší*)

Táto prvotná Broadbentova teória bola neskôr s pribúdaním nových poznatkov modifikovaná.



Obr.: Broadbentov diagram toku informácií zo zmyslov do pamäte

Vydelenie senzoricých pamätí pre každý zmysel - ultrakrátke 1/4 s (STM 2-3 s)

5.1.1 Pracovná pamäť

S alternatívnou koncepciou krátkodobej pamäte prišli v sedemdesiatych rokoch Baddeley a Hitch. Pri experimentovaní si všimli, že keď sa napríklad ľudia učili naspamäť osem číslic – čo je úloha, ktorá by mala zamestnať krátkodobú pamäť totálne – dokázali pri tom vykonávať aj iné úlohy, napr. rozumieť a verifikovať čítaný text. Preto proti Broadbentovej jednoliatej krátkodobej pamäti postavili model *pracovnej pamäte* rozdelenej na viac paralelne pracujúcich funkčných celkov:

- *centrálna výkonná zložka* – má na starosti selekciu a riadenie zvyšných dvoch,
- *artikulačná slučka* – zabezpečuje dočasné uskladnenie verbálnej (sformulovanej) informácie
- *vizuálno-priestorový skicár* – zabezpečuje dočasné uskladnenie vizuálnej a priestorovej informácie.

Subjekty experimentov, ktoré robili Baddeley a jeho kolegovia, vykonávali vždy tzv. *primárnu úlohu*, napr. čítanie, riešenie problému alebo uvažovanie, a v tom istom čase robili aj *sekundárnu úlohu*, o ktorej sa predpokladá, že zamestnáva pracovnú pamäť, napr. opakovanie si a vybavovanie malého počtu číslic. Ak vykonávanie sekundárnej úlohy narušuje výkon v primárnej úlohe, potom je zrejme niektorý komponent pracovnej pamäte potrebný pre primárnu úlohu. V jednom z experimentov bolo primárnou úlohou pochopiť hovorenú pasáž prózy, zatiaľ čo sekundárne si mal subjekt pamätať jednu, tri alebo šesť číslic. Keďže porozumenie textu si vyžaduje použitie krátkodobého pamäťového skladu, očakávalo sa, že skupina, ktorá mala rozumieť textu a pritom si pamätať číslice, bude mať horšie výsledky ako kontrolná skupina, ktorá miesto pamätania si číslic dostala len nejakú úlohu na artikulačnú supresiu, napr. rátala od jedna do šesť. Experiment prekvapivo ukázal, že pamätanie si jednej alebo troch číslic nemalo žiaden účinok na výkon v porozumení textu, ten bol horší len pri súčasnom pamätaní si šiestich číslic.

Ak by sa jediný krátkodobý pamäťový sklad využíval v oboch úlohách, výsledok by musel byť ovplyvnený aj pri jednej alebo troch číslicach. Baddeley tvrdí, že subsystém použitý na dočasné uloženie týchto číslic je artikulačná slučka. To, že tento sklad má naozaj verbálnu povahu, ukázali ďalšie experimenty. Pri zapamätávaní slov sa ukázalo, že čím má slovo viac slabík, tým horšie sa pamätá (napr. *wit*, *hate* versus *university*, *opportunity*). Keďže artikulovať viacslabičné slovo trvá dlhší čas, takýchto slov sa dá v limitovanom čase zapamätať menej. To potvrdili aj Ellis a Hennesley, ktorí zistili, že deti z Walesu dosahovali

v inteligenčných testoch založených na práci s číslicami horšie výsledky ako americké deti. Zistili, že vysloviť waleské slová pre číslice trvá dlhšie ako ich anglické ekvivalenty. Bilingválne walesko-anglické deti si v experimentoch zapamätali vždy viac číslic v angličtine ako vo walesštine. Keď im pridali paralelnú artikulačnú úlohu potláčajúcu možnosť vyslovovať si zapamätávané číslice, rozdiel vo výsledku medzi anglickými a waleskými číslicami sa stratil. V ďalšom experimente dali Zhang a Simon čínskym probantom zapamätať si dve sady čínskych znakov – každý zo znakov v prvej sade mal meno, zatiaľ čo v druhej nie. Probandi si boli schopní v priemere zapamätať šesť znakov s menami, ale len tri znaky bez mena.

Baddeley použil metódu dvoch súčasných úloh aj pre pokusy s vizuálno-priestorovým skicárom: V jednom experimente mali probanti sledovať ukazovadlom pohyblivý cieľ a pritom vykonávať ďalšiu úlohu využívajúcu manipuláciu a uskladňovanie vizuálnej alebo slovnej informácie, napr. zapamätanie zoznamu slov pomocou vizuálnej predstavivosti alebo namemorovaním naspamäť. Vizuálna úloha interferovala so sledovaním cieľa a verbálna nie.

Teoretický koncept pracovnej pamäte má veľkú empirickú podporu. Zatiaľ najslabšie experimentálne podopreným článkom je centrálna výkonná zložka.

5.2 Neuropsychológia pamäte

Neuropsychologické analýzy pamäte sú založené na pozorovaní pacientov s neurologickými poškodeniami určitých lokalizovaných oblastí mozgu. Pritom sa často používa *princíp dvojitej disociácie*:

Dvojitá disociácia nastáva, ak pacient A vykonáva normálne úlohu X a nezvláda úlohu Y, zatiaľ čo pacient B vykonáva normálne úlohu Y a nezvláda X. Toto je dôkazom svedčiacim v prospech hypotézy, že na vykonávaní úloh X a Y sa zúčastňujú dva nezávislé procesy alebo systémy.

Tento princíp sa dobre uplatňuje pri odlíšení krátkodobej a dlhodobej pamäte. Neuropsychológovia sa sústreďovali najmä na pacientov s globálnou amnéziou, porucha, ktorá býva obvykle dôsledkom poškodenia medzimozgu a mediálnych temporálnych oblastí mozgu. Takíto pacienti dosahovali relatívne normálne výsledky v štandardných testoch inteligencie, jazyka a percepcie. Pritom mali veľké problémy zapamätať si udalosti bežného života. Známý pacient H.M., ktorý mal poškodený hipokampus stratil dlhodobú pamäť. Dokázal si vybaviť udalosti pred poškodením, ale odvtedy žil výhradne v prítomnom čase. Nikdy nespoznal svojich lekárov z jedného dňa na druhý, mohol dokola znova čítať tie isté časopisy, atď. Pritom jeho schopnosť zapamätať si na krátky čas telefónne číslo ostala nenarušená. Amnestickí pacienti totálne prepadajú v laboratórnych testoch vyžadujúcich si udržanie a následné vybavenie niečoho z pamäti po dobe niekoľko minút.

Hoci nie všetci amnestickí pacienti vykonávajú normálne úlohy vyžadujúce krátkodobú pamäť, predsa to naznačuje odlišnosť procesov dlhodobej a krátkodobej pamäte.

Ďalšie dôkazy pochádzajú zo štúdií pacientov s léziami istých oblastí v ľavom parietálnom laloku. Títo dosahujú výsledky opačné ako pacienti s amnéziou – krátkodobé udržanie verbálneho materiálu ako napr. slov a písmen je vážne narušené, zatiaľ čo dlhodobé udržanie aj verbálneho materiálu ostalo normálne.

Johnson-Laird uvádza svoje stretnutie so známym pacientom K.F., ktorý mal následkom poškodenia mozgu narušenú krátkodobú pamäť, zatiaľ čo dlhodobá ostala neporušená. Zaujímavé bolo, ako K.F. rozumel jazyku: Dalo sa s ním takmer bez problémov komunikovať. Keď bol požiadaný, aby zopakoval vetu "*The dog bit the man and the man died. (Pes pohryzol muža a ten muž umrel).*", urobil to bezchybne. Keď mal ale zopakovať

vetu "The man the dog bit died. (Muž, ktorého pohryzol pes, umrel).", nebol toho schopný. Táto veta si vyžaduje udržať podmet *muž* v pamäti počas spracovania vloženej frázy *ktorého pohryzol pes*, kým sa neobjaví hlavné sloveso *umrel*. Takéto vety naozaj pridávajú záťaž na krátkodobú pamäť, ako dokazujú aj experimenty Michaela Powera: ľudia, ktorí mali sledovať ukazovadlom pohyblivý cieľ, robili viac chýb práve pri súčasnom vyslovovaní takýchto viet. narušená krátkodobá pamäť pacienta K.F. zrejme spôsobila, že kým sa zjavilo hlavné sloveso, zabudol podmet vety, preto jej neporozumel ani ju nebol schopný zopakovať.

Významnosť takýchto štúdií je dvojaká: po prvé v kombinácií s výsledkami od amnestických pacientov tvoria dvojité disociáciu medzi okamžitou a dlhodobou pamäťou a po druhé fakt, že pacienti s poškodením ľavého parietálneho laloku vykazujú normálnu dlhodobú pamäť napriek neschopnosti zapamätať si viac ako dve - tri položky indikuje, že ukladanie informácie do dlhodobej pamäte si nevyžaduje zapojenie krátkodobej pamäte. To teda spochybňuje všetky modely, v ktorých ukladanie do dlhodobej pamäte závisí od predošlého uloženia v krátkodobej pamäti, vrátane Broadbentovho.

Predpokladá sa, že narušenie krátkodobej pamäte niektorých pacientov je spôsobené poškodením artikulačnej slučky. Keďže táto, ako ukázal v r. 1986 Baddeley, nie je kritická pre vybavenie z dlhodobej pamäti, selektívne poškodenie artikulačnej slučky nemusí narušiť dlhodobú pamäť, čo je v súlade s vyššie uvedenými pozorovaniami.

Na záver niečo o predpokladanej lokalizácii subsystémov pracovnej pamäte v mozgu. Funkčné zobrazovacie metódy ukazujú, že činnosť artikulačnej slučky súvisí s aktiváciou ľavostrannej kôry v okolí Sylviovej ryhy. Činnosť vizuálno-priestorového skicára súvisí s aktiváciou zrakovej kôry záhlavných lalokov a kôry temenných a čelných lalokov. Centrálna výkonná zložka je viazaná na činnosť predných a dorzolaterálnych častí prefrontálnej kôry. Rôzne druhy záťaže aktivujú v prefrontálnej kôre rôzne oblasti. Napríklad rozlišovanie tvárí aktivuje Brodmanovu areu 45, 46, 47 a 49, zatiaľ čo určenie polohy tváre aktivuje kôru v oblasti sulcus frontalis superior. Zvýšenie nárokov na pracovnú pamäť zväčšuje objem aktivovanej kôry, pričom rastúca záťaž znižuje funkčnú kapacitu dorzolaterálnej prefrontálnej kôry, čo sa dá pekne merať funkčnou magnetickou rezonanciou.

5.3 Dlhodobá pamäť (LTM)

(viď František Koukolík: O vzťahu mozku a pamäti, in *Psychiatrie*, číslo 1, 2000.)

v hippocampe (v kôre spánkového laloku), delí sa na implicitnú a explicitnú.

5.3.1 Deklaratívna (explicitná) pamäť

delí sa na sémantickú a epizodickú (DD)

sémantická (hipokampus)- fakty nezávislé na kontexte. Kategoricky špecifické poškodenia (pomenovávanie ovocia, živočíchov, predmetov, vlastných mien)

epizodická (diencefalon)- udalosti so vzťahom ku kontextu

5.3.2 Nedeklaratívna (implicitná) pamäť

priming - fragmenty slov (neokortex lob. front., occip., temp.), pavlovovské podmieňovanie (veľa kortikálnych oblastí, mozoček), motorické zručnosti (striatum), emočné podmieňovanie (amygdala)

iluzórne spomienky na sexuálne zneužitie, PET

5.4 Mechanizmus ukladania

neurotransmitter glutamát pôsobí na postsynaptické NMDA receptory, tie otvoria kanály pre vápnik, ktorý ako druhý posol spustí biochem. reakcie, ktoré spôsobia LTD, LTP (dlhotrvajúce zmeny synaptických váh v excitačných synapsách)

paralelné/sekvenčné spracovanie:

Sternbergove pokusy (zoznam čísel a či sa v ňom vyskytlo číslo n - rovnako dlhý čas pre áno aj nie) - Broadbentov paralelný model [JL-155]

precvičovaním sa redukuje šum.

5.5 Dva počítačové modely architektúry mysle:

Aby sme mohli rozumne interpretovať výsledky experimentov, treba postulovať architektúru mysle. Možnosti: produkčný systém alebo PDP

5.5.1 Príklad produkčnej architektúry - ACT (Anderson 1976)

pracovná pamäť a LTM rozdelená na pamäť pre zručnosti (produkčnú - pravidlá typu "podmienka -> akcia" s prioritami. Podmienky sa matchujú voči obsahu pracovnej pamäti.) a pre výroky, obrazy, reprezentácie (deklaratívnu - propozičná sieť: uzly sú koncepty a hrany sú asociácie určitej sily) [obr. JL-168]. Indexovanie podľa konceptu - uzly majú určitú aktivitu, ktorá sa šíri podľa sily asociácie na susedné uzly

Znalosť je najprv propozičná, ale možno ju skompilovať do procedúr.

5.5.2 PDP, Hoppfieldova autoasociatívna pamäť

príklad - rekonštrukcia zamachulovaného slova RED [JL-177 obr].

Poznáme rôzne modely z teórie umelých NS.

Spoločné vlastnosti paralelných systémov:

aktivita jedinej "bunky" nie je podstatná - distribuovaná redundantná reprezentácia

robustnosť voči šumu na vstupe aj pri poškodení časti buniek

neostré hranice medzi vybavením, rekonštrukciou a konfabuláciou (neuropsych. evidencia: pri rozpomínaní na slovo "blesk" prišlo "hrom").

autoasociatívna (obsahom adresovaná) pamäť (Hoppfieldov model)

(podľa: Kvasnička a kol.: Úvod do teórie neurónových sietí, IRIS, 1997, kap. 8.)

Hebbovo učenie, pozitívna spätná väzba, samoorganizácia

- bodový atraktor - stacionárny stav predstavuje pamäťový stav siete. Rekonštrukcia na základe fragmentu známeho vzoru, modelovanie rozoznanie melódie s chýbajúcou zákl. frekvenciou, model gešaltu a reverzibilných figúr, transpozične invariantné rozoznávanie melódií.

Psychické poruchy: normálne myslenie zodpovedá konvergencii siete do správneho jednobodového atraktora, manická porucha = spontánne prechody z jedného atraktora do iného vplyvom priveľkého šumu. Schizofrénne poruchy reči a myslenia - falošné atraktory (zmiešaviny pravých atraktorov) sa stávajú dobrými atraktormi kvôli prinízkemu šumu

Lub. boolovskú funkciu z $\{0,1\}^n$ do $\{0,1\}$ možno realizovať 3-vrstvovou sieťou logických neurónov.

Rekurentná sieť zložená z logických (prahových) neurónov dokáže simulovať konečný automat.

Výhrady:

- konekcionistické modely nezodpovedajú presne tomu, čo sa deje v mozgu -> NS tretej generácie s pulznými neurónmi
- ako dostať z NS explicitnú (pravidlovú) reprezentáciu -> hybridné neurónové systémy

5.5.3 Záver:

Produkčné systémy a PDP sú rôzne úrovne reprezentácie. Vedomé procesy - manipulácia so symbolmi, nevedomé procesy môžu byť paralelným spracovaním distribuovaných reprezentácií viacerých skúseností.

(koniec predn.)

6 Komunikácia

povaha komunikácie: najjednoduchšia forma interakcie - správanie jedného organizmu má kauzálny účinok na správanie iného. Ak jedinou funkciou správania prvého je správanie druhého, nastane komunikácia, napr. mravčia stopa. Nemá ale symbolický význam, lebo nepotrebuje nezávislú reprezentáciu sveta.

6.1 Kognitívne predpoklady pre vznik jazyka

6.1.1 Vyvolané a oddelené reprezentácie

Gärdenfors postuluje typ mentálnych reprezentácií nutných k tomu, aby sa mohol vyvinúť jazyk. Základné rozlíšenie reprezentácií je na vyvolané a oddelené.³

Vyvolaná reprezentácia zastupuje niečo, čo je aktuálne prítomné v súčasnej externej situácii organizmu. Presnejšie, reprezentovaný objekt nemusí byť prítomný, ale musí byť spustený ("pripomenutý") niečím zo súčasnej/nedávnej situácie. Preto oneskorené odpovede v behavioristickom zmysle sú založené na vyvolaných reprezentáciách.

Oddelená reprezentácia zastupuje objekty alebo udalosti, ktoré nie sú ani prítomné ani spustené ničím z nejakej nedávnej situácie. Príkladom oddelenej reprezentácie je spomienka, ktorá môže byť vyvolaná nezávisle na kontexte. Ďalším príkladom môžu byť Tolmanove "priestorové mapy", ktorými vysvetľuje správanie potkanov v bludisku. Rozdelenie reprezentácii na vyvolané a oddelené je neostré – skôr možno hovoriť o stupni oddelenosti. Napr. mačka, ktorá čaká pri myšacej diere, alebo vidí myš vojsť za záves a počká si ju na druhom konci, má v istom zmysle oddelenú reprezentáciu myši.

Vnútorne prostredie je súbor všetkých oddelených reprezentácií organizmu. Existencia vnútorného prostredia je podľa Gärdenforsa nutnou podmienkou vývoja vyšších kognitívnych funkcií ako plánovanie, klamanie, sebauvedomenie a tiež jazyka.

Existuje hypotéza, že oddelená reprezentácia sa v živočíšnej ríši objavila s vývojom neokortexu, čiže viac-menej u cicavcov. Iba cicavce sa dokážu hrať alebo snívať. Zložitejšie vnútorne prostredie môžeme dostať až tam, kde existuje krosmodálna⁴ reprezentácia. Had nemá žiadnu reprezentáciu myši, ktorú loví – keď ju chce uhryznúť, používa vizuálny a termálny senzor, keď hľadá, kde skončila uhryznutá myš, používa čuch (pôjde po čuchovej stope, aj keby mal myš priamo pred očami), keď ju chce zhltnúť od hlavy, používa hmat.

Zaujímavé je tiež to, že ľudské centrum reči je v mozgu lokalizované inde ako systémy varovných volaní iných primátov. Varovné volania sú automatické reakcie, ktoré sa nedajú potlačiť. Naproti tomu použitie jazyka je vďaka vývoju frontálnych lalokov dobrovoľným, čiže oddeleným aktom.

6.1.2 Prostriedky komunikácie

Prostriedkami komunikácie sú *signály*, *ikony* a *symbols*. Referent signálu existuje vo vonkajšom prostredí (vyvolaná reprezentácia), referent ikony a symbolu vo vnútornom prostredí (oddelená reprezentácia). Rozdiel medzi ikonou a symbolom je ten, že ikona akýmsi spôsobom pripomína to, čo reprezentuje a možno jej porozumieť aj bez predošlej dohody, zatiaľ čo vzťah medzi symbolom a jeho referentom je ľubovoľný a je vecou konvencie.

³ Angl. *cued and detached*.

⁴ Integrovaná z vnemov jednotlivých zmyslových modalít.

Von Frisch opisuje dômyselný systém signálov u včiel, ktoré využívajú na oznámenie vzdialenosti a smeru lokalizácie nektáru počet vrtivých alebo krúživých pohybov zadočka a uhol, ktorý zvierá slnko s osou tela včely. Tance sú signálmi a nie symbolmi, lebo zodpovedajú vyvolanej reprezentácii. Včela totiž komunikuje vždy iba o lokalizácii miesta, z ktorého sa práve vracia alebo na ktoré letí.

Ludia komunikujú aj neverbálne, ale jazyk je najbohatší komunikačný systém (použiteľný aj na externalizáciu myslenia a sebaujadrenie). Vlastnosti:

- má prostriedky na tvorbu veľa rôznych symbolov (slov)
- má syntaktickú kompetenciu na vytvorenie nekonečne veľa rôznych viet kombinovaním slov
- má sémantickú kompetenciu komunikovať správy, ktoré nie sú závislé od momentálnej situácie a prostredia, ale môžu zámerne odkazovať aj na iné situácie vrátane hypotetických alebo vymyslených.

Primárnou funkciou jazyka je práve komunikovať veci, ktoré nie sú tu a teraz. Pes dokáže "povedať": Som hladný, chcem vodu, chcem ísť von, mám ťa rád, atď. Nemá ale žiadne prostriedky, ktoré by mu umožnili "povedať": "včera som sa hneval", alebo "ak ma dnes znova zamkneš, budem nahnevaný a rozhryziem koberec." Naproti tomu dvaja väzni sediaci v temnej kobke sa môžu rozprávať o opaľovaní sa na slnečnej pláži.

6.1.3 Evolučná funkcia gramatickej štruktúry

Jazyk nie je len kolekciou symbolov. Jeho dôležitým rozmerom je *gramatika* symbolov, čiže spôsob, ako z niekoľkých jednoduchých symbolov zostavovať zložité výrazy. Gramatika má významnú evolučnú funkciu.

Predpokladajme, že nejaká komunita používa komunikačný systém s istou sadou znakov (signálov, ikôn alebo symbolov). Komunikačná kapacita sa veľmi zvýši, ak je možné prvky tejto sady skladať do zložených znakov. Takýto komunikačný systém nazveme *kompozičným*. Plná kompozičnosť znamená, že systém je generatívny, t.j. jeho používatelia môžu vytvárať nové kombinácie znakov, ktoré neboli naučené. Kompozičné rozšírenie komunikačného systému zjavne zvyšuje jeho evolučnú hodnotu.

Nevýhodou kompozičných systémov je, že výraz zložený z viacerých prvkov býva často nejednoznačný a na redukciu viacznačnosti treba *kontext*. Preto výrazy, v ktorých sa viacznačnosť redukuje *formou*, umožňujú komunikácii väčšiu nezávislosť na kontexte. Toto je podľa Gärdenforsa hlavná evolučná funkcia gramatiky. Spôsobom, ako pridať do zloženiny znakov štruktúru, môže byť záväzná poradie slov, gramatické znaky bez samostatného významu, intonácia, atď.

Z hľadiska spôsobov skladania prvkov môžeme rozlíšiť tri úrovne komunikačných systémov:

1. *Systémy so samostatnými prvkami*: Signály, ikony alebo symboly sa používajú iba jednotlivo.
2. *Kompozičné systémy*: Dva alebo viac znakov z lexikónu možno kombinovať generatívnym spôsobom.
3. *Systémy s gramatikou*: Prvky zloženého výrazu a/alebo ich poradie nesie gramatickú informáciu.

6.1.4 Šesť typov komunikačných systémov

Kombináciou troch úrovní gramatickosti s rozdelením reprezentácií na vyvolané a oddelené dostaneme šesť možných typov komunikačných systémov:

	Samostatné prvky	Kompozícia	Gramatika
Vyvolané reprezentácie	Typ 1 (Zvieracie signály)	Typ 2 (Včelie tance)	Typ 3 ∅
Oddelené reprezentácie	Typ 4 ("Jednoslovný jazyk")	Typ 5 (Protojazyk)	Typ 6 (Plný jazyk)

Prvý typ pokrýva väčšinu komunikačných systémov zvierat. Používajú sa iba signály (môžu byť gesturálne alebo vokálne) a väzba medzi signálom a referentom môže byť vrodená alebo získaná. Druhý typ sa vyskytuje zriedkavo, ale sem by pravdepodobne spadal systém včelích tancov. Včely majú obmedzený "slovník" výrazových prostriedkov, ktoré možno kombinovať. Generativita je obmedzená a ako už bolo uvedené vyššie, reprezentácie sú vyvolané. Systém typu 3 zatiaľ nebol objavený. Dôvodom môže byť to, že funkciou gramatiky je umožniť väčšiu nezávislosť na kontexte, čo je v prípade signálov a vyvolaných reprezentácií nezmyselné. Systémy štvrtého typu sú založené na používaní samostatných ikôn alebo symbolov, najjednoduchším príkladom môže byť systém dopravných značiek. V ľudskej evolúcii sa štvrtý typ komunikácie pomocou ikonických gest a zvukov spája s érou *Homo erectus*.

Systém piateho typu – oddelené reprezentácie, kompozícia symbolov, ale žiadne gramatické prvky – tzv. protojazyk, je veľmi zaujímavým medzistupňom medzi jednoslovným jazykom a plným jazykom typu 6. Bickerton uvádza štyri príklady protojazykov: jazyk detí približne vo veku 18 až 24 mesiacov, symbolová komunikácia, ktorú možno naučiť cvičené ľudopopy, jazyk ľudí, ktorí boli v kritickom období deprivované od lingvistickej skúsenosti (tzv. vlčie deti) a pidgin jazyky.

Na základe tohto rozdelenia sa ponúka prirodzená hypotéza, že plný jazyk sa vyvinul zo signálneho systému typu 1 cez jednoslovný jazyk typu 4 a protojazyk typu 5.

6.2 Úrovne analýzy jazyka

Pri skúmaní jazyka môžeme vyčleniť veľa úrovní analýzy: fonologickú, morfematickú, syntaktickú, sémantickú, kontextovú, pragmatickú.

6.2.1 Fonológia

skladanie frekvencií - základná (pitch) + vyššie harmonické (timbre)

rezonancia vokálneho traktu - zhluky susedných frekvencií = formanty - nie sú izolované pre jednotlivé písmená, ale sa prekrývajú (dí, dú)

Podvedomá integrácia vizuálnych a auditórnych hintov (obraz "ga" + zvuk "ba" = vnem "da")

fonémy - na základe kontrastu

samohlásky: pozícia najvyššieho bodu jazyka, blízkosť k podnebiu, trvanie zvuku

spoluhlásky: časť traktu, v ktorej nastáva obštrukcia prúdu vzduchu a spôsob obštrukcie

segmentácia do slov:

- podľa prízvučných slabík

John Morton: pre každé slovo mentálny procesor "logogén", ktorý zbiera dôkazy (zdola zo senzorov a zhora z kontextu) pre toto slovo - keď prekročia prah, nastane rozpoznanie.

Marslen-Wilson - teória kohorty: aktivuje sa kohorta procesorov pre tie slová, ktorých začiatok sa zhoduje s artikulatórnymi črtami počutého (veľkosť aktivácie priamo úmerná zhode, ale ovplyvnená v prospech frekventovanejších slov). S pribúdaním info sa znižuje aktivácia slov, ktoré sa nezhodujú. Ak klesne pod prah, slovo sa z kohorty vyhodí. Keď ostane jediné slovo, nastane rozpoznanie. Kontext môže urobiť skratku - vyberie z kohorty slovo, ktorého syntax a zmysel pasuje do výpovede.

Intonácia je tiež dôležitá pre význam. Komunikuje aj emocionálny stav hovoriaceho.

(koniec predn.)

6.2.2 Syntax

(formálna) gramatika - konečná sada pravidiel, ktoré charakterizujú všetky vety jazyka.

Chomsky: 3 princípy

1. Ľudia hovoria jazykom a rozumejú, lebo majú znalosť gramatiky.
2. Teória gramatiky prir. jazyka musí obsahovať explicitné pravidlá, ktoré determinujú množinu viet bez nutnosti používať intuíciu alebo expertný odhad.
3. Teória jazyka musí vysvetľovať ako deti získajú gramatiku svojich rodných jazykov.

Rekurzívna schopnosť jazyka obsahovať vnorené štruktúry dokazuje, že konečno-stavové automaty nestačia pre gramatiku prir. jazyka, lebo rekurzia si vyžaduje silnú pracovnú pamäť.

Chomského hierarchia:

Gramatika	Pravidlá	Formalizmus
regulárne jazyky	$A \rightarrow aB$	konečné automaty, TN
bezkontextové jazyky	$A \rightarrow aBc$	zásobníkové automaty, RTN
prirodzené jazyky		ATN, DCG, TG
kontextové jazyky	$AB \rightarrow aCd, AB \rightarrow BA,$ $ l_s \leq p_s $	konečne ohraničené automaty, ATN
jazyky typu 0	bez obmedzenia, aj $A \rightarrow \Sigma$	Turingove stroje, TG

rekurzívne (frázové) gramatiky pre hĺbkové štruktúry

+ transformačné pravidlá (TG ekviv. univerzálnemu TS)

Chomského teória univerzálnej gramatiky:

gramatika ako jazykový orgán riadená vrozeným programom. Obmedzenia pravidiel vyjadrujú, čo nie je prípustné v jazyku a to by sa ťažko učilo z pozitívnych príkladov, preto musí byť vrozená *univerzálna gramatika* štruktúr. Deti získajú konkrétnu gramatiku svojho jazyka nastavením hodnôt konečného počtu parametrov univerzálnej gramatiky na základe počutých viet.

Putnam: deti sa snažia *porozumieť* jazyku – akvizícia gramatiky závisí od akvizície významu. Hromadia sa dôkazy, že ľudia nereprezentujú hĺbkovú štruktúru viet, lebo to je stále syntax, ktorá potrebuje sémantickú interpretáciu. Ľudia si pamätajú významy.

Parser: ATN, analýza zhora-nadol a naopak: začne sa zdola a akonáhle sa nájde ľavý okraj frázy, skúsi sa predikcia zhora.

Riešenie nejednoznačnosti: backtracking, look-ahead, všetky alternatívy paralelne.

záver: nie sú dôkazy pre existenciu mentálnej reprezentácie explicitných pravidiel - možno je to len vhodný deskriptívny nástroj.

6.2.3 Význam

čo to znamená "porozumieť" – čo a ako ľudia *konštruujú*, keď chápú význam?

Sémantické siete: rozlíšenie všeobecných konceptov a inštancií, špeciálne hrany *je-podtriedou* (*is-a*), *je-časťou*, *má-vlastnosť*. Nutné a typické relácie.

štrukturalistická dekompozícia (točenie sa v slovníku), mentálčina - procedurálna interpretácia v ACT. Kritika - kam sa podel vzťah k svetu? – usudzovanie potrebuje model.

formálna sémantika: referenty (objekty vo svete) a význam (zobrazenie na tieto objekty). Tarského svety: indivíduá, predikáty a sémantické pravidlá interpretácie komplexných výrazov. S tým sú problémy - ukazuje sa, že pravidlá kombinujúce interpretácie operujú na významoch, nie referentoch.

nekonečne veľa možných svetov vs. jeden model - ten slúži ako prototyp alebo schéma, ktorú možno *revidovať* na základe nasledujúcich informácií.

nie jednojedznačnú reláciu medzi slovami a svetom potrebujeme vyjadriť pomocou tretích (teoretických – nie v jazyku vyjadriteľných) elementov - napr. geometrické relácie v Gardenforsových konceptoch (realistická a kognitivistická sémantika, mentálčina)

Význam pre slovnú navigáciu robota. Emergencia tranzitivity pri lineárnom "vpravo", ale nie za okrúhlym stolom.

Interpretácia komunikácie závisí od spoločného kontextu (schém).

Intencia: filozof Paul Grice hovorí, že poslucháč porozumie až keď dešifruje hovorcovu intenciu. (schizofrenik - "prosím zvoňte!")

Konvencie kooperatívnej komunikácie podľa Gricea:

1. Kvantita: nech je tvoj príspevok taký informatívny, ako treba - ani príliš málo, ani príliš veľa informácií
2. Kvalita: Nehovor to, o čom veríš, že je to nepravda. Nehovor niečo, o čom nemáš dôkazy.
3. Relevancia: Buď relevantný.
4. Spôsob: Vyhybaj sa nejasnosti a viacznačnosti. Hovor usporiadane a stručne.

6.3 Modelovanie vývoja jazyka

Na vývoji jazyka a schopností umožňujúcich jeho osvojenie a používanie sa v rôznej miere zúčastňujú tieto mechanizmy:

- *Genetická evolúcia:* Schopnosť osvojiť si a používať jazyk je determinovaná mnohými fyzickými a kognitívnymi predpokladmi,⁵ ktoré sú geneticky kódované a vyvinuli sa v priebehu fylogenézy ľudského druhu.
- *Osvojovanie jazyka:* Dieťa je počas ontogenézy vystavené lingvistickému vstupu – množine externalizovaných výpovedí členov jazykovej komunity, v ktorej sa dieťa nachádza, tzv. *E-jazyku* (Chomsky, 1986). Osvojovanie (akvizícia) jazyka je proces, v ktorom si jedinec na základe lingvistického vstupu vytvára vlastnú internú mentálnu reprezentáciu jazyka, tzv. *I-jazyk* (Chomsky, 1986), ktorá mu umožní správne produkovať a interpretovať vety osvojovaného jazyka.
- *Kultúrny prenos jazyka:* Jazykové štruktúry sa v populácii prenášajú vertikálne (z rodičov na deti) a horizontálne (komunikačnými interakciami rovnocenných členov populácie). Jazyk sa neprenáša ako nemenný konštantný systém, ale sám podlieha vývoju, pribúdajú novotvary, archaizmy miznú, regularizujú sa niektoré gramatické výnimky, atď.

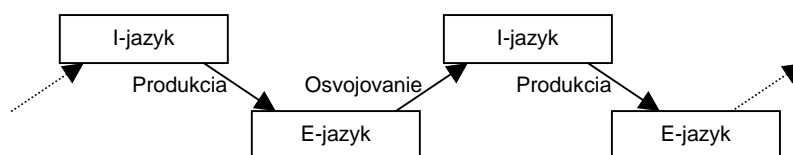
Kultúrny prenos jazyka budeme v ďalšom texte chápať ako evolučný proces s nasledujúcimi vlastnosťami:

- Prenášané štruktúry sú uchovávané v pamäti jednotlivcov a nie v génoch.
- Prenos je zabezpečený behaviorálnou imitáciou (učením) a nie dedením.
- Zdrojom variability sú nepresnosti a chyby v imitačno-akvizičnom procese (napr. prílišná generalizácia alebo špecializácia) ako aj šum pri produkcii alebo vedomé inovácie hovorcov.

Konkrétna podoba jazyka je výsledkom rôznych selekčných tlakov – maximalizácie komunikačného úspechu, minimalizovania kognitívneho spracovania a zaťaženia pamäte, časovej efektívnosti a obmedzení daných senzomotorickým aparátom.

6.3.1 Iterované učenie

Osvojovanie jazyka je veľmi špecifický typ problému učenia: cieľ učiaceho procesu (v tomto prípade jazyk, ktorý si má dieťa osvojiť) je sám výsledkom učiaceho procesu – dieťa si osvojuje jazyk na základe lingvistického vstupu, produkovaného hovorcami, ktorí si jazyk osvojili tým istým procesom. Keďže interná mentálna reprezentácia jazyka (*I-jazyk*) nemôže byť prenášaná medzi jedincami priamo, ale len pomocou externalizovaných výpovedí (*E-jazyk*), medzigeneračný prenos jazyka môžeme chápať ako mnohokrát iterovaný cyklus produkcia/osvojovanie (obr. 1). Vďaka variabilite prítomnej v tomto procese nie je prenos jazyka verným kopírovaním, ale má konštruktívny charakter.



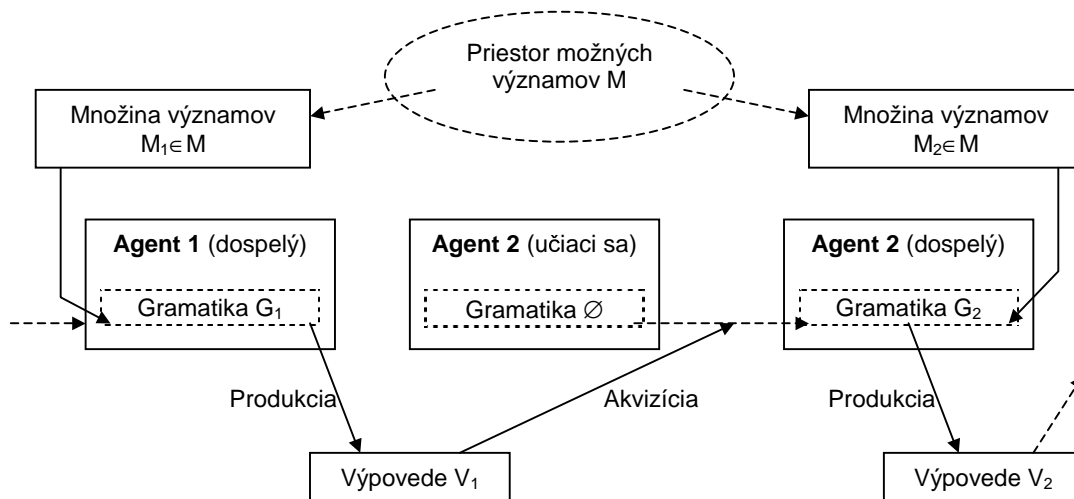
Obrázok 1. Prenos I-jazyka pomocou E-jazyka (Kirby, 2002).

⁵ Napr. výška hlasiviek, tvar spodiny lebečnej a stupeň kontroly dýchania zaisťovaný svalmi bránice a hrudníka napovedajú, že až človek dnešného typu bol schopný vokalizovať v rovnakom rozsahu ako my (Blackmore, 1999).

Na skúmanie vlastností takto definovaného procesu bol vyvinutý tzv. zovšeobecnený *model iterovaného učenia* (ILM) (Kirby a Hurford, 2001). ILM pozostáva zo štyroch komponentov:

- priestor významov,
- priestor signálov,
- jeden alebo viac učiacich sa agentov,
- jeden alebo viac dospelých agentov.

V každej iterácii dostane dospelý agent množinu náhodne vybraných významov, pre ktoré má vyprodukovať signály. Vyprodukované páry ⟨signál, význam⟩ tvoria tréningové dáta (lingvistický vstup, E-jazyk) pre jeden alebo viaceré učiace sa agenty, ktoré si na ich základe formujú vlastnú internú reprezentáciu jazyka (I-jazyk). Po istom čase (obvykle po predložení istého počtu párov ⟨signál, význam⟩), ktorý možno chápať ako uplynutie kritického obdobia, sa učiace sa agenty stanú dospelými. Do populácie sa vložia nové učiace sa agenty (bez I-jazyka) a rovnaký počet náhodne vybraných dospelých sa z populácie odstráni (obr. 2). Tento cyklus typicky iteruje niekoľko tisíc krát, kým dynamický systém nedosiahne stabilný atraktor.



Obrázok 2. Cyklus iterovaného učenia

Argument nedostatočnosti lingvistického vstupu

Uvedené experimenty skúmajú možnú úlohu kultúrneho prenosu v evolúcii jazyka. „Vrodená“ výbava agentov vstupujúcich do experimentu je rovnaká, každý nový jedinec má na začiatku prázdnu gramatiku, len učiaci algoritmus, ktorý je u všetkých agentov rovnaký a v priebehu simulácie sa nevyvíja. V modeli nie je žiadna selekcia agentov na základe komunikačnej úspešnosti.

Naskytá sa otázka, čo je vlastne nutným vybavením agenta pre úspešné osvojenie si jazyka. Zhrňme si dôležité poznatky z výskumov osvojovania jazyka u detí:

1. Všetky zdravo vyvinuté deti si osvojujú jazyk, ktorému sú vystavené, rýchlo, spontánne a dobre.⁶
2. Dieťa dostáva len konečne veľkú vzorku jazyka a to takmer výhradne pozitívne príklady.⁷
3. Dieťa je schopné správne produkovať a interpretovať aj vety, ktoré nikdy predtým nepočulo.

Noam Chomsky (1980) tieto fakty nazval *nedostatočnosťou lingvistického vstupu* (poverty of stimulus) a na ich základe dospel k názoru, že mnoho z aspektov formálnej štruktúry jazyka musí byť kódovaných v genóme a teda vrodenných. Chomsky postuloval vrodené ohraňovania priestoru možných jazykov (gramatík) kódujúce ich spoločné univerzálne črty (*princípy*) a nazval ich *univerzálnou gramatikou* (UG). Ďalej postuloval vrodenný jazykovo-špecifický modul osvojovania jazyka (LAD) riadiaci v priebehu ontogenézy nastavovanie hodnôt konečnej množiny *parametrov* špecifických pre gramatiku jazyka, ktorému je dieťa vystavené.

Teória univerzálnej gramatiky je konzistentná s matematickými výsledkami teórie učenia: Ak priestor hypotéz o cieľovom jazyku tvoria všetky bezkontextové gramatiky a jedinec dostáva iba pozitívne príklady, nemôže si osvojiť⁸ cieľový jazyk na základe konečnej vzorky (Gold, 1967). Ukazuje sa, že ľudské jazyky potrebujú prinajmenšom bezkontextovú gramatiku a keďže sa zdá, že dieťa si osvojí správnu gramatiku z konečnej vzorky, riešením je obmedzenie priestoru hypotéz na konečnú nie veľmi veľkú množinu gramatík, čo zodpovedá Chomského vrodenej UG.

Ako sa s paradoxom lingvistického vstupu a Goldovou vetou vyrovnávajú opísané experimenty? V súlade s Goldovou vetou je naučiteľnosť aj tu dosiahnutá obmedzením množiny hypotéz, avšak nie striktno na konečnú podmnožinu – stačí, ak má učiaci algoritmus vbudované isté predpoklady o podobe výsledku učenia (*learning bias*), čo spôsobí, že niektoré hypotézy budú ľahšie osvojiteľné ako iné.⁹ Keďže cieľový jazyk sa iterovaným učením mení a prispôsobuje vlastnostiam učiaceho algoritmu, stáva sa ľahšie osvojiteľným (Zuidema, 2003).

Iné vysvetlenie podáva (Elman, 1996). Goldova veta predpokladá, že všetky hypotézy sú rovnako pravdepodobné. Podľa Elmana sa však nedá priamo aplikovať na osvojovanie ľudského jazyka, keďže dieťa je citlivé na štatistickú štruktúru jazyka a využíva ju pri jeho osvojení. V článku pomocou rekurentných neurónových sietí (RNN) ukazuje, ako stochastická informácia umožňuje osvojenie jazyka z pozitívnych príkladov.

6.3.2 Modelovanie vývoja kognitívnych predispozícií

Obmedzenia syntaktickej podoby výsledného jazyka nemusia byť vrodennou kognitívnou výbavou, ale emergujú ako dôsledok predpokladov učiaceho algoritmu a dynamiky

⁶ Dieťa si prakticky okamžite ako začne kombinovať slová do 2-3 slovných viet (priemerne vo veku cca 18 mesiacov) začína osvojovať aj gramatické nuansy jazyka – kanonické poradie fráz, sémantické role atď., pričom vo veku 3-4 rokov prakticky zvláda gramatiku (Langmeier a Krejčířová, 1998, Wilson a Keil, 1999).

⁷ Dieťa dostáva korekčnú spätnú väzbu pri osvojení lexikónu („To nie je havo, ale koník.“), ale len zriedkakedy ho opravujú pri chybách v gramatickej stavbe vety (Markman, 1992). Štúdia (Brown a Hanlon, 1970) ukázala, že medzi gramatickosťou detských viet a korekčnými reakciami rodičov na tieto vety nie je spoľahlivá korelácia.

⁸ Kritériom osvojenia je tzv. *konvergencia v limite*, čo znamená, že ak je vzorka ľubovoľne dlhá, jedinec si v istom kroku osvojí hypotézu, ktorú už nebude musieť meniť.

⁹ Túto „náhlynosť“ k istým typom hypotéz vykazujú pri osvojení jazyka aj deti (Markman, 1992).

iterovaného učenia. Ak sa dieťa rodí vybavené učiacim algoritmom s istými predpokladmi o podobe jazyka, je namieste otázka, prečo práve s týmito a nie inými a ako sa v priebehu fylogenézy ľudského druhu vyvinuli.

Adekvátny koevolučný model vývoja jazyka by teda mal predstavovať komplexnú interakciu troch mechanizmov v odlišných časových škálach: biologickej evolúcie vrodenej kognitívnych štruktúr v priebehu fylogenézy, adaptácie kultúrne prenášaných jazykových štruktúr na rýchlejšej – historickej časovej škále a individuálneho osvojovania jazyka v priebehu ontogenézy (Takáč, 2003).

(Oliphant, 1999) opisuje experimenty s populáciou komunikujúcich agentov vybavených jednoduchými asociačnými sieťami. V závislosti od učiaceho pravidla siete (rovnakého pre celú populáciu) rozdeľuje populácie na *osvojovateľov* (schopných naučiť sa optimálny komunikačný systém), *udržovateľov* (schopných udržať optimálny komunikačný systém pri rozumnej hladine šumu) a *konštruktérov* (schopných vybudovať optimálny komunikačný systém z iniciálne náhodného).

Podľa (Smith, 2001) je jedinečnosť ľudského jazyka v živočíšnej ríši dôsledkom obtiažnosti presadenia sa konštruktérskych učiacich pravidiel. Reimplementuje Oliphantove pokusy pridaním genetickej dimenzie (učiace pravidlo siete je kódované v génome) a hľadá, aké učiace pravidlá sa v evolúcii pod selekčným tlakom optimálnej komunikácie presadia. Jeho výsledkom je, že konštruktéri sa presadia veľmi zriedkavo. Zdôvodňuje to tým, že priaznivý efekt genotypu kódujúceho konštruktérske učiace pravidlo umožňujúce vybudovanie komunikačne optimálneho systému sa prejaví až po konvergencii populácie k takémuto systému. Kým takýto systém v populácii neprevláda, jedinec s priaznivým genotypom nemá žiadnu evolučnú výhodu a prejavuje sa genetický drift.

Ak je kultúrna adaptácia pomalá, vplyv genetického driftu ju môže úplne zastaviť a optimálne osvojovacie algoritmy sa v evolúcii nepresadia. Na jej urýchlenie Smith zavádza do modelu priestorové rozloženie populácie a predlžuje fázu učenia. Napriek tomu však prichádza k záveru, že vhodné predpoklady osvojovacieho algoritmu sú pravdepodobne exaptáciou¹⁰ (Smith, 2003b).

6.3.3 Samoorganizácia

Kedykoľvek je spolu dlhšie skupina ľudí, medzi ktorými je komunikácia možná a vzájomne výhodná, zákonite si vytvoria spoločný jazyk – príkladom sú pidgin¹¹ jazyky (Bickerton, 1990) alebo spontánna emergencia znakovkej reči v komunitách nepočujúcich (Kegl et al., 1999). V týchto komunitách vzniká zdieľaný komunikačný systém v priebehu jedinej generácie bez akéhokoľvek vertikálneho prenosu. Vzhľadom na tento fakt je nutné hľadať pre vznik koordinovaného komunikačného systému iný vysvetľujúci mechanizmus ako biologickú evolúciu – tá sa jednoducho počas jednej generácie nemá ako presadiť.

Podľa (Steels, 2000a) globálna koherencia horizontálne prenášaného komunikačného systému vzniká z lokálnych interakcií jeho používateľov samoorganizáciou. Jedinci sa správajú adaptívne – na základe výsledku predchádzajúcich komunikačných interakcií modifikujú svoje lingvistické správanie tak, že preferujú používanie takých jazykových

¹⁰ Teda že sa pôvodne vyvinuli náhodne alebo pod selekčným tlakom pre nejakú inú (kognitívnu) funkciu a až neskôr boli adaptované na použitie v osvojovaní jazyka.

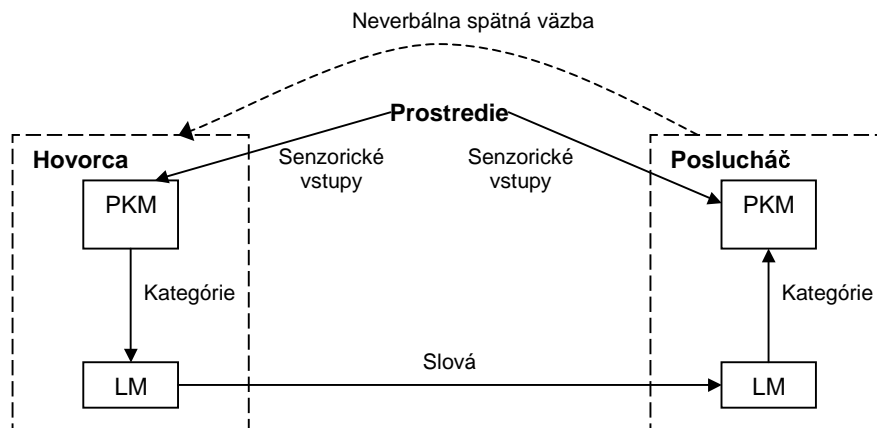
¹¹ V skupinách dospelých ľudí žijúcich spolu pôvodne bez spoločného jazyka, napr. u otrokov na plantážach alebo pri občasných obchodných kontaktoch námorníkov, bol pozorovaný vznik rudimentárneho jazyka s výrazmi pochádzajúcimi z pôvodných jazykov a značne zjednodušenou gramatikou, tzv. pidgin jazyk.

konštruktov, ktorých použitie v minulosti viedlo k úspešnému dorozumeniu. Tak väčšia úspešnosť v dorozumení vedie k častejšiemu použitiu a častejšie používanie zvyšuje šancu na úspešné dorozumenie, čo vytvára pozitívnu (samoposilňujúcu) spätnú väzbu umožňujúcu úspešným jazykovým konštruktom rozšíriť sa a presadiť v celej populácii.

Vlastnosti modelov

Modely emergencie zdieľaného komunikačného systému pomocou samoorganizácie majú niekoľko spoločných charakteristík:

1. **Agenty a prostredie.** Model tvorí populácia entít – *agentov*, ktoré sú zasadené do prostredia. To môže byť softvérovo simulované, napr. (Steels, 1997a) alebo reálne, ak sú agenty stelesnené v autonómnych robotoch (Vogt, 2000). Agenty majú predpísané vstupovať do komunikačných interakcií. Témy komunikácie poskytujú prostredie.
2. **Kognitívny aparát.** Aby agenty boli schopné komunikovať, musia mať isté kognitívne vybavenie – percepčno-konceptualizačný modul (PKM) a lexikalizačný modul (LM) (obr. 5). Úlohou PKM je zabezpečiť mapovanie medzi vnímaným externým aktuálnym stavom prostredia a jeho vnútornou mentálnou reprezentáciou. Typicky má podobu diskriminačných stromov (Steels, 1997b) alebo konceptuálnych priestorov s prototypmi (Vogt, 2000). LM zabezpečuje mapovanie medzi prvkami mentálnej reprezentácie a lingvistickými signálmi. Typicky máva podobu asociačnej tabuľky, kde každý prvok mentálnej reprezentácie (význam) je spojený asociačnou hranou s nejakým lingvistickým signálom (slovom), pričom hrana je ohodnotená silou asociácie. Jeden význam môže byť spojený s viacerými slovami (synonymia) a jedno slovo s viacerými význammi (homonymia).



Obrázok 5. Percepčno-konceptualizačný a lexikalizačný modul agentov.

3. **Komunikačná interakcia.** Komunikácia typicky prebieha v kolách a môže vyzerat' napr. takto: V každom kole sa náhodne vyberie agent hovorca a agent poslucháč. Agent hovorca na základe vnímaného aktuálneho stavu prostredia vyberie tému komunikácie (napr. niektorý objekt nachádzajúci sa v prostredí), pomocou PKM nájde jej vnútornú reprezentáciu (význam) a pomocou LM nájde a vyšle poslucháčovi vhodný signál (napr.

najsilnejšie asociovaný s daným významom). Poslucháč sa snaží signál dekodovať a určiť vybranú tému. Ak sa mu to podarí,¹² jazyková hra je úspešná.

4. **Učenie.** Kognitívny aparát agentov je adaptívny, to znamená, že v priebehu experimentu ho môže agent „zbieraním skúseností“ na základe priebehu a výsledku komunikačných interakcií modifikovať, napr. zjemniť vnútornú reprezentáciu prostredia (rozvetvením diskriminačného stromu, pridaním prototypu do konceptuálneho priestoru) alebo upraviť svoj lexikón (zmenou sily asociácií v LM, resp. pridaním asociácie s novým slovom alebo významom). Populácia je homogénna v tom, že na začiatku experimentu sú reprezentácia prostredia aj lexikón všetkých agentov prázdne a každý agent používa rovnaký algoritmus na úpravu PKM a LM. Ďalej sa už ale vyvíja PKM a LM každého agenta samostatne, čiže v priebehu experimentu sa môže stať, že tomu istému aktuálne vnímanému stavu prostredia pripisujú agenti rôzny význam (rôzne reprezentácie v PKM) a takisto to isté slovo môžu mať vo svojich LM asociované s rôznymi význammi.
5. **Otvorenosť systému.** V niektorých experimentoch sa skúma robustnosť komunikačného systému voči populačným zmenám – prísunu a odsunu agentov (Kaplan, 1998). Nové agenty vstupujú do populácie s prázdnyim PKM a LM.¹³

6.3.4 Dôsledky Gärdenforsa pre modelovanie vývoja jazyka.

Z Gärdenforsovho rozdelenia komunikačných systémov vyplývajú významné dôsledky aj pre experimentálne modely vzniku a vývoja jazyka. V modeloch, kde sú agenty vystavované len podnetom "tu a teraz" a majú ich komunikovať, sa môže vyvinúť iba systém založený na vyvolaných reprezentáciách. Ako bolo uvedené pri type 3, očakávať emergenciu gramatiky v takomto modeli je nereálne. Ak sa máme posunúť ďalej od modelovania počiatkov elementárnej komunikácie k modelovaniu *jazyka*, nemôžeme ostať len pri behavioristickom "stimul – odpoveď", ale bude nutné do modelov nejako inkorporovať oddelenie reprezentácií, čím sa na scénu dostanú ďalšie zložité otázky ako motivácia kognitívnych procesov a podobne.

(koniec predn.)

¹² Agent sa dozvie o úspešnosti komunikácie pomocou mimoverbálnych prostriedkov, napr. poslucháč ukáže na dekodovaný objekt.

¹³ To umožňuje na nových agentoch modelovať a skúmať aj akvizíciu jazyka.

7 Učenie

vrodené správanie: automaticky spúšťané odpovede na špecifické podnety, nemusia byť učené a preto sú pripravené hneď po narodení. Môžu ale viesť k nezmyselnému opakovaniu (piesočná osa, ktorej likvidujú časť hniezda ho bude donekonečna opravovať).

def. učenia: relatívne stála zmena v správaní, ktorá sa objaví, keď na základe skúsenosti dokážeme robiť niečo, čo sme predtým nevedeli, alebo to vieme robiť lepšie.

Učiť sa môžeme fakty, všeobecné koncepty a princípy, a tiež zručnosti a zvyky.

Tradičné teórie hovoria, že učenie je tvorba asociácií.

7.1 Učenie u zvierat

[Czako, Novacký: Porovnávacía psychológia, SPN Bratislava 1985]

- habituácia – učenie sa nereagovať (individuálny charakter habituáčnej krivky),
- senzitivácia – narastanie sily reakcie,
- klasické podmieňovanie (Pavlov) – vytvorenie asociácie medzi podmieneným (zvonček) a nepodmieneným podnetom (podanie potravy),
- inštrumentárne (operačné) podmieňovanie (Skinner) – asociácia medzi voliteľnou reakciou a následnou odmenou - posilnením (to môže byť záporné – "trest"),
- diskriminačné učenie,
- bludiskové učenie,
- učenie s oneskorenými odpoveďami (potkan – sekundy, pes desiatky sekúnd, opice – desiatky minút),
- učenie napodobňovaním.

Čo sú zvieratá schopné naučiť sa, je druhovo špecifické. Napr. ak potkan ochorie zo sladkej vody, už nikdy sa jej nenapije, ale ak jej závadnosť signalizuje napr. červené svetlo, nevytvorí si asociáciu. Prírodný výber urobil druhy citlivé na isté kauzálne reakcie a na iné nie.

imprinting – húsatka Konrada Lorenza považujú za mamu prvý pohyblivý objekt.

kritika behaviorizmu: Učenie môže nastať aj bez okamžite viditeľnej zmeny správania – mení sa vnútorný kognitívny stav. XOR sa nedá naučiť posilňovaním asociácií, vyžaduje si vnútornú reprezentáciu.

7.2 Učenie z výpočtového hľadiska

učenie je konštrukcia nových programov z prvkov získaných skúsenosťou (či už je to nový fakt, koncept/kategória alebo zručnosť). Metódy konštrukcie sú sami o sebe programom, ktorý má na vstupe skúsenosti a modifikuje a vytvára programy riadiace správanie. Aj tento program mohol byť získaný (aj učiť sa sa možno naučiť), ale zase pomocou iného programu, atď – malá sada učiacich procedúr musí byť vrodená.

3 triedy učiacich sa programov:

1. ľubovoľné kombinovanie existujúcich elementov a feedback o úspešnosti – neodarwinizmus, malá šanca na získanie niečoho rozumného bez ohraničení
2. konštruujú sa iba schopné programy – vyžaduje si veľa info o doméne a je použiteľné iba pre triviálne úlohy

3. generovanie s čiastočným obmedzením

konceptuálne učenie – Fodorov argument o logike bez/s kvantifikátormi: Nový koncept nie je vyjadriteľný, teda ani naučiteľný, teda všetky koncepty musia byť vrodené. (ale potom nemôžu byť ani vrodené, lebo sa nemohli evolučne vyvinúť ináč ako katastrofickou mutáciou).

Učenie nemôže zvýšiť výpočtovú silu, ale môže zvýšiť logickú alebo konceptuálnu. Príklad: sčítanie na základe successorov. (konceptualizácia v dejinách vedy – odkaz na Kvasza)

Čo (aké programy, resp. gramatiky) je možné sa naučiť:

pojmy: učiteľ, vzorka – textová/informovaná, obrazce (príklady), priestor hypotéz, limitná konvergencia

Málokedy viem konkrétnu množinu kandidátov (gramatík), z ktorých jedna je tá pravá, ktorú sa mám naučiť. Predpokladajme, že poznám triedu, do ktorej gramatika patrí.

Rozumné gramatiky sú väčšinou nekonečné. Ak dostávam pozit. aj negat. príklady (informovaná vzorka), nikdy neviem, či už som na tej správnej gramatike (vedecká teória nemôže byť definitívne potvrdená, len vyvrátená). Preto je kritériom naučenie sa v limite (lim. konvergencia) – ak už nebudem musieť zmeniť hypotézu.

Goldov algoritmus induktívnej inferencie gramatík vyberá postupne hypotézy z nekonečného usporiadaného (dá sa usporiadať – každá gramatika má len konečne veľa pravidiel) zoznamu vs. gramatík danej triedy a hypotézu zmení na základe kontrapríkladu. Raz určite v zozname príde na rad tá správna gramatika.

Goldova veta o informovanej vzorke: Proces induktívnej inferencie na informovanej vzorke v limite konverguje pre rekurzívne gramatiky (tie, kde je efektívne rozhodnuteľné, či gramatika generuje daný reťazec: regulárne, bezkontextové a kontextové, ale nie všetky jazyky sily TS).

Učenie na textovej vzorke (iba z pozit. príkladov) nestačí pre gramatiky nekonečných jazykov, presnejšie:

Goldova a Feldmanova veta o textovej vzorke: Nech trieda hypotéz obsahuje všetky gramatiky generujúce konečné jazyky a aspoň jednu gramatiku, ktorá generuje nekonečný jazyk. Ak algoritmus induktívnej inferencie dostáva iba textovú vzorku, nie je zaručená jeho limitná konvergencia.

3 možné východiská:

1. efektívnejší učiaci program
2. ohraničenia množiny možných gramatík
3. slabšie kritérium naučenia ako v limite.

ad 1 – vo všeobecnosti nie je možné prekonať Goldov program

ad 2 – ak eliminujeme všetkých okrem konečného počtu kandidátov, je možné sa naučiť gramatiku ľubovoľnej sily (čosi ako dedukcia). Pre indukciu treba slabší pojem naučenia.

Pri rozumnom učení sa hypotéza nevyberá zo zoznamu, ale sa generuje na základe predložených príkladov – hľadajú sa regularity a zovšeobecňuje sa. Sémantické siete – nutné a typické relácie. Rýchlosť učenia závisí od dobrej vzorky (domčeky). Úloha kognitívneho konfliktu.

Chomsky tvrdí, že možných ľudských jazykov je len konečne veľa a ich princípy sú vrodené (univerzálna gramatika). Deti si nastavujú konkrétne parametre daného jazyka z pozitívnych príkladov (gramaticky správnych viet).

7.3 Úloha praktizovania pri učení

Newell – Rosenbloomov zákon učenia: Ak na os y nanesieme logaritmus času na vykonanie úlohy a na os x logaritmus počtu vykonaní, dostaneme klesajúcu priamku. (Pri úlohách, ktoré možno okamžite vykonať bezchybne, napr. čítanie textu hore nohami. Fyzikálna bariéra minimálneho času).

Keby úloha pozostávala z častí a praktizovaním by sa čas na vykonanie podúlohy skracoval konštantnou rýchlosťou, proporcionálne by sa skracoval aj čas na celú úlohu. Učenie sa ale spomaľuje. Možné vysvetlenie: učením sa prvky organizujú do stále väčších zhlukov (chunks), napr. pozície na šachovnici. Čím väčšie zhluky, tým sa zriedkavejšie objavujú a teda možností naučiť sa ich je stále menej.

učenie v ACT: propozičné znalosti sa postupne kompilujú do procedúr. Anderson to dokumentuje napr. na príklade ovládania jazykov (materinskú reč, tak ako sa ju naučí, človek ovláda v podobe procedurálnych znalostí. Teda dokáže ju používať rýchlo, efektívne, ale (pokiaľ nedostane separátne výcvik, napr. výučbu gramatiky v škole) nedokáže podstatu týchto vedomostí opísať. Naproti tomu pri výučbe cudzích jazykov (predpokladajúc klasický štýl výučby) sa človek naučí akési pravidlá, zásady, ktoré vie dobre zopakovať (napr. gramatické pravidlá), ale vlastné používanie jazyka je hlavne spočiatku pomalé a ťažkopádne. Tu ide teda o príklad deklaratívnych poznatkov. (Keď sa cudzí jazyk začne používať častejšie a jeho praktické ovládanie sa prehĺbi, znamená to posun k procedurálnej reprezentácii, k vytvoreniu akýchsi efektívnych kompilátov.) Alebo učiť sa šoférovať.

učenie v NS: s učiteľom (minimalizácia štvorca chyby, napr. BP) alebo bez (posilovanie asociácií, hľadanie regularít a kategorizácia vstupných dát – klustrovaním vznikajú prototypy)

(koniec predn.)

8 Usudzovanie

rôzne typy usudzovania – obr. str. 220, dedukcia, indukcia, tvorivosť.

8.1 Dedukcia

ak sú splnené predpoklady, musí platiť aj záver.

sémantická informácia –záver odvodený dedukciou neprináša viac sém. info (teda nezužuje možné stavy sveta) ako premisy, pri indukcii áno.

príklad s vraždou v kine – používa sa general knowledge

formálne odvodzovanie – pravidlo Modus Ponens

rezolvenca – jediné univerzálne pravidlo: z $A \vee B, \neg A \vee C$ odvodí $B \vee C$. (+ backtracking = PROLOG).

Ľudia neodvodzujú všetky možné dôsledky (deduktívny uzáver), ale len "minimálne".

Inferencia ovplyvnená sémantickým obsahom (Karty A,B,2,3 [JL-225] – viac omylov, ako pri sémanticky zmyslupnejšej úlohe).

V expert. systémoch sú doménovo špecifické pravidlá – vieme ale dedukovať aj v neznámých doménach.

8.1.1 Mentálne modely

[gentner]

Pokúsme sa o definíciu, resp. charakteristiku pojmu "Mentálny model". D. Normana píše: *"Mentálne modely (na rozdiel od konceptuálnych modelov vytvorených umelo vedcami alebo učiteľmi na popis daného systému) sú prirodzené, "nadivoko" rozvíjajúce sa modely. Počas interakcie s cieľovým systémom si ľudia formulujú, vytvárajú mentálny model daného systému. Tieto modely nemusia byť technicky presné (a obvykle ani nie sú), ale musia byť funkčné. Človek počas interakcie so systémom pokračuje v modifikácii svojho mentálneho modelu, aby dosiahol funkčný výsledok. Mentálne modely sú podmienené vecami ako sú užívateľovo technické zázemie, jeho predošlé experimenty a skúsenosti s podobnými systémami, a štruktúra ľudského systému spracovania informácií."*

Norman potom pokračuje zhrnutím svojich pozorovaní vlastností mentálnych modelov:

- Mentálne modely sú nekompletné
- Ľudia často nevedia ako "spustiť, odštartovať" svoje mentálne modely
- Mentálne modely sú nestále: ľudia často zabúdajú detaily systému s ktorým pracujú, hlavne keď dané detaily neboli dlhší čas využívané
- Mentálne modely nemajú pevné ohraničenia: podobné zariadenia alebo operácie sa ľahko vzájomne zamenia
- Mentálne modely sú "nevedecké": ľudia často uchovávajú vo svojich modeloch akési "poverčivé" kusy informácií, hoci sami vedia, že sú nepotrebné.
- Mentálne modely majú tendenciu minimalizovať spotrebu mentálnej energie: ľudia často uprednostnia manuálne, fyzické kroky (často aj zdĺhavé a komplikované) pred trochu seriózneho zamyslenia sa, ktoré by eliminovalo prebytočnú fyzickú námahu.

(Popis tvorby MM (podľa kap. 8) + využitie MM, MM reasoning (kap. 7))

8.1.2 Dedukcia cez modely

1. predstav si situáciu opísanú premisami
2. sformuluj informatívny (t.j. nie explicitne obsiahnutý v premisách) záver, ktorý je pravdivý v tejto situácii
3. hľadaj alternatívny model, v ktorom platia premisy a neplatí záver. Ak taký nie je, záver je platný

príklady: skeptici a vedci, archeológovia, biológovia a šachisti.

Usudzovanie na základe modelov je v súlade aj s nasledovnými pozorovaniami:

- ľudia robia omyly pri myslení – nespomenú si všetky modely, ale len najbežnejšie,
- modely umožňujú usudzovať aj pri podurčenej úlohe, vtedy sa tvorí model na základe skúsenosti (schémy, stereotypy).
- Usudzovanie je ovplyvnené obsahom, podľa toho aké modely nás napadnú skôr, a ktoré opomíname.
- Modely vysvetľujú nielen dedukciu, ale aj iné typy usudzovania.

(koniec predn.)

8.2 Indukcia

za nárast sémantickej info sa platí tým, že záver nemusí nutne platiť a možno ho bude treba revidovať.

16mesačné dieťa: koncept "sneh" = sneh, biely chvost koníka, perina, biela hračka, fľak rozliateho mlieka (overgeneralisation). Neskôr sa pojem spresňuje.

Ľudský kortex obsahuje neuróny detekujúce "podozrivé zhody" vo vstupných dátach.

príklad s kiahňami.

Indukcia zahŕňa generalizáciu aj špecializáciu: koncept má byť dosť všeobecný na to, aby pokrýval všetky pozitívne príklady, ale dosť špecifický, aby nepokrýval žiaden negatívny príklad.

Ak mám textovú vzorku (len pozit. príklady), začínam s najšpecifickejšou hypotézou (horúčka, kašeľ, trasenie).

príklad s postupnosťou čísel 2,4,6.

Ľudia majú tendencie generovať príklady, ktoré potvrdzujú ich hypotézu a nie také, ktoré by ju mohli falzifikovať.

Koncepty sú: relácie (nohy *držia* stôl), prototypy (E. Rosch), rodinné podobnosti (Wittgenstein)

8.2.1 Algoritmy indukcie

príklady oblúkov:

1. Ak sa vynechaním atribútu A pozitívny príklad stane negatívnym, tak A je nutný atribút konceptu K.
2. Ak sa pridaním atribútu A pozitívny príklad stane negatívnym, tak A je zakázaný atribút konceptu K.

3. Ak sa dva pozitívne príklady odlišujú v atribúte A1 resp. A2, v koncepte K ich nahradím ich "nadpojmom" (otcom v hierarchii). Ak nemajú spoločného otca, nahradím disjunkciou $A1 \vee A2$.

príklad so štvorcami a kruhmi:

1. Ak majú všetky pozitívne aj negat. príklady spoločnú vlastnosť, považuj ju za irelevantnú.
2. Ak majú všetky pozitívne a žiaden negatívny príklad nejakú vlastnosť, táto je diskriminujúcim kritériom.
3. Vyber vlastnosť, ktorú má spoločnú najviac pozitívnych príkladov a umiestni ju do rozhodovacieho stromu. Podľa nej sa všetky príklady delia do dvoch tried, na ktoré sa tento algoritmus uplatní rekurzívne.

Pri zovšeobecňovaní má veľkú úlohu znalosť variability vlastností – el. vodivosť chem. prvkov a tučný príslušník exotického kmeňa.

Príklady:

- Je viac slov s R na začiatku alebo na 3. mieste?
- Odhad súčinu $1 \times 2 \times \dots \times 8$ resp. $8 \times 7 \times \dots \times 1$.
- Bill – účtovník, ktorý hrá jazz [JL-252].

Pri uvažovaní o pravdepodobnosti formulujeme scenáre. Ak ma nenapadne rozumný scenár vedúci k udalosti, považujem ju za nepravdepodobnú, ak ma naopak napadne veľa scenárov alebo niektorý je zvlášť presvedčivý, považujem udalosť za pravdepodobnú.

8.3 Tvorivosť, analógia

[JL-kap.14]

vlastnosti tvorivého procesu:

1. Ako aj ostatné mentálne procesy, začína z nejakých daných stavebných blokov – nedá sa tvoriť z ničoho.
2. Proces nemá presne stanovený cieľ, len nejaké obmedzenia alebo kritéria, ktoré má spĺňať.
3. Výsledok tvorivého procesu musí byť pre daného tvorca nový, nie len vybavený alebo vnímaný ani nie skonštruovaný popamäti alebo deterministickou procedúrou.

Tri typy architektúry tvorivého procesu – zodpovedajú 3 triedam učiacich sa programov.

Ľudia sú lepší kritici ako tvorcovia – znalosť je im prístupnejšia pre overovanie ako pre generovanie.

príklady: Lenatov AM, hudobné improvizácie.

Analógia:

Program Thagard, Holyoak: množina definícií konceptov a pravidiel nejakej domény a zadanie cieľového problému. Užívateľ dodá pravidlá mapovania konceptov z jednej a druhej domény. Ak sú aktívne aspoň dve linky z cieľového do nejakého problému, ten sa aktivuje a použije ako báza analógie pre cieľový problém. To čo sa transferuje medzi doménami je sekvencia akcií použitých v prvom probléme alebo "high-level" relácie (Gentner).

Úspešný hľadač analógií vie obmedziť počet relevantných možností už v generatívnej fáze.

(koniec predn.)

9 Vedomá a nevedomá myseľ

9.1 Výpočtová teória vedomia

architektúra pozostáva z hierarchie distribuovaných paralelných procesorov. Výhody – rýchlosť, robustnosť a špecializácia. Nevýhody – možnosť deadlocku alebo konfliktov. Preto vzniká hierarchia – modul vyššej úrovne je rozhodcom pri konflikte (viď [M. Takáč: Piagetove experimenty, spoločenstvo mysle a konflikty]).

Na najvyššej úrovni je operačný systém, ktorý riadi a monitoruje procesory nižšej úrovne. Komunikuje symbolovými inštrukciami. Môže monitorovať obsah svojej pracovnej pamäte. Jej obsah tvorí to, čo je vedomé. (To, čo reprezentujú nižšie procesory je nevedomé.)

konflikt medzi vedomými a nevedomými procesmi u ľudí:

nezámerné pritiahnutie pozornosti pri počutí svojho mena, neschopnosť prestať fajčiť, aj keď chcem (interný konflikt medzi cieľom OS a nižších procesorov), hysterické paralýzy, blind-sight, efekty komisurotómie (operatívneho prerušenia spojenia medzi mozgovými hemisférami – neschopnosť pomenovať objekty v ľavej časti vizuálneho poľa (ľvp), emócie strachu ak v ľvp ukázali niečo strašné alebo nevedomé poslušnutie príkazu CHOĎ ukázaného v ľvp.)

sebareflexia:

Turingov stroj, ktorý na páske vytlačí reprezentáciu samého seba. Minsky: stroj by mal mať interpretujúci program, ktorý by vedel predpovedať ako sa zachová v hypotetickej situácii. Ľudia ale nemajú prístup k svojej kompletnej internej reprezentácii, skôr majú *mentálny model* samého seba.

Ako sa tento model mohol evolučne vyvinúť [Gärdenfors: Cued and Detached Representations in Animal Cognition]:

Plánovanie: Plán musí zvažovať akcie ostatných. Treba vidieť iných nie ako konajúce predmety, ale že majú vnút. prostredie (VP) – na to potrebujem reprezentáciu mysli ostatných.

Klamanie: Klamanie chytrého – ten má reprezentáciu mňa. Skratka: ja mám vo svojom VP repr. môjho VP.

schopnosť meta-usudzovania:

Sebareflexívna procedúra OS skonštruuje model svojej činnosti a potom na ňom operuje. Vnárание takýchto metareprezentácií je obmedzené kapacitou pracovnej pamäte.

Úroveň 0: Úloha: "Čo idem teraz urobiť – budem počúvať prednášku ďalej, alebo si zbalím veci a pôjdem do bufetu?" Na rozriešenie úlohy úrovne 0 využijem niektorý z mechanizmov úrovne 1.

Úroveň 1: Úloha: "Ktorú rozhodovaciu stratégiu si zvolím – zvažím preferencie, opýtam sa manželky alebo si hodím mincou?". Využijem úroveň 2.

Úroveň 2: racionálne si vyberiem niektorú z možností.

Rozhodovacieho mechanizmu na najvyššej úrovni si obvykle nie som vedomý.

Pacienti s mentálnou chorobou, poškodením mozgu nemusia mať viac prístup k modelom samých seba alebo k reflektívnej procedúre. Konajú so zníženou zodpovednosťou a nie sú schopní sebareflexívneho diškurzu. Autizmus a schizofrénia – poruchy v systéme metareprezentácií. Stres takisto negatívne ovplyvňuje sebareflexívnu kapacitu.

dve kategórie obsahov vedomia:

1. symbolové – idey, viery, hypotézy
2. nesymbolové – pocity a fyzické vnemy

9.2 Potreby, motivácia, emócie

Evolučná funkcia emócií : riadiaci mechanizmus interakcií s ostatnými príslušníkmi druhu.

Triedy dôležitých udalostí v sociálnom živote živočíchov:

Vytváranie a rušenie väzieb medzi potomstvom a tými, čo sa oň starajú

Akceptovanie alebo odmietnutie zväzku medzi partnermi

agresia alebo útek voči rivalovi a analogické vzťahy predátor - korisť.

Typy evolučne základných emócií: šťastie, smútok, hnev, strach, znechutenie [JL-371]

potreby – smädný potkan [JL-372]

výpočtová teória potrieb:

Niektoré procesory produkujú vrodene signály (napr. neurotransmitery) pri detekcii potreby. Signál nemá symbolovú povahu ani vnútornú štruktúru. Procesy si posielajú signály a keď je určité množstvo aktivované, môžu spustiť fyziologickú reakciu. To vysvetľuje aj javy ako konflikt potrieb, keď nejaká sada procesorov je v jednom móde a ďalšia v inom. Smäd – zo začiatku môžem signály vedome ignorovať, ale ako sa zobúdzajú viac a viac procesorov, myšlienky na uspokojenie smädu začnú okupovať moje vedomie – potreba vždy nakoniec vyhrá.

Emócie fungujú podobným mechanizmom, akurát pochádzajú z kognitívneho vyhodnotenia udalosti. Ak sa symbolová správa o tom nedostane do vedomia, môžem cítiť emóciu a nevedieť prečo (E. Hess – pokus s fotografiami a rozšírenými zreničkami).

Externé vyjadrovanie emócií má evolučnú výhodu (varovné volania, sociálne rituály)

Neoddeliteľnosť emócií a kognície – pokusy s percepciou emočne nabitých slov, Jungov asociačný experiment, efekt emočného kontextu pri vybavovaní z pamäti. Emócie nie je možné vynechať z modelu kognície!

Komplexné emócie – závisia od modelu seba (výčitky svedomia, hrdosť, sebanenávisť) a druhých (žiarlivosť, obdiv) – kultúrna podmienenosť.

Koncept citov – keďže signály nemajú symbolovú štruktúru, nemôžu pre ne existovať analytické koncepty – sú len koncepty pre scenáre, kedy emócie prichádzajú, ich príčiny, príznaky a dôsledky.

Jediný spôsob, aby robot mal rovnaké city ako my je, ak bude mať rovnaké potreby, sociálne ciele a bude riadený rovnakým interným kódom ako my.

Slobodná vôľa – výpočtová teória ľudskej kognície jej neupiera slobodnú vôľu – môžeme úplne porozumieť nedeterministickému systému, hoci jeho správanie nie je možné predikovať, rovnako je to aj s evolúciou – poznáme jej mechanizmy, ale nevieme predikovať aké nové druhy sa najbližšie vyvinú.

10 Obsah

1	Úvod: čo je to kognitívna veda	2
1.1	Definícia KV a jej predmetu skúmania.....	2
1.2	História KV	2
1.3	Metodologické problémy kog. vied	3
2	Mentálne procesy a reprezentácia	5
2.1	Konceptuálna reprezentácia: od konekcionizmu k symbolom	5
3	Percepcia I. - videnie.....	9
3.1	Formulácia problému videnia	9
3.2	Zraková sústava	9
3.3	Jednotlivé kroky spracovania obrazu	10
3.4	Zhrnutie.....	16
3.5	Vnímanie farieb	17
4	Percepcia II. – ostatné zmysly	19
4.1	Počutie.....	19
4.2	Chuť, čuch.....	19
4.3	Dotyky, chlad, teplo.....	19
5	Pamäť	20
5.1	Organizácia pamäte.....	20
5.2	Neuropsychológia pamäte.....	22
5.3	Dlhodobá pamäť (LTM)	23
5.4	Mechanizmus ukladania.....	24
5.5	Dva počítačové modely architektúry mysle:.....	24
6	Komunikácia	26
6.1	Kognitívne predpoklady pre vznik jazyka	26
6.2	Úrovne analýzy jazyka.....	28
6.3	Modelovanie vývoja jazyka	30
7	Učenie	37
7.1	Učenie u zvierat	37
7.2	Učenie z výpočtového hľadiska	37
7.3	Úloha praktizovania pri učení.....	39
8	Usudzovanie.....	40
8.1	Dedukcia	40
8.2	Indukcia.....	41
8.3	Tvorivosť, analógia.....	42

9	Vedomá a nevedomá myseľ.....	43
9.1	Výpočtová teória vedomia.....	43
9.2	Potreby, motivácia, emócie.....	44
10	Obsah.....	45