

## 5. SISTEMSKA KOGNITIVNA NEVROZNANOST

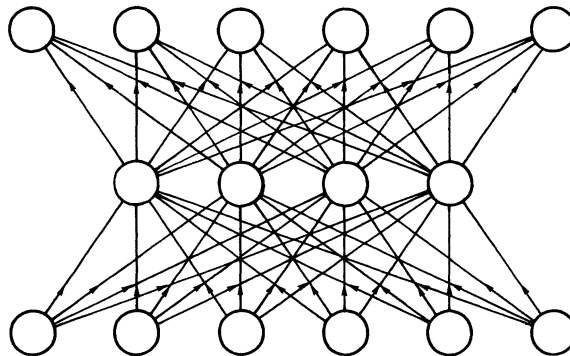
### 5.1. FILOGENETSKI RAZVOJ BIOLOŠKIH STRUKTUR IN PREHOD K VIRTUALNIM STRUKTURAM

Že pri nižjih živalih (npr. hidroidnih polipih) se sprejem signalov in organizacija gibanja ustvarja z difuznim oziroma mrežastnim živčnim sistemom. Ni nobenega živčnega centra, temveč se "živčno težišče" seli iz enega v drugi del sistema. Z napredovanjem evolucije se je živčni sistem diferenciral. V prednjem delu možganov (v smeri premikanja) se se razvili specializirani prejemni (receptorni) sistemi nevronov, prednji gangliji pa so obdelovali dobljene informacije. Kasneje so se nevroni specializirali za izolirano zaznavanje vidnih, slušnih, kemijskih, tipnih, vonjalnih idr. dražljajev, za njimi pa se je razvila kompleksna funkcionalna struktura z asociativnimi in medprostornimi nevroni, ki sintetizirajo informacije čutil. Tako je že pri vrtničarjih in nadalje žuželkah idr. Pri vretenčarjih spremljamo razvoj centralnega živčnega sistema oziroma možganov: pri pticah vodijo medmožgani, ki že "sinergirajo"; pri sesalcih izstopi možganska skorja, ki že omogoča individualno-spremenljivo vedenje v dinamičnem okolju in s tem nadgradi prirojene vzorce. Kaže, da so se v evoluciji simetrične asociativne in plastovite nevronske mreže izmenično razvijale druga iz druge.

Pri človeku se (glede na psa) nekajkrat povečajo terciarni (to so asociativni) predeli velikih možganov – spodnjemetemski in čelni predeli. Vplivom naravnega okolja se dodajo še družbeno-zgodovinske okoliščine. Intenzivno se razvije sposobnost simboliziranja in kodiranja informacij, ki zaživi v jeziku kot dinamičnem psihofizičnem "organu-procesu" (Chomsky idr., 1990).

Kodiranje in sinteza informacij se torej zelo uveljavita. Nevronske mreže postajajo v višjih živčnih centrih vse bolj UNIFORMNE (Oakley, 1985; Ebdon, 1993) in gosto prepletene, torej asociativne. To bi v idealnem modelu pomenilo, da je vsak nevron enakovreden ter z vsakim drugim dvosmerno povezan (signali lahko potujejo v obe smeri). V realni mreži sicer niso vsi nevroni povezani z vsemi, vendar ni napak, da mrežo v približku modeliramo kar takole, ker so ODLOČILNI predvsem ATRAKTORJI! To dejstvo nas srečno rešuje iz zagat, ki jih prinašajo še neraziskane nevrofiziološke strukture. Zato je splošnost naše systemske razprave obvarovana, ne glede na fiziološke detajle. Tudi matematično so dokazali, da razredčena mreža deluje precej podobno polnopravilno (Palmer idr., 1991 (str. 45–48), Peretto, 1992). V drugi interpretaciji pa so za osnovne dvosmerno interagirajoče elemente v simetrični mreži izbrani celi KORTIKALNI STOLPCI.

Za subkortikalne predele možganov so značilnejše večplastne nevronske mreže, v katerih potujejo signali najprej le v ENO SMER: od "vhoda" (senzornih sistemov) proti "notranjosti", kjer se informacije primerjajo in sintetizirajo. Višje asociativne mreže so bolj simetrične oziroma uniformne in se specializirajo šele na nivoju vzorcev, ki jih oblikujejo. Tako so bolj prožne in prilagodljive. Nižje PLASTOVITE nevronske mreže (njihovi modeli so PERCEPTRONI: slika 16) pa so specializirane že na nivoju nevronov in samo sprejemajo dražljaje, jih razporejajo v razrede ter le delno obdelane pošiljajo dalje. Razliko uvidimo, če primerjamo sliko 7 in sliko 16.



Slika 16. Perceptron – model večplastne mreže, kjer signali napredujejo le v eno smer; brez povezav znotraj istega nivoja

Srednja plast na shemi perceptronskega modela vsebuje kardinalne celice, ki ustrezajo nastajajočim razredom. V primarnih plasteh možganske skorje so odkrili (Lurija, 1983) na primer kardinalne nevrone, ki so specializirani za detekcijo pravokotnih ali samo fino zaobljenih linij, samo za ostre kote, samo za okrogle obrise, samo za gibanje točke od središča k periferiji ali samo od periferije k središču, za visoke ali za nizke tone, za specifične kinestetične, zvočne ali svetlobne dražljaje (npr. le pojav ali prenehanje svetlobnega snopa) idr. V sekundarnih plasteh skorje pa dobimo specifične odzive na še bolj zapletene lastnosti: na ritmične zvočne strukture, specifičen nagib, debelino ali konfiguracijo linije, na specifične vrste signalov ali na določeno število vidnih oziroma slušnih dražljajev itd.

Kot je vidno na sliki 16, nevroni v perceptronski mreži niso povezani med seboj v isti plasti, temveč njihove vezi vodijo le do celic višje plasti. Zato je perceptron manj prilagodljiv in bolj determiniran kot asociativna mreža, kjer so nevroni enakovredno povezani med seboj. Bolj determiniran pomeni, da je njegova funkcionalnost vgrajena v strukturo biološke mreže same. V perceptivnem aparatu se izvaja tudi LATERALNA INHIBICIJA (zatiranje) med sosednjimi nevroni, ki je dobro modelirana s KOHONENovimi mrežami (Kohonen, 1982, 1987). V teh mrežah se na specifičen dražljaj najbolj odzove specifičen nevron, potem ko je ob zatiranju sosedov zmagal v tekmovanju med nevroni (princip "zmagovalec dobi vse").

Pri asociativnih mrežah pa vsi razredi in opredeljene kategorije ne nastajajo na nivoju bioloških nevronov, temveč šele na ravni vzorcev kot konfiguracij nevronov. Asociativne sintetične strukture so torej virtualne oziroma "nadmaterialne"; so gestalti bioloških nevronov. Virtualni vzorci pa so seveda mnogo bolj spremenljivi, prožni in sintetični. Šele oni omogočajo vzrast človeka v duševno bitje kot velik evolucijski korak, ki ga je omogočil prehod od enosmernih plastovitih nevrnskih mrež (perceptronov) samih k nadgradnji le-teh z bolj uniformnimi asociativnimi nevrnskih mrežami v možganski skorji. V zadnjem stavku smo mislili, kot vselej, na modele, ki najbolj ustrezajo dejanskemu živčnemu omrežju.

Simetrične asociativne nevrnske mreže same in edine seveda ne bi bile primerne, saj ne bi bile sposobne hitre določitve in klasifikacije dražljajev iz hitro spreminjajočega se okolja. V poštevek pridejo šele kot sintetična nadgradnja dodelane perceptronske analize. Taka kombinacija daje smisel tudi dediščini filogeneze oziroma dejstvu, da se možgani ne le funkcionalno spreminjajo, temveč predvsem nadgrajujejo.

Na virtualnem nivoju se tudi asociativne mreže v možganski skorji vzorčno diferencirajo v hierarhijo soodvisnih virtualnih struktur (funkcionalno podobno, kot je hierarhizirana primarna plast fiziološko). Pri primarni plasti skorje, kjer poteka zaznava (modelirano s perceptroni), smo torej govorili o FIZIOLOŠKI HIERARHIZACIJI, pri višjih asociativnih plasteh pa se razvije (tudi) VIRTUALNA HIERARHIZACIJA. To dogajanje najoptimalneje modeliramo s Hakenovim sinergetskim modelom. Treba je poudariti, da so možganska omrežja nevronov vselej kombinacija različnih arhitektur, ki se prepletajo na različnih velikostnih in funkcionalnih stopnjah. Po nekaterih kriterijih je takšnih možganskih arhitektur okoli 400, te pa se še dodatno sestavljajo in povezujejo v komplekse. Oblikujejo se povratne zanke, tako biološko-strukturne (posebne povezave med nevrnskih mrežami) kot tudi funkcionalno-informacijske (signali določenega pomena med nevroni) in celo virtualno-informacijske (odnosi določenega pomena med vzorci).

Tukaj je treba še enkrat poudariti veliko kvalitativno spremembo, ki jo pomeni prehod od stanj posameznih nevronov (ki ponazarjajo neko informacijo, merjeno v bitih) prek vzpostavitve odnosov (vezi in korelacij) med nevroni do konfiguracij množice nevronov (ki odtlej predstavljajo gestaltno informacijo, merjeno v številu vzorcev). To je prehod od predstavitve modela oziroma sklopa informacij s stanji (vsebinami) nevronov k predstavitvi s konfiguracijami stanj, katerih posameznosti se zlijejo v vzorec-mozaik. Ta vzorec pa pomeni tedaj novo stanje – skupinsko stanje nove kvalitete, ki se stabilizira kot optimizirano stanje maksimalne usklajenosti nevronov oziroma minimalne energije sistema nevronov.

## 5.2. MOŽGANSKA SKORJA

Najprej navedimo nižje dele živčnega sistema, ki sodelujejo pri organizaciji in regulaciji operacij možganske skorje. Gornji del možganskega debla in HIPOTALAMUS uravnava homeostazo, ki zajema termoregulacijo, ravnotežje izmenjave materije, ki omogoča dihanje, hranjenje in obnovo, krmiljenje endokrinih žlez idr.

Možgani so samoregulacijski sistem. V možganskem deblu je tudi RETIKULARNA FORMACIJA. To je zapletena mreža živcev, ki sprejema živčne signale iz raznih možganskih središč in jih razpošilja vsepovsod, vzdržuje budnost in filtrira informacije. HIPOKAMPUS razporeja spominske sledi (engrame) po možganski skorji (Vodovnik, 1991).

Možganska skorja in subkortikalne formacije sestojijo iz "sive substance" (nevronske celice) in "bele substance". Slednje sestavljajo aksoni, ki povezujejo posamezne predele skorje in jo spajajo s perifernimi in subkortikalnimi strukturami.

Prekinitev povezav med posameznimi področji možganske skorje ne povzroči nujno znatne spremembe v vedenju organizma. To dodatno nakazuje asociativno funkcionalnost in "medsebojno informacijsko vsebovanost" vsebin nevronov v paralelno-distribuiranem nevrnskem sistemu ("vse v enem, eno v vsem"). Tako del mreže lahko asociativno obnovi delovanje celotne mreže ali ga nadomesti. To je razlog, zakaj celo težke poškodbe ali kirurška odstranitev asociativnih predelov možganske skorje ne uničijo nujno delovanja. Pač pa prekinitve povezav med možgansko skorjo in nižjeležečimi strukturami pogosto povzroči znatne motnje regulacijskih funkcij.

Nova možganska skorja (NEOKORTEKS) je navpično organizirana v šest plasti celic, od katerih se le spodnje povezujejo s periferijo. 4. sloj se veže s čutili, 5. sloj (ki vključuje gigantske piramidalne celice) pa z mišicami. Ločujejo se naslednja PROJEKCIJSKA SENZORIČNA območja: vidno (zatilno), slušno idr. (senčno) in območje splošne občutljivosti (temensko) (Lurija, 1983). Nanje se topološko korektno preslikajo polja receptorjev (nevronov v čutilih). Tem primarnim slojem sledita 2. in 3. sekundarna plast, ki ju sestavljajo celice s kratkimi aksoni in predelujejo informacije iz 4. in 5. plasti. Slednji sestavljata INTEGRATIVNE ali asociativne nivoje skorje, kamor spadata npr. Broadmanovi polji št. 39 in 40. Predstavljajo interpretativna področja, "kjer samozavedajoča duševnost vzpostavi stik z možgansko skorjo" (kot je dualistično rečeno v: Vodovnik, 1991).

Terciarni predel možganske skorje, ki ga sestavljajo mejne cone med kortikalnimi sekundarnimi območji, sintetizira vse informacije iz podrejenih plasti. Terciarni predel je torej območje preseka (soprekrivanja) kortikalnih območij posameznih analizatorjev ter nosi najbolj zapletene integralne funkcije možganov. Sestavljajo ga izključno asociativne mreže, ki nimajo neposredne zveze s periferijo. Terciarni predeli se nahajajo na stikih zatilne, zadnjecentralne in senčne skorje.

Podobna je hierarhična organizacija motoričnih predelov, le da gredo operacije tudi v nasprotni smeri:

signali potujejo iz opisanih višjih asociativnih plasti proti motorični periferiji. Pri tem pa se na osnovi posameznih impulzov v višjih motoričnih integracijskih plasteh sintetizirajo sistemi gibov in sestavljenih kretenj.

Da v zgornjih predelih skorje prevladujejo asociativne nevrnske mreže, dokazuje število povezav na število nevronov. Perceptronske mreže imajo manj povezav, saj le-te potekajo le od nižje k višji plasti, ne vežejo pa se nevroni iste plasti. Asociativne mreže pa imajo precej več povezav, saj se nevroni oziroma kortikalni stolpci vežejo med seboj enakopravno in v parih (v modelu vsak nevron ali kortikalni stolpec z vsakim drugim, v praksi pa večina z večino neposredno ali pa vsaj posredno). Da v višjih plasteh skorje, kjer vladajo asociativne mreže, domujejo višje duševne funkcije, dokazuje tudi ugotovitev, da ima otrok ob rojstvu že oblikovane subkortikalne formacije in najenostavnejše primarne predele, nima pa še dovolj razvitih sekundarnih in terciarnih plasti skorje. Nerazvitost se kaže v majhni širini oziroma funkcionalnosti teh plasti, majhni površini, ki jo zavzemajo, in v nerazvitosti celic, ki jih sestavljajo. Višji asociativni predeli se torej razvijajo šele z življenjem in učenjem. Šele pri opicah so terciarne strukture diferencirane od sekundarnih; pri drugih živalih to še ni opazno (Lurija, 1983). Tudi pri človeku je NEOKORTEKS PO ROJSTVU ŠE NEDIFERENCIRAN in funkcionalno nedoločen. Šele vpliv zunanjih dražljajev, ki jih skorji prenaša talamus, poganja rast in razvoj neokorteksa ter povzroča hkratno počasno virtualno diferenciacijo in specializacijo (Killackey, 1990).

Razmerje med maso glijalnega tkiva in maso nevrnskih celic evolucijsko narašča. To kaže, da glija-celice niso le podporne celice nevronom, temveč imajo morebiti pomembno vlogo pri možganskih procesih (kot ojačevalniki?, koprocessori?). Tudi razmerje dendriti : aksoni raste v korist dendritov, kar razkriva rastočo razvejnost dendričnega "vejevja".

### 5.3. SINTETIČNA DEJAVNOST SKORJE

Zadnja desetletja se stroga lokalizacija možganskih funkcij v določene predele vsaj za višje duševne funkcije opušta. Posebno to seveda velja za sestavljene funkcije. Lokalizirane so le osnovne funkcije, ki pa ne bodo predmet obravnave v tej knjigi, ker so za to na razpolago mnogi nevrofiziološki in medicinski učbeniki. Že običajno zaznavanje in predstavljanje predmeta je sinteza več osnovnejših zaznav. Nosilec sinteze so v filogenezi živčnega sistema vse bolj postajale specializirane in diferencirane funkcionalne strukture. Take strukture, če so fiziološke narave, so rezultat zelo dolgotrajne evolutivne samoorganizacije živčnega sistema. V višjih centrih pa gre za virtualne strukture, ki se razvijajo s kombiniranjem in superponiranjem vzorcev precej hitreje. Okolju dobro prilagojene strukture se zakodirajo v jakosti sinaptičnih vezi, da se ustrezna stanja nevronov in na njih temelječi vzorci ustalijo.

Prevladuje torej prepričanje, da gre pri možganskih funkcijah za globalne in kompleksne skupke vzorcev in procesov. V sestavljanju le-teh sodelujejo mnogi lokalni predeli in njihove sekundarne ter terciarne nadgradnje. Dražljaji (npr. vidni) se obdelujejo na večih nivojih. Groba diferenciacija in filtracija se opravi že na očesni mrežnici, s tem pa se omogoči npr. refleksni gib brez prejšnje zavestne ali višje možganske obdelave. V subkortikalnih vizualnih jedrih se razločijo npr. različne stopnje svetlosti. Sestavljene oblike vidnega opazovanja se tvorijo v možganski skorji. Končno pa se sinestezije ustvarjajo v terciarni plasti skorje.

V otroštvu sta zaznavanje in pomnjenje osnovna procesa, seveda neodvisna od šele nastajajočih virtualnih struktur. Pri odraslem človeku pa postaneta kompleksna in tesno povezana z višjimi strukturami. Človek ne le opazuje in pomni, temveč tudi primerja, ocenjuje, se spominja in predvideva. V to pa so seveda vključene integrativne asociativne funkcije. Še "najenostavnejšo" oziroma najbolj hitro in elegantno možnost modeliranja dajejo spet simetrične asociativne mreže s prožno virtualno hierarhizacijo. Vzorci kot potencialne vrtače v konfiguracijskem prostoru nevrnskega sistema so gnetljivi, dinamični ter zmogni "kompromisov" – zunanjih (ki jih sklenejo različni vzorci med seboj) in notranjih (vzpostavljenih med lastnimi konstitutivnimi vzorci nižjega reda). Te višje strukture, potem ko so se v duševnem dozorevanju človeka enkrat oblikovale, znatno pogojujejo tudi elementarne funkcije – s tem, ko jih povezujejo v razne kontekste in odnose. Odsekane in prvotno neodvisne poteze se zlijejo v izpoljene postopke – kompleksne gestalte.

Specializiranost struktur možganske skorje od primarnih k hierarhično višjim terciarnim plastem pada. Prav tako se s staranjem človeka težišče vse bolj prenaša k terciarnim strukturam, medtem ko primarne in sekundarne (denimo motorične) dejavnosti postajajo vse bolj avtomatične ali pa so pod nadzorom terciarnih struktur (npr. človek v pomembni situaciji pazi na "držo"). S tem se tudi nove zaznave tolmačijo v luči višjih asociativnih centrov ter v njih nastalih vzorčnih, simbolnih oziroma logičnih sistemov in posplošitev. Nastaja globalni kompromis in medsebojna kompenzacija med pričakovanji, predvidevanji, prepričanji in naravnostjo (notranjim stanjem človeka) ter dejanskim zunanjim stanjem.

Čelni predeli možganske skorje poleg sinteze dražljajev ustvarjajo tudi programirane procese vzbujanja (v povezavi z govorno, miselno in zavestno-plansko dejavnostjo), nadzorujejo tok dejavnosti in beležijo njihovo izvršitev. Razen tega čelni predeli določajo usmerjenost k določenemu cilju gibanja. Ti terciarni prefrontalni predeli so nadgrajeni vsem delom skorje velikih možganskih polobel, in sicer ne samo tako kot terciarni predeli zadnjih delov skorje, ki pokrivajo npr. le dva sekundarna predela. Povezani pa so tudi z medmožgani in možganskim deblom. Tako lahko opravljajo najbolj univerzalno organizacijo splošnega vedenja človeka (Lurija, 1983).

## 5.4. VSEBINE RAZNIH PREDELAV MOŽGANSKE SKORJE

### 5.4.1. Rezultati poškodb in draženja posameznih mest v skorji

Pogosta metoda raziskav v preteklosti je bila sprva opazovanje vedenja ob slučajnih poškodbah možganov pri ljudeh, kasneje pa uničenje določenih središč pri živalih. Tako je poškodba določenega predela možganske skorje lahko povzročila motnjo njegove analitične in sintetične funkcije, ne da bi pri tem zmotili osnovne zaznavnega procesa. Danes se nevropsihologi vse bolj posvečajo globalnim možganskim teorijam: npr. holografskim (Bohm, 1980) in holonomskim (Pribram, 1991), pri čemer skoraj vse temeljijo na zasnovi modelov nevronske mreže, izhajajoč tudi iz omenjenih raziskav.

Predstavimo razne predele možganske skorje z njihovo vsebino, ki se je izrazila pri umetnem draženju teh predelov (Lurija, 1983). Draženje primarne projekcijske plasti vidne skorje s šibkim tokom so vzbujale videnja plamenčkov, pisanih peg, modrih diskov, svetlečih točk itd. Draženje sekundarnega vidnega dela skorje pa povzroča bolj figuralne privide: obraze, slike živali, rastlin, predmete itd., včasih pa tudi sestavljene scene (s strani prihajajoč znanec daje z roko nekakšen znak). Poškodbe sekundarnih plasti preprečujejo integracijo opazovanja – sestavljanje posameznih vtisov v like in zaokrožene celote. Osnovni podvzorcji se ne sintetizirajo v vzorce – gestalte. Pacient normalno posebej zaznava posamezne dele in lastnosti, vendar raztrgano in nepovezano v enotno sliko. Na primer, gleda očala in ugiba: "Krog ... še en krog ... palica ... ne vem ... to mora biti kolo!" V drugem primeru lahko prepozna posamezne dele avtomobila, značilnosti in barve, ne ugotovi pa, da je to njegov avtomobil. Nejasnost povzročajo večpomenske besede, odvisne od konteksta: npr. v povedi "Gori na gori gori".

Poškodbe v terciarnih predelih skorje povzročajo na primer naslednje motnje: zamenjava pomena zaporedja besed (učitelj prijatelj in prijatelj učitelj), nerazumevanje zapletenih stavkov, nezmožnost poimenovanja prepoznanega predmeta, dezorientacija v prostoru in na zemljevidu: zamenjava levo-desno, vzhod-zahod itd.

Ni pa prizadeto sekvenčno procesiranje (npr. zaporedje računskih operacij, plani in vrstni redi dejanj), temveč je ogrožena le zmožnost prostorske sinteze in hkratnih operacij.

Asociativni predeli so torej ustrezni za celovito vidno zaznavanje in sintetiziranje. Logični in miselni procesi algoritmičnega tipa pa zahtevajo drugačne, ne nujno asociativne operacije, kjer je simetrija nevronske mreže zlomljena ter je dinamika sistema usmerjena in kaskadna. Takšno sekvenčno procesiranje lahko udeležujejo tudi virtualne strukture asociativnih mrež (s prehodi ali zveznim prelivanjem iz ene vzorčne konfiguracije, ki je le prehodno stabilna, v novo), vendar to ni nujno. S samoorganizacijo se lahko kodiranje ali zametki simboliziranja določenih vzorcev prenese na določene kardinalne celice ali (pravilneje rečeno) kardinalne domene v naslednji plasti hierarhije, ki pa potem interagirajo med seboj ne kot elementi paralelno-distribuiranih vzorcev, temveč kot nosilci lokalizirane informacije. To bi bil zametek logične aktivnosti z natančno opredeljenimi simboličnimi reprezentacijami in formaliziranimi procesi sklepanja, ki so značilni za raven umetne inteligence in govorne logike.

### 5.4.2. Leva in desna možganska polobla

Znane so razlike med desno in levo možgansko hemisfero. V primarnih slojih razlike še ni, le vlogi desne in leve strani se zamenjata. V sekundarnih plasteh pa se že izkaže, da je leva možganska polobla posvečena razvrščanju v kategorije, govoru, logičnemu, slovničnemu in analitičnemu razmišljanju, upoštevanju pravil itd.; desna polobla pa je namenjena celovitemu sintetičnemu mišljenju, bolj umetniškemu in intuitivnemu dožemanju. Pričakovali bi torej v desni hemisferi bolj asociativne strukture, v levi pa so le-te že močnejše diferencirane in samoorganizirane v bolj trdne strukture, ki delujejo sekvenčno.

Pri asociativnih procesih gre za stapljanje vzorcev in s tem za pretvorbe navpično po hierarhiji vzorcev (npr. posploševanje, globalni vtis). Pri sekvenčnih procesih pa gre za vodoravne transformacije, torej pretežno na istem hierarhičnem nivoju (npr. naštevanje, "abecedovanje", uradni govor, zaporedno računanje). Vendar se je tudi pri sekvenčnih procesih treba zavedati asociativnih in kontekstualnih zvez ter vplivov, kar vodi do uporabe večplastnih asociativnih mrež. Takšne vsebuje na primer Hakenov sinergetski model. Tudi eksperimentalni podatki kažejo, da je funkcionalna organizacija v desni polobli precej manj diferencirana kot v levi. Procesiranje v levi polobli je torej bolj konkretne in formalizirane narave, v desni pa bolj splošno in svobodno.

Desna hemisfera je direktno povezana z zaznavnimi centri in omogoča bolj neposreden, naglo jasen, očiten, nenadzorovan in nezakodiran oziroma formalno nesimboliziran odnos do okolnega sveta. Desna polobla je bolj odgovorna tudi za samoopazovanje, samoidentiteto, samorefleksijo, za orientacijo v navadnem in v abstraktnih prostorih ter okoliščinah, za osebnostne lastnosti in nepojmovno zavest.

Zanimivo je, da človek določa številčnost neke množice pri majhnih količinah (npr. od 1 do 4 ali 5) nemudoma vizualno (vzorec zazna direktno), večje množice pa prešteva (z vzorci operira sekvenčno). Podobno napisane znane besede (npr. svoje ime) prepozna takoj kot en ustaljen vzorec. Manj pogoste besede pa bere po črkah in jih šele nato sestavlja v gestalt ter jih asociativno sproti popolnjuje. Od tod tudi zamenjave npr. "dežnik" in "deževnik" glede na kontekstualno pričakovanje.

Omenimo še pomembno dejstvo, da lahko ena možganska polobla nadomesti funkcijo druge, če je ta onesposobljena ali se ni razvila (Russel, 1987). V splošnem se lahko funkcije uničenih ali kirurško odstranjenih večjih predelov možganov sčasoma obnovijo, ker drugi prevzamejo njihovo vlogo. To je

POMEMBEN DOKAZ, DA MOŽGANI DELUJEJO PRILAGODLJIVO, PARALELNO-DISTRIBUIRANO (torej NELOKALIZIRANO) in predvsem HOLISTIČNO (v smislu principa "vse v enem, eno v vsem" glede vsebovanja informacij in realizacije funkcij).

Obnovitev je lahko na fiziološki in še bolj neposredno na asociativno-virtualni ravni. Pri slednji je razlog v tem, da mreža lahko IZ DELA ASOCIATIVNO REKONSTRUIRA CELOTO, ČE SE POTENCIALNA VRTAČA ŠE NI ZABRISALA ob izgubi večjega dela elementov vzorčne konfiguracije (ki so jih predstavljali izgubljeni nevroni).

## 5.5. NAVEZAVA NA NEVROFIZIOLOGIJO

### 5.5.1. Zgradba nevronov, sinaps; neurotransmiterji, nizi signalov

Izkaže se, da tudi (večkrat še neraziskane) NEVROFIZIOLOŠKE IN FUNKCIONALNE PODROBNOSTI NE SPREMENIJO OSNOVNIH PRINCIPOV DELOVANJA VZORČNIH VIRTUALNIH STRUKTUR v asociativnih predelih. Konfiguracije in potencialne vrtače nevrnskega sistema se lahko oblikujejo na tak ali drugačen način. Edini pogoj je, da so informacijske preslikave in pretvorbe ENOLIČNE: specifičen vhod da vedno specifičen izhod – injektivno ali surjektivno (torej kategorizacijsko). Pri nevronskem sistemu je položaj podoben kot v sociologiji, kjer sociolog navadno sme zanemariti anatomijo posameznega človeka v svojih globalnih teorijah družbenih organizacij; mora pa pogosto upoštevati psihologijo posameznih ljudi. Pri nas temu ustreza stanje posameznih nevronov (aktivno/neaktivno) in sinaps (različne moči). Pri VELIKIH POPULACIJAH pa lahko zanemari tudi to in uporablja le tako imenovane teorije polja. Za modeliranje višjih duševnih procesov, v katerih sodeluje ogromno nevronov, njihovih skupkov, podmrež ter omrežij podmrež, lahko uporabljamo tudi samo metode fizike kompleksnih sistemov oziroma sinergetike ter njune matematične modele.

Vseeno si moramo ogledati osnove nevrofiziologije. Možgani vsebujejo približno 100 000 000 000 nevronov raznih vrst in okoli 100 000 000 000 000 sinaps. Na sliki 2 smo videli nevrnovne dele: telo živčne celice (soma), mnogo krajših (do nekaj mm) dendritov, en daljši (0,1 mm – 1 m) akson in sinaptične stike. Na sliki 17 je upodobljena sinapsa. Na eni strani stika so sinaptični mehurčki (vezikli), na drugi pa receptorji neurotransmiterjev. Vmes potujejo NEVROTRANSMITERJI – kemične snovi, ki prenesejo signal od predsinalptičnega nevrna k posinalptičnemu nevrnu. Kvanti (paketi) neurotransmiterjev se izločijo iz sinaptičnih veziklov, ko električni signal po aksonu pride do njih. Prevladujejo sinaptični stiki akson-dendrit, obstajajo pa tudi stiki akson-soma, dendrit-dendrit, akson-akson.

Neurotransmiterjev je okoli 30 vrst (Dobnikar, 1990). To so npr. acetilholin, norepinefrin in razni peptidi. Nekateri so vzbujevalni in prispevajo k vzburjenju nevrna. Tedaj le-ta začne oddajati nize sunkovitih signalov. Drugi neurotransmiterji so zaviralni in preprečujejo vzburjenje nevrna. Vsak nevron sešteje prispevke drugih nevronov skozi zaviralne ter vzpodbujevalne sinapse. "Predznak" sinaps podaja narava neurotransmiterjev. Če je vzpodbujenih signalov več kot zaviranih ter je še dodatno presežen določen prag, se nevron vzburi in oddaja vrste sunkov ("spike"-ov oziroma "akcijskih potencialov"), dokler je vzdražen.

Nevron deluje kot nelinearni pragovni element, kot ojačevalnik ter predvsem kot prostorski in časovni integrator (seštevalnik signalov iz določenega prostora v določenem časovnem intervalu). Deluje po načelu "vse ali nič": če zbere tolikšno količino signalov, da preseže prag, zapovrstno oddaja signale, sicer miruje. Nevroni delujejo čisto stohastično (naključno), analogno seštevajo signale in jih razpošiljajo asinhrono (ne vsi hkrati, temveč enkrat eden, enkrat drugi, kakor nanese). Edina diskretna stvar je prag, ki je presežen ali ne, in s tem tudi stanje nevrna, ki vzbujen ali nezbujen.

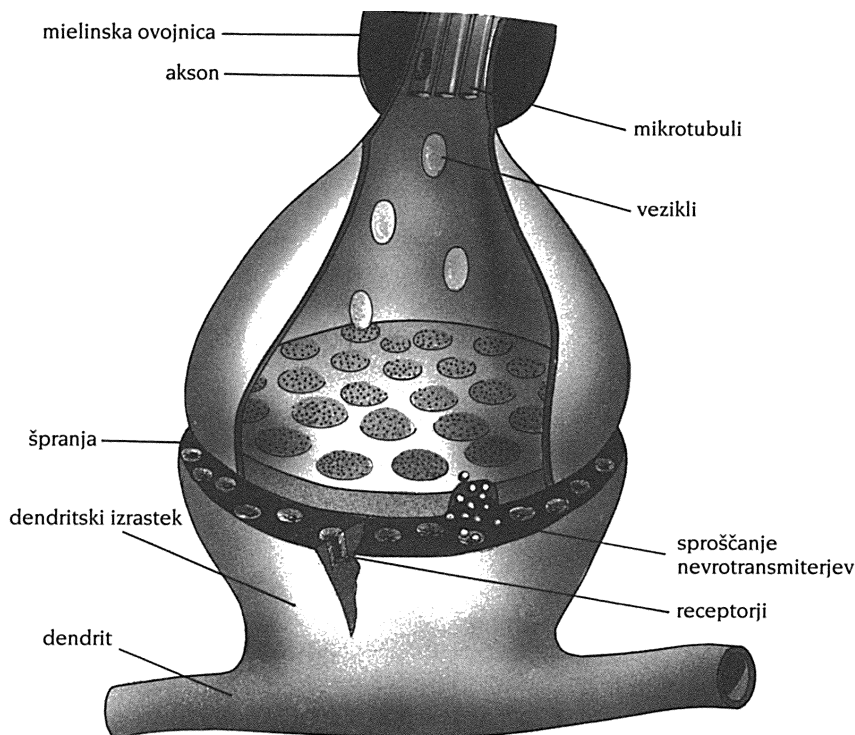
Omenjali smo že Hebbovo učno pravilo, ki se v modelih redno uporablja. Opišimo sedaj natančno nevrofiziološki mehanizem, ki je izvor obrazca (2):

- če sta oba nevrna vzbujena, prepustnost sinapse raste;
- če sta oba nevrna nezbujena, prepustnost sinapse postopoma zamira;
- če je predsinalptični (oddajni) nevron prešibak, da bi samo s svojo aktivnostjo vzburl posinalptični (sprejemni) nevron, sinapsa dolgoročno slabi;
- če je posinalptični (sprejemni) nevron vzbujen, predsinalptični (oddajni) pa ne, tedaj aktivnost sprejemnega nevrna dolgoročno slabi, ker nima (poleg podpore drugih) tudi podpore prav tega oddajnega nevrna.

Opazimo, da Hebbova formula (2) krši drugo točko zgoraj (po formuli bi se morala vez jačati), vendar velja ta točka samo na ravni bioloških nevronov. Na ravneh posplošenih nevronov se Hebbovo pravilo vedno bolj eksaktno uveljavlja.

Obstajata dva glavna tipa sinaps: vzpodbujevalne (ekscitacijske) in zaviralne (inhibitorne). Tudi nevroni delujejo na druge ali vzpodbujevalno ali zaviralno in ne oboje, ter ne invertirajo vzpodbujevalnega signala v zaviralnega. Obstajajo pa "veto"-nevroni (Aleksander, 1989). Določen akson ne more biti priključen na vzpodbujevalne sinapse na enem mestu, obenem pa na zaviralne sinapse na drugem mestu (McClelland & Rumelhart, 1986). Zaenkrat niso opazili, da bi isti akson sodeloval z isto sinapso vzpodbujevalno in zaviralno hkrati (v različnih okoliščinah) (Aleksander, 1989), razen v kolikor neurotransmiterji (v redkih primerih) "obarvajo signal s svojim predznakom".

Sinapse postajajo s pogostejšo uporabo vse bolj prevodne, ob redkejšem aktiviranju pa manj učinkovite. Torej VEČJE ŠTEVILO SIGNALOV VEČA PREPUSTNOST SINAPSE za signale, kar opišemo kot VEČJO MOČ sinaptične povezave med nevronoma. Prepustnost se poveča tako, da se povečajo količine sinaptičnih veziklov oziroma neurotransmiterjev ali da se poveča površina sinaptičnega stika in s tem število receptorjev. Lahko pa zrastejo celo vzporedne sinapse. Vedeti moramo, da je živčevje živ prilagodljiv sistem, v katerem nevroni tekmujejo za svoje gradivo, ki ga lahko pridobijo z ustreznimi povezavami. Izraščajo aksone proti drugim nevronom, tvorijo in obnavljajo sinapse. Če pa njihove povezave niso aktualne, krnijo (McClelland & Rumelhart, 1986; Schmidt & Thews, 1983; Štrucl, 1989).



Slika 17. Sinapsa

### 5.5.2. Organizacija nevronske mreže v možganski skorji; biokemija

Možganska skorja je v navpični smeri razdeljena v plasti (slika 18), v katerih se zvrstijo: prevlada aksonov, mali piramidalni nevroni, zvezdnati nevroni in velike piramidalne celice. Razdeljena pa je tudi v vodoravni smeri v tanke (0,5 mm), eden poleg drugega naložene stolpce, ki se delijo v mikrostolpce (0,05 mm) (Peretto, 1992; Burnod, 1990; idr.). Vertikalna diferenciacija ustreza stopnji obdelave informacij oziroma stopnji abstrakcije in integracije, horizontalna specializacija pa različnim informacijskim vsebinam. Tako naj bi posamezen stolpec nevronov, ki poteka navpično skozi vse vodoravne plasti skorje, predeloval specifične informacije.

Senzorna polja se bolj ali manj TOPOGRAFSKO PRESLIKAJO na površino možganske skorje. To pomeni, da so določena področja telesa, ki jih vplivi okolja vzdražijo, zastopana v določenih področjih možganske skorje. Na osnovi takšnih topografskih preslikav vzbuja (od vbodne točke v ustrezne živčne centre, ki nadzorujejo organe) naj bi delovala tudi akupunktura (Vodovnik, 1991). Topografske preslikave veljajo za prste, ustnice in druge dele telesa, tako pa je tudi pri poljih sprejemnih nevronov (receptorjev) v ušesu in očesu. Pri slednjem se ob preslikavi najprej ohranijo topološki odnosi med deli zaznavnega vzorca. To pomeni, da, če gledamo obraz, nevronska polja oziroma konfiguracija ponarede sliko obraza, vsaj v bistvenih potezah in obrisih. Zunanji vzorec obraza se preslika v notranji virtualni vzorec obraza. V nadaljnjih plasteh možganske skorje pa nevronske konfiguracije izgubljajo to topološko korektnost, saj se asociativno sklapljujejo z drugimi vzorci in prehajajo v vse bolj abstraktne vzorce višjega reda. Vzorci se mnogokrat topografsko organizirano preslikavajo tudi med področji možganske skorje. Tedaj se nevroni, ki so si sosednji v eni podmreži, iz te podmreže projicirajo v drugo podmrežo, in sicer prav tako v nevrone, ki so si sosednji (McClelland & Rumelhart, 1986).

Povezave med območji skorje so lahko neposredne ali posredne, takšne pa so tudi povezave med nevroni iste podmreže. Načela "vsi za enega, eden za vse" v praksi torej ne smemo vzeti povsem dobesedno, pač pa gre za zelo gosto prepletenost. Vendarle to daje rezultate, kot da bi bili malodane vsi nevroni povezani z vsemi (MacGregor, 1987; Peretto, 1992). V višjih asociativnih plasteh je nevronska mreža homogena, mestoma z majhnimi odstopanji (Oakley, 1985; Ebdon, 1993). Kar je v njej odločilno, so virtualni vzorci oziroma atraktorji sistemske dinamike. Ti se oblikujejo po množičnem oziroma večinskem načelu, pri katerem mikroskopske podrobnosti na ravni posameznega nevrona in posamezne sinapse niso več tako odločilne. Zato tudi izpad nevronov ne zabiše vzorcev oziroma njihovih potencialnih jam.

Žal nam prostor ne dopušča niti najosnovnejšega pregleda biokemijskih, molekularno-bioloških in biokibernetskih (Ashby, 1960) ter nevrokibernetskih (Vodovnik, 1991) temeljev. Omejujemo se na globalne

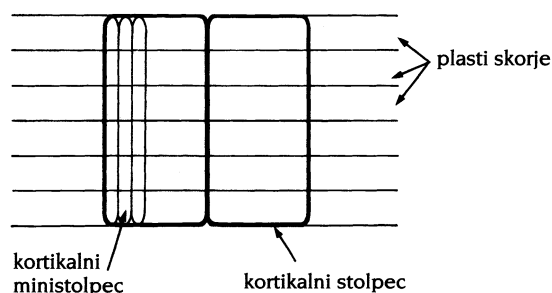
duševne procese na veliko večji velikostni skali, ki ne zajemajo niti posamezne nevrone, še manj pa njihovo anatomijo in celične procese. Ker se osredotočamo na velike samoorganizirane množice nevronov (npr. od nekaj sto nevronov do milijarde nevronov in več), bomo smeli nevrofiziološko osnovo zanemarjati. V samoregulacijske in lokomotorične mehanizme se tudi ne bomo mogli spuščati, sicer pa v naravo notranjih duševnih procesov ne posegajo. Opuščamo obravnavo senzoričnega in motoričnega sistema (Schmidt & Thews, 1983; Štrucl, 1989) ter vegetativnega živčevja (hrbtenjača idr.), ki nadzoruje notranjost telesa. Omenimo le še, da že živčevje čutil (mrežnica v očesu, cochlea pri ušesu in olfaktorni lobus za voh) izvaja analizo slike oziroma zvoka. Izlušči (filtrira) osnovne značilnosti in odnose (korelacije, kontraste) v sliki oziroma zvoku. Raziskovanju tega so namenjene posebne poddiscipline, ki največ uporabljajo Lieve grupe, Gaborjeve funkcije idr. (Hoffman, 1966, 1968, 1970, 1980; Caelli, 1976; Daugman, 1988; Dodwell, 1983; MacLennan, 1991; Tsao idr., 1991)

Le stavek o potovanju akcijskega potenciala vzdolž živčnega vlakna: Zagotovljeno je z zapletenim procesom izmenjave kalijevih in natrijevih ionov skozi celično membrano, v kateri se nahajajo kanali in črpalke za ione, strukturni proteini, encimi in receptorji. To selektivno prehajanje skozi stene aksona ustvarja naklon koncentracije vzdolž aksona ter vzpostavlja DINAMIČNO elektrokemično ravnotežje, ki je odgovorno za tvorbo in prenos signala. (Detajlni opisi v: Dobnikar, 1990; Palmer idr., 1991; Schmidt & Thews, 1983; Štrucl, 1989; Vodovnik, 1991.)

## 5.6. STOLPCI V MOŽGANSKI SKORJI

Omenili smo že, da je za osnovne funkcionalne enote asociativne mreže, ki modelira obdelovanje informacij v skorji, najprimerneje izbrati KORTIKALNE STOLPCE (korteks = skorja). Stolpec je sestavljen iz ministolpcev, ki so majhne skupine piramidalnih nevronov (po vsej skorji enakomerno okoli 100 nevronov v ministolpcu), tesno povezanih z apikalnimi dendriti in pogosto sestavljenih v "svežnje" (Burnod, 1990). Nekateri za osnovno strukturno-funkcionalno enoto v skorji izberejo vzpodbujevalno (ekscitacijsko) piramidalno celico s petimi lokalno-tokovnimi zaviralnimi (inhibitornimi) internevroni (Marin-Padilla, 1980), kar se da vključiti v Kohonenov asociativni model (Ritter idr., 1992). Vendar te funkcionalne enote (v modelu: formalni nevroni) svojo funkcijo opravljajo šele povezani v funkcionalne module, ki so skupnosti kortikalnih stolpcev, ki imajo homogeno aktivnost. Taki moduli zasnujejo nove funkcionalne mreže na višji ravni in sodelujejo v časovno-prostorskih "klicnih drevesih". To ustrezna naši obravnavi višjih vzorcev, ki se tvorijo v matematičnih modelih.

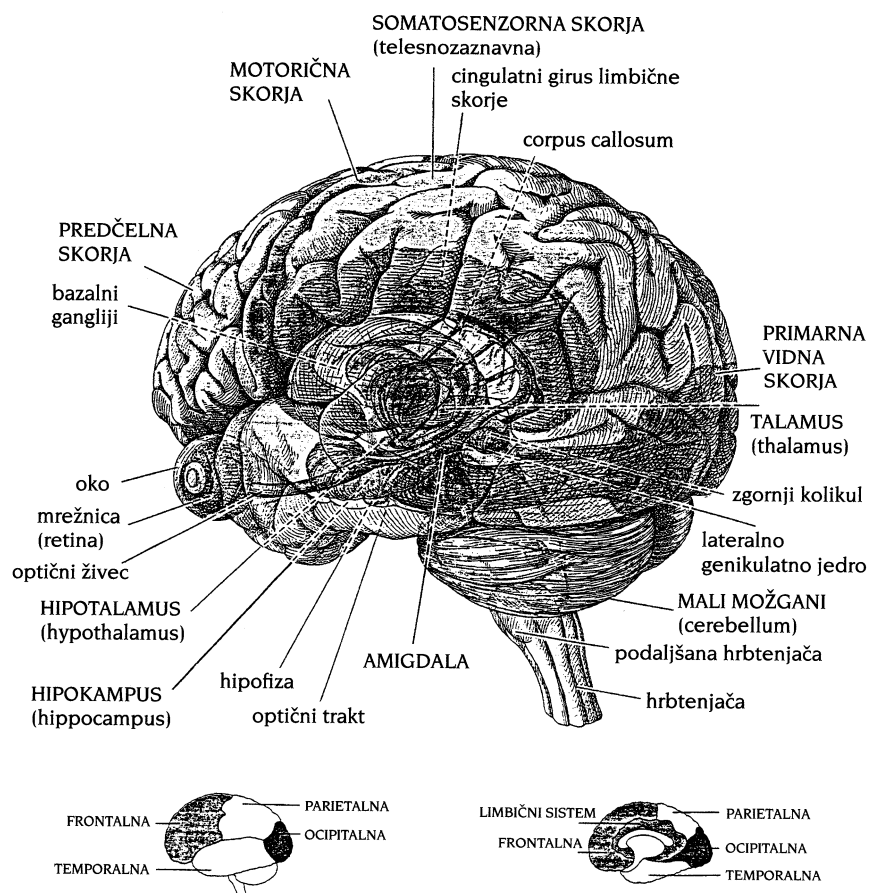
Znotraj istega kortikalnega stolpca so kodirane vsebine s podobnimi senzoričnimi in motoričnimi značilnostmi (liki obrazov, motorični podprogrami – kretnje ipd.). Internevroni sklapljajo in razklaplajo posamezne povezane stolpce med seboj, pa tudi plasti znotraj vsakega posameznega stolpca, glede na ujemanje ali neujemanje med vhodnimi signali.



Slika 18. Prerez skozi možgansko skorjo: kortikalni stolpci in ministolpci (groba shema)

Zgoraj omenjene pretvorbe izvajajo strukturni sklopi, ki se matematično modelirajo z matrikami in pripadajočo algebro (matrike preslikajo en vektor stanja v drugega). Dokaj čiste primere matričnih avtoasociacij in heteroasociacij (Peruš, 1993a) s stalno prilagajajočimi sinaptičnimi prepustnostmi so našli v HIPOKAMPUSU in CEREBELUMU (MALIH MOŽGANIH) (Orban & Singer). V ASOCIATIVNEM NEOKORTEKSU pa se takšne Hebbovske preslikave dogajajo na virtualnem nivoju oziroma med višjimi funkcionalnimi enotami ali moduli (Ebdon, 1993). Neokorteks je namreč precej genetsko nedoločen in nediferenciran (Killackey, 1990). Je UNIFORMEN oziroma simetričen, kar pomeni, da so v različnih predelih nevroni približno enakih tipov in enakomerno porazdeljeni, tipi so enakomerno številčno zastopani, narava notranjih procesov je enaka itd. (Ebdon, 1993, str. 380 idr.). Seveda so tudi odstopanja od uniformnosti, a zdi se, da se vse prožno, hitro in diferencirano procesiranje, ki je ustrezno višjemu mišljenju, dogaja na virtualnem nivoju (na nivoju atraktorjev višjega reda, ki bazirajo na vzorcih kortikalnih stolpcev in modulov).

Kortikalne matrične transformacije se izvajajo na osnovi kortikalnih stolpcev kot osnovnih elementov sistema in na osnovi povezav oziroma sklopitev med stolpci, ki imajo vlogo osnovnih vezi (Burnod, 1990, str. 164/165). Modelom ustrezne so tudi npr. kortikotalamične projekcije in drugi prenosi med gostopovezanimi možganskimi središči (Burnod, 1990; Churchland & Sejnowski, 1992; McClelland & Rumelhart, 1986; Scheibel & Wechsler, 1990). V Dodatku B je podan kratek nevrobiološki pregled.



**Slika 19. Deli možganov. Pomembnejši so označeni z velikimi črkami. Na levi spodnji slički so prikazani predeli nove možganske skorje (neokorteksa) v stranskem pogledu, na desni spodnji slički pa je podan pogled pod površino skorje.**



## 6. NEVROPSIHOLOGIJA DUŠEVNOSTI IN KOGNICIJE

### 6.1. REFLEKSI, NAGONI, AVTOMATIZMI, (NE)JUGODJE

Preprosto osnovo za znamenito asociativnost imamo že v POGOJNIH REFLEKSIH, ki jih je odkril Pavlov. Beheterev je razširil njihov pomen v celotno psihologijo pod imenom ASOCIIRANI REFLEKSI, ki so posebna oblika nevronske asociacije.

Trstenjak (1974) v njihovem okviru obravnava tudi nagone (INSTINKTE): "Če govorimo o naravnosti, hočemo reči nekaj podobnega, kar pomeni tudi asociacija. Vendar bi s tem hoteli povedati še več. Gre za celotni ustroj organizma z vsestransko integracijo: skeletno-mišično, glandularno (z izločanjem žlez) in krvno-obtočno ter živčno, ki je tako naravnana, da se ob stiku z okoljem sprožajo in izzivajo ravnanja, ki kot reakcije nezmotljivo vodijo do cilja v službi ohranjanja vrste. Navedimo primer: ptice selivke imajo prirojeno asociacijo med občutkom nižje temperature in potrebo po poletu v smeri toplejših krajev; lastovka ima prirojeno asociacijo med pogledom na zid, tla, dračje itd. in gonom po znašanju vsega tega pod streho v obliki gnezda. (...) Ni prirojena nobena predstava ali zaznava, pač pa so prirojene ZVEZE med zaznavami, občutki, razpoloženji, skratka med posameznimi odzivi. Eden izzove ali sproži drugega in tako naprej." (poudarek M. P.)

Iz tega je funkcionalno razviden nevronske ustroj živčnega sistema, ki ima tudi v ontogenetsko oziroma filogenetsko nižjih predelih asociativno naravo delovanja, čeprav gre za precej bolj diferencirana nevronska omrežja, ne le za simetrične asociativne mreže. Vendar so pri nagonih asociativne zveze zapečateni v fiziološki strukturi nevronske mreže in so zato nespremenljive ter neprilagodljive. Evolucijsko, prek selekcije okolja potrjene povezave dražljaj-odziv so avtomatične in stereotipne, povezane v subjektivno-objektivno celoto (kot pravi Trstenjak). Niso vodene in nadzorovane iz višjih možganskih centrov, kakor so vodene višje asociacije dražljaj-odziv pri človeku. Pri njem namreč vodenje opravljajo operacije s prožnimi virtualnimi vzorci v asociativnih predelih možganske skorje, ki jih pri živalih (kot so čebele, ptice ipd.) še ni. Pri živalih so instinkti zakodirani kot sestavljeni vzorci dražljaj-odziv (Peruš, 1993a). Dva različna vzorca sta heteroasociativno povezana, ker je le njuna pogosta kombinacija (na specifičen dražljaj dati specifičen odziv) pomenila prilagoditev okolju in s tem preživetje. Če pa se seveda okolje bistveno spremeni, je instinktivno vedenje lahko usodno.

Besedo asociacija uporabljamo za transformacije, ki jih opravi živčni sistem na zelo različnih ravneh: lahko gre za fiziološko sproženje odzivnega vzorca živčne dejavnosti na osnovi določenega dražljajskega vzorca; lahko pa gre za sistemske pretvorbe ENAKE VRSTE (v tej knjigi so temeljito opisane) na precej višjem virtualnem nivoju, ki so podlaga za asociacije v običajnem psihološkem pomenu.

Proces usklajevanja vzorcev prinaša ravnovesje nevronskega sistema. Na stopnji širokih splošnih vzorcev je takšno ravnovesje osnova za notranji mir, sproščenost, posredno pa tudi za prijetno počutje, ugodje in dobro razpoloženje. Z zadnjimi tremi duševnimi stanji je verjetno povezana vzburljenost možganskega središča, ki detektira stopnjo dejavnosti asociativnih predelov možganske skorje. Ta center lahko sproži nadaljnje občutke ugodja oziroma sorodnih dejavnosti (zasanjanost, prešernost, spanje ali dobra volja idr.).

Nevronske vzorcev so le jedro za nadzor in vodenje precej širših procesov, ki vključujejo regulatorni, žlezni oziroma hormonski sistem itd., pa tudi gibanje in kajpak ustrezne nižje živčne predele.

### 6.2. NEVRONSKE OSNOVE OBČUTIJ IN ASOCIATIVNI SPLETI

Občutja izhajajo iz širokega spektra procesov, od nevronske do kvalitativno zavestnih. V tem podpoglavju bom predstavil nevronske vidik primitivnih občutij in se pri razlagi izognil problemu kvalij pri občutjih. Kako je biti organizem z določenimi občutki nevrofiziološko oziroma v tretji osebi ne znamo opisati.

Občutja imajo osnovo v asociativnih procesih. Vzemimo primer duševnega trpljenja. Ustrezno duševno občutje se lahko asociativno prenaša celo na "telesno" občutje notranje bolečine. To pomeni, da se OB enih vzorcev asociativno pojavijo drugi vzorci v čutnih središčih. OBČUTJA so posledica glavne značilnosti asociativne nevronske mreže, da pojav enega vzorca lahko sproži obnovev drugega. Torej nek vzorec v enem predelu je povod za asociativni priklic drugega vzorca v drugi podmreži. Vzorec v primarni perceptivni plasti skorje, ki na primer nastane prek čutil zaradi mehanskega pritiska, bo vzbudil v asociativnih predelih možganske skorje občutje neugodja. Lahko pa se zgodi, da se bo ob občutju splošnega neugodja (brez neposrednega zunanjskega vzroka) zaradi OBRATNE ASOCIACIJE rekonstruiral vzorec v primarni plasti, ki bo vzbudil občutje stiskanja, tesnobe ali celo bolečine, na primer v prsih.

Znani so slučajni, ko človek, ki so mu amputirali nogo, svoj neobstoječi ud še vedno čuti ("prsti" ga bolijo, srbijo). To je dokaz, da je prišlo do obratne asociacije iz višjega zaznavnega središča, saj iz živčevja v amputirani nogi ne more biti več dražljajev.

Obravnavajmo primer hipotetičnega asociativnega cikla: Ko človeka zebe, dobi "kurjo polt". Nekoč, ko je našel zabodena človeka, ga je zazeblu. Odslej mu pogled na nož ali celo že rezek zvok povzroča "kurjo polt". Vzpostavi se sklenjena (bolje rečeno: prepletana) fiziološko-duševna vzročno-asociativna veriga: "kurja polt" - mrz - mrtvec - nož - stroj (npr. stružnica) - rezek zvok, neprijeten zvok - neprijetno počutje - travmatično doživetje - mrz - "kurja polt". Kot so vzročna zaporedja in stapljanja prožna in gibka, so

tudi takšni PSIHOANALITIČNI primeri "vzročno distribuirani" – porazdeljeni in spleteni.

Razrešitev travme je možno le skozi iztrebljenje vzorčnega kompleksa in prekinitvev "začaranega kroga" dvosmernih asociacij. Naloga psihoterapevta je torej najti vzorec travmatičnega doživetja (ki je, razumljivo, zelo dominanten), ga destabilizirati v podzavesti pacienta in ga ozavestiti ter s tem ranljivega izpostaviti vplivom oziroma konkurenci drugih vzorcev (psihoterapevtovih in pacientove višje razsodnosti). Tako lahko negativen vzorec preprosto izgine in se vrača le še ob morebitni rekonstrukciji v podobnih okoliščinah.

### 6.3. ČUSTVA

Čustva bi morali obravnavati zelo široko in kompleksno: psihofiziološko, asociativno in kvalitativno (vsebnost kvalij). Ni pa nujno, da posežemo v vzorčne strukture visokega reda, saj so čustva sicer zelo razprostrta in vsebinsko vseobsegajoča, vendar nenadzorovana in neintegrirana. V visoka integrativna možganska polja torej segajo le posredno, še manj pa v analitični razum.

Pri čustvih bi morali upoštevati zveze s čisto fiziološkimi, regulatornimi oziroma hormonskimi mehanizmi ter motoriko (izrazi na obrazu ipd.). Nekaj pa lahko tudi pri čustvovanju strnemo pod okrilje asociativnosti: mešanje čustev, zlivanje čustev, zveze med čustvi samimi in vplivi na mišljenje, predstave, voljo, doživljanje in splošno razpoloženje.

Narava čustev je vezanost, spremenljivost, občutljivost, nasprotnost ali celo protislovnost, živost in temeljitost, kvaliteta, dejavnost, sunkovitost in zaletavost, neobjektivnost, izključevalnost. Njihova vsebina je široko "vodoravno" asociativna, ne pa toliko "navpično". Delovanje je pestro in vključuje množico možganskih predelov: nižjih in višjih središč v skorji. Čustva so povezana z vrednostno intuicijo (s "srcem"). Niso toliko abstraktno-sintetična, temveč so bolj povezana z ugotavljanjem vrednosti, ujemanja, medsebojnega (ne)potrjevanja, (ne)strinjanja in z izražanjem ter sporazumevanjem v širšem smislu. Najbolj nerazložljiva je KVALITATIVNA narava čustev in občutkov. Čustva so hkrati kognitivna in kvalitativna, torej izrazito neoprijemljivo mnogoplastna (Kupperman, 1995).

Vidni pomolek daje vsakemu dražljaju, ki "gre skozenj", čustveno barvo, tako da ni več nevtralen, temveč ima negativen ali pozitiven čustven predznak (Trstenjak, 1974). Hipotalamus in amigdala v limbičnem sistemu naj bi imela pomembno vlogo pri čustvovanju (Burnod, 1990; d'Aquili & Newberg, 1993).

### 6.4. PARALELISTIČNO MIŠLJENJE

#### 6.4.1. Razlika med sekvenčnim in paralelističnim mišljenjem

Med višjimi duševnimi procesi razločujemo dve vrsti mišljenja. Prvi tip je celostno, paralelistično (vzporedno potekajoče), hkratno, sintetično mišljenje. Vanj spadajo zrenje in uvidevanje (intuicija), ustvarjalnost, umetniško dojemanje, kontemplacija, domišljija, sanjarjenje ipd. Drugi tip pa obsega konkretno, sekvenčno (zaporedno), vzročno, analitično mišljenje. Zastopajo ga razum, logično sklepanje, računanje, predvsem znanstveno in "uradno" sporazumevanje ter mišljenje, ipd. Znano je, da imata ta dva tipa mišljenja težišče vsak v svoji možganski polobli.

Vsakdanji govor je kombinacija obeh načinov. Vsebinska zasnova govora je asociativna in celostna, izraz in zunanje udejanjenje pa je sekvenčnega tipa (zaporedni potek). Vendar je pri bolj uradnem govoru in posebno logičnemu sklepanju vzročnost že posebno izstopajoča. V višjem smislu sintezira analitično in sintetično mišljenje UM.

SINTETIČNO mišljenje se nanaša na ASOCIATIVNO STAPLJANJE VZORCEV, ANALITIČNO mišljenje pa je zvezano z ZLOMOM SIMETRIJE in RAZDELITVIJO VZORCEV na razrede in manjše vzorce, ki so ustrezni posameznim delom. Sinteza povezuje, analiza pa razločuje.

Najprej se bom posvetil paralelističnim kognitivnim procesom.

INTUITIVNI in USTVARJALNI procesi so izrazit primer celostnega oziroma paralelističnega kognitivnega procesa. Spleti vzorcev, ki se navezujejo, in misli, ki preskakujejo ena v drugo, so značilni za neformalno človeško mišljenje. V okviru miselnega toka se skrivajo primerjave, zveze, miselni preskoki, skratka razne asociativne kombinacije. Vrstni red ni obvezen, na več mestih bi ga lahko zamenjali. To je znanilo paralelističnega procesa.

Široko paralelno-distribuirano asociativno delovanje mreže brez zapadanja določenim atraktorjem je tista procesualna osnova ("nekaj se nam sanja, dozdeva"), ki je predigra rekonstrukcije vzorca. Omogoča, da se naposled oblikujejo razsežne (vendar plitke) potencialne vrtače, ki ustrezajo neizrazitim vzorcem višjega reda (slutnjam, domnevam itd.). Nadalje se lahko vzorci vse bolj precizirajo, ko samoorganizacijska dejavnost sistema konvergira. V prispodobi bi lahko rekli, da sistem "preletava" energijsko-konfiguracijski prostor, dokler se ne "spusti" na določeno mesto (določen vzorec). V statistični fiziki je takšna lastnost sistemov znana kot ergodičnost ("preletavanje možnih stanj") in zlom ergodičnosti ("spust"). To je konkretizacija, lokalizacija oziroma kategorizacija. Pri posploševanju pa se mora sistem spet "dvigniti" nad konkretne vzorce v virtualno "nadgradnjo" (bolj simetrične, višjeharmonične kombinacije vzorcev) in jih

asociativno zaobjeti v višji vzorec.

#### 6.4.2. Simboli, sinestezije, prispodobе, primerjave

Znani so, predvsem pri umetnikih in asociativno razmišljujočih ljudeh, primeri SINESTEZIJ (soobčutij): določeni toni ali zvoki imajo svojo barvo, dežela ali mesto ima svoj vonj ali celo okus, dogajanje ima "atmosfera", etično dobro ima poseben okus itd. Take primere nam razkrivajo tudi vsakdanji izrazi: "pogajanje je bilo trdo" (psihološki 'pritisk' – napetost mišic in vzburjenost), "njegov glas je bil mehak, nežen" (sinestezija zvok – tip), "ta človek je temen" itd. Nekateri ljudje imajo takšne čutne asociativne zveze med vzorci zelo izostrene: npr. torek je svetlo rjav oziroma oker, četrtek je temno zelen; drevored ima zamolkel zvok itd. Za degustatorja vina ima vino "dušo"; čuti, tipa ga, poseblja ga; vino je lahko "veliko", "malo", "okroglo", "kvadratno"...

Včasih se globalno asociativno delovanje ne zmore kategorizirati. Takšna nenatančnost razločevanja posameznosti iz celote je posledica sproženja številnih drugih procesov ob zaznavanju določenega procesa. Nevronski sistem ne more izoblikovati in posesti določenih atraktorjev. Tako človek, ki opazuje naslikano osebo, hkrati tudi "(po)doživlja" njeno gibanje, izraz; "sliši" jo, čeprav v resnici ne govori (Musek, 1977) ipd. Halucinacije so spontan priklic vzorca z notranjim povodom iz drugih možganskih središč, ne iz zunanjega okolja.

Predvsem v umetnosti so pogoste primerjave, posebitve, prispodobе, alegorije, simboli idr.: "ta človek je kot harmonika", Bog ('Stvarnik', nosilec vesoljnega reda) je bradat, strog, močan, dostojanstven starosta, "prepir je pljusnil v hišo", glasbo predstavlja bosa lepota z nežnimi kretnjami in harfo v roki, smrt je okostnjak s koso, žveplo je v alkimiji imelo slikovni simbol itd. Ni čudno, da je človek vedno posebljal tudi neživo in abstraktno, saj so vzorci obrazov in teles zanj vselej bili med najpomembnejšimi vzorci in konkretnimi temelji za abstraktnejše in splošnejše kategorije. Še Valvazor je na stenah kraških jam slutil glave pošasti in "temne sile" (asociativna superpozicija dejanskih vzorcev skal in vzorcev misli ter občutij ob njih). Imena severnoameriških Indijancev so bila živalska s pridevnikom (asociativna zveza med sistemi vzorcev, ki ustrezajo zbiru lastnosti). Mitološka bitja (npr. Meduza, kentaver) so kar sklopi oziroma zleпки vzorcev, ki tvorijo nov vzorec.

Književnik najpogosteje uporablja METAFORE in SIMBOLE. Brez njih višjih duševnih procesov sploh ni mogoče opisati oziroma bralcu omogočiti podoživetje. To so KARDINALNI VZORCI, ki delujejo kot POSPLOŠENI PARAMETRI UREJENOSTI v sistemu vzorcev. Pri umetniškem dojemanju je prestrukturiranje vzorcev zelo široko, prožno, mehko; vzorci niso zakoreninjeni in fiksirani, temveč se gnetejo in prelivajo. Pojavljajo se fazni prehodi systemske dinamike. Za duhovno živeče ljudi so pogosta velika nihanja, hitra in/ali globoka valovanja, ki vključujejo množice višjih vzorcev na mnogih stopnjah. Pogosti so prehodi med hierarhičnimi plastmi, ki niso ostro opredeljene.

Za umetniško dojemanje so torej značilna množična in raznolika VZPOREDNA ASOCIATIVNA STAPLJANJA in MEŠANJA. To se precej loči od razumskega dojemanja, ki je zaporedno, opredeljeno v "nadstropja" fiksnih vzorcev, brez pretresov, vzhičenosti in razprostrtosti.

Prosta asociativnost nastopa tudi med vzorčnim prestrukturiranjem med SANJANJEM, pa nadalje med sanjarjenjem in FANTAZIRANJEM. Prav slednje je hkrati z MITIČNOSTJO tudi značilnost zgodnjih razvojnih stopenj (pravljичni otroški svet) in antropoloških stopenj (mitologija, animizem). Znano je, da so sanje polne nenavadnih nadrealističnih kombinacij kardinalnih vzorcev (simbolov, mitov, arhetipov in pomembnih spominov).

Asociativni proces torej zbira in kombinira fragmente v nove vzorce, ki so lahko zapleteni dinamični konglomerati. Takšni višji vzorci-atraktorji so na primer tudi: navade, stereotipi, stili, okusi, rituali, "rdeče niti" idr.

## 6.5. OSEBNOST

Osebnost so psihologi opredeljevali z mnogih vidikov:

- kot notranje jedro, bistvo, notranjo vsebino človeka;
- kot zbir njegovih glavnih in razpoznavnih značilnosti, posebnosti, enkratnosti, specifičnosti, samostojnosti, istovetnosti, zmožnosti;
- kot spremenljivost, dialektičnost, razvoj, duhovno nadgradnjo;
- kot notranjo strukturo, sestavljen sistem;
- kot celovitost in zaokroženost, smotrnost;
- kot družbeno in kulturno pogojenost, absorbcijo specifičnih življenjskih okoliščin;
- kot nadgradnjo materialne podstatе v duhovno substanco idr.

(Musek, 1977, 1993)

Osebnost se pojmuje kot sintezo zaznav, vplivov, bioloških osnov, izkušenj, ki pa se nadgradijo in izoblikujejo v nagnjenja, hotenja, nagone, želje, težnje. Gre za mnogonivojsko, dinamično, samoorganizirano zgradbo, ki se vedno znova izgrajuje v kvalitativno nove komplekse. Te nastajajoče

strukture, zasnovane v specifičnem kontekstu zunanjega in že oblikovanega notranjega okolja, določajo značilne poteze osebnosti vsakega posameznika.

Osebnost je konglomerat bioloških, psihofizičnih in psihosocialnih dejavnikov, njihova "mešanica" oziroma "kombinacija" nove vrste, neponovljiva v svoji kompleksnosti in samopresegajoča. Zato se izraža skozi ustvarjalnost, avtonomnost in zmožnost povezovanja v širše družbene strukture, ohranjajoč svojskost in notranje-spremenljivo trajnost (Musek, 1977, 1993).

Osebnost je posplošen nevropsihični sistem, ki omogoča funkcionalno izenačitev številnih dražljajev, kompenzacijo ter sintezo nasprotij in ki oblikuje ter usmerja potek ustaljenih načinov vedenja in izražanja. Vsekakor se osebnost šele razvija v teku življenja in v družbeni interakciji.

Vse to nakazuje, da lahko skozi formalizem in izrazoslovje kognitivne sinergetike oziroma modela nevronske mreže osebnost opredelimo kot širok kompleks virtualnih vzorcev visokega reda, kot integrativni gestalt, ki zaobjema vso človeškost posameznika.

Poudarjam, da se celo na tem visokem nivoju psihološka in kognitivno-sinergetska obravnava lepo ujemata in se potrjujeta, le da prva opisuje vsebinski, druga pa strukturni in procesualni vidik (spet ob zanemarjanju fenomenalne zavesti).

Osebnost (persona) je tisti kompleksni sistem vzorcev višjega reda, ki navdaja človeka z individualnostjo, njegovimi razpoznavnimi lastnostmi znotraj kolektiva. V razdelku o transpersonalni psihologiji bomo videli, da se celo ta sistem vzorcev lahko v posebnih okoliščinah transcendirajo v še širše vzorce univerzalne, kolektivne in t. i. "kozmične" narave (globalne uniformne vzorce, ki transcendirajo vzorec individualne osebnosti).

ZNAČAJ (karakter) ima ožji smisel kot osebnost. Je le moralnoetični in motivacijski del osebnosti, ki je značilen za posameznega človeka. Zajema voljo, stališča, vrednote itd. TEMPERAMENT pa zaobsega reakcijske, čustvene, vedenjske, afektivne lastnosti.

Freudovi pojmi Jaz (Ego), Nadjaz (Superego), pa tudi Ono (Id) so prav tako kompleksne vzorčne strukture (Freud, 1987). Libido je tista psihična energija, ki usmerja razvoj vzorcev.

Tisto, kar razločuje te vzorce med seboj, sta predvsem njihova VSEBINA in stopnja v hierarhični virtualni zgradbi sistema, ne pa toliko njihova psihofizična narava in struktura. Vselej gre za velik samoorganiziran gestalt struktur, ki prinašajo vsaka svojo notranjo konkretno vsebino, te pa se sklapljajo v medsebojne odnose in razmerja.

Manjšanje psihične energije (libida) pomeni manjšanje napetosti in neravnovesij med vzorci, večanje usklajenosti vzorcev ter v višjem smislu doseganje popolnosti. Tukaj manjšanje psihične energije pomeni manjšanje energije SISTEMA VZORCEV. Energijo, ki jo ob tem vzorci ne vežejo več, lahko osebnost nameni za svoje višje procese in nadgradnjo. Ta, na račun usklajenosti vzorcev sproščena energija se kaže v večjem življenjskem elanu. Aktivnosti niso več neravne, temveč radožive in ustvarjalne. Manjšanje energije nižjih vzorčnih ravni, kar je "cilj" vsakega nevronskega sistema, pomeni torej več energije na višji ravni. Tako se lahko več energije nameni tudi za procese zavesti. Z izmenjavo informacij se tudi entropija sistema lahko lokalno manjša (negentropija).

Pri tem lahko nastopijo notranja nasprotja, ki so gonilo procesov in vsega osebnostnega razvoja. Iz psihoanalize je znano, da osebnost za njihovo razrešitev uporablja razna sredstva: projekcijo, prenos, identifikacijo, posnemanje in razne druge obrambne mehanizme (sprevrženje v nasprotje, potlačitev, regresijo, fiksacijo, kompenzacijo itd.) (Trstenjak, 1974). Na višjih ravneh nastopijo sprijaznjenje, sinteza, kompromis, transcendenca Jaza.

Ne moremo se spuščati v vso pestrost osebnostnih idr. struktur, strukturnih spleto in dinamičnih (epizodnih) vzorcev visokega reda, ki izhajajo iz njih in jih sooblikujejo (npr. vedenje, čustvovanje, samopotrjevanje, samoaktualizacija itd.).

## 6.6. MISELNO MODELIRANJE OKOLJA

Asociativnost in kontekstualnost sta nedvomno temelja duševnosti. Našo duševnost sestavljajo v glavnem zunanji vzorci oziroma notranje slike množice zunanjih stvari, šele nato na njih zgrajeni abstraktni pojmi. Za upravljanje s predmeti v okolju potrebujemo informacije o ZVEZAH in RAZMERJIH med zunanjimi stvarmi samimi ter med njimi in nami (boljše / slabše, večje / manjše, ugodno / neugodno za nas itd.).

S postopnim zbiranjem informacij in preverjanjem pravilnosti naših (re)akcij glede na te informacije, ki jih OKOLJE nagradi ali kaznuje (prav tako pa se tudi mi obnašamo do okolja), si ustvarimo model sveta okoli sebe. Ta model ("notranji svet") je DEL NAS SAMIH, saj je zastopan v kompleksih notranjih virtualnih vzorcev (konfiguracij nevronske mreže)! Ti vzorci so vtisnjeni v nas in so za naše vedenje prav tako pomembni kot zunanji realni vzorci (objekti) sami.

Obenem NAŠ MODEL VSEBUJE TUDI NAS SAME – mi (naš Jaz) in naš "samomodel" čudežno sovpadata! Fundamentalni problem nerazločljivosti modela in resničnosti bomo, kolikor je sploh mogoče, obravnavali posebej v enem od poglavij.

Nevronski in višji virtualni vzorci-atraktorji so realni v posplošenem smislu, ker obstajajo nadmaterialno oziroma implicitno (njihove sledi so zastopane v sinaptičnih vezeh), in ker IMAJO VPLIV na trenutno konfiguracijo nevrnskega sistema. Haken uporabi tole prisposodobu (Haken, 1988): Petdeset plavalcev (neuronov) lahko na zelo različne načine plava v bazenu, vendar lahko plavajo tudi na zelo poseben način – v krogu. PLAVANJE V KROGU ni materialna stvar, temveč NADMATERIALNI VZOREC, četudi izhaja iz materialne osnove (posameznih plavalcev)! Je proizvod kolektivne dejavnosti plavalcev (neuronov) – njihove tihe konvencije, ki jih zavezuje. Lahko imamo petsto plavalcev v skupinah po petdeset. Člani vsake skupine plavajo v krogu, vsi krogi skupaj pa so razporejeni v polkrogu. Polkrog je torej vzorec drugega reda, ki ga sestavlja deset vzorcev prvega reda (krogov), ki jih oblikuje petdeset plavalcev (neuronov). Zdaj je treba h konfiguriranju nevronov (v prisposodbi plavalcev) dodati še asociativnost in kontekstualnost ter množičnost in vsebinsko pestrost. Tedaj bi dobili na osnovi urejenih vzorcev (ki sicer lahko nastopajo tudi v neživi naravi) duševne procese, če bi dodali "le še" – intencionalnost in zavest.

Ali nas determinirajo zunanje stvari ali njihove notranje slike? Če notranji vzorci ustrezajo zunanjim predmetom (to pomeni, da specifičnemu zunanjemu realnemu predmetu ustreza specifični notranji virtualni vzorec), potem je vseeno. Če pa virtualni vzorec ne ustreza realnemu (pri predvidevanjih, napačnih informacijah ipd.), tedaj o nas odloča VELIKOST Odstopanja virtualne od realne slike. Našo sposobnost prilagajanja in sobivanja določa torej Odnos med OBEMA: zunanjim in notranjim vzorcem. Matematično je ta odnos razlika med obema vzorčnima vektorjema, ki opisujeta prvi zunanje, drugi pa notranje stanje. Ravnamo tako, da bi bilo to odstopanje notranjega virtualnega od zunanjega realnega čim manjše. Za to uporabljamo dve možnosti: se sami prilagajamo okolju ali okolje prilagajamo sebi. Torej, ali realno oblikuje virtualno ali pa virtualno določa realno. To je še en razlog za enakovrednost v obravnavi notranjega in zunanjega sveta, vsaj s stališča človeka.

Notranji model je nekaj, kar obstaja v nas kot sistem v nevrnske konfiguracije preslikanih realnih stvari in odnosov med njimi. Tako kot je fizikalni objekt nekaj, kar s svojo zgradbo odstopa od stanja fizikalnega sistema, ki sestavlja okolico, tako je tudi psihofizični vzorec nekaj, kar odstopa iz siceršnjega stanja nevrnskega sistema. Razlika je v tem, da fizikalne objekte dojemamo navadno kot kompaktne individualne stvari, psihofizični vzorci pa so paralelno-distribuirani kolektivni aktivnosti posameznih nevronov. Na kvantnomehanski ravni pa je razlika med fizičnim in psihofizičnim precej manj očitna.

Duševnosti ne moremo lokalizirati le na možganske in virtualne strukture oziroma procese, temveč moramo vanje v nekem smislu vključiti VSE OKOLJE in VES SVET, ki se zgoščeno zrcali v duši vsakega človeka.

## 6.7. SEKVENČNO (ZAPOVRSTNO) MIŠLJENJE IN GOVOR

### 6.7.1. Sekvenčni procesi so implementirani v paralelno-distribuiranih

Pri sekvenčnih ali zapovrstnih procesih so miselni vzorci razporejeni v ZAPOREDJE, vrstni red, ki ne more biti spremenjen.

Človek pretvori iz paralelno-distribuiranega procesiranja v sekvenčno procesiranje tiste duševne procese in vsebine, ki jih NE MORE obvladovati in obdelovati HKRATI. To so predvsem tista predvidevanja, ki ne morejo privedi do sklepa takoj, temveč le postopoma. Postopek sklepanja je zato kaskada asociativnih procesov. Prav tako pa je tudi s simbolnim sporočanjem in še posebno z načrtovanjem in nadzorovanjem gibanja ter delovnega postopka.

Z zlomom simetrije nevrnskega sistema se ustvarjajo vse bolj specifične posebne strukture. Te strukture zasnujejo takrat, ko se lokalno uravnovesijo v relativno stacionarnih kvazistabilnih stanjih, nov makroskopski sistem. Tak sistem poznamo kot SISTEM PRAVIL (logičnih, slovničnih, harmoničnih idr.). Pravila so nekaj, kar prinese v duševne procese povsem nove dimenzije: manj svobode, a več opredeljenosti in natančnosti. Pravila so značilna v glavnem šele za zapovrstno mišljenje, saj je le-to posledica zlomljenega holizma.

Obravnavajmo najprej tiste procese, ki so kombinacija paralelističnega in sekvenčnega procesa. To sta denimo GOVOR in dojetanje GLASBE. Pomembno se je zavedati, da je motorična IZVEDBA pretežno SEKVENČNEGA tipa, ZASNOVA pri govorcu oziroma izvajalcu in DOJEMANJE poslušalca pa sta predvsem PARALELISTIČNEGA tipa. To se ujema z zgornjo ugotovitvijo, da so sekvenčnega tipa predvsem tisti procesi, ki jih možgani ne zmorejo opravljati hkrati.

Zbiranje govorne vsebine in razumevanje govora ne more biti drugačno kot asociativne narave. Spomnimo se na pomen konteksta pri govoru: npr. besede, ki se rimajo, laže razumemo (Seidenberg, 1989). Gre za zaobjetje množice vzorcev, čemur sledi selekcioniranje, filtriranje, prerazporejanje, kategorizacija. Tako prehaja mišljenje iz sintetičnega v analitično. Kot tako se lahko potem zakodira v besede. Razumevanje pa zaznamuje prehod od analitične in kategorizacijske obdelave v začetku k integraciji in podoživetju v nadaljevanju. Tako je tudi pri ustvarjanju, poustvarjanju in dojetanju oziroma podoživljanju glasbe. Začetek (zasnova) in konec (doživetje) sta paralelistično-sintetična, oddajanje in sprejem informacije ter sam prenos oziroma komunikacija pa so čisto sekvenčne narave.

Pretvorba vzporednega v zapovrstno mišljenje je posledica prevzema dominantne vloge določenih parametrov urejenosti oziroma kardinalnih nevronov ali kardinalnih domen. Odslej ti določajo pravila, in

sicer tako, da podpirajo njim ustrezne in zavirajo njim neprimerne dejavnike. Najpomembnejši pogoji seveda prihajajo iz okolja, saj okolje izbere tiste nevrone, ki mu najbolj ustrezajo. Pri komunikaciji pa je vpliv okolja zvezno zapovrsten.

Prav prilagoditvena pravila so tista, ki med mnogimi vzporednimi možnostmi privilegirajo le določeno SMER razvoja sekvenčnega procesa. Kardinalni nevroni, ki so člani zapovrstnega (sekvenčnega) procesa, so odgovorni za zlom simetrije vzporedno-rasporejenega procesa, hkrati pa prav ti paralelno-distribuirani procesi izpostavijo določene zmagovalne nevrone. Tako je zanka sklenjena. V Dodatku C podajam precej bolj eksaktno obravnavo, kako NASTANEJO SEKVENCE NEVRONSKIH VZORCEV S ČASOVNIMI ZAKASNITVAMI IN ASIMETRIČNIMI SINAPTIČNIMI VEZMI (Peruš, 1996a, 1997h), in sicer izhajajoč iz vzporednih procesov!

Večji sekvenčni procesi se navadno odvijajo SKOZI NIVOJE SKORJE, ki so povezani s povratnimi zankami. Paralelistični procesi pa potekajo ZNOTRAJ NIVOJA ALI AREJE (Scheibel & Wechsler, 1990). Paralelistični procesi so IMPLEMENTACIJA sekvenčnih procesov, kot pravilno dokazuje konekcijonizem (McClelland & Rumelhart, 1986; Smolensky, 1988; Prince & Smolensky, 1997; idr.).

### 6.7.2. Nevrolingvistika

Po mnenju Fodorja, Piageta in pravzaprav večine (Posner, 1989) JEZIK "izraša na vrhu" mišljenja kot način izražanja misli. Za nekatere se misli pojavljajo neodvisno od jezika, za druge po je mišljenje "notranji govor" – tako Fodor (1990) piše o "jeziku misli", kar bržkone ne velja vedno. Ni vsaka misel ubesedena, je le razvrščena v "logično razmerje" (propozicionalnost). Res pa gre pogosto za motorično spremljavo misli, kar je zvezano prek nižjeležečega asociativnega nevronskega procesa. Tako Fodorja podpira primer gluhoneme in slepe Laure, ki se je v sanjah pogovarjala sama s seboj v simbolnem jeziku z rokami oziroma prsti (Watson v: Lycan, 1992).

Nekateri (npr. Whorf) poudarjajo, da učenje jezika pomeni učiti se misliti v tem jeziku. Vendar prva teza prednjači pred drugo, če upoštevamo, da imajo tudi gluhonemi ljudje kompleksne miselne procese; prav tako celo nekatere živali, ki pa ne artikulirajo (vsaj ne človeškega) govora. Res pa je, da se kasneje tudi misli pri ljudeh izražajo bolj ali manj v jeziku (notranjem govoru) (Lurija, 1982), tako da sta mišljenje in jezik obojestransko soodvisna. Tedaj razumemo, zakaj tudi Vigotski, po njem pa še Lurija (1982), poudarjata, da je notranji govor šele posledica jezika, uporabljenega v zunanjem govoru. Evolucijsko oziroma antropološko je razvojno zaporedje torej verjetno takšno: najprej neartikulirane misli, nato družbeno pogojen razvoj artikuliranega jezika in nazadnje prenos uporabe jezikovnih kod tudi v notranje mišljenje (notranji govor). Sicer pa je zasnova vseh treh kognitivno-lingvističnih procesov, kot vselej, prepletena in vzajemna.

Watson (v Lycan, 1992) predlaga, naj pojem mišljenje pokriva vsakršno verbalno vedenje, ki poteka subvokalno. Po njem gre pri mišljenju za implicitno izvajanje verbalnih funkcij, ki se jih je človek naučil kolektivno. Vendar je ta behavioristični pogled na govor zasenčila kognitivna revolucija na čelu s Chomskym.

Za jezik sta pomembni Broca in Wernicke področji (Lurija, 1982; Scheibel & Wechsler, 1990); prvo za tvorbo stavkov in govor sam, drugo za vsebinskost govora. Vendar niti nevrolingvističnih procesov ne moremo lokalizirati le na ta dva predela; tam je samo težišče.

Za bežen vtis preletimo še osnovne elemente nevrolingvističnih računalniških modelov: V (McClelland & Rumelhart, 1986; Plaut & Shallice; Seidenberg, 1989; Soltysiak, 1994) so predstavljene plastovite mreže, ki so primerne npr. za dojetanje govora, za branje in za govor sam. Za razumevanje govora oziroma za govorjenje potrebujejo plasti fonemskih (glasovnih) ali fonoloških enot, sememskih (pomenskih) ali semantičnih enot, grafemskih (črkovnih) in ortografskih ("izgovorjavnih") enot, vmesnih ali pretvornih enot; za branje pa (še dodatno) detektorje črk, vizualne detektorje besed in grafoloških vzorcev, fonološki leksikon idr. Omenjene enote so posamezni kardinalni nevroni, vendar bi bilo še bolje, če bi bile manjše kardinalne domene. V možganih vsekakor nastopajo domene, le v modelih so predstavljene z nevroni. Vsaka plast tvori svoje atraktorje. Znane so motnje ("disleksije"), ker različni vzorci pristanejo v istem atraktorju (višjega reda), oziroma ker prihaja do "preskokov" med atraktorji. Primer vizualne (lahko tudi fonološke) napake razpoznavanja je zamenjava besed "simpatija" in "simfonija", čemur lahko sledi semantična (pomenoslovna) zamenjava "simfonija"- "orkester". Slutimo lahko, kako se pomešajo atraktorji različnih redov in funkcij.

### 6.7.3. Kognitivna lingvistika

Chomsky je nevrolingvistiko od behaviorizma prenesel v kognitivizem. Chomsky (v Lycan, 1992; Chomsky idr., 1990) takole opredeljuje: Jezik je komputacijski sistem SLOVNIČNIH PRAVIL. Človek ima vrojeno UNIVERZALNO SLOVNICO – nekakšno potencialno predjezikovno slovnico, ki predhodi vsem konkretnim jezikom. Spominja na konekcijonistične teorije o tem, da so v spominu shranjene le korelacije med možnimi dejanskimi vzorci. Tako kot šele okolje udejani nek nevronski vzorec-atraktor, tako tudi šele praksa v družbi rekonstruira genetsko zakodirano univerzalno slovnico otroka in jo kultivira na raven konkretnega jezika okolja, v katerem živi.

Učenje konkretnega jezika na osnovi vrojene univerzalne slovnice poteka tako, da se iz preddeterminiranih začetnih pravil, ki vsebujejo informacijo o potencialnih lingvističnih procesih in vrstah interakcije, postopno izlušči govorni jezik. Selekcija sistema pravil in njegova okolju specifična artikulacija se seveda

vrši z interakcijami z družbenim okoljem. Govorjeni konkretni jezik in njegovo razumevanje sta poslej kulturno pogojeno, s pravili vodeno, verbalno vedenje. Stavke se razume s sistematičnim asociativnim iskanjem po implicitnem sistemu pravil jezika (Chomsky v Lycan, 1992).

Prince in Smolensky (1997) kažeta, kako je moč univerzalno slovnico implementirati v konekcionistične sisteme Hebbovega tipa. V njuni simulaciji je univerzalna slovnica zakodirana izključno le v formalnih vezeh, urejenih v strogi prioritetni hierarhiji, ki je seveda virtualne oziroma implicitne narave. Kodiranje in dekodiranje poteka po tej hierarhiji virtualnih pravil prioritete v skladu z zahtevo po "maksimizaciji harmonije" (ujemanja v sistemu), torej minimizaciji energije v naši terminologiji. Le Hebbove formalne vezi v nevronske mreže določajo, katere lingvistične strukture so slovnično sprejemljive – tiste, ki imajo maksimalno "harmonijo" (ujemanje med lingvističnimi elementi), oziroma tiste, ki zagotavljajo minimalno energijo sistema.

Značilnost jezika je, da lahko isto misel sporočimo na zelo različne načine; hkrati pa za različne odtenke misli uporabljamo isti jezik (slednje večidel zaradi nezanemarljive omejenosti jezika). Prav tako je pomembno, da eksplicitno izraženi stavki prinašajo oziroma predpostavljajo tudi implicitno vsebino. Na primer, poved "Eva bo prodala avto" implicitno vsebuje tudi poved "Eva ima avto". Razumljiv jezik mora zadoščati SEMANTIČNIM (pomenoslovnim) in SINTAKTIČNIM (slovnim) PRAVILOM pri gradnji stavkov samih, povrh pa mora upoštevati tudi LOGIČNA pravila, če na osnovi enih stavkov sklepamo in izpeljujemo druge...

## 6.8. RAZUM IN LOGIČNO SKLEPANJE

### 6.8.1. Kratek uvod v osnove logike; "prava in kognitivna logika"

Raziskovanje razumskega mišljenja je bilo skozi zgodovino filozofije in kasneje znanosti omejeno večidel na LOGIKO (Berka & Mleziva, 1971; Friškovec, 1990; Nolt & Rohatyn, 1988; F. Jerman, 1979; Ule, 1986, 1990; Uršič, 1987). Pri tem bi morali ločevati logiko kot sistem pravil sam na sebi od "logičnih procesov", ki predstavljajo udejanjenje teh pravil skozi psihofizične procese mislečega človeka. Čeprav je stavek resničen ali napačen zaradi primerjave z dejanskostjo (Ule, 1990), matematične in filozofske logike resničnost in pomen ne zanimata, zanima ju le pravilnost sklepanja.

Na drugi strani je "kognitivna logika" (vsakdanje sklepanje mislečega človeka) vedno povezana s semantiko in preverjanjem ujemanja trditev z dejanskostjo. Hkrati so miselni procesi sklepanja vendarle implementirani, vsaj funkcionalistično, če že ne takoj nevrobiološko. Zato malo čudi, da Wittgenstein nasprotuje ideji o fizičnem, fiziološkem ali duhovnem "mehanizmu", ki upravlja človekovo ravnanje po pravilih (kot pravi Ule, 1990). Če je to res, potem denimo Wittgensteinovega Traktata (1960, orig. 1921), kljub vidnemu prispevku k razvoju "apriorne" ali platonistične logike in preseganju njenega zgolj formalističnega vidika (značilnega za matematično logiko), ne moremo neposredno uporabiti v kognitivni znanosti. Slednja se namreč ukvarja z (večkrat napakami polnim) sklepanjem mislečega posameznika, ki pri tem "replicira platonske logične strukture" – sledi "večni in univerzalni logiki". Zveza med pravo in kognitivno logiko je neznana (kot je neznana zveza med matematiko in fiziko). Za platonsko razlago ni eksperimentalne podpore. Analogija pa je vselej začudujoča. Ker sem monist glede zveze med univerzalno (kolektivno) zavestjo in individualno zavestjo posameznika, tako zastopam podoben monizem tudi glede zveze med logiko (a la Frege, Russell, Wittgenstein, posebno pa še Boole) in kognitivno logiko (ali analogno glede zveze med matematiko in fiziko, posebno še algebro in nevronske mreže). Naj citiram še Wittgensteina (1960: Traktat, 5.552, 5.5521): *"Die Logik is VOR jeder Erfahrung – dass etwas SO ist. / Sie ist vor dem Wie, nicht vor dem Was. / Und wenn dies nicht so wäre, wie könnten wir die Logik anwenden? Man könnte sagen: Wenn es eine Logik gäbe, auch wenn es keine Welt gäbe, wie könnte es dann eine Logik geben, da es eine Welt gibt?"* Ali v 5.621 + 5.63 (*"Die Welt und das Leben sind Eins. Ich bin meine Welt."*) tudi Wittgenstein izpove monizem? V 5.64 ugotovi, da solipsizem sovпада z realizmom...

Od antične filozofije dalje se je razvijala silogistična logika. Podajmo značilen primer SILOGISTIČNEGA SKLEPANJA:

1. predpostavka (premisa): Vsa vozila so uporabna za prevoz.
  2. predpostavka (premisa): Mercedesi so vozila.
- Sklep: Mercedesi so uporabni za prevoz.

V drugi polovici 19. stoletja in v prvi polovici 20. stoletja se je logika razširila s simbolno logiko. Tako logika danes ni več le panoga filozofije, temveč gradi tudi osnove matematike. Del simbolne logike je stavčna ali propozicionalna logika. Vzame enostavne povedi kot osnovne enote in z njimi (upoštevajoč resničnostne funkcije) gradi bolj zapletene, sestavljene stavke. Logični odnosi so resničnostne funkcije, če lahko resničnost ali neresničnost sestavljenega stavka izpeljemo iz vedenja o (ne)resničnosti osnovnih povedi in uporabljenem logičnem odnosu. Logične relacije so natančno opredeljena PRAVILA, navadno označena z vezniki IN, ALI, NE, ČE-POTEM, ČE IN SAMO ČE. Primer logičnega pravila, podanega z veznikom: Če je poved A resnična IN poved B resnična, je tudi stavek (A IN B) resničen. Drugi primer: Če je A resničen, potem je NE A (negacija A) neresnična. Iz enostavnih pravil te vrste lahko izpeljemo resničnost precej bolj zapletenih stavkov.

Pri logiki torej po določenih pravilih sklepamo iz znanih dejstev na neznana dejstva, pri čemer imajo ta dejstva lastnost RESNIČNOSTI ali NERESNIČNOSTI.

## 6.8.2. Konekcionistična implementacija sklepanja

Že pri nevronskih procesih smo spoznali, da mreža lahko na osnovi začetnih vzorcev rekonstruira nek končni vzorec. Pokazali bomo, da logične operacije ustrezajo "preoblikovanju vrhov ledenih gora". "Pod morsko gladino" skrite "gore" naj ponazarjajo številne mikroskopske nevronske-asociativne procese. Resničnostno funkcijo stavkov (vzorcev) KODIRAJO KARDINALNI NEVRONI ALI KARDINALNE DOMENE.

Preklopi teh kardinalnih nevronov ali domen lahko implementirajo negacijo nekega stavka (vzorca). Namreč, če je vzorcu ustrezni kardinalni nevron (v sinergetskem modelu parameter urejenosti) prej s svojo aktivnostjo zastopal in podpiral ta vzorec, ga ob deaktivaciji ne podpira več oziroma ga zavira. Za kodiranje resničnostnih funkcij pa je še veliko drugih možnosti (ki na različnih ravneh dopolnjujejo druga drugo). Na primer, sinaptična vez pridaja pozitiven ali negativen "predznak" signalom, ki potujejo skozi. Neuron, ki bi sicer aktiviral sosedo, ga zavira, če je sinaptična vez med njima negativna. To je najpreprostejše nevronske udejanjenje negacije.

Zametek logičnega IN je v najpreprostejši obliki realiziran s sklopitvijo dveh nevronov. V našem matematičnem modelu je bila SKLOPITEV predstavljena z operacijo MNOŽENJA nevronske stanj ( $Q_i Q_j$ ), ki je matematični analog logičnemu IN. Zametek logičnega ALI je podan s seštevalno funkcijo nevronske; SEŠTEVANJE (posameznih  $Q_i$ ) pa je matematični analog logičnemu ALI. Natančneje povedano: operaciji ALI je analogno le binarno seštevanje, saj je pomembno le, ali signal ("sumand") je (1) ali ga ni (0). Glede analogije logičnih in matematičnih operacij se spomnimo na vzporedno (za ALI) oziroma zaporedno (za IN) vezavo električnih vezij v skladu z Boolovo algebro.

Vendar so "prave" negacija (operacija IN), disjunkcija (operacija ALI) ali konjunkcija (operacija IN) izvedene na podlagi zgoraj navedenih principov s POSPLOŠENIMI NEVRONI IN POSPLOŠENIMI VEZMI! (Spomnimo se, da so posplošeni nevroni  $S$ -tega reda matematično-formalni nadomestek za vzorce ( $S-1$ )-tega reda, ki so zastopani s parametrom urejenosti ( $S-1$ )-tega reda.)

Navedimo še eno realizacijo nekaterih osnovnih logičnih funkcij, kot jo navaja Burnod (1990):

1. IN: Dva šibka vhodna signala prideta po istem dendritu in s tem koaktivirata telo (somo) nevronske. Le SKUPAJ zmoreta preseči prag some, vsak posebej ne uspe.
2. ALI: Dva močna vhodna signala prispeta po različnih dendritih. S tem eden ALI drugi sproži izhodno aktivnost some, saj je že vsak posebej dovolj močan za to.
3. ČE-POTEM: Šibak in močan signal; šibki ima vpliv na izhod some, SAMO ČE je bil prej aktiviran močni signal, saj je le tedaj presežen prag some. Torej: ČE je močni signal bil, POTEM šibki signal sproži izhodno aktivnost.
4. Ekskluzivni ALI udejani mreža štirih nevronov (dva vhodna, eden skrit, eden izhoden) z vnaprej določenimi vezmi (šolski primer iz zgodovine nevronske mreže, podan v skoraj vsakem učbeniku).

## 6.9. NAVEZAVA NA SIMBOLNO UMETNO INTELIGENCO

### 6.9.1. Asociacije, reducirane na logične odnose

Razum operira sekvenčno z vzorci, ki so zelo močno usidrani in opredeljeni. To so vzorci, ki so trajni in stabilni, saj njihovi parametri urejenosti zanesljivo organizirajo ves sistem tako, da se ti vzorci oblikujejo točno takrat, ko nastopijo za to ustrezne okoliščine. Trdimo lahko, da modeli nevronske mreže, ki so v kognitivnih znanostih zastopani pod paradigmo KONEKCIONIZMA, zmorejo oblikovati makroskopske sekvenčne procese. Do takih procesov pa pride šele na hierarhično visoki ravni in v posebnih okoliščinah, ki se morajo ustvariti in obnavljati z vztrajnim učenjem. Često za oporo potrebujemo interubjektivno-formalizirane simbolne sisteme (npr. matematične). Torej gre za strukture, ki niso primarne oziroma naravne za možgane.

Še najbolj naravna je "zdravorazumska" oziroma pogovorna logika, ki je vsidrana v vsakdanjem sklepanju in jeziku. Ta "kognitivna" logika je seveda često dvoumna in slabo definirana, torej precej bolj mehka kot njeni formalizirani različici (matematična in filozofska logika), ki jih negujejo šele v izobraževalnih ustanovah. Trdimo lahko, da procesi logičnega sklepanja nastopijo šele kot POSEBEN MAKROSKOPSKI PRIMER, KI IZHAJA IZ GLOBJE LEŽEČE PARALELISTIČNE NARAVE ASOCIATIVNIH PROCESOV. Potem pa seveda sledijo LASTNIM (POSEBNIM) ZAKONOM, ki jih odkriva znanstvena logika in računalniško modelira UMETNA INTELIGENCA. Ta lahko zanemari fundamentalnejše procese in se omeji le na bistvo logičnih odnosov. Torej, asociacije lahko zreducira na enostavne relacije.

Poglejmo, kako lahko "podtemeljimo" logične operacije z nevronskimi procesi. Najenostavnejši primer logičnega sklepanja je "modus ponens":

1. predpostavka: ČE je res A, POTEM sledi B.
2. predpostavka: A je res.

Tedaj velja sklep: Tudi B je res.

Ta primer ustreza preprosti asociaciji: če se bo pojavil vzorec A, bo sprožil rekonstrukcijo vzorca B. Podobno lahko izpeljemo tudi relacije med drugimi zapletenejšimi nevronskimi procesi in nizi asociacij na



eni strani ter stavčno logiko na drugi. (Seveda mislim tudi tukaj, kot povsod v tem delu, na "kognitivno stavčno logiko", ne na običajno formalno logiko, v kateri ni časovnih redosledov, zvez ali asociacij, temveč so le resničnostne operacije.)

Na primer, August Stern je razvil logični sistem, kjer osnovni elementi niso preproste logične spremenljivke, temveč LOGIČNI VEKTORJI (vektorji stanja, ki ustrezajo celim konfiguracijam) (Stern, 1992). Ti so povezani z logičnimi relacijami, ki so v Sternovem sistemu opisane z operatorji, torej MATRIKAMI. Te matrike opisujejo sestavljene logične preslikave med logičnimi vektorji, podane pa so z zunanjim produktom med temi vektorji, kar ustreza Hebbovemu učnemu pravilu! Sternove operacije ustrezajo obrazcu (4) (Sternova matrika je v bistvu matrika sinaptičnih vezi), le da on na tej osnovi modelira celo vrsto logičnih procesov. Hkrati to strukturo poveže s kvantno fiziko, kar bom storil tudi jaz. Sam Stern (1992, str. 196) pravi, da je "refleksivna simetrija logike in kvantne fizike v bistvu fraktalna simetrija, v kateri se rešitev valovne enačbe uporablja kot vhod v logične operatorske (matrične) enačbe". Fraktal pa je "eksaktna replika oziroma skaliran model samega sebe". Dodajmo še to, da August Stern primerja proces kvantnega merjenja z logičnim odločanjem in t. i. "kolaps valovne funkcije" s procesom sklepanja. Stern uporablja t. i. resničnostno in t. i. neresničnostno funkcijo podobno kot jaz eksplicitni in implicitni red: eksplicitno je (navadno) resnično (pravkar udejanjemo), implicitno pa je neresnično (trenutno neudejanjeno), vendar obstaja kot možnost, ki bi se lahko udejanila v drugih primernih okoliščinah.

Za razliko od Sternove paralelno-distribuirane systemske logike, ki izhaja iz "kolektivne nevronske" dejavnosti, je možna realizacija logičnih operacij tudi bolj lokalno – s preprostimi skupinami največ nekaj nevronov z vnaprej določenimi jakostmi aktivnosti in močmi vezi med njimi (Arbib, 1987; Burnod, 1990 idr).

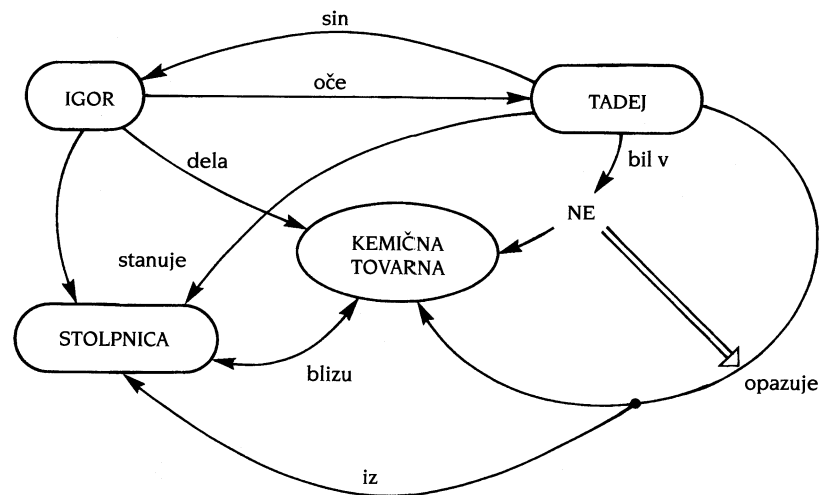
### 6.9.2. Semantične mreže

Tudi umetna inteligenca si predoči splete logično-semantičnih odnosov z mrežami. Takšne semantične mreže sestavljajo elementi, ki pa imajo na tej ravni čisto KONKRETNE NOTRANJE VSEBINE (v nasprotju z biološkimi nevroni, ki sami nimajo konkretnih informacijskih vsebin, ampak te vsebine zakodirajo šele cele konfiguracije). Pri semantičnih mrežah so osnovni elementi cele besede ali predmeti (ali pa vsaj zlogi oziroma deli predmetov).

Vzemimo odnos s slike 20: "Tadej je Igorjev sin" ali "Tadej je sin od Igorja", kar predočimo s shemo:

Tadej  $\xrightarrow{\text{sin}}$  Igor

V PROLOG-u zapišejo: (sin, Tadej, Igor).



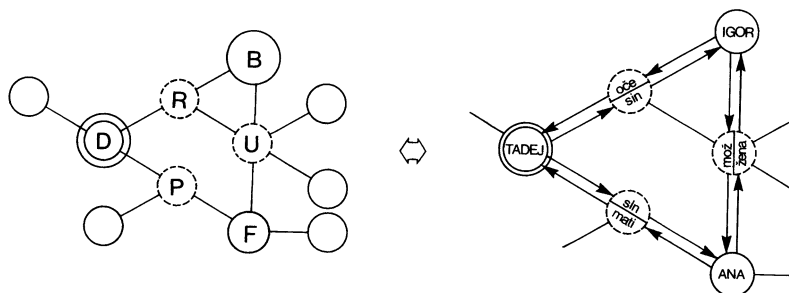
Slika 20. Primer semantične mreže

PROLOG je osrednji programski jezik umetne inteligence. Uporabimo njegov način simbolnega zapisa tudi pri sliki 21.

Če na shemi 21 poznamo  $(B, R, D)$ , ugotovimo, da je neznanka  $X$  v relaciji  $(F, P, X)$  enaka  $D$  (torej  $X = D$ ). Tako popolnjevanje sheme nas spominja na reševanje križanke, ki smo jo v enem od podpoglavij uporabili kot zgled asociativnega delovanja nevronske mreže.

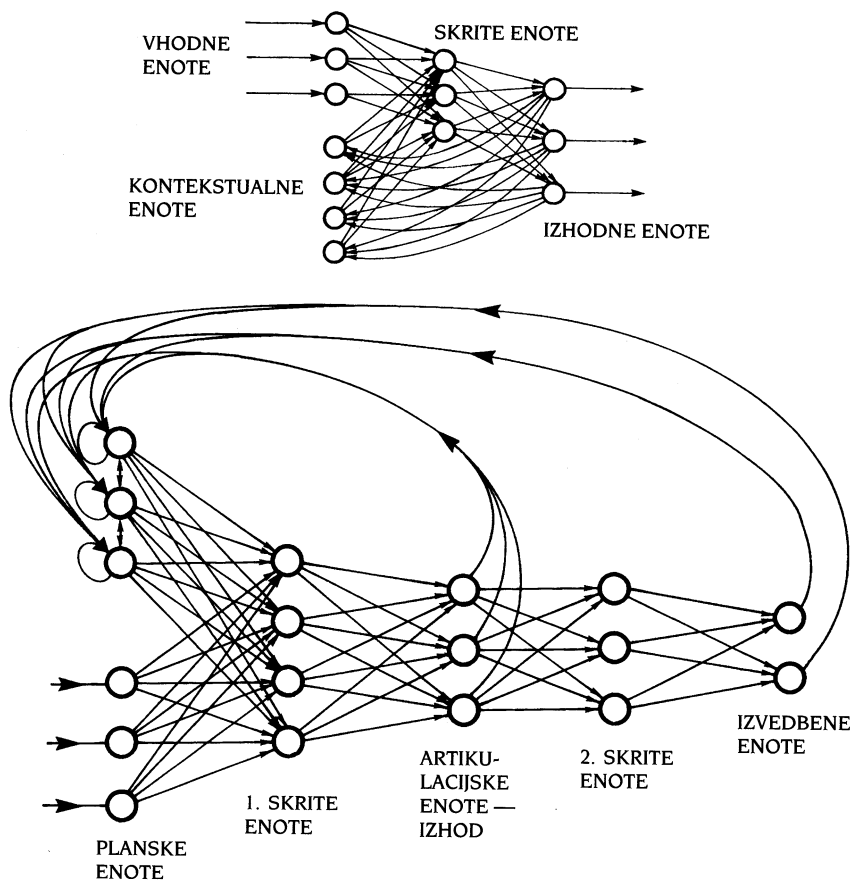
Tudi Kohonen govori o relacijskih mrežah, kjer kot relacija nastopa asociacija. Vendar se je pri tem treba zavedati, da je relacija ozka in statična, asociacija pa je njena široka, dinamična, generična podstat.

Brez izčrpnjega komentarja pogledjmo še dve rekurzivni plastoviti nevronske mreži. Prva mreža na sliki 22 levo (Elman v: Posner, 1989) se uči razpoznavanja sekvenc (npr. v stavku). Druga na sliki 22 desno (Jordan v: Posner, 1989) pa je pripravna za sekvence fonemov, not v melodiji, gibov in obratov. Skrite enote (v obeh arhitekturah) so vrsta manj svobodnih oziroma bolj avtonomnih kardinalnih nevronov ali parametrov urejenosti. Kombinirajo tekoči vhod s spominom o prešnjih vhodih tako, da razpoznajo in imenujejo sekvenco, ter da predvidijo naslednje elemente zaporedja. Generično bistvo časovnih sekvenc so zakasnitve v povratnih zankah (dodatek C). Kontekstualne enote nosijo spomin tekoče sekvence... Vse enote so lahko posplošeni nevroni (vzorci, ki so v modelu nadomeščeni z nevroni višjega ranga).



Slika 21. Popolnjevanje semantične mreže v umetni inteligenci

Na koncu tega poglavja moram poudariti, da sem se simbolnih in sekvenčnih procesov dotaknil precej bežno, saj je glavni namen tega dela ugotavljati paralelizem neuro-kvantnih implementacijskih modelov z modeli kognicije in zavesti. Ker kognitivni procesi, ki jih proučujejo klasična umetna inteligenca, lingvistika in simbolno usmerjeni kognitivna filozofija in kognitivna psihologija, presegajo možnost neposrednega modeliranja z neuro-kvantnimi konekcionističnimi modeli, se jih tukaj kljub njihovi pomembnosti ne lotevam. Simbolne kognitivne procese na ravni pravil in njihovo sekvenčno udejanjanje se, četudi nekje globoko izhajajo (emergirajo) iz konekcionističnih procesov, ne da zreducirati na te paralelno-distribuirane procese, ker simbolna kognicija in jezik vsebujeta dovolj netrivialnih, posebnih dinamičnih struktur (Newell, 1987; Posner, 1989; Mind & Brain, 1992; Stillings idr., 1995; idr.).



Slika 22. Shemi dveh nevronske mreže za razpoznavanje sekvenc (glej besedilo)

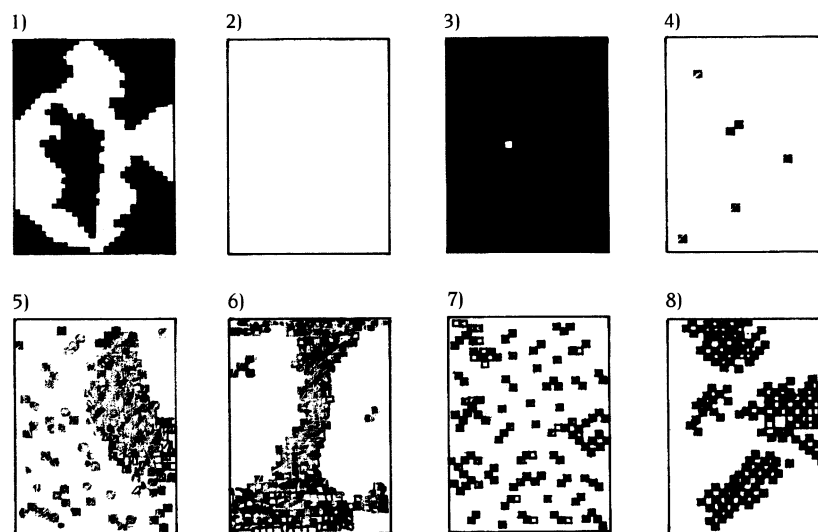
## 6.10. SINERGETSKE OSNOVE ODLOČANJA IN REGULACIJE VEDENJA

Interaktivno preklapljanje nevronov med aktivnim in neaktivnim stanjem je bistvo kibernetike nevronske mreže in njenih regulatornih funkcij. Ta polarna dialektika mrež formalnih nevronov se izraža s preklapljanjem ne le celih domen in vzorcev, temveč tudi njim ustreznih kardinalnih ali posplošenih nevronov, s katerimi so vedno tesno in usodno povezani. Preklop kardinalnega nevrna iz aktivnega v neaktivno stanje ali obratno je lahko simbol za vrednostni preobrat cele množice vzorčnih struktur, kar občutimo kot npr. spremembo našega mnenja ali odnosa, ali pa celo kot spremembo razpoloženja (kolikor lahko zanemarimo fenomenalno "ozračje"). Par polov dobro-slabo je odraz polarnosti nevronskega kod, ki je povezana z ujemanjem oziroma potrjevanjem vzorcev ali neujemanjem oziroma spodnašanjem vzorcev visokega reda.

Oglejmo si na nazornem primeru ozadje takšnih sprememb "duševnega ozračja" (mnenja, razpoloženja, občutja ipd.), če jih iščemo v delovanju sistema posplošenih nevronov. Nek simetričen oziroma koherenten uniformen vzorec (lahko je tudi lokalnejši, ne nujno globalen in vseobsegajoč), v katerem so vsi nevroni ali posplošeni nevroni aktivni ali vsi neaktivni, razpade na dve domeni: na množico aktivnih in množico neaktivnih nevronov, ki si nasprotujeta in sta si hkrati komplementarni. Takšni domeni lahko razpadata tudi še naprej in se tako iz splošnega drobita v konkretnije manifestacije. Primer takšnega razpadanja v poddomene srečamo pri nevronskega sistemih, feromagnetih, spinskih steklih idr. oziroma pri ustreznih računalniških simulacijah (slika 23).

Sinergetsko je tako imenovana polarna dinamika zvezana z BIFURKACIJO v nevronskega sistemu. Kot je bilo že rečeno, gre denimo za zlom simetrije, ki se zaporedno ponavlja, in za podvojevanje orbit systemske dinamike v konfiguracijskem prostoru. To pa je uvod v razvoj sistema po scenariju, ki ga v matematiki imenujejo "KAOS". Za procese tega tipa je gotovo v večini primerov odgovorna dinamika kompleksnega sistema, ki je bolj ali manj skrita v ozadju. Ključno vlogo igra tudi iterativna narava procesa.

Primer duševnega procesa, ki ustreza zlomu simetrije vzorčne konfiguracije (glej slovarček), je ODLOČANJE, v širšem smislu pa seveda tudi kakršnokoli opredeljevanje in diferenciacija. Preklopi kardinalnih nevronov in celih vzorcev so osnova za SODBE (Peruš, 1994b). Če aktivnosti kardinalnih nevronov neposredno vplivajo na nevrone v motoričnih središčih (npr. malih možganih), nato pa na nevrone v hrbtenjači in v udih, vodi omenjena dinamika spremembo vedenja od kognitivne do motorične ravni.



Slika 23. Spinski sistemi – zlom in obnovitev simetrije. Domene pojmov pri naraščajoči temperaturi in energiji sistema (shema). Na koncu (8) nastajajo "šahovnice".

## 6.11. VIZUALNA KOGNICIJA

V grobem lahko ločujemo PROPOZICIONALNO ali VERBALNO KOGNICIJO in PIKTORIALNO ali VIZUALNO KOGNICIJO. O prvi smo govorili v dveh izmed podpoglavij, o drugi pa bomo spregovorili skozi dva značilna pogleda, ne da bi se spustili v zahtevne podrobnosti TEORIJE VIDA (po Marru, Poggiu, Daugmanu (1988), Hoffmanu (1966, 1968), ki uporabljajo Lieve algebre, Gaborjeve funkcije, Fourierove transformacije ipd.).

Prvi pogled je ekologizem J. J. Gibsona, ki uporablja pojme, kot so ZAZNAVNE INVARIANCE in AFORDANSE. Prvi pojem zaznamuje dejstvo, da zaznavni aparat išče korelacije v vhodnih podatkih (npr. Hebbovo pravilo), in najde jih pri ponavljajočih se strukturah oziroma tistih, ki so stalne oziroma nespremenljive (invariantne). Drugi pojem pa izhaja iz Gibsonove ideje, da okolje v možganih ni reprezentirano, saj se ponuja (angl. "affords") samo (Gibson v: Pick idr., 1992).

Neisser (v: Pick idr., 1992) takole povzema psihofizično teorijo Gibsona: Okolje je nepogrešljiv element razlage zaznave in obnašanja. Okolja ni potrebno reprezentirati, ker je neposredno prisotno (podrobna

razprava o (ne)potrebnosti reprezentiranja v: Peruš, 1994b). Okolje ne nadzoruje živali, temveč se jim "ponuja", da ga raziskujejo in ga izkoriščajo. Jaz ni izven okolja, marveč je del njega. Učenje je v bistvu proces usklajevanja med organizmovim notranjim stanjem in stanjem okolja. Pokazal sem že, kako nevrnske mreže učenje čudovito uspešno opravljajo.

Drugo opažanje je zvezano z zaznavno invarianco pri vidu in njenim prenosom v višjo kognicijo. Človek predmete ne le zaznava, temveč kognitivno manipulira z njimi, če je to potrebno. Ta kognitivna obdelava presega golo afordantno zaznavanje, vendar ne transcendirata piktorialne narave izvorne zaznave. Eksperimentalna kognitivna psihologija je prispevala lepe poskuse, ki dokazujejo, kako miselno manipuliramo s piktorialno reprezentiranimi predmeti (Block v: Lycan, 1992 – orig. Metzler & Shepard). Nek lik lahko miselno rotiramo, in sicer sorazmerno s časom. To pomeni, da če miselno zarotiramo predstavljen predmet bolj, za to porabimo toliko več časa. To kaže, da je mentalna manipulacija piktorialna in približno izomorfna zunanjemu procesu zaznave ali motorične manipulacije predmetov. Kakor vidimo, da z rokami obračamo dejanski predmet, tako si lahko to mentalno predočimo v vizualni predstavi, torej uporabljajoč virtualno sliko predmeta. Ta miselni proces je reprezentativna replika dejanskega procesa. Predstavlja prehod od Gibsonovih ekoloških afordans k miselnemu modeliranju kot višji kognitivni dejavnosti, ki najprej še ostaja piktorialna in ne preide v abstrakcije (Dalijeve transformacije so nekje na meji). Geometrično kognitivno manipuliranje ni več le intencionalno v Brentanovem smislu, temveč je namensko, torej vodeno od zgoraj navzdol z Jazovim ciljem oziroma namenom (denimo primerjanje, ali dve telesi oblikovno sovpadata, ali ključ ustreza ključavnici ipd.). Ker ta proces (podobno kot jezik oziroma govor) presega običajno sinergetiko nevrnskih mrež, v kateri je implementiran, tukaj ne bomo šli dalje. Gre za sposobnost procesiranja na ravni atraktorjev in njihovih medsebojnih odnosov; nevroni niso več pomembni (razen seveda kot usuznjeni konstitutivni elementi atraktorja – virtualne slike).