

## 7. HOLISTIČNA DINAMIKA KOMPLEKSNIH SISTEMOV: UVOD V PROCESUALNO OZADJE ZAVESTI

### 7.1. VSE IMPLICITNO V ENEM; ENO IMPLICITNO V VSEM

Nevroni v simetrični asociativni (Hopfieldovi) mreži delujejo po načelu "vsi za enega, eden za vse", na abstraktnější ravni pa tudi vzorci raznih redov, ki smo jih zato označili kot posplošene nevrone. Mreža vsebuje informacijo po načelu "vse v enem, eno v vsem".

Včasih je ta simetrija "skrita, zlomljena, oslABLJENA, raztrgana" ali na drugi ravni, vendar se pojavlja povsod, kjer delujejo sistemi, posebno kompleksni. Navadno se "vsi za enega, eden za vse" IMPLICITNO manifestira skozi mnogo POSREDSTEV, ne pa neposredno. Raziskovati moramo zelo globoko in široko, da uvidimo smiselnost tega rekla. Posredno je ta princip zastopan povsod, vendar ga pri konkretnih individualnih stvareh ne uvidimo, saj usmerjamo pozornost tedaj le na to konkretno stvar samo kot na od okolja ločeno posameznost. Tedaj se ne spuščamo v njeno zgradbo in v njeno mesto v širši okolici.

Načelo "vsi za enega, eden za vse" ni treba nujno jemati povsem dobesedno, torej da mora biti prav vsak element neposredno povezan z vsakim drugim. Zadoščajo že posredne povezave ali povezanost večine z večino. Pomembno je le, da se po specifični motnji sistem samoorganizira tako, da tvori specifičen vzorec-atraktor.

Po načelu "vsi z enim, eden z vsemi" interagirajo že osnovni delci in spini (Kafatos & Nadeau, 1990). Vsak element sistema (formalni nevron) je odvisen od vseh drugih elementov in določen z njihovimi vplivi; hkrati pa vsak element vpliva na vse druge in jih sodoloča. Vendar ponavadi "senčijo" drug drugega, si stojijo napoti, zato se medsebojni vplivi z razdaljo zadržijo ali prestrežejo. Tako "vsi za enega, eden za vse" ne prihaja do izraza, saj razne skupine manjših delcev, ki se povežejo v večje delce (vezane sisteme), oblikujejo "vase zaokrožene domene". Na primer: vplivi pozitivnih in negativnih nabojev (protonov in elektronov) se v nevtralnem atomu izničijo, zato atom navzven deluje glede svojih električnih vplivov nevtralnno. To je tako kot v primeru majhne nevrnske mreže, kjer je polovica nevronov aktivnih, druga polovica neaktivnih in se, denimo, to razmerje ohranja. Vezani sistemi delci raznih redov velikosti in sestavljenosti) so torej nekakšne podmreže, ki šele zunanje delujejo kot vzorci (v kvantni mehaniki lastne funkcije).

Holistično, kolektivno, sistemsko delovanje je zelo pomembno tudi v imunološkem sistemu, verjetno pa tudi v genetiki, embriologiji idr. Že molekule "znajo razpoznavati" druga drugo in se vzajemno lokalizirati, celice pa prav tako (Varela, 1979).

Dogodek, ko simetrična nevrnska mreža (mreža osnovnih delcev, povezanih s silami oziroma interakcijami), ki deluje po holističnem načelu "vsi za enega, eden za vse", razpade na podmreže, imenujemo ZLOM SIMETRIJE. Vendar te podmreže ohranjajo sodelovanje po holističnem načelu med seboj, ohranjajo pa ga tudi elementi (nevroni) vsake posamezne podmreže znotraj nje same! Prekinjena je le neposredna interakcija vsakega elementa z vsakih med elementi različnih podmrež. Holistični princip se je tedaj lokaliziral in konkretiziral. Pri tem se pojavlja vprašanje, ali ne lomimo simetrije prav mi ljudje sami (ali vsaj tudi mi) s svojim kategorizacijskim in selektivnim spoznavnim procesom ter s tem fizikalnega sveta ne dojemamo kot simetrične celote, temveč samo po izoliranih delih. To je pogojno upravičeno le v tistem jedru fizike, ki se ne ukvarja s kompleksnimi sistemi.

Zelo pomenljivo je tudi, da Hopfieldova nevrnska mreža pravzaprav deluje ONSTRAN PROSTORA! (Tukaj je mišljen matematičen model, ne biološka mreža.) Hočem reči, da prostorska razporeditev nevronov nima nobene vloge. Ker so vsi nevroni na enak način povezani z vsemu drugimi, so si vsi v nekem abstraktnem smislu "sosedje". Če bi jih denimo povsem prerazporedili, bi to na dinamiko mreže prav nič ne vplivalo. Pri simetrični nevrnski mreži torej prostorska razmerja nimajo pomena, saj je vse odvisno od medsebojnih razmerij jakosti nevronov in vezi, torej notranjih značilnosti, ne zunanjih (kakršna je lega). Lahko rečemo, da modelska nevrnska mreža operira v "PREDPROSTORU", kjer je "vse v enem in eno v vsem" – virtualna enotnost.

Nevronske mreže kot celota so DETERMINISTIČNI AVTOMATI (univerzalni Turingovi stroji, ki so sposobni izvajati vse izračunljive operacije).

Kako pa velja za posamezni nevron v mreži? Ali je njegova dejavnost determinirana ali ne? Na tej ravni uvidimo, da je problem determinizma in nedeterminizma oziroma nujnosti in slučajnosti posledica nedojojanja celote. Model nevrnskih mrež ta problem transcendirata. Kompleksni sistemi, ki delujejo kot simetrične asociativne nevrnske mreže po principu "vsi za enega, eden za vse" v sebi nekako sintetizirajo determinizem in nedeterminizem. V njih namreč vsi drugi elementi določajo (determinirajo) posamezni element ("vsi za enega"), HKRATI pa ta posamezni element vpliva na vse druge ("eden za vse")! Ko upoštevamo interakcije "vsi za enega", je ta eden torej determiniran; ko pa upoštevamo interakcije "eden za vse", pa vidimo, da ta eden "svobodno" sovpliva na druge. Pri nevrnskih mrežah je oboje združeno, zato problem lokalnega (na ravni enega nevrna) determinizma oziroma nedeterminizma zbledi. Ko obravnavamo mrežo kot CELOTO, je ta deterministična.

Podobno v psihosociološki analogiji vsaj do neke mere zbledi problem usodne vpetosti ali svobode človeka. Če torej ne gledamo parcialno, tedaj je problem rešen: Determinizem in nedeterminizem sta le dva vidika taiste nedeljive sistemske stvarnosti. V pogojih zlomljene simetrije pa moramo gledati tudi na nivo

obravnave: na mikroskopski (nevronski) ravni je človek precej determiniran, na makroskopski (duševni in še posebno duhovni) ravni pa ima veliko prostosti in svobodne volje.

Preseganje dualizma velja tudi za NUJNOST in SLUČAJNOST. Če so vzroki ali paralelno-distribuirani vplivi na nek element znotraj našega definicijskega območja (znotraj pozornosti opazovalca), potem govorimo o nujnosti. Če pa ne vidimo vzrokov ali paralelno-distribuiranih sistemskih vplivov na opazovani element, ker so le-ti preveč globalni oziroma preveč kompleksni in so zato izven naše notne pozornosti, tedaj govorimo o slučajnosti. Toda ČE bi lahko dojemali svet celovito in sintetično, problema nujnosti in slučajnosti ne bi bilo. Če bi imeli popolno informacijo o celoti, bi svet verjetno dojemali kot determiniran. Nevronske mreže in njihovi analogi so edini modeli, ki bi omogočali takšno celovitost, če bi bili popoln model sveta, kar pa seveda niso.

Dualizem determinizem – nedeterminizem je analogen dualizmu zakona o minimumu energije in zakona o maksimumu entropije, torej hkratnosti težnje po usklajenosti in redu (determiniranosti), po drugi strani pa po "svobodi do iskanja nove determiniranosti" (kar je hkrati v spremenljivem okolju tudi potreba).

## 7.2. ANALOGIJA S FIZIKO OSNOVNIH DELCEV

### 7.2.1. Poenotenje fizikalnih sil in enotna teorija polja

Fizika osnovnih delcev se danes večinoma ukvarja z gradniki snovi na subatomske ravni. Delce deli na leptone (elektron, mion, tauon in njihovi nevtrini) in na hadrone, ki so sestavljeni iz kvarkov. HADRONI se delijo na barione (proton, nevtron, hiperoni) in mezone (pioni, kaoni idr.). Leptoni, mezoni in barioni so "pravi delci", vmesni bozoni pa so nosilci polja neke sile – so posredniki SILE oziroma INTERAKCIJE med pravimi delci. Poleg vmesnih bozonov so bozoni tudi mezoni, ki posredujejo jedrsko silo (močno silo na ravni atomskega jedra). Bozon je delec, ki ima celoštevilčni spin (notranjo vrtilno količino) in antisimetrično valovno funkcijo glede na zamenjavo (koordinat) delcev. Leptoni in barioni so fermioni. Fermion je delec, ki ima polštevilčni spin in simetrično valovno funkcijo.

Poznamo štiri vrste interakcij: elektromagnetna (nosilec foton), šibka (nosilci trije šibki bozoni), močna (nosilec na nivoju jedra pion, na ravni kvarkov pa gluon) in gravitacijska (nosilec graviton). Vsak delec ima svoj ANTIDELEC, ki ima enako maso kot delec, vendar nasproten naboj in z-komponento spina.

Nekateri delci (npr. fotoni in nevtrini) so brezmasni in tudi brez nabojev. Vsak barion se sestoji iz treh kvarkov, vsak mezon pa iz kvarka in antikvarka. To pomeni, da je npr. valovna funkcija bariona linearna kombinacija valovnih funkcij treh kvarkov (Brandsen idr., 1973; Frauenfelder & Henley, 1979).

Pri visokih energijah sta elektromagnetna interakcija in šibka interakcija poenoteni, pri zelo visokih energijah se poenotita tudi elektromagnetno-šibka in močna interakcija. Pri skrajno visokih energijah pa naj bi se pridružila v eno vrsto interakcije še gravitacija, tako da bi imeli pri izjemno visokih energijah namesto štirih le en sam tip interakcije in en sam tip delcev. Pri nižjih energijah imajo mnogi delci (leptoni in kvarki ter iz kvarkov sestavljeni delci) zelo različne lastnosti, pri skrajno visokih energijah pa se razlike med njimi zabrišejo.

Na najbolj enotni stopnji, ki se imenuje SUPERSIMETRIJA, naj bi se kvarki in leptoni poenotili (lahko bi prehajali eden v drugega), tako da bi ostala ena sama vrsta osnovnih delcev snovi in ena sama interakcija (sila), ki bi jih vezala (Strnad, 1988).

### 7.2.2. Bootstrap teorija

Težišče fizike osnovnih delcev je postavljeno na raziskovanje posameznih delcev in interakcij med njimi, in sicer začetnih stanj, vmesnega stanja in končnih stanj interakcije. Iščejo se lastnosti posameznih delcev, ki se količinsko opišejo s kvantnimi števili. Vendar je jasno, da delcev in njihovih reakcij ni mogoče izolirati in jih obravnavati kot posamezne dogodke, iztrgane iz širšega dogajanja. Pri nižjih energijah še lahko interakcije med delci obravnavamo posamič, brez upoštevanja "sosednjih" interakcij. Pri zelo visokih energijah, ko "transcendiramo" potencialne vrtače, ki ustrezajo posameznim delcem, pa ni mogoče več zanemariti dejstva, da so "elementi" kvantnega sistema (še osnovnejši delci ali raje matematične "točke") MED SEBOJ GOSTO POVEZANI V MREŽE INTERAKCIJ (Capra, 1982; Stapp, 1971; idr)! Zdi se, da se izmenjujejo oziroma da so prepletene ravni kolektivnega paralelno-distribuiranega (nelokalnega) delovanja sistema in lokaliziranih skupkov – "delcev" (ki se pojavijo s "kolapsom valovne funkcije", pri čemer eksperimentator dejavno sodeluje).

Fiziki, ki jih v nasprotju z drugimi kolegi zanimajo taki SISTEMSKI PROCESI, so postavili BOOTSTRAP teorijo (angl. "bootstrap" = vezalka, pentlja). Bootstrap teorija obravnava delce, ko so z interakcijami POVEZANI V MREŽE. Tak sistem deluje kot paralelno-distribuiran proces in na tej ravni dogajanje v fiziki osnovnih delcev PRECEJ SPOMINJA NA PROCESE V MOČNO DIFERENCIRANI SIMETRIČNI ASOCIATIVNI NEVRONSKI MREŽI. Zelo grobo povedano: osnovni delec ustreza nevronu, interakcija signalu med nevronoma, nosilec interakcije oziroma sile (mezon) sinapsi, sestavljeni delec pa nevronskega vzorca. Še boljše pa je, če za nevron izberemo "abstraktno matematično točko" in je delec že paralelno-distribuirani "nevronski vzorec".

Vendar je treba jasno opozoriti, da takšna analogija PRIDE V POŠTEV ŠELE PRI SKRAJNO VISOKIH

ENERGIJAH, ko je sistem v stanju VELIKE SIMETRIJE (SUPERSIMETRIJE). Fizika nižjih energij pa ustreza že tako zelo močni diferenciaciji delcev in sil, da bi za modeliranje z asociativnimi nevronskimi mrežami potrebovali mrežo z mnogimi vrstami nevronov, ki bi bila kot model daleč preveč zapletena. Nevronski model sicer ne bi mogel elegantno rešiti konkretnih kvantitativnih vprašanj na ravni posameznih delcev, lahko pa bi morebiti kvalitativno predočil globalno sistemsko dinamiko množice delcev in interakcij ter reševal nekatera fundamentalna vprašanja.

F. Capra (1982, str. 353), sklicujoč se na G. Chewa (1971), pravi, da se po hadron-bootstrap teoriji "vsak delec (hadron) sestoji iz vseh drugih delcev", vendar ne statično. Delci vključujejo drug drugega v dinamičnem smislu. V bistvu soustvarjajo drug drugega s svojimi interakcijami! Vsak pridevnik "osnovni" bi torej morali dati v narekovaj, saj so vsi delci v splošnem enakovredni, le v posebnih okoliščinah odigrajo svoje posebne vloge, ki so lahko hierarhično organizirane. Citiramo spet Capro, v oklepaju pa navajamo analogijo iz nevronskega modela:

"Vsak hadron (nevronski vzorec) predstavlja potencialno vezano stanje vseh množic delcev (vzorcev nižjega reda), ki lahko stopijo v medsebojno interakcijo tako, da bi tvorili ta hadron (vzorec). V tem smislu so vsi hadroni sestavljene strukture (konfiguracije oziroma vzorci), katerih sestavni delci so spet hadroni (vzorci) in noben ni bolj elementaren od drugih. Privlačne sile ((posplošene) vezi), ki držijo skupaj strukture, se izražajo skozi zamenjavo delcev (signalov), ti razmenjani delci pa so spet hadroni. Vsak hadron potemtakem igra tri vloge: predstavlja sestavljeno strukturo (vzorec S-tega reda); lahko je sestavni del (posplošeni nevron) nekega drugega hadrona (vzorca (S+1)-tega reda); navsezadnje pa je lahko razmenjan med sestavnima deloma (signal ali raje vpliv oziroma asociativna zveza med vzorcema) in na ta način predstavlja del sil ((posplošenih) vezi), ki držijo strukturo (vzorec) skupaj. (...) Celotna množica hadronov ustvarja samo sebe na tak način ali se povzdigne, kot se to reče, tako, da povleče svojo "pentljo" oz. "vezalko" ("nit v tkivu", kanal: dodal M. P.)."

Zadnja prisposoda se nanaša na dejstvo, da na specifične vhodne delce (projekte, s katerimi streljamo) tarčni sistem delcev reagira tako, da izidejo specifični izhodni delci (sipalni produkti). To je tako kot pri nevronski mreži, ki specifične vhodne konfiguracije (vzorci) asociativno preslika v specifične izhodne konfiguracije (vzorci). Ali tako kot pri hologramu, ki se na osvetlitev s specifičnim referenčnim žarkom odzove z rekonstrukcijo specifične slike (Bohm, 1980; Hiley, 1980; idr.).

HOLOGRAM je plošča, katere prepustnost za svetlobo določi intenziteta interference dveh laserskih žarkov. Prvi (referenčni) pada nanj neposredno, drugi (objektni) pa pada na hologram po odboju od predmeta, ki ga želimo s tem na hologramu tridimenzionalno upodobiti. "Mozaik" prepustnosti holograma, ki je določen z interferenco dveh žarkovnih konfiguracij ali vzorcev, ustreza sistemu sinaptičnih vezi. Interferiranje žarkov je podobno sklapljanju nevronskega vzorca po Hebbovem pravilu. Priklic določene slike, zakodirane v prepustnosti holograma, pa dosežemo s presvetlitvijo holograma z referenčnim žarkom. Tedaj hologram rekonstruira takšen vzorec jakosti oziroma faz elektromagnetnega valovanja (svetlobe), da lahko vidimo sliko, kot da bi gledali pravi predmet. Tudi v hologramu so torej informacije hkrati paralelno-distribuirano shranjene po načelu "vse v enem, eno v vsem", tako da lahko iz dela rekonstruiramo celotno sliko. Lokalne informacije (lokalizirani predmeti) so v hologramu shranjene nelokalno oziroma paralelno-distribuirano (Hinton & Anderson, 1989; Kohonen, 1989).

### 7.2.3. Zajemanje in razpošiljanje informacij in materije

Obravnavajmo prej navedeno analogijo še natančneje: Feynman je pokazal, da se tudi v kvantni mehaniki lahko uporabi Huygensovo pravilo (Hiley & Peat, 1987). Klasično Huygensovo pravilo pravi, da se amplituda valovanja ene točke določa s seštevkom vseh valov, ki prispejo do nje od drugod. Hkrati pa se iz vsake točke širijo valovi na vse strani. Torej se valovanje npr. na vodni površini vzdržuje tako, da si točke izmenjujejo valove po načelu "vse za eno, ena za vse". To ima pomen le, če upoštevamo kolektivnost dogajanja in se ne omejimo na posamezno točko. Tako lahko konstruiramo valovno funkcijo  $\Psi$  ("Psi") na mestu  $x_2$  in v času  $t_2$  iz valovne funkcije na vseh mestih  $x_1$ , ki se nahajajo na površini v prejšnjem času  $t_1$  (po Feynmanu v: Hiley & Peat, 1987):

$$\Psi(x_2, t_2) = \iint G(x_1, x_2, t_1, t_2) \Psi(x_1, t_1) dx_1 dt_1 \quad (8)$$

Integral zaobjame ves sistem. (Kdor ne pozna integralov, naj si namesto njih zamisli vsoto in izpusti  $dx_1$  in  $dt_1$ .)  $G(x_1, x_2, t_1, t_2)$  je Greenova funkcija oziroma propagator, ki opiše, kako SISTEM STANJ VSEH TOČK PRESLIKA SAMEGA SEBE iz enega v drugo stanje. To se zgodi z medsebojno paralelno-distribuirano transformacijo stanj vseh točk PREK SISTEMA INTERAKCIJ med njimi, ki je opisan z Greenovo funkcijo.

Ta "čuden" proces je skozi prizmo teorije nevronske mreže nekaj povsem razumljivega in enostavnega. Obrazec (8) popolnoma ustreza formuli (1), le da je v (8) vključen še čas  $t$ . Točke predstavimo z nevroni, valovno funkcijo na določenem mestu  $\Psi(x)$  s stanjem nevrona  $Q_i$  in Greenovo funkcijo  $G(x_1, x_2, t_1, t_2)$  s sinaptično vezjo  $J_{ij}$ . Če pa ne gledamo dogajanja na ravni ene točke (nevrona), temveč gledamo na nivoju vsega sistema (vse mreže), tedaj obrazec (8) popolnoma ustreza matrični enačbi (4) za asociacijo! Samo prepisemo:  $G - J$ ,  $\Psi - Q$  in  $x$  (kraj) -  $i$  (indeks nevrona).

To je pristop k Schrödingerjevi enačbi z Greenovo funkcijo. Splošno sinergetsko enačbo lahko v asociativnem nevronskega modelu interpretiramo kot enačbo, ki v sebi vsebuje dva hkratna procesa: prvič, ena točka (nevron) prejema ter sešteva signale vseh drugih; drugič, ena točka oddaja signale vsem drugim. Tudi nestacionarna Schrödingerjeva enačba, kot poseben primer splošne sinergetske enačbe, vsebuje dva člena: difuzijski člen (opisuje prvi proces: ena točka pošilja vsem drugim) in reakcijski člen (drugi proces:

ena prejema od vseh). (O tem natančneje v Dodatku A.)

Bohm (1980) navaja proces "vsi za enega" z izrazom ZAVIJANJE ali zajetje oziroma zaobjetje (angl. "enfolding"); proces "eden za vse" pa opiše z izrazom RAZVIJANJE (angl. "unfolding"). Tako za kvantno mehaniko uporablja prisposodbo, da gre v vsaki točki kvantnega polja za hkratne procese zavijanja (točka zajema materijo in informacije) in razvijanja (točka razpošilja materijo in informacije). Če valovna funkcija ( $\Psi$ ) po vseh točkah sistema prispeva k valovni funkciji v točki  $x_2$  v času  $t_2$ , potem rečemo, da je informacija sistema implicitno zajeta v valovni funkciji na določenem mestu  $x_2$ . Tako zajemanje celote v delu (točki, domeni točk) pa velja za vsako točko ali skupino točk posebej.  $\Psi(x_2, t_2)$  določa KVANTNI POTENCIAL, ki deluje na delec v točki  $x_2$  v času  $t_2$ , tako da delec reagira na zajeto informacijo prešnjih valovnih funkcij sistema. Obratno pa se tudi  $\Psi(x_2, t_2)$  sama implicitno razvije po vsem sistemu točk v naslednjem času  $t_3$ . Tako razvijanje dela po vsej celoti prav tako velja za vsako točko (za vsak del) posebej.

Omenjeni kvantni potencial je potencial celote, ki deluje na delce kot dodatek h klasičnemu potencialu. Kvantni potencial je določen s tem procesom zavijanja (zajemanja) in razvijanja (razpošiljanja), ki se hkrati dogaja v vsaki točki ali skozi vsako točko sistema (ali v modelu: skozi vsak nevron v mreži).

## 7.3. ANALOGIJA S KVANTNO MEHANIKO

### 7.3.1. Kvantne lastne funkcije ustrezajo vzorcem, njihovi verjetnostni koeficienti pa parametrom urejenosti

V kvantni mehaniki je fizikalno stanje sistema opisano z valovno funkcijo (verjetnostno amplitudo). V Dodatku A je matematično pokazano, kako lahko vektor stanja kvantnega sistema (valovno funkcijo) razvijemo kot superpozicijo (linearno kombinacijo) t. i. lastnih funkcij (Landau & Lifšic, 1967; Messiah, 1965). Enako lahko, kot vemo, razvijemo tudi vektor stanja nevronskega sistema po vzorcih. NEVRONSKI VZORCI torej po matematičnem zapisu USTREZAJO KVANTNIM LASTNIM FUNKCIJAM, PARAMETRI UREJENOSTI PA VERJETNOSTNIM KOEFICIENTOM! Tako v kvantni mehaniki kot tudi pri nevronske mreži je stanje sistema zapisano v določeni poljubni BAZI. BAZO PA DOLOČA ČLOVEK-OPAZOVALEC, in sicer ne le "na papirju" (v teoriji), temveč tudi pri MERJENJU samem, prav tako pa tudi pri (naravnem ali umetnem) vstavljanju informacij v mrežo!

Znano je, da če eksperimentiramo na kvantnem sistemu, lahko kot rezultat meritve določene fizikalne količine dobimo vedno IZKLJUČNO LE ENO OD LASTNIH VREDNOSTI, KI USTREZA ENI OD LASTNIH FUNKCIJ  $\Psi_k$ . Indeks  $k$  je, kot vedno, indeks lastne funkcije ali vzorca. Če denimo merimo energijo sistema (matematično: delujemo z energijskim operatorjem), tedaj kot rezultat dobimo ENO od lastnih vrednosti energije  $E_k$ , ki ustreza le ENI od lastnih funkcij  $\Psi_k$ !

Pri asociativni oziroma sinergetski nevronske mreži to ustreza REKONSTRUKCIJI ENEGA VZORCA v sistemu nevronov, in sicer tistega vzorca, ki trenutno najbolj ustreza zunanjemu vplivu! Vidimo torej, da v obeh primerih zunanji vpliv (v nevronske mreži zunanji dražljaji, v kvantnem polju pa proces merjenja) povzroči, da se SISTEM SAMOORGANIZIRA V DOLOČEN VZOREC ALI LASTNO FUNKCIJO!

Z zunanjo intervencijo torej sprožimo paralelno-distribuiran proces, s katerim se ves sistem SAMOORGANIZIRANO PRESTRUKTURIRA, DA BI SE ZNOVA URAVNOVESIL. Uravnovesi pa se prav z rekonstrukcijo določenega vzorca ali lastne funkcije, kjer zavzame energija t. i. lastno vrednost (vrednost energije na dnu ene izmed potencialnih vrtač). To je odgovor sistema na zunanjo motnjo, kamor spada tudi vsaka meritev.

Opazimo pa še eno podobnost: KVANTNE LASTNE VREDNOSTI ustrezajo PARAMETROM POZORNOSTI v sinergetski nevronske mreži. Preprosto povedano: POZORNOST OPAZOVALCA DOLOČA ZORNI KOT, S KATEREGA BO PRISTOPILO K SISTEMU (MERIL) IN GA TAKO PREUREDIL V TISTO LASTNO STANJE (vzorec), KI USTREZA TEMU ZORNEMU KOTU (temu parametru pozornosti oziroma tej kvantni lastni vrednosti)!

### 7.3.2. Vakuumske fluktuacije in subkvantna raven

Kaže, da je kvantno polje v grobem nekakšna mreža formalnih nevronov, le da (formalni) nevroni niso živčne celice, temveč nekakšni "delci" ali "točke" na SUBKVANTNI RAVNI. To (zadnji del stavka) vsaj dokazuje David Bohm. Pri tem se je nujno treba zavedati, da je delitev na "točke" in "interakcije med njimi" že umetna in opravičljiva le za analitične namene, saj je kvantno polje veliko bolj "organsko", dinamično in enovito.

Načeloma bi se dalo kvantne procese in procese v svetu osnovnih delcev modelirati z nevronskimi mrežami tudi tako, da status nevrona pridamo delcem ali posebno npr. njihovim spinom ali parcialnim valovom ipd. To bi ustrezalo obravnavi v podpoglavju o fiziki osnovnih delcev. V tem podpoglavju o kvantni mehaniki (o t. i. redukciji valovnega paketa kot rekonstrukciji vzorca) pa status nevrona pritiče prej neki "točki" na subkvantni ravni.

Bohmove izpeljave ne bomo ponavljali (zgoščeno je podana v Bohm, 1980, idr.). Povejmo le, da se povprečje takega subkvantnega dogajanja (hitrih naključnih fluktuacij) izraža na kvantnem nivoju v zadoščanju Schrödingerjevi enačbi. "Delci" so relativno stabilne in nekaj časa ohranjene vzbuditve vakuuma. So kot koščki ledu, ki plavajo na morsk gladini ("vakuumu") in se včasih povezujejo v ledene plošče. "Vakuum" je

tisto SIMETRIČNO OSNOVNO STANJE (NIČ IN HKRATI VSE), v katerem se rojevajo majhne fluktuacije, iz katerih izraščajo "delci". Ta relativno uniformna simetrična osnova je tudi najprimernejši začetek za modeliranje z nevronskimi mrežami ali mrežami subkvantnih "točk". Pojavi delcev so v bistvu PROJEKCIJE VIŠJEDIMENZIONALNE REALNOSTI V NIŽJEDIMENZIONALNE PODPROSTORE, kar je globalen proces, ki ga ni mogoče pripisati kakšni (posamezni) interakciji oziroma delovanju določene fizikalne sile. Bohm trdi, da se delci ne gibljejo, temveč se vedno znova resonančno ustvarjajo iz "hologibanja" (kot Bohm prekrsti zastarel izraz "vakuum") in se udejanjajo v spremenjenih okoliščinah. Tudi to se dobro ujema z naravo asociativnih verig nevronskih vzorcev.

Potem ko se simetrija zlomi in se pojavlja vse več nehomogenosti in neravnovesij, te nehomogenosti ("delci") pa se želijo med seboj izravnati ("interagirajo"), se sistem vse bolj diferencira in ne more več rekonstruirati prvotne simetrije. To pomeni ustanovitev entropijskega zakona. Tako je s "koščki ledu" (delci – kondenzati materije oziroma energije), "morje" pa je za nas neopazna podlaga, ki pa naj bi bila odgovorna tudi za "TRENUTNE, POVSEM NELOKALNE, DALJNOSEŽNE INTERAKCIJE". V narekovaj so bile krepko natisnjene besede dane zato, ker se to "dogajanje vrši" onstran prostora in časa, v t. i. predprostoru ("prespace") (Bohm & Hiley, 1993; Hiley, 1991), zato naše običajne opredelitve niso več veljavne.

To razkriva med drugim Einstein-Podolsky-Rosen pojav (EPR) (Bohm, 1954; Davies & Brown, 1986; Bertlmann, 1990; Stapp, 1991a): Če delec razpade na dva dela, ki odletita vsak na svoj konec vesolja, in če enemu izmed njih "obrnemo" spin, se bo hkrati TAKOJ "obrnil" spin tudi drugemu – kot da oba "dela" še vedno sestavljata neločljivo celoto. ("Obrnitev" pomeni natančneje kolaps spinske valovne funkcije ob merjenju.)

"Vzrok" zloma supersimetrije in kreacij delcev in antidelcev iz vakuuma ter anihilacij delcev in antidelcev nazaj v vakuum ostaja seveda neznanka. Vsekakor je "vakuum", ta "vsepolna praznina", skupni izvor vsega implicitnega in eksplicitnega (oziroma – po Bohmu – implikatnega in eksplikatnega) reda. S tem tvori skupno osnovo materije oziroma energije in virtualnih duševnih struktur vključno z zavestjo! Prehodi med implikatnim in eksplikatnim redom so v precejšnji analogiji s prehodi implicitno-eksplicitno v nevronski mreži, matematično pa tudi s Fourierovimi transformacijami. Mimogrede: za kvantne konjugirane pare implikatno-eksplikatno pa velja Heisenbergovo načelo nedoločenosti (nedoločenost tudi v nevronski mreži: Daugman, 1985).

### 7.3.3. Predstavitev kvantnih procesov s S-matriko

H. P. Stapp (1971) poudarja, da v kvantni teoriji fizikalna bitnost ni le sestavljena iz osnovnih delcev, temveč odraža tudi ODNOSE med stvarmi; ti odnosi pa niso sestavni elementi delcev samih. "Osnovni delec" ni neodvisno obstoječa neanalizabilna bitnost, temveč je v bistvu niz relacij. Valovna funkcija prostega delca predstavlja časovni razvoj superpozicije lastnih stanj operatorja energije-gibalne količine, ki lahko pripadajo celo različnim mirovnim sistemom.

Primerno matematično-fizikalno sredstvo za opis subatomske reakcije je t. i. S-MATRIKA (SIPALNA MATRIKA), ki je v bistvu analogna Greenovi funkciji v enačbi (8). Po tej teoriji so osnovni delci manifestacije polov v S-matriki. S-matrika preslika začetno kvantno stanje v končno kvantno stanje. Vhodni delci se pretvorijo v izhodne delce, vlogo vhodnih in izhodnih delcev pa lahko premešamo oziroma zamenjamo tako, da npr. vhodne delce prevedemo v izhodne antidelce. Tako dobimo različne možne kombinacije, ki so izvedljive, če ustrezajo ohranitvenim zakonom za določena kvantna števila in količine. Ohranitev določene merljive količine (gibalne količine, vrtilne količine, energije) se pojavi vselej, ko proces udejani določeno simetrijo ali invariantnost na obrnitev določene pripadajoče količine (glede na prešnje količine po vrsti: kraja, zasuka, časa). S-matrika je določena z načinom merjenja: če spremenimo način opazovanja, lahko dobimo pri zelo visokih energijah drugačno strukturo hadronov. Poudariti je treba, da teorija S-matrik temelji na PROCESIH, ne na posameznih stanjih.

"Osnovne delce" lahko torej razumemo kot daljnosežne korelacije med subkvantnimi procesi, ne kot konkretno obstoječe časovno-prostorske strukture. S tem se odnosi medsebojno povezujejo v mreže odnosov. Stapp na koncu tudi pravi, da je taka narava kvantne mreže podobna mreži duševnih procesov. Odveč je že navajati razne formulacije, s katerimi so razni avtorji z raznih področij poskušali opisati povsem zanesljiv holizem fizikalne in duševne narave. Ta sicer jasen holizem pa je vendarle razumljiv edinole sintetično in procesualno.

Poudariti je še treba, da analogijo med (sub)kvantno fiziko in asociativnimi nevronskimi mrežami ne smemo jemati neposredno in na isti ravni, temveč velja med sistemi na različnih ravneh, ki imajo različne "osnovne elemente". Analogijo prinaša kolektivno sistemsko vedenje na posameznih medsebojno povezanih ravneh (npr. kvantni in nevronsko-biološki). Med temi nivoji pa obstaja nekakšna FRAKTALNA SAMOPODOBNOST oziroma samoponavljanje (Stern, 1992), ki jo zrežirajo sinergetske (kaotične) dejavnosti kompleksnega sistema. Biološka nevronska mreža in njeno delovanje je torej nekakšna makroskopska reprodukcija mikroskopskih (sub)kvantnih procesov (hologibanja).

## 8. METODOLOŠKE OSNOVE PREUČEVANJA KOGNICIJE IN ZAVESTI

### 8.1. ZGODOVINSKI RAZVOJ KOGNITIVNE NEVROZNANOSTI

Predstavimo najprej NATURALISTIČNA izhodišča preučevanja kognicije in zavesti.

Naravoslovje in matematika dajeta svoj prispevek k razvoju kognitivne (nevro)znanosti s preučevanjem fizičnih oziroma fizioloških procesov v kompleksnih bioloških sistemih, predvsem možganih. Ti procesi so materialna osnova oziroma ozadje duševnih procesov, kot jih sami introspektivno zavestno doživljamo; to občutenje pa se nanaša tudi na zunanje predmete (pojavi in kvalije).

Ker zaenkrat naravoslovne vede in matematika ne morejo dati odgovora na vprašanje narave zavesti in samozavedanja ter kvalitet doživljanja (ne morejo opisati ali ugotoviti, kako subjekt občuti), se omejujejo na raziskave systemskega ozadja zavestnih kognitivnih procesov. Pri preučevanju tega ozadja namreč naravoslovne vede s pomočjo matematičnih modelov in računalniških simulacij dosegajo velike uspehe (Arbib, 1995; Caianiello, 1987; Geszti, 1990; Mezard idr., 1987; Pribram, 1991).

Biološko predznanje za razvoj kognitivnih nevroznanosti so pripravili napredek v nevroanatomiji živčevja (Ramon y Cajal na začetku stoletja idr.) in nefrofiziologiji (D. Hebb okoli 1940 idr.), razvoj teorije evolucije, molekularne biologije, biokemije in genetike (MacGregor, 1987; Berne & Levy, 1993). Za pomembne so razpoznali telesa nevronov in njihove veje (aksone, dendrite in njihove stike – sinapse). V zadnjem času se pridružujejo podperne glija-celice (Protić, 1990) in subcelične strukture (citoskeleton, posebno mikrotubuli, idr.).

Prve hipoteze so kognitivne procese povezovale z molekularnimi procesi. Spominske sledi ali engrami naj bi bili zastopani v določenih (makro)molekulah (MacGregor, 1987).

Šele systemsko preučevanje mrež nevronov in sinaps po 2. svetovni vojni do šele nedavnega je uveljavilo prepričanje, da so za kognitivne procese odločilni po možganskih predelih razprostrti (paralelno-distribuirani) vzorci aktivnosti nevronov; za spomin pa so najpomembnejše stopnje prepustnosti sinaps za nevrottransmitterje med nevroni oziroma celi vzorci teh sinaptičnih "jakosti" ali "uteži" (Kohonen, 1984; Clark idr., 1985; Arbib, 1987).

Nevrologi so dokaj zgodaj so proučili gibanje aktivacijskih potencialov (živčnih signalov kot dinamičnega elektrokemičnega ravnovesja, ki se vedno znova vzpostavlja vzdolž vlakna) na osnovi prehajanja ionov skozi membrane nevronovih vej (Štrucl, 1989; Vodovnik, 1991).

V času behaviorizma v psihologiji se je tudi nevrologija posvečala predvsem študijem vedenjskih in fizioloških odzivov živali (predvsem podgan in opic) na invazivne posege (lezije – poškodbe) oziroma biokemične ali farmakološke posege (Pribram, 1991).

Psihofiziologi so spoznali pogojne reflekse (Pavlov) in nevrološko ozadje asociativnih zakonov (Trstenjak, 1974) ter začeli sklepati na psihološko nadgradnjo (Lurija idr.: nevropsihologija, nevrolingvistika – Lurija, 1982, 1983). Izdelali so zemljevide možganskih predelov in v grobem lokalizirali kognitivne funkcije (Nelson & Bower, 1990; Kosslyn & Andersen, 1992).

Nekateri (Lashley, Pribram) so opozarjali na globalno in holistično naravo možganskega delovanja ter uvedli idejo holograma (Pribram, 1991; Pribram v Haken & Stadler, 1988). Hologram je optično (navadno lasersko) preparirana plošča, katere vzorec prepustnosti za žarek kodira stopnjo korelacije med dvema svetlobnima vzorcema, ki sta bila uporabljena pri preparaciji. Tako hologram spominja na sistem (matriko) sinaps, v laserskem žarku pa je zakodirana informacija. V delu holograma je zastopana celotna informacija in iz dela lahko rekonstruiramo cel vzorec – kot pri nevronski mreži. Tako je teorija holografije (tridimenzionalne "fotografije") služila kot matematična predhodnica teorije nevronskih mrež, saj je princip delovanja zelo soroden (Kohonen, 1984).

Biokemiki so prispevali znanje o nevrottransmitterjih in drugih subcelularnih bioaktivnih spojinah ter procesih na molekularni ravni, ki regulirajo živčne procese. Nesistemski molekularni procesi verjetno nimajo odločilne vloge pri sami vsebini obdelave informacij, pač pa pri njihovi integraciji in prenosu.

Biofizika se je do nedavnega v glavnem omejevala na lokalne fiziološke procese in na biomehaniko ter termodinamiko znotraj celice ali tkiva (Rakovič, 1995). Statistična fizika ni presegla omejitev pojma (neg)entropije in do prihoda nevronskih mrež ni prešla v informatiko. Pomemben prispevek k teoriji nevronskih mrež pa je dala statistična mehanika spinskih sistemov, posebno spinskih stekel (Mezard idr., 1987). Če namreč v matematičnem formalizmu izraze za spine preinterpretiramo v izraze za nevrone, se model lahko koristno uporablja tudi, denimo, za izračun kapacitete spomina raznih nevronskih modelov, njihovih faznih diagramov (zemljevidov različnih možnih stanj mreže), za popis vrst spominskih vzorcev (lokalnih, globalnih, mešanih, sestavljenih) ipd. (Amit, 1989).

Razvoj kibernetike je botroval tako začetkom računalništva kot tudi modelov nevronskega procesiranja v analogiji s sestavljenimi električnimi tokokrogi in t. i. celularnimi avtomati (Vodovnik, 1991). Med 2. svetovno vojno sta McCulloch in Pitts postavila matematični model nevrona; že v petdesetih letih pa je Rosenblatt izumil perceptron (majhno perceptivno vezje) (Anderson & Rosenfeld, 1988). Sledil je razvoj modelov asociativnih nevronskih mrež (Kohonen idr.) (Kohonen, 1984), ki so bolj primerni za kognitivne

processe v integrativnih predelih možganske skorje, in mnogonivojskih perceptronov (Minsky, Papert idr.), ki so prikladni za modeliranje percepcije. Eksplozija je nevromodeliranje doživelo v začetku osemdesetih let, predvsem potem, ko ga je Hopfield povezal s statistično fiziko (t. i. hamiltonskimi sistemi) (Hopfield, 1982, 1984).

## 8.2. NOVE SMERI NARAVOSLOVNEGA RAZISKOVANJA OZADJA KOGNICIJE IN ZAVESTI IN OCENA

Nov izziv za kognitivne nevroznanosti prinaša predvsem vključevanje kvantne fizike (Zukav, 1980; Penrose, 1989, 1994; Pylkkänen & Pylkkö, 1995; Jibu & Yasue, 1995; Squires, 1993; Stern, 1994; idr.). Nanobiologija oziroma kvantna biologija predstavlja alternativo smer, ki izhaja iz biofizike (Jermań & Štern, 1996). Posveča se samoorganizacijskim nanoskopskim bioelektromagnetnim procesom znotraj celic (kolektivnemu urejevanju električnih ali magnetnih dipolov, ki ima neintencionalno informacijsko obeležje) (Vitiello, 1992, 1996). Vključuje elemente kvantne teorije, predvsem kvantne optike (teorije laserjev in Fröhlichovih koherentnih stanj) (npr. Tuszynski idr., 1984, 1992). Predvsem problem zavesti je skozi anesteziologijo (Hameroff) spet aktualiziral subcelularno nanoraven kot posrednik med nevronskimi in kvantnimi procesi. Slednji na sistemski ravni tudi utegnejo udeleževati mikrokognitivne procese. Kvantni učinki naj bi verjetnostno vplivali na izločanje nevrottransmiterjev v sinapsah (Beck, Eccles). To je primer interakcije kvantne in nevroznanosti (Hameroff idr., 1996).

Začetke matematičnih in računalniških modelov nevronskih mrež na osnovi nevrofizioloških dognanj (ki jih eni bolj, drugi manj v grobem upoštevajo) smo že omenili. Znamenito Hebbovo učno pravilo, ki postavlja osnove spomina kot nabora korelacij med možnimi vzorci, izhaja iz knjige D. Hebba "Organization of Behaviour" (1940). Minsky-Papertovi nevroni kot seštevalniki signalov in Hebbove sinapse (ki se jačajo, če sta nevrona enako aktivna, sicer pa ne) sklopljeno tvorijo najpreprostejšo uporabno nevronska mrežo. Ta zmore razpoznavati vzorce oziroma se jih učiti ter jih shranjevati in priklicati v okoliščinah, ki so podobne učilnim. Hkrati se da razmeroma preprosto mrežo pripraviti tudi do tega, da sproti filtrira informacije, loči že znane od novih, nove elemente zakodira na novo in jih poveže s starimi ter tako optimalno zgoščeno in povezano shrani informacije.

Nevronske mreže so izredno uspešni model, ki bodo prinesli povsem nove poglede tudi na precej bolj subtilne kvantne sisteme. Mnogi kvantni fiziki (Schrödinger, Heisenberg, Wigner, von Neumann idr.) so že v tridesetih letih in kasneje (Bohm, 1954) opozarjali na zvezo med kvantnim svetom in duševnostjo oziroma zavestjo, vendar se kvantna informatika ni razvila. Problem kvantnega merjenja so povezali s problemem zavesti, saj zavestni eksperimentator na specifičen način "kolapsira valovno funkcijo" pri merjenju in predrugači kvantni sistem. Danes že mnogi opozarjajo, da kvantna fizika ni konsistentna brez znanja o zavesti.

Vse več nas je, ki ugotovljamo, da so matematični principi teorije asociativnih nevronskih mrež in kvantne teorije zelo podobni, v kolikor opisujejo procese na ravni kompleksnega sistema (Kak, 1995, 1997; Peruš, 1997b). Razvijajo se kvantna nevroholografija (Schempp, 1993, 1994, 1995, 1997), teorija zaznavnih invariant (stalnic) (Gibson v: Pick idr., 1992) ali gestaltov z lievimi grupami (Hoffman, 1966, 1968, 1970, 1980), teorija koherentnih valovnih paketov v dendritskih drevesih in drugod na osnovi Gaborjevih funkcij, idr. (Pribram, 1993; MacLennan, 1990, 1991, 1992). V vseh se holografija, nevronska dinamika in kvantna optika zlivajo v enotno mnogonivojsko ("fraktalno") teorijo (Schempp, 1993, 1994). Bohm (1954) je že v petdesetih letih uvajal teorijo t. i. skritih spremenljivk – nekakšnih matematičnih "nevronov" na subkvantni ravni, ki bi nedeterministične kvantne sisteme pretvorila v nekakšno deterministično "nevronska" mrežo. Ker pa takih kvantnih "nevronov" ni mogoče dobro definirati, Bohm ni uspel, čeprav tudi linearna algebra ortodoksne kvantne fizike spominja na superponiranje komplementarnih nevronskih mrež. Skratka, (sub)kvantni procesi so nelokalni in enoviti. Kot taki so primeren kandidat za sistemsko ozadje zavesti, in sicer neintencionalne zavesti sami zase in intencionalne zavesti v interakciji z nevronska mrežo. Osrednji pojmi v tej zvezi so koherentna stanja in Bose-Einsteinovi kondenzati (delci zlit v eno), ki naj bi reševali problem multimodalnega vezanja zaznav (Hameroff idr., 1996). "Kolaps valovne funkcije" je podoben t. i. rekonstrukciji nevronskega vzorca in velja za kandidata za prehode spomin-zavest oziroma podzavest-zavest (Hameroff & Penrose, 1996).

Med drugimi je David Bohm (1980) posebno poudarjal pomen implicitnih subkvantnih procesov in možnost, da se možgani neposredno sklopijo s subkvantno ravni (Hiley & Peruš, 1995), o čemer bo še govora. To prinaša predlog nove zveze med naravoslovno podstatjo in fenomenologijo, denimo v meditativnih in mističnih izkustvih.

Nelinearna dinamika in teorija kaosa sta podmnožici fizike kompleksnih sistemov (Gerok, 1990). Teorije dinamičnih sistemov v področju nelinearnosti in kaosa prinašajo izboljšave nevroprocesiranja. T. i. teorija katastrof in teorija faznih sprememb obravnavata, kako se kompleksni sistemi pretvorijo iz ene globalne ureditve v drugo (Haken, 1983, 1987). V možganih temu ustreza prehod iz enega kognitivnega ali idejnega okvira v drugega (Andreyev idr., 1992, 1996).

Sinergetika (Haken, 1983; idr.) prav tako nudi celovito sliko kolektivnega delovanja kompleksnih sistemov ter vključitev obdelave informacij vanj. Problem zavestne interpretacije in kvalij ostaja tudi pri sinergetiki in nelinearni dinamiki odprt (Haken, 1996).

Teorija zgodnjega vida ("early vision theory") obsega preučevanje prve stopnje vidnega zaznavanja in

njegovo uporabo v računalništvu. Uporablja teorije vidnih polj, Lievih grup, Gaborjevih funkcij in valovnih paketov (Pribram, 1991). Druge veje se ukvarjajo z zaznavnimi iluzijami (Luccio, 1993), vidnimi potmi v možganih, predprocesiranjem na mrežnici in prenosi signalov po živčevju (Churchland & Sejnowski, 1992), z binokularnim rivalstvom in sestavo enotne slike, s stereopso (prostorskim videnjem) idr. (Kosslyn & Andersen, 1992). Malo manj napreduje nevroakustika, ki pa ima več zgodnje tradicije v več kot sto let starih teorijah Fourierovih transformacij in fizike nihanj oziroma valovanj (Roederer, 1995).

Samo na kratko omenimo, da eksperimentalno osnovo makroskopskih neinvazivnih raziskav možganov nudita predvsem pozitronska tomografija (PET) in slikanje z jedrsko magnetno resonanco (NMR). Z izračunom konvolucij (grobo rečeno: korelacij med vzorci dobljenimi iz različnih predelov možganov) rekonstruirajo sliko možganov, na kateri je mogoče spremljati vzburljenja ob specifičnih dražljajih (Schempp, 1997; Newmann, 1997).

### 8.3. DANAŠNJA NATURALISTIČNA GIBANJA IN VIDIKI: SINTEZA

Podatki o anatomiji in fiziologiji možganov se množijo, a so mnogokje še vedno zelo pomanjkljivi. Težišče raziskav se premika tudi na nanoskopsko raven, kjer je "meja med biologijo in fiziko". Hkrati je več celostnih funkcionalnih študij sistemskega delovanja.

Celostno ("holografsko") delovanje možganov postavlja poseben pomen študijem "sociologije" nevronov in mrež, kjer se lahko pri veliki skali zanemari njihova anatomija. Na tej ravni so matematične in sistemsko-procesualne osnove delovanja možganskih kompleksnih sistemov, kaže, zadovoljivo izoblikovane. Seveda pa bo nujno v modele vključevati več bioloških podrobnosti.

Kandidatov za omenjene kompleksne sisteme, ki so načeloma sposobni asociativno obdelovati informacije, je veliko na mnogih ravneh in velikostnih skalah (Pylkkänen & Pylkkö, 1995; Havel, 1993). Značilno je, da jim ustreza, vsaj v grobem, skupni matematični opis – nekakšna posplošena teorija "nevronskih" mrež ali "kvantna nevroholografija" (Peruš, 1997e).

Mreže tvorijo živčne celice (originalni nevroni), dendriti, citoskeletalni mikrotubuli in pripadajoči proteini, dimeri in spini na molekularni oziroma atomski ravni, kvantni delci in subkvantno polje. Obenem se v teh mrežah kolektivno paralelno-distribuirano oblikujejo vzorci-atraktorji, ki se prav tako povezujejo v virtualne mreže in se hierarhično samoorganizirajo. Zato lahko govorimo o nekakšni fraktalni strukturi možganov (o samoponavljajoči se strukturi na različnih velikostnih skalah). Seveda to velja le z ozirom na kompleksni sistem. Če gledamo osnovne elemente sistema (posplošene ali modelne "nevrone") na neki ravni, imajo seveda vsi svoje anatomske in fiziološke posebnosti. Vendar je sistemsko ("sociološko") procesiranje, ki je najbolj odgovorno za obdelavo informacij, sorodno na raznih ravneh (Peruš, 1996d).

Skupne značilnosti so: samoorganizacija, možnost asociativnega (holografskega) spomina, adaptivnost, samokorektivnost ter interakcijska izmenjava med "nevroni" in "vezmi", ki izvaja oblikovanje makroskopskih vzorcev in njihovo rekonstrukcijo (priklic) v podobnih okoliščinah. Omenjeni sistemi se specifično oziroma enolično odzivajo na dražljaje iz okolja. Tako zakodirajo informacijo o teh dražljajih v specifično stanje sistema, ki nastane kot odziv nanje, odziv pa je različen za vsak dražljaj posebej.

Za modeliranje procesov zaznavanja je najbolj primerna kombinacija Kohonenovega samoorganizacijskega modela in mnogoplastnih perceptronov.

Kohonenova mreža (Kohonen, 1982, 1987, 1988, 1995) je sposobna izvajati t. i. topološko-korektne preslikave: sorodni dražljaji se zakodirajo v sosednje si nevrone. Tako se razvijejo zaznavne mape v možganski skorji, v katerih se ohranijo strukturni odnosi med dražljajskimi vzorci. Take selektivne sortirne preslikave zagotovi tekmovanje med nevroni in lateralna inhibicija (zatiranje med sosedi), ki je biološko podprta. To vodi do zmage tistega nevrona, katerega aktivnost slučajno najbolj ustreza dražljaju iz okolja. Dražljaj privilegira ta določen nevron in mu omogoči, da sam prevzame kodiranje informacije, ki je zvezana s tem dražljajem ("zmagovalec dobi vse" – dominantno vlogo v dinamiki mreže).

Mnogoplastni perceptroni (Bourlard & Kamp, 1988; Sanger, 1989; Haykin, 1994) so hierarhične oziroma plastovite mreže brez povezav znotraj plasti. Nevroni pošiljajo signale v eni smeri in vloga nevronov pri kodiranju informacij je proti notranjim ali višjim plastem bolj specializirana. Na tej poti se zaznave sestavljajo v razrede (kategorizacija), hkrati pa se izluščijo glavne značilnosti (abstrahiranje).

Za modeliranje višjih možganskih funkcij so najprimernejše asociativne ali atraktorske nevronske mreže (Amit, 1989; Haken, 1991). Primer je simetrična Hopfieldova mreža, kjer so nevroni gosto in enakomerno povezani ter delujejo "demokratično" (ni funkcionalne hierarhije) (Hopfield, 1982). Hierarhija se pojavi šele virtualno, ko nevroni tvorijo fizično-sovpadajoče vzorce-atraktorje ("organizacije") raznih redov (Peretto, 1992). Funkcionalna hierarhija pomeni, da nevroni "izberejo zmagovalca" (kardinalni nevron), ki zastopa celo domeno nevronov in njen vzorec; virtualna hierarhija pa pomeni, da vzorcem ustrezajo le nadmaterialni atraktorji (ni konkretnih kardinalnih nevronov, ki bi prevzeli kodiranje vzorca na višji kognitivni stopnji).

Ko plastovite mreže opravijo vso težavno delo kategorizacije, abstrahiranja in filtriranja, ki je nelinearno (Linsker, 1988; Haken, 1996), preostane terciarnim predelom možganske skorje lažje delo. Tem predelom najbolj ustreza Hakenov sinergetski model, ki združi plastovite mreže z asociativnimi (Haken, 1991). Hakenova mreža je sestavljena iz več plasti asociativnih mrež. V njej tako nevroni interagirajo znotraj iste



plasti izvajajoč kontekstualne asociativne preslikave in med plastmi izvajajoč višjo kategorizacijo. Šele s kombiniranjem funkcionalne in virtualne dinamične strukture, kot ga modelira sinergetska mreža, lahko pričenjamo razlagati kognicijo.

Te modele je potrebno dopolniti še s pojavom koherentnih nihanj nevronske aktivnosti (Gray idr. v: Haken, 1988, 1989; Kosslyn & Andersen, 1992). Če zaznavamo predmete, ki imajo nekaj skupnega, njim ustrezni vzorci nevronske aktivnosti nihajo koherentno (torej sinhronizirano: z isto frekvenco oziroma z isto fazo ali fazno razliko). Tako ugotovimo, da vidna in slušna zaznava ustrežata istemu izvoru, npr. TV napovedovalcu.

Novejše nevronske mreže so sposobne zaznavati časovne sekvence vzorcev (Palmer idr., 1991; Peretto, 1992), delati globalne prostorsko-časovne kategorije in izločiti določen vzorec iz ozadja (segmentacija) ter pri tem implementirati tudi zasnovano pozornost (Sompolinsky & Tsodyks, 1994).

Glavni problemi, ki še ostajajo odprti, so: prehod od nevronske sekvence k logičnim in lingvističnim procesom (sklepanje, jezik, slovnica, razumsko mišljenje), višja semantika, lokalizacija funkcij in zavest (Smolensky, 1988; McClelland idr., 1986).

## 8.4. OPREDELITEV T. I. NOVE KOGNITIVNE ZNANOSTI

Prehajamo k predstavitvi metodoloških osnov kognitivne znanosti, in sicer sedaj v bolj integrirani obliki (ne le naturalistični).

Nova kognitivna znanost (Pylkkänen & Pylkkö, 1995) se uveljavlja kot multidisciplinarna veda, ki proučuje zveze med možganskimi in duševnimi procesi oziroma zveze med sistemsko-procesualno osnovo (procesni v nevronske, subcelularne, kvantne mreže) in virtualno nadgradnjo (idejami, koncepti, mislimi kot vzorci-atraktorji) in zavestnim doživljanjem. Združuje dosežke humanističnih, naravoslovnih, medicinskih in informacijskih disciplin na kognitivnem področju ter sodobne poskuse sinteze.

Ker se raziskovanje duha in zavesti v znanosti doslej nikoli ni prav uveljavilo, so tudi začetki in pojmovanje kognitivne znanosti neizostreni. Šele razvoj v zadnjih letih daje upanje, da bo kognitivna znanost končno zaživela kot resnično multidisciplinarna krovna znanost o možganskih oziroma duševnih procesih. V ta namen mora kognitivna znanost preseči enostranske poglede svojih konstitutivnih ved: psihologije, filozofije, nevroznanosti, informatike oziroma računalništva (ali natančneje posebne veje – umetne inteligence), (bio)fizike, antropologije, lingvistike, pa tudi (bio)kibernetike, matematike, sinergetike, (bio)kemije, medicine, teoretične biologije idr. Zaradi množstva disciplin govorijo tudi o kognitivnih znanostih, torej v množini.

Možgani, duševnost, kognicija (mišljenje, spoznavanje), duh in njihovo procesualno ozadje so preveč mnogoteri, da bi njihovo preučevanje lahko zaobjeli v dobro opredeljeno vedo. Pa vendar si od kognitivne znanosti želimo prav sintezo, vsaj ohlapno, mnogih sicer nepovezanih spoznanj slabo kompatibilnih konstitutivnih disciplin. Kognitivna znanost tretjega tisočletja naj sistematično zaobjema raziskave in modele možganov oziroma duševnosti, predvsem pa zvez med tema vidikoma našega lastnega bitja. Zaključek večdesetletnega vzpostavljanja kognitivne znanosti pomeni vključitev študijev zavesti v znanost, kar je dosežek devetdesetih let. Vendar ni jasno, ali bo nova "znanost o zavesti" (Hameroff idr., 1996; TucsonII, 1996) pomenila pravi razcvet kognitivne znanosti ali začetek njenega zatona. Vse je namreč odvisno od sposobnosti multidisciplinarnih naporov za povezavo študijev kognicije in njenih osnov z zavestjo, ki je nedvomno osrednja prvina.

Vsekakor potrebujemo enotno, vendar ustvarjalno notranje-razčlenjeno multidisciplinarno znanost o možganih, duševnosti, kogniciji in zavesti. Kako se bo ta znanost imenovala, niti ni tako pomembno. Tu bi rad podal uvod v takšno znanost. Zaenkrat jo bom še vedno imenoval kognitivna znanost ne glede na to, da se utegne to ime smatrati nekoč kot podmnožica imena nove širše znanosti, ki bo presegla kognicijo in vključevala tudi zavest.

Predstavil bom torej SODOBNO kognitivno znanost – tako kot jo poznamo danes. Ne bom govoril o zgodovini klasične, vendar omejene, kognitivne znanosti, ki se je razvijala od petdesetih let naprej predvsem skupaj z razvojem računalništva oziroma umetne inteligence in je nastala kot vpliv tega razvoja na psihologijo, filozofijo in lingvistiko (pregled klasične kognitivne znanosti: Markič, 1995). Šele kasneje sta se klasični kognitivni znanosti, ki je bila preokupirana s klasično umetno inteligenco, pridružile nevroznanosti in naravoslovje. Tako je nastalo bolj celostno in zato bolj obetavno področje, ki se posveča končno tudi naravni inteligenci (Posner, 1989; Baars, 1997; Chalmers, 1996; Flanagan, 1992).

Seveda bodo računalniške simulacije, predvsem na osnovi modelov nevronske mreže in dinamičnih kompleksnih sistemov, ostale nujna dopolnitev teoretičnih, eksperimentalnih in introspektivnih raziskav. Vendar bo treba pazljiveje upoštevati nevrofiziologijo in naravo pravega človeškega mišljenja, ne le njegovih formaliziranih modelov.

Konsistentna teorija kognicije in zavesti bi morala vsebovati vse ravni: kvantno, subcelularno, nevronske, virtualno (paralelno-distribuirani vzorci-atraktorji), višje atraktorske strukture (s sistemsko-procesualnega zornega kota) oziroma reprezentacije, ideje, misli (s fenomenološkega zornega kota), duševnost, razum, duh, um, zavest, jaz, nadalje pa celo kolektivno (ne)zavedno, podzavedno in socialno okolje.

Novo kognitivno znanost bi torej lahko definirali kot MULTIDISCIPLINARNO KROVNO ZNANOST O

MOŽGANIH-DUŠEVNOSTI-ZAVESTI. Ker še vedno uporabljamo kartezijanski dualistični jezik, rečemo, da nova kognitivna znanost proučuje zveze med možganskimi in duševnimi procesi ter zavestjo, torej zvezo med nevrofiziološko sistemsko-procesualno "osnovo" (zunanji vidik tretje osebe) in fenomenološko oziroma doživljajsko "nadgradnjo" (notranji vidik prve osebe). Pri tem sta "osnova" in "nadgradnja" relativni opredelitvi, saj možganski-duševni procesi delujejo "od spodaj navzgor in hkrati od zgoraj navzdol". Dualistični jezik izhaja iz dveh različnih pogledov na taisti enotni mnogonivojski proces, zato ni mogoče zreducirati rezultate enega zornega kota na rezultate drugega. Redukcionizem ene in druge vrste se nikakor ni popolnoma obnesel, razen metodološko: posamezni znanstveniki ne morejo raziskovati vseh vidikov hkrati, zato se specializirajo le za določeno raven. Kognitivna znanost MORA povezovati te delne rezultate v celoto, sicer ne bi opravljala svojega poslanstva.

Tokrat bomo podali le splošen pregled kognitivnih znanosti, podrobnosti posameznih konstitutivnih ved pa bodo predstavljene vsaka posebej. Pri tem se ne bomo mogli spuščati v vse različne poglede in teorije, ki jih je mnogo, so si pogosto nasprotujoče ter izhajajo iz povsem neenotnih izhodišč. Naš pregled bo nek kompromis ali sinteza teh zornih kotov.

## 8.5. "ZVEZE" MOŽGANSKIH IN DUŠEVNIH PROCESOV – JEDRO PROBLEMA KOGNITIVNE ZNANOSTI

Osrednji problem kognitivne znanosti je t. i. problem telesa-duha (mind-body problem), vprašanje "zveze" oziroma "odnosa" možganskih in duševnih procesov. Duh in duševnost sta danes skorajda sopomenki, čeprav praviloma duševnost ustreza vsakdanjim, konkretnim individualnim miselnim procesom, duh pa bolj splošnemu, celostnemu nadindividualnemu zrenju. V podobnem razmerju sta razum (reševanje tekočih problemov, običajno mišljenje) in um (intuitivno zaokrožena nadgradnja in širše dojetanje, ki presega čutno). Filozofija duha oziroma (primerneje rečeno v današnjem pomenu) filozofija duševnosti premore več različnih slabo združljivih predlogov "razrešitve" problema telesa (možganov) in duševnosti ter duha oziroma zavesti:

**1. MONIZEM** – telo in duševnost oziroma duh sta ena substanca, ki ima različne "pole" oziroma vidike:

- 1.1. telo in duševnost oziroma duh sta različna vidika iste substance, ki je onstran našega izkustva: sem bi lahko poleg npr. Spinoze prištevali fizika Bohma, ki govori o kvantnem implikatnem redu – potencialnostih v "vakuumu" ali "hologibanju" kot takšni osnovni substanci (nevtralni ali transcendentalni (mistični) monizem);
- 1.2. telo obstaja, duševnost pa ne oziroma je posebno udejanjenje telesa (skrajni materializem);
- 1.3. duševnost oziroma duh obstaja, telo pa je iluzija oziroma posebna manifestacija duha (skrajni idealizem, npr. Berkeley);
- 1.4. možgani in duševnost sta eno in isto (teorija identitete, zastopa jo večidel klasične nevroznanosti in npr. par Churchland) (Churchland & Sejnowski, 1992).

**2. DUALIZEM** – telo in duh sta dve povsem različni substanci, ki nimata nič skupnega:

- 2.1. telesni procesi ustvarjajo duševne procese kot spremljajoče, stranske pojave – duševnost izhaja iz telesnih procesov (epifenomenalizem, zastopa ga večidel uradne znanosti);
- 2.2. telo in duševnost vzročno vplivata drug na drugega (interakcionizem, npr. Eccles) (Popper & Eccles, 1976);
- 2.3. telo in duševnost ne delujeta drug na drugega, temveč sta sinhronizirana – njuni procesi so natančno vzporedni, sovpadajo in ustrezajo drug drugemu brez interakcije (paralelizem, npr. Leibniz).
- 2.4. Holistični procesualni pogled, ki ga zastopam jaz in tudi sicer pridobiva na veljavi, vsebuje navedene hipoteze kot različne vidike na različnih sobivajočih ravneh celovite enote možganov-duševnosti-zavesti.

Kot primer sinteze bom uporabil model nevronske mreže, ki se ga v posplošeni obliki lahko uporabi na različnih ravneh možganskega oziroma duševnega kompleksnega sistema. S tem modelom se narava duha v okviru zgornjih točk opredeljuje takole:

**1. Monizem:**

- 1.1. Transcendentalni monizem: (sub)kvantno polje (mistično Eno). Slabost: ne razloži konkretnih manifestacij.
- 1.2. Skrajni materializem: možgansko tkivo (zunanji pogled v tretji osebi). Slabost: enostranski vidik.
- 1.3. Skrajni idealizem: en sam duh, ki je enak zavesti o sebi (notranji pogled v prvi osebi). Slabost: enostranski vidik.
- 1.4. Teorija identitete: različni vidiki so subjektivni delni pogledi, zato jih mora objektivna znanost poenotiti. Slabost: ne razloži različnih vidikov.

## 2. Dualizem:

- 2.1. Epifenomenalizem: nevroni ustvarjajo vzorce-atraktorje (ideje, misli). Vendar ko slednji postanejo samostojni, lahko celo izločajo lastne konstitutivne nevrone, ne da bi sami razpadli. V začetku materialne procese spremljajo duševni procesi kot posledica (epifenomenalizem), nato pa obratno (antiteza: obratni epifenomenalizem). Slabost epifenomenalizma: dodati je mogoče obratno verzijo.
- 2.2. Interakcionizem: možgani (nevroni) in duševnost (atraktorji – ideje, misli) "interagirajo" prek kardinalnega nevrona. V prisposobi je to sorodno naslednji situaciji: človek in država "interagirata" prek državnega uradnika, predstavnika, voditelja. Slabost: ne gre za običajno vzročno interakcijo, ker imamo različne ravni.
- 2.3. Paralelizem: možgani (nevroni) in duševnost (atraktorji) ne interagirajo v običajnem smislu, saj pripadajo različnim ravnem. Prek kardinalnega nevrona, ki zastopa nevronske vzorec-atraktor, sta nevron in atraktor "sinhronizirana". Slabost: kardinalni nevron je nevron, ki zastopa ves vzorec-atraktor; dve ravni se združujeta v istem elementu, kar preseže dvojnost.

Razen skrajnih monizmov (1.2. in 1.3.) ima vsaka teza po svoje prav, vendar izgubi upravičenost, ko zapustimo njen zorni kot. Neujemanje med njimi je pravzaprav posledica nezdržljivih jezikovnih in analitičnih opredelitev. Holistični pogled lahko ublaži razlike in jih nadomesti s sintezo.

## 8.6. PLASTOVITOST KOGNITIVNIH PROCESOV

Druga naloga kognitivne znanosti je opis oziroma razlaga kognitivnih procesov, t. j. miselnih in spoznavnih procesov. Ustreza jim vrsta procesov na različnih ravneh, ki jih opazujemo z različnih vidikov. Gremo po vrsti:

1. MATERIALNO SISTEMSKO-PROCESUALNO OZADJE proučujejo naravoslovne vede in nevroznanosti fiziološko, modelerji pa matematično in računalniško (modeli nevronske mreže, teorije dinamičnih kompleksnih sistemov).
2. VIRTUALNO SISTEMSKO-PROCESUALNO OSNOVO predstavljajo raziskave konceptualnih in semantičnih mrež (ne mrež nevronov, temveč mrež vzorcev-atraktorjev oziroma idej, konceptov), ki jih izvajajo umetna inteligenca in sistemsko usmerjeni deli kognitivne (nevro)psihologije, kognitivne filozofije in nevrolingvistike.
3. KOGNITIVNE PROCESE (miselne, analitične spoznavne procese; razum) in JEZIK proučujejo kognitivna psihologija, kognitivna filozofija in lingvistika. Paralelno-distribuirani nevronske procesi se zgostijo na višji (vzorčni oziroma konceptualni) ravni v relativno stabilne konglomerate – ideje. Te se povezujejo s pomočjo pravil: sintaktičnih oziroma slovničnih pri jeziku, semantičnih glede pomena in logičnih glede možnosti izpeljevanja (sklepanja) enih idej iz drugih. Tukaj govorimo o vzorcih in vzorčnih strukturah s sistemsko-procesualnega vidika, s kognitivno-fenomenološkega vidika pa o idejah, konceptih in konceptualnih strukturah.
4. VIŠJI KOGNITIVNI PROCESI (globalni, sintetični, intuitivni procesi; um) ostajajo v območju filozofije in psihologije, vendar lahko posplošene teorije kompleksnih sistemov zelo pomagajo – ne na modelski, temveč na intuitivni ravni. Gre namreč za zelo zapleteno upravljanje z višjimi vzorci oziroma koncepti, katerih notranja struktura je spremenljiva in prilagodljiva, njihov splošni okvir pa je relativno statičen.
5. ZAVEST je izrazito mnogonivojska procesualna prvina, ki je globalno enotna, notranje pa izhaja iz samointeragirajoče interakcijske mreže. To vodi do samonanašanja oziroma samorefleksivnosti – zavedanja lastnega Jaza in zavesti. Neintencionalna zavest najverjetneje izhaja iz (sub)kvantne ravni, intencionalna pa postaja kot posledica interakcije nevronskega in (sub)celularnega sistema z makroskopskim okoljem. Tako je z analitičnega sistemsko-procesualnega vidika; s sintetičnega fenomenološkega vidika pa je zavest zaznamovana s kakovostmi (kvalijami) doživljanja in občutenja, npr. barv, tonov, ugodja. Samega počutja (kako je biti nek človek) seveda ni mogoče opisati z redukcionističnimi sredstvi. Pri človeku se neka notranja interaktivnost v kvantnih in nevronske mrežah poveže s klasičnim okoljem in se tako pretvori v informacijski in celo spoznavni proces – to imenujemo zavest. Zavedanje ni dejavnost, temveč lastnost oziroma notranja narava človeka.
6. ČUSTVA so zelo poseben mnogoplasten problem, ki zaobjema večino prej navedenih procesov, vendar nobenega povsem dosledno.

Tukaj je še največ odprtega. Pri zadnjih dveh točkah (5 in 6) se pridružujeta dejavneje tudi antropologija in socialna psihologija.

7. GLOBLJA, NADINDIVIDUALNA STANJA ZAVESTI oziroma DUHA zaobjemajo transcendentna ali transpersonalna stanja in kolektivno nezavedno ali podzavedno ter občasna ozaveščanja kolektivnih nezavednih vsebin. Najverjetneje so ta stanja zavesti povezana s (sub)kvantno osnovo telesa in duha, vendar jih nikakor ne moremo zreducirati nanjo. Takšne primere je težko klasificirati, še posebno v t. i. spremenjenih stanjih zavesti, kjer se pogosto prepletajo transcendentne (neintencionalne) in intencionalne (navezane na nek konkretni ali virtualni predmet) oblike zavesti.

Točka 7 za razliko od točke 5 zastopa tiste ravni zavesti oziroma duha (tudi nezavednega), ki jih prav gotovo

ni mogoče lokalizirati na možgane posameznega človeka, ampak so rezultat skupne (sub)kvantne Celote. Ta področja bivanja pokrivajo denimo psihologija religije, Jungova psihologija, parapsihologija. Ker gre tukaj za procese, ki so verjetno kvantne narave, je klasično znanstveno raziskovanje zelo oteženo. Kvantni procesi so namreč probabilistični (vsaj ko je vključen subjekt) in so torej ponovljivi kvečjemu statistično.

Vse omenjene ravni se seveda prepletajo med seboj tako v sistemsko-procesualnem (nevronske, subcelularne, kvantne, virtualne mreže) kot tudi v fenomenološkem smislu (ravni zavesti, stopnja konkretnosti, t. j. osredotočenosti na neko konkretno vsebino, narava doživetja in občutenja). Prav pri naravi doživljanja in kakovostih občutkov (kvalijah) znanost razen introspektivnega opisovanja nima nobene metode, teorije oziroma razlage. Znanost ne zna ugotavljati, opisovati ali celo razlagati s stališča tretje osebe, kako je biti nek subjekt. Ker se kvalije (občutenje oziroma doživljanje v vsakdanjem smislu) nanašajo na prvo osebo, jih lahko zaobjemamo zgolj v celostni sintezi. Na tej ravni se vsaj zaenkrat izmikajo vsaki eksaktni teoriji, tudi kvantni in njenim posplošitvam (nevro-quantna koherenca, subkvantni implikatni red ipd.), čeprav nove naravoslovno pogojene teorije dodajajo spoznanja novih sistemsko-procesualnih temeljev in njihove široke interakcije. K razjasnjevanju vprašanja kvalij zaenkrat ne pripomore dosti niti nobena psihološka in filozofska teorija, vključno s humanistično psihologijo in s parapsihologijo. Celo multidisciplinarna sinteza v okviru kognitivnih znanosti je brez uspeha, čeprav edinole v tej smeri lahko pričakujemo korake naprej. Vendar že vsak zelo omejen korak naprej prinaša velike spremembe v znanosti in širše, zato multidisciplinarna kognitivna znanost vsekakor ima prihodnost in velik družbeni pomen.

Skratka, vprašanje kvalij in zavesti zahteva povsem novo znanost ali jo celo presega. Vsekakor pa nam ne preostaja drugega kot da združimo vse moči in znanja vseh analitičnih disciplin ter poskušamo po novih poteh, hkrati pa upoštevamo tudi umetniška sporočila.

## 8.7. PROBLEMI IN POMEN KOGNITIVNE ZNANOSTI; KOGNITIVNI OZIROMA ZAVESTNI IZVORI ZNANOSTI

Težava pri preučevanju kognitivnih procesov, ki so korelirani s procesi v mnogonivojskih kompleksnih sistemih, je v tem, da jih zaradi izjemne zapletenosti ne moremo dobro analitično modelirati, temveč jih lahko poskušamo razumeti le s ponarejanjem, torej z računalniškimi simulacijami. Tako se prej približujemo nekakšni umetni inteligenci kot pa poznavanju naravne inteligence! Njen bistveni element – kvalije – namreč ostajajo onstran računalniških modelov, kaj šele analitičnih matematično-fizikalnih modelov, ki so zaradi svoje "statičnosti" še bolj omejeni. Računalniške simulacije bodo torej ostajale omejene na klasično kognitivno znanost (točka 3 v prejšnjem poglavju) (Stillings, 1995) in po novem na računalniško nevroznanost in nevrofiziko ("computational neuroscience / neurophysics") (točka 1 v prejšnjem podpoglavju). Kaže, da bodo nadalje prihajale sveže ideje iz naravoslovnih znanosti, humanistične vede pa bodo še naprej vendarle ocenjevale te nove teorije kot nezadostne za razlago kvalij in zavesti, hkrati pa upravičeno opozarjale, da umetna in naravna inteligenca nista isto.

Problem zavesti je tako zelo pomemben za znanost oziroma filozofijo ter metodologijo znanosti, ker znanost kot celota brez poznavanja spoznavajočega subjekta (znanstvenika samega) ni konsistentna. Znanost je namreč empirično podprta teorijska modelska struktura, ki je determinirana z intersubjektivnimi konceptualnimi konvencijami – te umetno vnaša kolektiv spoznavajočih subjektov.

Fizika, denimo, ne more zaključiti svoje najbolj uspešne in najbolj mikroskopske teorije – kvantne teorije. Za to bi namreč potrebovala poznavanje spoznavne strukture fizikalega teoretika ali eksperimentatorja, saj obadva v nekem smislu soustvarjata naravne pojave, ki jih proučujeta oziroma merita. Prvi opiše naravo s pomočjo umetnih pojmov v svoji duševnosti; drugi pa na osnovi teh manipulira z naravo, da bi spoznal njene zakone, pri tem pa jo nujno zmoti oziroma predrugači. To je podobno primeru, ko učitelj takrat, ko se približa skupini učencev, da bi izvedel, kaj se pogovarjajo, ravno zaradi svojega prihoda ne izve resnice oziroma jo celo sam spremeni – učenci namreč utihnejo ali menjajo temo. Tudi fizikalni eksperiment na kvantni ravni (na "osnovnih" delcih) pokvari pristno naravo teh delcev. Hkrati pa nam vse informacije, ki jih imamo o svetu, servirajo in filtrirajo naši možgani! Tako nobena znanost ne ve, kakšen je resnični svet (svet po sebi), temveč le, kako svet vidimo mi. Da bi te znanosti napredovale v globino, bodo morale vsaj približno vedeti tudi, kako predelajo možgani (skupaj s svojimi orodji) njihove predmete preučevanja.

Kognitivni oziroma zavestni ter nezavedni procesi sami močno sodoločajo znanstveno spoznanje in njegove zaključke. Kategorizacija in abstrahiranje na osnovi empiričnih podatkov so močno umetni, torej subjektivni – odvisni od subjektive pozornosti, znanja in spoznavnega konteksta. Vsa zgodovina filozofije, posebno epistemologije, je polna nihanj od naivnega realizma do antirealizma in agnostičnih skrajnosti. Kognitivna znanost bo torej prinašala pomembne posledice tudi filozofiji znanosti in epistemologiji.

Mnogi veliki znanstveniki so uporabljali intuitivno oziroma simbolno vizualizacijo ali zrenje, preden so svoje modele in odkritja z razumom podkrepili ter zapisali v matematično obliko (Bohm, 1985; Penrose, 1989, 1994). Namen slednje često ni več dokazovati sebi, temveč drugim, ki "videnja" niso imeli in jim je razumevanje zato treba vzpodbuditi bolj formalno. Poleg tega so Einstein, Heisenberg, Leibniz, Pitagora, Bohm, Schrödinger, Tesla, Bošković, Teilhard de Chardin in mnogi drugi razvili neke osebne, globoko intuitivne modele, ki bi jih lahko imenovali celostne oziroma mistične (seveda v pravem pomenu te besede, torej ne v smislu skrivnostnosti ali celo okultnosti). Ti abstraktni "modeli" so jim vsekakor pogosto omogočili znanstven preboj in razvoj novih teorij narave. Javnosti podatki o tem navadno niso dostopni, razen v (avto)biografijah, saj je tak način spoznavanja osebna stvar in seveda ni sodila v skupinsko, bolj ali

manj formalizirano znanstveno delo. Formalna znanost ima nalogo preverjanja ter prevajanja teh dognanj v znanstveni jezik. Nadalje je znanost namenjena detajliranju in kvantitativnemu preciziranju kvalitativnih dognanj, ki so predhodne. Ta fundamentalna dognanja navadno najprej zrastejo na globlji, predformalni, intuitivni ravni – na tisti, ki je menda "neznanstvena".

Znamenita je zgodba o kemiku Kekuleju, ki so ga sanje o kači, ki lovi lastni rep, navedle na odkritje, da ima benzen obročasto strukturo. Neke druge sanje so se še pred pričetkom zaporedja dvojnih piskov budilke samodejno razvile tako, da je sanjska punčka prej najavila in točno ob pričetku dvojnih piskov pričela prekladati stvari iz kupčka (prvi pisk) na drugi kupček (drugi pisk). Podzavest torej vsebuje prefinjene skrite povezave, ki se v posebnih primerih ozavestijo. Celo nenavadnim sanjam verjamemo, dokler se ne zbudimo. Znano je, da se globine podzavesti rade izražajo skozi umetnost, največkrat v zagonetni simbolni obliki...

Vsaka analiza usodno pokvari celovitost procesa in lahko zavaja. Tako je treba med površnostjo intuicije in zavajanjem oziroma enostranskostjo analize najti primeren kompromis. Seveda je treba poudariti, da to velja le za močno interaktivne sisteme, kjer elementa ni mogoče izolirati od okolice, kot se je to lahko brez škode počenjalo v klasični fiziki.

Intuicija je sicer pogosto zelo nezanesljiva in predvsem nenatančna in dvoumna. Vendar pa izhaja iz globokih asociativnih vzorčnih zvez, ki zaobsegajo velikanske količine podatkov iz zavesti, spomina ter nezavednega – daleč več, kot jih je lahko zastopano v nadzorovani analizi. Intuicija v znanosti sicer (razen v izjemnih, zgoraj navedenih primerih) ne more biti zadovoljiv konec raziskovanja, je pa pogosto nujen in edini možen začetek. Pri kompleksnih sistemih je tako. Morebiti je najprimernejša kombinacija z računalniškimi simulacijami, ki lahko delujejo omejeno sintetično. Statični matematiki, ki jo vstavimo v računalniški program, namreč računalnik vdahne dinamiko.

## 8.8. METODOLOŠKI PROBLEMI ZNANSTVENE ANALIZE

Vsaka konkretizacija in opredelitev (aksiom, definicija, "resnica") sta VELJAVNI LE V SPECIFIČNIH OKOLIŠČINAH ("KONTEKSTU", referenčnem sistemu). Vsak naravni zakon je iz splošnega vidika lokalna fiksacija glede na določene okoliščine, ki pa lahko velja relativno splošno. Torej je tudi naravni zakon globalen vzorec fizikalnega sistema, ki je rezultat samoorganizacijske fizikalne evolucije. Kakšna pa je vloga subjekta pri dojetanju teh naravnih zakonov? Spoznavanje je odvisno od skale in NIVOJA OPAZOVANJA, kamor je usmerjena pozornost in čemur je ustrezno stanje zavesti opazujočega subjekta. Subjektivnost v znanosti je torej v tem smislu nezanimljiva in odločujoča, saj je izhodišče (začetna opredelitev – aksiomatizacija) izbira subjekta. Odvisna je od njegovega ZORNEGA KOTA in INTENCIJE (namena, cilja, smisla). Vsi zorni koti pa so globalno ekvivalentni, hierarhizirani so šele nasproti konkretnim lokalnim okoliščinam (kontekstu).

Vpliv subjekta torej ni le v interakciji z objektom, ki lahko moti in spreminja opazovani objekt, temveč je predvsem v tem, da SUBJEKT DOLOČA OBJEKT. Subjekt odloči, kaj je zanj "objekt" in kaj "ozadje". Subjekt s svojim kategorizacijskim spoznavnim procesom zlomi simetrijo sveta samega na sebi in ga razstavi na svet pojavov oziroma ločenih stvari, ki jih je sam definiral. O dejanskem svetu samem na sebi pa ne izve nič, vsaj ne česa zanesljivega. Pravzaprav se sprva zdi, da sta za svet sam na sebi obstoj in neobstoj enako veljavni označbi. Obstaja šele tisto, kar se loči od ozadja oziroma okolice, to razločitev pa si ustvari subjekt umetno. Celota, ki ni razcepljena na dele, nima objektov in okolic.

Kakorkoli že, vsekakor subjekt s spoznavnim procesom še dodatno umetno diferencira notranjo enotnost narave in s svojimi "objekti" kvari "objektivnost". Lahko pa samo ugibamo, koliko je (če sploh je) diferenciran in razcepljen v stvari svet sam na sebi. Najbolje bi bilo, da objekt in subjekt v splošnem takrat, ko iščemo sintezo, sploh ne bi več razločevali. Narava tudi ne razločuje, saj je enovita.

Obstoj je torej lokalna in relativna "lastnost", ki jo dojemata in s svojim dojetanjem določi naš um. Nekaj za nas obstaja, ker interagira neposredno ali posredno z našim umom. Ali pa obstaja samo na sebi tudi mimo nas in kako obstaja, pa ne moremo zanesljivo vedeti. Denimo, da obstaja tudi mimo nas; vendar je ZA NAS gotovo soopredeljeno z našim spoznavnim procesom. Torej, prikaže se nam v luči našega spoznavnega procesa.

Pri lokalizaciji duševnih pojavov in konkretizaciji vzrokov ter posledic moramo biti zelo previdni. Znanstvenikom mora biti vseskozi jasno, da raziskuje le pojave, v katerih je trenutno zastopano TEŽIŠČE nekega paralelno-distribuiranega ali virtualnega procesa.

Rast objektivne vrednosti znanosti se naslanja na natančnost in nujno omejeno celovitost enolične opredelitve okoliščin, pogojev in ravni subjektivnega izhodišča. Raziskovalec ne more analizirati na primer možganov kot celote – posameznih celic in določenega kompleksa vzorcev hkrati. Lahko le spreminja raven oziroma skalo svoje pozornosti ter ločene ugotovitve postopoma sintetizira, kar takoj pomeni abstraktno kategorizacijo. Vsaka kategorizacija pa je že subjektivna. Pri neposredni, nepojmovni sintezi (npr. v mističnem doživljanju) pa nujno izgubi nadzor nad konkretnim, saj je pri tem kategorizacija tako široka, da celo preseže samo sebe. Duševne meje naših spoznavnih možnosti so torej dane z nesintetičnostjo analize in neanalitičnostjo sinteze.

Vsak aksiom, teorem in teoretski zakon je lokalna fiksacija glede na specifične, z definicijo ali izpeljavo natančno podane okoliščine; torej relativna izven svojega definicijskega območja (splošni zunanji kontekst)

in absolutna znotraj njega in v njegovih posledicah (notranji kontekst). Ta neizbežna kontekstualna opredelitev pa je subjektivna. Relativnost te subjektivnosti lahko deloma presežemo le z variacijo konteksta oziroma referenčnega sistema ter s primerjavo nastalih posledic. Nekateri (npr. Grassmann in Hamilton) trdijo, da matematika ne podaja globlje strukture objektivnega sveta, temveč sveta duševnosti (Hiley, 1991). Pravzaprav matematika govori o implicitnem redu – o svetu možnosti (potencialnosti). Fizika, vsaj klasična, pa govori le o eksplicitnem redu – o svetu dejanskosti (aktualnosti). Glede vloge matematike v naravoslovnih znanostih je kar nekaj neujemajočih se razlag. Prva je, da matematična struktura ustreza objektivni fizični realnosti. Druga je, da pripada transcendentalni subjektiviteti ali platonskem svetu čistih form, ki se nato projicira v fizični svet in se v njem udejanja oziroma jo v njem odkrivamo. Tretja razlaga je, da je matematika le dogovorjen intersubjektivni simbolni jezik, ki omogoča racionalno, jasno, kratko in jedrnato, kvantitativno izražanje in "mehanično" obdelavo (merskih) podatkov (Ule, 1992). Konsenza glede tega vprašanja ni.

Vzorec ali sklep spoznamo kot resničen, če se določene okoliščine med sabo ujemajo: ustrezni vzorci morajo drug drugega asociativno sokonstruirati oziroma sorekonstruirati. Rezultat takšnega medsebojnega ujemanja je oblikovanje globoke potencialne vrtače, katere globina in širina sta sorazmerni s stopnjo prepričanosti. "Resnični" so tisti novi vzorci, ki se ujemajo s starimi – pogosto potrjenimi in vedno znova potrjevanimi. V takem primeru torej novi vzorci zapadajo v znova asociativno obnovljene potencialne jame, ustrezne starim vzorcem.

Na nevronske ravni je razumevanje v bistvu identično spoznanju resnice oziroma doživetju globljega ujemanja stvari. Izkušnje nam kažejo, da so neke okoliščine vselej pustile določeno posledico. Naposled je ponoven nastop podobnih okoliščin spet dal podoben rezultat, zaradi česar se je rekonstruiral starim rezultatom specifični vzorec in hkrati "absorbirala" tudi aktualna, nova informacija. Pristanek v skoraj istem (rahlo adaptiranem) atraktorju ustreza razumevanju oziroma spoznanju resnice. Učenje je torej navajenje in usedanje, razumevanje pa spust v tako nastalo potencialno vrtačo v običajnih in tudi v novih okoliščinah. Za slednje je treba nekoliko prožno preoblikovati vrtačo in s tem najti novo globalno informacijsko oziroma pomensko ujemanje.

Seveda je po tem jasno, da je resnica zelo relativno stanje ujemanja vzorčnih oziroma virtualnih semantičnih struktur, ki ga je mogoče razumeti na več ravneh. Vsekakor je odvisna od izkušenj posameznika. "Lokalnih resnic" je vsaj toliko, kolikor je možganov, saj so vsaki možgani zbrali v toku svojega življenja vsaj nekoliko specifične vzorce v specifičnih okoliščinah in kontekstih. Navadno govorimo o "objektivni" resnici, ko pride do družbeno, intersubjektivno ustanovljene, definirane ali dogovorjene ideje, do skupinsko ter zgodovinsko opredeljenega in ustaljenega "modela", ki mora seveda ustrezati stvarnosti. V znanosti ob natančni navedbi pogojev velja določen enoličen, splošno priznan zaključek. Odstopanje od tega intersubjektivnega rezultata pomeni neresničnost. Gre za ideje, ki so se s pogostim preverjanjem, potrjevanjem in s kolektivnim konsenzom ustalile. V praksi jih razumemo kot absolutne (aksiomatične), četudi so globalno gledano relativni tudi takrat, ko se z njimi strinja vse človeštvo: resnični so (samo) glede na vse ljudi. Sklepi veljajo le začasno, dokler se ne spremenijo okoliščine, ki predrugajo potencialni prostor informacij.

## 8.9. KOGNITIVNE ZNANOSTI, SPECIFIČNE GLEDE NA STANJE ZAVESTI

Značilni primeri s problematiko znanstvene analize, kot je bila obravnavana v prejšnjem poglavju, se kažejo v nevronskih in drugih sinergetskih sistemih, družbenih procesih itd. Čeprav se izkaže, da jih vodijo na sistemski ravni podobni principi, so kompleksni sistemi zelo trd oreh. Posebno pri modeliranju miselnih procesov z mrežami formalnih nevronov je intuitiven pristop zaradi mnogoplastnosti pogosto nujen, višja stanja zavesti pa zelo dobrodošla, saj je le tako mogoče zaobjeti kompleksnost in dinamičnost procesa ter preseči metodo "črne škatle".

Nekateri transpersonalni psihologi (npr. Tart v: Walsh & Vaughan, 1987) predlagajo celo ustanovitev znanstvenih disciplin, ki bi bile ustrezne stopnji zavesti. Višja stanja zavesti sicer niso primerna za konkretno, podrobno analitično raziskovanje; zelo pa so primerna za celovite okvirne razlage na splošni ravni, ko je potrebno "pod eno streho" obravnavati mnogo pojavov in dejstev, njihovo soodvisnost in prepletanje. V nasprotju s filozofijo, ki ji je sicer prepuščeno to področje, bi bila takšna nekonvencionalna "znanost" bolj zasidrana v izvenrazumskem mišljenju. Pomen takšnih disciplin bi bil seveda predvsem v humanističnih vedah (posebno v psihologiji, antropologiji, teorijah umetnosti in religije) ter v filozofiji znanosti. Do izraza bi prišel povsod, kjer stanje zavesti vpliva na rezultate ali pa je pomembno zastopano v predmetu raziskovanja. Žal si človek, ki nima transcendentalnih mističnih oziroma meditativnih izkušenj, nikakor ne more predstavljati, v čem bi bil pomen takih poskusov. To pa še ni razlog za vnaprejšnje nasprotovanje.

Zavedati se je treba, da je naša psihofizična struktura odgovorna za marsikatera obeležja znanstvenih teorij, metod in prepričanj. Razvpit primer je kategorizacija, nagnjenost predvsem humanističnih znanosti v klasifikacije, razdelitve in grupiranje po neki izbrani shemi delitve ali lastnosti. Norme za takšne kategorizacije so često neobjektivne ter problematične predvsem pri mejnih primerih. Pogosti so tudi komunikacijski problemi, ki se jih v konvencionalni znanosti premalo zavedamo: relativnost sporazumevanja, omejitev na osnovne značilnosti brez konteksta, razhajanje sistemov prejemnika in sporočevalca. Celo matematični aksiomi so vedno le podmene, definicije so trhle v svojih koreninah, četudi omogočajo trdno nadgradnjo. Brez njih v znanosti sicer ne gre, dvom kot miselni eksperiment pa je poučen.

Navedimo v tem kontekstu dognanja antropologa Benamina Whorfa (1979), ki je raziskoval povsem drugačno pojmovanje prostora in časa ter povsem drugačne načine jezikovnega izražanja časovno-prostorskih odnosov pri ameriških Indijancih iz plemena Hopi. V njihovem jeziku ni časa kot sukcesivnega kontinuuma in ni posebnega pojma "čas". Hopi taisto naravno realnost opisuje z drugimi implicitnimi lingvističnimi strukturami brez za nas običajnega razlikovanja prostora in časa. Namesto časa v našem pomenu Indijanci Hopi upoštevajo dejstvo, da se prostor spreminja, zato prevladujejo glagoli in ne samostalniki. Izrazi o stanju stvari so nadomeščeni z izrazi o dogajanju. Objekti niso stanja, temveč procesi. Namesto dualizma statičnega tridimenzionalnega prostora in dinamičnega enodimenzionalnega časa (ki ga je šele Einstein pretvoril v monizem), kar prevladuje v indoevropskih jezikih, je za Hopije značilen dualizem "objektivno – manifestno – percepirano" in "subjektivno – nemanifestno – tisto, kar je le v zavesti".

Iz tega in podobnih primerov je razvidno, da so celo temelji paradigem (kot je npr. zahodna znanstveno-filozofska) globoko zgodovinsko, psihološko in arhetipsko pogojeni, ter da so možne enakovredne alternative (Vzhod, Indijanci idr.). V matematični prisposodbi: notranja vsebina je lahko napeta na različne vzorčne strukture kot baze.

V višjih stanjih zavesti komunikacijski in definicijski problemi sicer ostajajo ali so v konkretnem smislu celo poglobljeni, pri splošnih vprašanjih pa se zaradi širšega konteksta in celovitejšega pogleda omehčajo. Značilna je transcendenca razumskih paradoksov, ki je lastnost adaptacijske in generalizacijske sposobnosti duha v smislu "teza-antiteza-sinteza" (Mimogrede: tako delujejo tudi kompleksni fizikalni sistemi.). Komunikacija je v višjih stanjih zavesti možna le na globlji ravni – v nekakšni nadbesedni obliki; na ravni jezikovnega kodiranja ali matematičnega simbolizma ni zadostna. Sporazumevanje je zato lahko le zelo neposredno in kakovostno na višji ravni ali pa ga sploh ni oziroma je preveč nejasno, če se izvaja na običajni ravni.

Ob tem se moramo vprašati, kaj sploh je znanost. Ali je to razumevanje in razlaga naravnih in drugih pojavov, razumevanje in razlaga pa sta kompleksa duševnih procesov (individualno in/ali intersubjektivno pogojenih)? Ali pa je to modeliranje narave z zapisi v simbolnih formalizmih z možnostjo ponarejanja, predvidevanja, nadzora in upravljanja narave? V tem drugem primeru je razumevanje kot duševni proces in odnos do narave zgolj nadležno subjektivno sredstvo, ki ga je treba čimprej nadomestiti z objektivno matematiko (v kolikor je sploh lahko objektivna). Pravzaprav bi morali biti obe poti legitimni. Prva pot pomeni, da je težišče bolj na "manipulaciji" z naravo v duševnosti, druga pa postavlja težišče na neposredno manipulacijo z naravo. Navsezadnje o tem, kaj je bolj cenjeno, racionalizem ali empirizem, odločajo naše potrebe. Za upravljanje potrebujemo večinoma analizo, za celovito razumevanje pa tudi sintezo.

Našo eksperimentalno pozornost lahko usmerimo v določen del sistema in spremljamo odnos tega posameznega dela z okolico ali pa raziskujemo kompleksni sistem kot celoto, ki pa nima notranjega dogajanja in neenotne zgradbe. Ne moremo pa opazovati množice elementov sistema avtonomno, kjer je vsak element sistema enakovredno in sočasno vključen v kolektivno dogajanje. Racionalno ali pa intuitivno raziskovanje lahko deloma transcendirata to omejitev, saj uporabljata notranje miselne modele (tudi Bohm, 1985). Alternativa je še računalniško modeliranje, ki pa često ne da zadostnega razumevanja in notranjega uvida.

## 9. KOGNITIVNE IN NEVROZNANSTVENE TEORIJE ZAVESTI

### 9.1. KLASIČNI KOGNITIVNO-FILOZOFSKI MODELI ZAVESTI

Za začetek preglejmo spisek raznih šol o študijih zavesti, kot jih je zbral Tart (1997):

- kognitivna znanost (računalniški modeli – funkcionalistični, konekcionistični, simbolni; emergentne teorije)
- introspekcijem (fenomenologija, pogled prve osebe)
- nevrobiologija in t. i. nevrofilozofija
- individualna psihoterapija
- socialna psihologija
- klinična psihiatrija
- razvojna psihologija
- psihosomatska medicina in psihonevroimunologija
- spremenjena stanja zavesti
- Vzhodne in kontemplativne tradicije
- kvantna biologija in kvantne teorije zavesti
- t. i. subtilne energije (bioenergija, prana, chi, ki)

Seveda bom posamezne vidike obravnaval ločeno in postopoma.

V tem poglavju bom predstavil teorije kognicije in zavesti kot so jih postavljali kognitivni filozofi pod vplivom klasične umetne inteligence in nato pod vplivom nevroznanosti, torej še preden je prišlo do t. i. tucsonske revolucije in rehabilitacije kvalij. V drugem in tretjem podpoglavju je opisano, kako nevrološke študije oslikavajo vprašanje zavesti. Bolj integralne teorije zavesti bodo predstavljene v enem od poglavij, ko se pridruži končno še središnji problem kvalij.

Kognitivne teoretike lahko glede odgovorov o obstoju, obsegu nosilcih, izvoru spoznavanja delimo v naslednje skupine:

1. REALISTI smatrajo duševna stanja kot obstoječa, INSTRUMENTALISTI pa kot dejansko neobstoječe. Zanje so le pripraven način, kako organiziramo svet oziroma procesiramo informacije. Za instrumentaliste obstajajo samo nevrološka stanja in obnašanje.
2. PARCIALISTI jemljejo duševna stanja kot pripadna delom organizma (npr. možganom, delom možganov), HOLISTI pa duševna stanja pripišejo vedno osebi kot celoti in najmanjši nosilni enoti.
3. INDIVIDUALISTI menijo, da so tvorci in imetniki konceptov lahko posamezniki sami, ANTIINDIVIDUALISTI pa trdijo, da je za to potreben kolektiv.
4. INTERNALISTI pravijo, da je vsebina duševnih stanj določena le z notranjimi izhodišči posameznika, torej kot lastnost njegovega duševnega stanja samega ali razmerij njegovih duševnih stanj. EKSTERNALISTI zastopajo stališče, da je vsebina mentalnih stanj tudi z razmerji teh stanj do zunanjih predmetov in lastnosti ter zapletenih zunanjih odnosov.

Glede na odgovore o implementaciji kognitivnih procesov oziroma o t. i. problemu telesa in duševnosti obstajajo naslednje glavne kognitivno-teoretske smeri. (Tukaj velja opomniti, da je razporejanje imen zastopnikov ali teoretskih podskupin v skupine zelo groba, saj je natančna razdelitev problematična. Podaja jo npr. O. Markič v svojih delih.)

FUNKCIONALISTI (Putnam, Fodor, Pylyshin idr.) menijo, da se razna stanja sistema lahko razumejo v smislu njihove funkcionalne ali vzročne vloge glede na vhod v sistem in izhode iz njega ter glede na sistemovo okolje oziroma kontekst. Funkcionalizem razdeli sistem na konstitutivne dele in njegovo delovanje razlaga s funkcijami delov ter njihovo integracijo. Deli in njihove interakcije so opisani izključno z vzročnimi odnosi. Za funkcionalistično analizo torej konkretna implementacija (npr. konkreten računalniški model) ni pomembna. Ni pomembno, kaj so osnovni elementi sistema.

Modeli nevronske mreže, natančneje modeli mreže formalnih nevronov, so najbolj čist primer funkcionalističnega modela. Model deluje, ne glede na to, kaj določimo kot osnovne elemente sistema – kot t. i. formalne nevrone. Tako mreže formalnih nevronov uporabljamo tudi jaz: formalni nevroni so lahko pravi nevroni, spini, kvantni delci ali "točke", pa celo koncepti, virtualni vzorci-atraktorji ipd. Seveda je funkcionalizem le začasen pristop, ki se lahko obdrži le tako dolgo, dokler ne vemo, kateri biofizikalni ali virtualni elementi imajo vlogo formalnih nevronov, in sicer tudi kje (na kateri ravni) in kdaj (pri katerih možganskih oziroma duševnih procesih). Danes se še moramo oklepiti funkcionalizma, vendar upajmo, da ga bomo kmalu lahko začeli potiskati med staro šaro. Naloga kognitivne znanosti je namreč čim natančnejša določitev biofizikalne ali virtualne narave modelskih formalnih nevronov v določenih okoliščinah (raven procesa, vhod iz okolja ipd.), vendar je pri tem šele na začetku. Funkcionalizem je izraz naše nevednosti oziroma nezmožnosti, da bi eksperimentalno ugotovili (ontološko) naravo dejavnikov

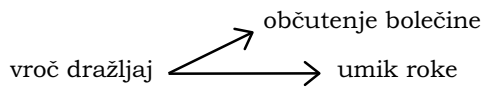


kognitivnih mrež, ne da bi (kar se pri eksperimentih dogaja) pokvarili dinamično celostnost njihovega procesiranja.

EPIFENOMENALIZEM (npr. Dennett) trdi, da zavest samo spremlja fiziološke procese kot relativno nepomemben stranski dodatek. Za epifenomenalista zavestne fenomenalne izkušnje nimajo nobene funkcionalne ali vzročne vloge. Ne priznava naslednje vzročne sheme:

vroč dražljaj →→ občutenje bolečine →→ umik roke

temveč predlaga naslednjo:



Pri refleksih in bolečinah te vrste še utegnejo imeti epifenomenalisti prav, zelo težko pa pri višji planski zavestni dejavnosti. Tako ne morejo odgovoriti, zakaj se je zavest razvila, kakšno vlogo ima, zakaj se nam zdi, da imamo svobodno voljo in da nadzorujemo svoja dejanja.

Fizikalisti (npr. par Churchland in večina nevroznanstvenikov) se razporejajo v dve struji:

1. SIMBOLNI FIZIKALIZEM ("token physicalism") trdi, da je vsako duševno stanje (vključno z vsako kvalitativno izkušnjo, ki se jo občuti subjektivno) identično z nekim fizikalnim stanjem. Še krajše, "token" identiteta pravi: vsako duševno stanje je fizično stanje. Zato je potrebno, da ni več duševnih stanj, kot je fizičnih stanj, le korelacija specifičnega duševnega stanja s specifičnim fizičnim stanjem mora biti stalna in konsistentna. Pri tej teoriji imajo fenomenalne izkušnje funkcionalno vlogo, ki pa jo lahko do neke mere izvaja več različnih kvalij. Tako lahko ima kvalija rdeče vlogo pri subjektivni orientaciji v okolju, vendar bi bila pri konsistentni enolični zamenjavi vseh kvalij te vrste s kvalijami druge vrste (npr. zeleno) funkcionalna vloga ohranjena. Primer: če bi bili vsi navajeni, da tako (drugače kot danes običajno) imenovana rdeča luč na semaforju pomeni "pojdi" in tako (drugače) imenovana zelena luč pomeni "stoj", bi promet potekal enako. Nihče ne ve za drugega, ali doživlja npr. modro barvo enako kot on. Ve le, da to, kar on imenuje "modro", tudi drugi imenuje "modro", torej da je pojem oziroma simbol (zato simbolni fizikalizem) "modro" koreliran s specifičnim kvalitativnim fenomenalnim stanjem v okolju (ne glede na to, ali je ta specifičnost enaka za oba subjekta; gotovo je le, da je stalna in specifična korelacija stanje – kvalija, in gotovo je le še to, da je ta korelacija konsistentna pri vsakem subjektu posebej).
2. TIPNI FIZIKALIZEM ("type physicalism") je generičen, ne nujno reduktivističen. Po njem naj bi kvalije imele ustrezne funkcionalne vloge, ki so zanje specifične.

Za razliko od simbolnega fizikalizma, ki zastopa ena-proti-ena razmerje identitete med konkretnimi možganskimi in duševnimi stanji, je tipni fizikalizem malo bolj mehak in splošen pri pripisovanju identitete duševnega in možganskega – ni stroge ene-proti-ena identitete, pač pa le približna (lahko bi rekli: homeomorfizem prej kot izomorfizem).

Naslednja kognitivno-teoretska skupina so kritiki funkcionalizma in epifenomenalizma oziroma fizikalizma. Ker so vse omenjene skupine težko ostro razločljive, bom te kritike previdno imenoval "neredukcionisti".

Podajmo najprej komentar o funkcionalizmu. Searle kritizira računalniški funkcionalizem z naslednjim argumentom:

1. Sintaksa ni dovolj za semantiko.

Računalniški programi so popolnoma definirani s formalnimi ali sintaktičnimi pravili oziroma strukturami.

2. Duševnost ima semantične vsebine.

Zato: Noben računalniški program sam zase ni dovolj, da pridela sistemu duševnost.

Simboli, ki jih procesira, morajo namreč imeti semantične vsebine (morajo pomeniti nekaj) za računalniški sistem sam, ne le za zunanjega zavestnega opazovalca. Res je sicer, da imajo kompleksni funkcionalni sistemi nekaj semantičnega samorazumevanja tudi brez zavestnega subjektivnega doživljanja, vendar to njihovo razbiranje pomena, ki sicer lahko sproža akcije, ni primerljivo s človeškim in med drugim ni kvalitativno.

Manj pa se strinjam s Searleom, ko postavlja, da je intencionalnost bistvena za zavest. Nezavestna stanja so po njem intencionalna samo in kolikor lahko postanejo zavestna. Menim, da so posebna (meditativna ipd.) stanja zavesti, ki so neintencionalna.

Obstajajo izjemni primeri: slepovidni pacienti in izkušeni vozniki, ki kljub sanjarjenju med vožnjo, pripeljejo na cilj.

Sedaj komentirajmo še fizikalizem, kot prihaja iz nevrologije.

Številne raziskave kažeje (npr. Kosslyn & Andersen, 1992), da so specifična subjektivna duševna stanja (zaznave in precej podobno predstave) povezana oziroma korelirana s specifičnimi kolektivnimi nevronske aktivnostmi. Zaznave in njim podobne predstave naj bi imele vsaj zelo podobne nevronske korelate. Ta funkcionalna in zaznavna ekvivalenca je bila podprta z mnogimi psihofizičnimi, kronometričnimi in

nevropsihološkimi študijami (pregled v: Hubbard, 1996). Izomorfizem (ena-proti-ena korespondenca) med zunanjim predmetom in njegovo mentalno reprezentacijo naj po nekaterih podmenah ne bi bil izomorfizem prvega reda (kjer gre za korespondenco elementov), temveč drugega reda (kjer gre za ustreznost funkcij ali procesov). Izomorfizem prvega reda se namreč lahko rahlja ob dejstvu, da vizualna slika oranžnega psa ni sama oranžna, ali da sama nima pasjih oblik. Vendar ustreznost časov, ki so potrebni za mentalno manipulacijo predstave na eni in fizično manipulacijo predmeta na drugi strani, nakazuje možnost izomorfizma drugega reda, ki bi bil bolj abstraktne ali funkcionalne komplementarne narave, ne podobnostne (po Sheperdu in Chipmanu: Hubbard, 1996).

Kljub vsemu še ni jasno, ali gre za ena-proti-ena oziroma ena-v-ena izomorfizme med nevronskim in mentalnim, ali pa včasih tudi za bolj subtilne primere korespondence. Možno je, da nekatere vrste fenomenalnih doživetij, čeprav imajo možganske korelate, ne ustrezajo na razviden način določenim nevronskim stanjem (ni jasne ena-v-ena preslikave), niti ne pri isti osebi v različnih okoliščinah (Flanagan, 1992). Ali gre kdaj za več-v-ena (ali tudi ena-v-več) preslikave? Če da, ali znotraj iste ravni / centra ali znotraj različnih ravni / centrov?...

Funkcionalisti nasprotujejo fizikalistom rekoč, da je isto duševno stanje lahko udejanjeno z nedoločljivo mnogo različnimi fizičnimi stanji, ki nimajo potrebne in zadostne fizikalne karakterizacije (Block v: Lycan, 1992). Celo Chalmersa (1995) močno zanese proti funkcionalizmu, ko pravi, da imajo lahko sistemi z enako dinamično strukturo oziroma organizacijo enaka zavestna doživetja. Vsaj dokler ne bo kaj več znanega o izvoru kvalij, ne bomo mogli vedeti, koliko je funkcionalizem upravičen. Na eni strani se zdi malo zastarel, na drugi pa ga množice rivalskih biofizikalnih kandidatnih ravni za sistemsko-procesualno ozadje zavesti aktualizirajo.

## 9.2. ZAVEST V KOGNITIVNI NEVROZANOSTI

Osrednji pojem kognitivno-nevroznanstvenih modelov zavestnega procesiranja je RAZŠIRJEN RETIKULARNO-TALAMIČNI AKTIVACIJSKI SISTEM (ERTAS = "extended reticular-thalamic activating system"). Ta sestavljen sistem naj bi bil odločilen pri naslednjih z zavestjo pogojenih procesih: multimodalna vezava senzornih zaznav v enotno doživetje, spanje s sanjami (REM), selektivno usmerjanje pozornosti in orientiranje k zunanjim dražljajem, voljna dejavnost. Tektofugalni sistem naj bi sodeloval v ERTAS pri pozornosti in multimodalni vezavi zaznav (Newman, 1997, I). Nekateri poudarjajo osrednjo vlogo talamusa pri generiranju ritmičnih oscilatornih vzorcev (in gibajočih valov), drugi prisegajo na rekurzivne kortiko-kortikalne tokove. Vsi naj bi seveda bili specifični za razne vrste dražljajev, čeprav to sploh ni lahko določljivo.

V (Newman, 1997, I) so naštetih glavni uspešni dokazi, do katerih se je dokopala kognitivna nevroznanost:

- stolpci okularne dominancije in ekstrakcija osnovnih zaznavnih elementov s kardinalnimi nevroni (Hubel & Wiesel),
- posredništvo hipokampusu pri epizodnem spominu,
- vloga frontalne skorje pri delovnem spominu in vedenju za doseganje cilja (Fuster & Goldman-Rakić),
- korelati sanjanja v možganskem deblu.

S pomočjo ERTAS modela (Newman, 1997, II) se v razlago vključijo:

- tvorba koherentih EEG vzorcev,
- integracija vzporedno porazdeljenih kortikalnih procesov v tok enotnih zaznav, znana kot multimodalna vezava ("binding"), ki je v glavnem časovna – uporablja fazne sklopitve (synchronizacijo v enak ritem)
- selektivna pozornost in povezave z nevronskimi substrati za epizodni spomin in voljno dejavnostjo.

Kinsbourne (v: Marcer & Bisiach, 1988) podaja povzeta stališča redukcionistične oziroma funkcionalistične nevroznanosti:

- kortikalna mreža specializirano in selektivno repretira dražljaje
- zavedanje opisuje interrelacijsko enotno polje reprezentacij zaznanih vhodov, ponovno občutenih (priklicanih) vhodov and ciljev predvidenih akcij
- reprezentacije izven enotnega polja so relativno izolirane, nekontekstualne in jih ni mogoče epizodno priklicati
- zavedanje je sestava mnogoterih koincidenčnih reprezentacij; njegova struktura se pokaže ob kirurški razdelitvi
- dve zavedanji lahko soobstojata, če možgane razdelimo.

Jasno je, da takšen pristop ne more vključiti kvalij, marveč le objektivno poroča o grobi oziroma globalni fenomenologiji zavesti.

Zavest nastopi, ko živčni sistem detektira novo, biološko relevantno, organizmu zanimivo, posebno informacijo ali takšno, ki je ustreznna njegovemu cilju. Dražljaji, ki so predvidljivi, ponavljajoči, nerelevantni, pa se samodejno prepuščajo nezavestnemu modularnemu procesiranju. ERTAS izvaja mnogo projekcij v neokorteks (novo možgansko skorjo). V neokorteksu se zavestna vsebina eksplicitno

reprezentira, v ERTASu pa je zastopana implicitno.

Po Baarsovi teoriji globalnega delovnega prostora specializirani moduli tekmujejo za svoj prostor v globalnem "gledališču zavesti". Ni homunkulusa ali kakršnegakoli stalnega notranjega "opazovalca", temveč "tribuna" modulov – predstavnikov zaznavnih elementov, ki kolektivno sestavljajo globalen procesualen gestalt – zaporedje globalnih vzorcev. Ta "film" po tej teoriji JE žarišče pozornosti in zavedanja (Newman, 1997, II).

Rutinske, preveč naučene ("overtrained") kognitivne veščine s predvidljivimi posledicami se navadno izvajajo nezavedno in s pomočjo specializiranih modulov. V nasprotju s tem se zavestno procesiranje sproža ob zaznavi novosti, odstopanj od pričakovanega, posebnih oziroma pomembnih zadev, pri načrtovanju in opazovanju ter delovanju z namenom, pri postavljanju novih kognitivnih shem. Ob novostih in odstopanjih od rutine, ki jih opisuje Grayev komparatorski model (redno merjenje odstopanja tekočih od preteklih oziroma običajnih zaznav – v skladu z nekakšno makroskopsko različico nevronskega delta-učenja (Kohonen, 1988; Peruš, 1997h) se poveča stopnja pozornosti. Tudi Gregory (v: Marcel & Bisiach, 1988) opozori na povezanost zavedanja s presenetljivimi novimi pojavnostmi ali njihovim umanjkanjem, kar izhaja iz ugotavljanja odstopanja med pričakovanim in dejanskim stanjem. To ugotavljanje je samodejno izvedljivo z nevronskimi mrežami (Kohonen, 1984, 1988; Peruš, 1997h).

PET (pozitronska emisijska tomografija) in MRI (magnetno-resonančno slikanje) sta glavni nevroznanstveni metodi za rekonstrukcijo slik notranjosti možganov, to je notranje slikanje. PET detektorji sprejemajo pozitrone, ki se sproščajo v tkivu. Z holografiji podobnimi izračuni korelacij med detektorji pozitronov, pri MRI pa podobno spinov (Schempp, 1997), se dobijo slike krvnih tokov in glukoze aktivnosti. V kri je bil namreč vnešen radioaktivni kisik, ki proizvaja pozitrone. Glukoza prek krvnega obtoka energijsko napaja celice, zato glukoza aktivnost označuje tudi aktivnost nevronov. Takšno slikanje prikazuje vidne razlike med možganskimi aktivnostmi v različnih fenomenalnih stanjih, npr. poslušanje glasbe, računanje, pogovor ali spominjanje na pogovor ipd. – ali so maksimalno aktivni različni predeli možganov ali pa so isti predeli prižgani do različne stopnje (Flanagan, 1992). Podobni primerjalni poskusi se izvajajo z elektro-nevrofiziološkimi metodami, to je snemanjem t. i. evociranih potencialov (Pirtošek, 1996). Tako lahko sledimo stopnji pozornosti subjekta ali začetku neke namenske oziroma voljne dejavnosti, denimo motorične akcije.

V (Alkire idr., 1996) poročajo o primerjavi zavestnega in nezavednega (verbalnega) spomina s PET (pozitronska emisijska tomografija). Izkazalo se je, da se področja, ki so omogočila subjektu, da ima boljši priklic spomina, če je zavesten, v veliki večini primerov pokrivajo s področji, ki subjektu omogočajo boljši priklic iz podzavesti. Razlika nastopi v mediodorsalnem talamusu. Njegova korelativna aktivnost utegne biti odločilna pri ozaveščanju. Splošno je znano, da je talamus glavni vir aktivacije za skoraj celotno možgansko skorjo (Newman, 1997, I) in da razporeja spominske vzorce po skorji. Posebna vloga talamusa naj bi bila še pri zaznavi centralne bolečine, orientiranju, koordinaciji senzomotoričnih multimodalnih programov, selektivni pozornosti in vezavi posameznih zaznav v enotno doživetje (Newman, 1997, I).

Intencionalno zavestno mišljenje je verjetno povezano z najmlajšim – frontalnim delom skorje. Posebno sposobnosti načrtovanja, opazovanja, prerazporejanja in drugih izvedbenih funkcij naj bi izvirali v frontalni skorji (Kelly & Jacobi po Stussu & Bensonu; idr.). Zaznava bolečine je posredovana z intralaminarnimi jedri in njihovimi projekcijami v parietalno in prefrontalno skorjo (Newman, 1997, I). Okvara na levi možganski polobli zmanjša kontekstualno in spominsko globino zavestne analize, poškodba desne hemisfere pa omeji polje zavesti (Kinsbourne v: Marcel & Bisiach, 1988).

Turner (TucsonII, 1996) na osnovi eksperimentalnih študij meni, da ni dobro (vsaj ne strogo) ločevati delov možganov, ki so odgovorni za zavest, oziroma kjer je težišče zavesti (navadno frontalni) od tistih, ki niso odgovorni za zavest oziroma kjer ni težišča. Udeleženosť pri zavesti se sicer nekako stopnjuje od primarnih k terciarnim in višjim integrativnim predelom možganske skorje (korteksa), predvsem frontalne. Koch (TucsonII, 1996) postavlja ekstrastriatni vizualni korteks (V2, V3 itd.) pred primarnim – striatnim (V1).

### 9.3. PRISPEVEK IZKUŠENJ Z NEVROLOŠKIMI MOTNJAMI K ŠTUDIJEV ZAVESTI

Zavest zdravega človeka je izrazito celostna, integrirana, enovita in hkrati mnogoplastna, s tem pa dokaj neanalizabilna. Zdi se sicer, da zavest ni popolnoma enotna oziroma je enotna le v končni "izdelavi" oziroma "v envelopi (ovojnici)", kot bi se izrazil fizik. Zavest je tudi sestavljena – ima notranjo virtualno strukturo. Vendar se šele v primeru nevroloških motenj izrazijo njene komponente oziroma virtualne "plasti", ki nam lahko pomagajo pri raziskavah. Primeri takšnih motenj so: slepovidnost, motnje pozornosti in prepoznavanja, amnezija (pozabljanje) in nezavedanje motenj (Young & de Haan v: Davies & Humphreys, 1993).

Pacienti z razklopljenimi možgani ("split-brain"), pri katerih je bila izvedeno komisurotomija (prerez corpus callosuma, veznika leve in desne možganske poloble), imajo dve zavesti oziroma jaza. Enotna zavest je pri komisurotomiji razpadla na dve neodvisni zavesti. Možni so podobni primeri z bolj duševnim izvorom, denimo pri ljudeh z mnogimi izmenjujočimi se osebnostmi. Čeprav večina pacientov poseduje jezik le v levi polobli, nekaj pacientov z razklopljenimi možgani premore jezik v obeh pololah. Pri pacientih z dvodelnimi možgani ni znatnih poslabšanj kognitivnih funkcij zaradi razklopitve (Gazzaniga v: Marcel & Bisiach, 1988).

Za raziskave zavesti je najpomembnejši nevrološki pojav t. i. SLEPOVIDNOST ("blindsight"). Ljudje z motnjo

primarne vidne skorje ne vidijo zavestno, temveč podzavestno. Pravijo, da ničesar ne vidijo, vendar če jih pozovejo, naj ugibajo, kaj je v okolju, ugamejo prav. Pacienti lahko dajo ustrezne odzive, potem ko se vztrajno trdijo, da nič ne vidijo, in ko so bili takorekoč izzvani oziroma mladodane prisiljeni, da vseeno poskusijo.

Weiskrantz ugotavlja, da so odzivi pacientov z razklopljenimi možgani na vidne dražljaje projicirane v desno možgansko poloblo, ki je bila kirurško odklopljena od jezikovnih središč v levi polobli, drugačni kot pri slepovidnih pacientih. Hkrati slepovidni pacient ne zmore NAMENOMA doseči predmeta, ker se ga ne zaveda. To kaže, da slepovidnosti ni mogoče razložiti le z izgubo ali motnjo jezikovnega sporočanja ali dostopa do ustreznih možganskih središč, temveč gre za umanjkanje zavesti, denimo intencionalne (Weiskrantz v: Marcel & Bisiach, 1988; idr.).

Pri nekaterih pacientih po nevrokirurškem posegu ostanejo polja sleposti. Za preizkus polja sleposti vprašajo pacienta, ali vidi dražljaje z različnih predelov vidnega polja. Izkáže se, da v velikih predelih vidnega polja ne zazna dražljajev, drugod pa normalno zaznava. Če mu recimo prikazujejo dva predmeta, v levem in desnem vidnem polprostoru, enega (na moteni strani) vidno ne zaznava. Za sliki normalne hiše in goreče hiše pravi, da sta enaki, vendar se ob pozivu, naj izbere tisto, v kateri bi raje živel, redno odloča za normalno.

Prozopagnozija označuje motnjo zavesti pri razpoznavanju, denimo nezmožnost zavestnega razpoznavanja obrazov pacientu znanih ljudi, vključno z lastnim. Natančnejše raziskave (Young & de Haan v: Davies & Humphreys, 1993, str. 64) kažejo, da ne gre za motnjo mehanizma razpoznavanja, temveč za izgubo zavesti o razpoznanem. Zaključki teh raziskav so podobni tistim za slepovidnost: če pacienta, ki trdi, da ne razpozna obraza, pripravite do tega, da "ugiba", navadno zadene prav.

Tudi AMNEZIJA ni navadno pozabljanje, temveč je izraz "spomina brez zavesti" – pacient ni zmožen ZAVESTNEGA priklica spomina (čeprav je sam priklic načeloma možen). Pacientovi odzivi so lahko pod vplivom prejšnjih izkušenj, ki pa se jih ne more (zavestno) spomniti. Denimo, amnezična pacientka se ne spomni srečanja z zdravnikom, ko je imel buciko v roki, vendar se ne želi drugič več rokovati z njim (Kelley & Jacobi v: Davies & Humphreys, 1993). Amnezični pacienti ne morejo voditi organiziranega življenja, saj ne premorejo epizodnega oziroma avtobiografskega spomina in s tem tudi ne osebne identitete (Marcel v: Marcel & Bisiach, 1988, po Baddeleyu & Wilsonu).

Najbolj nenavadni so primeri pacientov, ki se niti ne zavedajo svojih motenj, npr. lastne slepote (o njih poročajo McGlynn, Schachter, Raney, Nielsen idr.). Anozognozija je ime za zanikanje (ki seveda ni le verbalno) lastnih zavestno-zaznavnih pomanjkljivosti. Takšni pacienti se vedejo, kot da npr. sploh niso slepi. Denimo, po letu slepote je neka pacientka dramatično ugotovila, da je ("šele sedaj") izgubila vid.

Ob motnji vidne asociativne skorje nastopi barvna agnozija, pri kateri pacienti svoj zaznavni svet opisujejo kot "črnobel, siv, izbrisan, umazan" (Newman, 1997, po Bauer & Rubens). Nekateri pacienti dobro pišejo, svoje pisave pa ne znajo brati.

Pri nevroloških motnjah vidne zavesti, kaže, ni neke globalne spremembe zavesti. Izguba zavesti je navadno zelo specifična, selektivna in delna, torej omejena na majhen del zaznavanja (npr. le na razpoznavanje znanih obrazov) (Young & de Haan v: Davies & Humphreys, 1993).

Omenjene nevrološke raziskave kažejo na implicitno modularnost informacijsko-procesualne ravni zavesti, ki navrže posledice tudi v eksplicitno, enotno, fenomenalno zavest. Zavest je torej v globalnem, "na envelopi" ali v eksplicitnem enotna, "simetrična", zvezna in stabilna, v lokalnem, "pod envelopo (ovojnico)" ali v implicitnem (v ozadju) pa je sestavljena, mnogoplastna in ima "zlomljeno simetrijo" – razpade na procesualne module, ki so lahko selektivno v okvari.

Tudi v meditativno-mističnih izkušnjah je sobivanje eksplicitne globalne enotnosti oziroma uniformnosti ter implicitne sestavljenosti zavesti zelo razvidna (Peruš, 1995a). Menim, da če morda teorija nevronske mreže tega sobivanja ne more razložiti, lahko to prav gotovo zmore kvantna teorija s svojimi superponiranimi in interferirajočimi kvantnimi "vzorci". (Spet, prisotnost ali neprisotnost določenih kvalij ostaja problem.)

Pretekle izkušnje vplivajo na zaznavanje in interpretacijo kasnejših dogodkov tudi, ko subjekt ne priklie (ali ne more priklicati) ustrezne spominske izkušnje (Kelley & Jacobi v: Davies & Humphreys, 1993). Obstajajo podmene o ločenih sistemih za (eksplicitni) zaznavni priklic in za (implicitno) podzavestno upoštevanje preteklih izkušenj. Prvi naj bi bil sposoben reprezentirati kontekstualne in temporalne informacije za zavestno spominjanje, drugi pa ne. Vendar menim, da za to niso potrebne nevroanatomsko ločeni sistemi, marveč lahko takšno diferenciacijo udejani mreža formalnih nevronov na virtualni ravni.

V kontekstu obravnave medsebojnega vplivanja zavesti in nezavednega omenimo še subliminalna sporočila, ki prejeta pod pragom zavesti vplivajo na zavestne odločitve (kupca idr.). To nekateri imenujejo predzavest ali obzavest. Zavest torej izhaja iz relativno enotne "mreže" nezavednih ali podzavednih (po Freudu) spominov oziroma le-te kombinira z aktualnimi fenomenalnimi dražljaji.

Po Stoerigovi (TucsonII, 1996) je na osnovi študijev motenj pri pacientih treba priznati tri ravni vidne zavesti: fenomenalna reprezentacija ali slika, aperceptivni kategorizacijski procesi, spominska komponenta in kontekst. Tem ravnem namreč ustrezajo tri skupine pacientov, ki jim je kakšna od ravni motena, ostale pa ne. Naj dodam, da sodobna nevropsihologija loči kratkoročni in dolgoročni spomin, slednjega pa deli na DEKLARATIVNI ali EKSPLICITNI SPOMIN (sporočljive, ubesedljive vsebine) in NEDEKLARATIVNI ali IMPLICITNI (soroden termin: PROCEDURALNI) SPOMIN. Prvi obsega dejstva in opise dogodkov, drugi pa večšine, navade, klasično pogojevanje, subliminalno učenje ipd.

## 10. SPLOŠNO O NARAVI ZAVESTI

### 10.1. STOPNJE ZAVESTI

V tem poglavju bomo nadgradili dosedanjo sinergetsko obravnavo SISTEMSKO-PROCESUALNEGA OZADJA zavesti z nekaterimi značilnostmi, ki smo jih doslej morali zanemarjati. Naravo zavesti bomo sedaj končno predstavili "z vseh zornih kotov", vključno s fenomenalnim vidikom.

Zavest je zelo celostna, mnogotera in mnogoplastna pojavna prvina. Njen "spekter" zajema razne ravni, ki jih bomo sedaj postopoma pregledali. Vse opredelitve so neizbežno zelo ohlapne in prehajajo druga v drugo, imajo pa pogosto tudi zanimive izjeme in posebne primere klinične ali celo ezoterične narave.

1. FUNDAMENTALNA PRIMITIVNA PRAZAVEST ali ZAVESTNOST izhaja iz osnovnih informacijsko-fizikalnih procesov. Kot aktivna informacija (Bohm, 1980) se pojavlja že na ravni t. i. kvantnega vakuuma oziroma pred-prostora-časa, morda pa prežema tudi svet kvantnih delcev in njihovih struktur (Ule, 1995).

Ne smemo pozabiti, da lahko govorimo na tej ravni o neki prazavesti, ki se povsem razlikuje od običajne človeške zavesti, le zato, ker pravzaprav ves fizikalni svet, kot ga poznamo, doživljamo skozi filter naših možganov in zavesti. Možno je, da obstaja nek višjedimenzionalen svet neodvisno od nas, vendar mi o njem kot takem ne vemo nič. O našem pojavnem svetu vemo le to, kar nam ponujajo naši možgani in zavest. Ti pa vse "zunanje" informacije temeljito predelajo po svoje in s tem se zgodba zelo zapleta. Zato za zdaj le ugotovimo, da tudi fizikalnega pojavnega sveta ni brez zavesti, ne le obratno.

Menim, da je prazavest najprej neintencionalna – ne nanaša se na predmete zavesti.

2. ZAVEST O NEČEM (intencionalna zavest) je evolucijskega izvora in se pojavlja šele pri človeku ter najverjetneje tudi pri (nekaterih) višjih sesalcih. Mogoče je prisotna še pri drugih živalskih vrstah – zavisi od opredelitve, kaj sploh je zavest. Intencionalna, za nas običajna oblika zavesti se razvije, če je makroskopski organizem samostojen glede na okolje, vendar je v interakciji z njim. Zavest o nečem je lastna posamezni osebi kot okvir njegovih duševnih procesov in neposrednega okolja, delno pa prerašča tudi v okvire KOLEKTIVNE zavesti človeštva z nanašanjem na arhetipe (globoke kolektivne vzorce človeštva ali njegovih delov). Intencionalna zavest se tiče zaznavanja in razpoznavanja vzorcev, pozornosti in spomina.

Posebna primera intencionalne zavesti sta BUDNO stanje zavesti in SANJANJE (ki je pogosto arhetipsko pogojeno). Spanje brez sanj ter prosto sanjarjenje pa sta neintencionalne narave, čeprav zanju veljajo vsi pravkar navedeni pogoji.

NEZAVEDNO je na meji med prazavestjo in intencionalno zavestjo, pa tudi kolektivno (ne)zavedno verjetno potrebuje osnovne informacijsko-fizikalne "medije" onstran individualne duševnosti in možganov (tako kot prazavest). Ločiti je treba še PODZAVEDNO (Freud) in PREDZAVEDNO (pod pragom zavesti). Dogajanje med spanjem in samodejno vedenje (npr. vožnja) sta seveda na meji tega, kar imenujemo zavest.

3. SAMOZAVEDANJE je zavest o samem sebi (Jazu), o lastni zavesti (Deikman, 1996). To je vsakdanja zavest v ožjem smislu, sposobnost prepoznavanja v zrcalu, vednost o lastni duševni in telesni dejavnosti. Človeška vrsta jo poseduje v običajni obliki po nekaterih raziskavah šele zadnjih nekaj tisočletij. Prej naj bi ljudje imeli same sebe za "marionete bogov, demonov, sil naravnega in nadnaravnega izvora", brez lastne volje in zavedanja sebe kot odločujočega dejavnika v tem neznanem mitičnem okolju.
4. VSEOBSEGAJOČA ZAVEST, pogosto imenovana TRANSCENDENTALNA ali KOZMIČNA zavest, zaobjema vse individualne zavesti in je torej kolektivna duhovna nadgradnja z individualnim izhodiščem. (Tukaj moram poudariti, da izraz transcendentalna zavest ni mišljena v Kantovem smislu kot pogoj možnosti zavesti). Najprej posamezna zavest prestopi svoje meje in preide v skupno, neomejeno in neskončno "informacijsko in doživljajsko (fenomenološko) polje". Zavest postane neintencionalna, nenavezana na predmete zavesti, torej ČISTA ZAVEST SAMA NA SEBI. Namesto zunanjih predmetov zavesti najprej vskočijo notranji "predmeti" zavesti: doživljamo lastne duševne, pravzaprav skorajda celo nevrnske in morebiti kvantne procese. Nato pride do "doživljanja" popolne enotnosti subjekta (zavesti) in objekta (zavedanega). Tukaj gre za informacijsko poenotenje, ne fizikalno, čeprav so fizikalni in informacijski procesi soodvisni. Mistik ali meditant z nepojmljivo jasnostjo občuti celovito poenotenje lastnega duha in "zunanjega" sveta, ki postajata zanj eno in isto. Njegovo telo je bržkone nespremenjeno, svet prav tako, na virtualni informacijski ravni (v zavesti) pa se meje zabrišejo.

Vseobsegajoča (kozmična) zavest je skrajni primer procesa dvigovanja ravni zavesti. Transcendenci (preseganju konkretnega sveta) predhodi običajno dolga plejada spremenjenih stanj zavesti (Clark, 1983), ki so mistična še v smislu skrivnostnega, nerazumnega, nenavadnega. Transcendentalno mistično stanje zavesti pa je osvetljeno z neizmerno jasnostjo in občutkom popolnega splošnega razumevanja vsega obstoječega, pri čemer ostanejo vse konkretne informacije v ozadju. Vsak "del" zrcali celoto, celota pa je zastopana v slehernem "delu": vse v enem, eno v vsem.

Ker gre pri tem za veliko koherenco (zelo poenostavljeno povedano: veliko sovpadanje, ujemanje, vzporednost) nevrnskih, znotrajceličnih in (sub)kvantnih procesov, je transcendentalna zavest v tesni zvezi s fundamentalno prazavestjo. Prav zato so v spremenjenih stanjih zavesti možni razni parapsihološki pojavi. Za (sub)kvantno raven je namreč značilna celovitost in nedeljivost, ki je karakteristična tudi za

neintencionalno in predvsem kozmično zavest. (Sub)kvantni svet (kvantni vakuum ali "hologibanje") je skupno vseobsegajoče procesualno izhodišče vsega obstoječega, materije in zavesti (Peruš, 1997d).

Za vzpostavitev transcendentne zavesti pa je v nasprotju s fundamentalno prazavestjo vendarle potreben človeški duh, ki interagira s fundamentalno prazavestjo. Torej gre pri evoluciji vseobsegajoče oziroma t. i. kozmične zavesti nemara za zaokroženje dolge zanke od neintencionalne prazavesti prek intencionalne zavesti (ki je zapolnjena z miselnimi procesi), do transcendentne (ki preseže misli) in naposled do kozmične zavesti, ki pa se znova sklopi z izhodiščnimi informacijsko-fizikalnimi procesi in je mnogoravenjska ter hkrati enotna. (Zdi se mi, da se bomo morali s takšnimi superpozicijskimi paradoksi sprijazniti kot z nekakšno posplošeno kvantno stvarnostjo. Svet obstaja, ker je paradoksen.)

Na drugi strani spektra zavesti se intencionalna zavest vse bolj konkretizira oziroma veže na PREDMETE ZAVESTI. Nazadnje ostane le še predmet zavesti sam – predmet, ki se ga zavedamo. Na zavest samo pozabimo, tako kot je storila redukcioniistična znanost.

Redukcioniistična znanost je vendarle zelo natančno proučila fiziološko in sistemsko ozadje zavesti. Procesi pomnjenja, razpoznavanja vzorcev, povezovanja v razrede in idejne celote idr. so večje razloženi z modeli nevronskih mrež. Ti kompleksni sistemi živčnih celic in njihovih povezav (sinaps) tvorijo skupnosti, iz katerih izraščajo nadmaterialne oziroma virtualne strukture (atraktorji) na podoben način kot ljudje tvorijo organizacije in države. Teh virtualnih organizacij v obeh primerih ni mogoče razlagati brez upoštevanja medsebojnih odnosov med posamezniki, odnosi pa kakovostno presegajo materijo posameznikov. Če nevrone in sinapse primerjamo z letališči in letali, potem duševnim procesom ustreza primerjava z letalskim prevozom potnikov (informacij), ki je šele bistvo procesa.

Nabor možnih stanj, prepreden z atraktorji, je za nevronske mreže to, kar je za žogico pri golfu zemljišče igrišča, posejano z luknjami. Žogica (v primerjavi nevronske mreže) se zakotali v najbližjo luknjo (vzorec-atraktor), ker je tam najbolj stabilna. Nevronski vzorci-atraktorji pa zastopajo mentalne reprezentacije.

Nevronske mreže in kvantni sistemi so si glede skupinske systemske dinamike, ki je odločilna za obdelavo informacij, v sorodu. Vendar je za ozaveščanje miselnih procesov, ki jih udejanja nevronska mreža, verjetno potreben tudi poseben proces zlivanja kvantnih delcev in procesov v nedeljive celote (koherentna stanja oziroma tako imenovane Bose-Einsteinove kondenzate) (Peruš, 1997c).

Kako iz teh informacijsko-biofizikalnih systemskih procesov izhaja zavest sama oziroma kvalitete zavestnega doživljanja, ni znano. Natančneje povedano, ne znamo razložiti, zakaj svet doživljamo tako kot ga: zakaj doživljamo rdečo barvo tako kot jo, zeleno tako kot jo, neko melodijo tako kot jo. Le iz lastnega izkustva vemo, kako je imeti (svojo) zavest. Znanost pa nam še ne zna povedati, kako je imeti zavest sočloveka, kako doživlja sočlovek, kako je biti on. Na primer, zdravnik s pomočjo znanstvenih merilnih metod ne more zanesljivo ugotoviti, ali bolnik res čuti to, kar pravi, da čuti. Nekateri bolniki trdijo, da so dvignili roko na poziv, čeprav vsi vidijo, da je niso. Nekateri ljudje trdijo, da "vidijo auro"; a kako se lahko ostali prepričajo v to? Podobnih zapletenih primerov je veliko.

S pomočjo znanosti približno vemo, kako možgani pripravijo neko občutje; iz lastnih izkušenj vemo, kako je občutiti; ne vemo pa (analitično), kaj je občutje in zakaj je takšno, kot je. Narava kakovosti zavestnega doživljanja je končno postavljena kot pereče odprto vprašanje tudi zunaj filozofije (TucsonII, 1996).

## 10.2. ZNAČILNOSTI ZAVESTI

Zavest je s stališča sinergetskega modela dinamičen informacijski proces, ki je celostna nadgradnja množice posameznih zaznavnih in miselnih procesov. Zavest jih povezuje v enovito doživljajsko sintezo. V zavesti pride do samonanašanja višjih miselnih vzorcev (Rosenthal v: Davies & Humphreys, 1993), npr. Jaza kot skupka vsega, kar se tiče našega individualnega izhodišča. Zavest ni le zavedanje sveta, temveč tudi samozavedanje (Gennaro, 1995). Tako rekurzivnost (samonanašanje) izvajajo kompleksni sistemi, ni pa še znano, kako se v tej kibernetiki pojavijo tudi interpretacija in doživljajske kakovosti (Peruš, 1994b). Te predstavljajo povsem novo celino, odprto je tudi vprašanje volje in determinizma.

Zdi se, da zavest izhaja iz dinamike mnogoravenjskega kompleksnega sistema kot virtualna nadgradnja, organizacijska celota systemskega procesa. Če se razvije nek kompleksni sistem, v istem hipu nastopi tudi zametek zavesti – fundamentalna prazavest. Vsaka skupina elementov sistema oblikuje stanje, ki je nekaj več kot elementi sami. To je začetek rojstva duševnosti in zavesti, ki se prične HKRATI, ko se pojavijo osnovni elementi (delci, materija). Potem se razvoj stopnjuje in zavest pridobiva določene fenomenalne kakovosti, ki sledijo iz določenih zunanjih in notranjih interakcij kompleksnega sistema. Zavest postaja bolj konkretna, vezana na predmetom ustrezne vzorce-atraktorje, torej intencionalna: Izmed množice implicitno zastopanih vzorcev se v nekih okoliščinah izbere oziroma priključijo en sam – tisti, ki najbolj ustreza trenutnemu stanju v okolju organizma.

Vendar mi zavestno doživljamo, ne da bi čutili večplastnih nižjeležečih systemskih procesov v možganih. Čutimo nekaj, kar ni nujno mnogotero in ni nujno zelo dinamično – je enotno, mirno, stabilno, jasno doživljanje nečesa, navadno celo zunanega. Kako se ta čudoviti trik zgodi, ne ve nihče. Tudi če odgovorimo, da je to pač celostni rezultat vseh možganskih procesov, še ne razložimo, zakaj ima lahko tako konkretno doživljajsko vsebino: občutenje barv, bivanja, bolečine, sreče...

Po današnjih hipotezah je zavest najmanj mnogonivojska koprodukcija nevronskih, kvantnih in virtualnih

(atraktorskih) procesov v medsebojni interakciji in interakciji z okoljem. Verjetno pa bo treba upoštevati še marsikaj novega, saj se zavest tiče vsega. Včasih se nam zdi, da vemo tako rekoč vse, z malo drugačnega zornega kota pa, da ne vemo nič, da se je vse izmuznilo. Če znanost raziskuje zavest, pravzaprav sledi le ključnim stvarjem, ne pa vsem njenim razsežnostim, ki segajo tudi na kozmološko raven (Penrose, 1989, 1994; TucsonII, 1996; Pavšič, 1981, 1991, 1994). Zavest bo torej večer splošen problem, čeprav je kljub temu moč pričakovati, da bo vzpodbudil mnogo zelo konkretnih in koristnih odkritij.

Da je zavest, vzemimo samo zavest vidnega zaznavanja, izrazito celostna in hkrati mnogotera, uvidimo z naslednjim razmišljanjem: V naših očeh se zbirajo fotoni ("delci" elektromagnetnega valovanja) z vsega obzorja v dometu gledanja. Nešteto fotonov se odbija od vsake v nepregledni množici točk v območju gledanja. V možganih se elektromagnetno valovanje razpozna kot svetloba. Ker je modulirano (nosi motnje – informacije, ki jo jih vtisnili zunanji predmeti), se v tej svetlobi pojavijo tudi barvni predmeti. Slika je zvezna in enotna. Kako, od kod?

Preprosteje bi lahko rekli, da se zavest ne dogaja le v možganih, temveč tudi v svetlobi in zraku, saj prenašata informacijo o predmetih, ki nas obkrožajo. Naposled pa ni (intencionalne) zavesti brez predmeta, ki se ga zavemo. Naša zavestna slika torej vsebuje procese v možganih, v svetlobi (vidno), zraku (slušno) in njihovih kemičnih primeseh (vonj) ter v zunanjih predmetih samih oziroma na njih. Zavest vse združi v eno. Še enkrat postavimo nerodni vprašanje: kako, kje?

Lahko bi poskušali reči, da imamo "koherentno enotnost fotonsko-fenomenološkega polja": interakcijske preplete mrež zunanjih fotonov in mrež notranjih nevronov ter kvantnih delcev, zaobjete v enotno zaznavo. Zakaj takšno poimenovanje? Ker doživljamo predmete točno tam, kjer naj bi zares bili, čeprav jih tam obletavajo le fotoni; zaznava pa ne nastane tam, temveč v možganih. Namen te besedne igre je vzbuditi vtis, kako zapleten in celosten je proces zaznave, kako neotipljivo prepleten, pa niti zavesti še nismo nikjer upoštevali.

Najprej se pojavlja vprašanje, kako se slika zunanjega predmeta, ki se doživi v možganih, smiselno projicira nazaj v prostor in daje vtis, da je predmet tam zunaj. Kakšno vlogo imajo pri tem mreže (med predmeti in nevroni izmenjanih) fotonov? In kje je sama vidna zaznava oziroma doživetje – "procesualno razpeta nekje čez fotonsko-fenomenološko koherenco", merjeno na strani z nevronske mreže? Da bi se izognili tej pojmovni zmešnjavi, mnogi znanstveniki rečejo kar: "Svetloba je elektromagnetno valovanje, ki pada na oči in prinaša informacijo o predmetih". Pravzaprav pa je elektromagnetno valovanje eno, informacija, zakodirana v njem, drugo, svetloba pa je tretje – je zavestna zaznava elektromagnetnega valovanja kot posledica interakcije tega valovanja z možgani. Videnje predmetov je posledica interakcije moduliranega elektromagnetnega valovanja (takega z zakodiranimi informacijami o predmetih) z nevronske mreže in zavestjo (karkoli že to je). Celotni izdelek tega širokega procesa pa je nekakšno nazaj v prostor razprostrto "fenomenološko polje" (ne le informacijsko, temveč začuda tudi doživljajsko).

Namen tega "težko prebavljivega" zapisa je bil pokazati, kako nič ni jasno, ko večina že misli, da je vse jasno. Še nekaj: Svetloba (zaznava elektromagnetnega valovanja) je eden od "medijev" za zavest. Ali je torej zavest tudi tam zunaj, kjer je svetloba? Ali pa je "svetloba" tudi znotraj? Nekateri bojda zares zagledajo notranjo svetlobo. "Luč" ji pravijo, gledajo pa s "tretjim očesom". Podobne težave so s t. i. izventelesnimi izkustvi ("out-of-body experiences"), pa tudi lucidnimi sanjami, halucinacijami idr. Za slednje ljudje pravijo, da prihajajo od zunaj, možganska dejavnost pa kaže vzorec, ki je značilen tudi za domišljijo.

Vendar položaj ni tako brezupen, da znanosti s svežimi pristopi ne bi uspeli koraki naprej. Schempp in Marcer (1997) menita, da doživljamo predmete kot umeščene nekje zunaj (čeprav nam doživetje pridelajo možgani) zato, ker možgani s fazno konjugacijo projicirajo možgansko virtualno sliko nazaj v prostor. Fazna konjugacija je kvantno-nevrohologrfski (Schempp, 1995, 1996, 1997) proces projiciranja nazaj v čas (in s tem tudi v prostoru). Tako po tej teoriji na prefinjen kvanten način sovpadajo tile procesi: prenos informacije o zunanjem predmetu v možgane, potem ko so svetlobni žarki "kvantno-elektromagnetno otipali" predmet, zaznava in tvorba virtualne slike v možganih ter projekcija te slike v čas in prostoru nazaj na mesto predmeta samega, tako da se slika in original spet ujmeta v istem času in prostoru. Čeprav se zdi, da se ta proces odvije v nekem redosledu, je hkrati tipično kvantno enovito zaokrožen. Fotonska in nevronska mehanika nista dovolj, potrebna je tudi kvantna celota v ozadju. Kako bi sicer celovito doživeli sliko predmeta "na mestu samem"?

Hkrati ne smemo pozabiti, da doživljamo enovito sliko, ne pa žarkov in mehanskih izmenjav nevronskih signalov. Ti so torej le nosilci težišča informacije, ki zastopa širšo procesualno osnovo in celoto. Zavest združuje vse: vzporedno-razprostrto procesualno osnovo (ki presega prostor-čas) in izbrane informacijske tokove znotraj nje (ki so umeščeni v konkreten prostor in čas); naposled pa slednje staplja nazaj v celoto – prav to stapljanje doživimo kot akt zavedanja predmeta ali stanja, ki je zlomil začetno simetrijo in izbral oziroma sprožil omenjene informacijske tokove. Procesualna samozaokroženost zavesti, ki sproža tudi informacijsko dinamiko kot svojo vsebino in začasno ustvari razmerje del-celota, je vsekakor poglobitvena značilnost in neotipljiva skrivnost zavesti. Zelo spominja na kvantne procese, vendar jih presega. Verjetno zavest izhaja iz kvantnega sveta in ga, ko je enkrat vzpostavljena, hkrati "od zgoraj navzdol" (s pomočjo živčevja, ki je klasično-fizikalni sistem) soustvarja in soorganizira – nekako v smislu primera kokoši in jajca ali primera električnega in magnetnega polja.

Vprašanje zavesti je navadno povezano z naštetimi spremljajočimi lastnostmi: SUBJEKTIVNOST, ČUSTVA in ZAVESTNA OBČUTJA, MORALNO PRESOJANJE in odločanje, SVOBODNA VOLJA oziroma izbira, namen, motivacija, JAZ in slika samega sebe oziroma SAMOIDENTITETA, SEBSTVO (Musek, 1993a, b). Najbolj pereči vprašanji sta SAMOZAVEDANJE kot zavest v ožjem smislu in zavestna KVALITATIVNA DOŽIVETJA (npr. Hubbard, 1996). Nenazadnje je razvoj zavesti tudi globalni kolektivni evolucijski proces.

### 10.3. NELOČLJIVOST ZAVESTI IN NARAVE

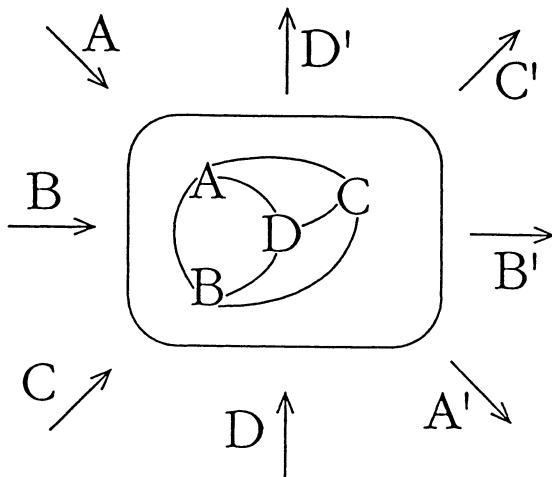
Naravo razumem kot neskončno-dimenzionalen skupek neskončnih možnosti za ustvarjanje pojavnih oblik. V globini, ki jo proučuje kvantna fizika, je neverjetno prožna in prilagodljiva (Bohm, 1980; Kafatos & Nadeau, 1990). Narava lahko vsemu sledi; v nekem smislu lahko "izpolni vse želje", le da je za to potrebno vložiti različne količine energije, pogosto pač za nas nedosegljivo velike. Kvantna informatika celo tukaj nudi bližnjico.

V NAJVEČJI GLOBINI NARAVA NIMA MEJA IN ZAKONOV v taki obliki, kot jih "ima na površini". Povedano nekoliko futuristično: tam, pri svojih izvorih, Narava do neke mere celo dovoljuje, da ji mi "predlagamo" zakone. Pri tem imamo še neslutene možnosti in s tem veliko odgovornosti.

Globalno torej ni nobene stalne točke, lokalno pa jih lahko ustvarjamo. Narava to dopušča, vendar na škodo okolja, zato je potrebna previdnost in večja umerjenost kot doslej.

S primerno interakcijo s (sub)kvantnim "vakuuumom" ali "hologibanjem" se lahko načeloma poveča verjetnost za določene kvantne dogodke ali se vanj kodira in dekodira informacije (TucsonII, 1996). Vendar je to (še) zelo zelo malo verjetno oziroma izvedljivo navadno zgolj nenadzorovano in neobvladano.

Univerzum, in človekove možgane ter duševnost kot njegovo mini-repliko oziroma model, v globini sestavlja nabor oziroma "vase zlita" MREŽA VSEH MOŽNOSTI – nekakšen HOLOGRAM. (Matematični modeli hologramov in kompleksnih sistemov ali mrež so si zelo podobni: Bohm, 1980; Kohonen, 1984.) Iz te vase zaokrožene dinamične mnogoterosti se selektivno udejanjajo posamezne možnosti kot posledica interakcije del-celota (slika 24). Ta interakcija se ponavlja na mnogih ravneh oziroma velikostnih skalah: Celota je lahko Univerzum oziroma univerzalna Zavest, del pa človek oziroma njegovi možgani ali individualna zavest; lahko so celota celi možgani in njihovo globalno informacijsko stanje, del pa posamezni vzorci-atraktorji, ki predstavljajo posamezne informacije. Pri interakciji del-celota se vedno iz celote izluščijo tisti vidiki, ki najbolj ustrezajo delu, pri tem pa nastajajo nove kakovosti.



**Slika 24. Zelo grob shematski model ozaveščanja kot priklic vzorca (dela) iz holograma (celote), implicitnega nosilca korelacij mnogih možnosti.**

Vhod A sproži priklic A' iz mreže neudejanjenih možnosti.

A denimo zastopa informacijo, A' pa dejansko stanje ali celostnejšo sliko tega stanja. Drugič sta vlogi A in A' lahko zamenjani...

Vprašanje ustvarjalnosti se glasi: kako lahko iz A izide nek nov a+.

"Vakuuum", ta homogeni Nič-Vse (dejansko nič, potencialno vse) (Hiley, 1991), je hkrati nekoreliran (ker v "ničju" ni mogoče definirati razlik med elementi in odnosov med njimi) in neskončno koreliran (ker je vse sebi enako). Univerzum v popolnem ravnovesju ("vakuuumu"), torej brez interakcije iz neravnovesne nadgradnje (sveta delcev ipd.), z našega stališča deluje kot vseobsegajoča popolnost, zgoščena množica neudejanjenih možnosti in medsebojna vsebovanost v Enem (Hiley & Peat, 1987).

Globoko vprašanje je, kako lahko to nediferencirano Eno in svet ločenih delov sobivata in interagirata. Vendar sobivanje prav gotovo je. Najverjetneje je prav mistično stanje zavesti primer takšne interakcije, rezultat interakcije človek-Celota pa je Duh. Človek s svojim aktom spoznavanja prevede fizikalne procese v informacijske.

Človek in njegova intencionalna zavest sta sicer rezultat dolgotrajne evolucije, vendar ne smemo pozabiti, da se VES POJAVNI SVET "KOPLJE" V ČLOVEKOVI ZAVESTI. Svet fizikalnih pojavov, kot ga poznamo, je le tisti in takšen svet, kot nam ga predočijo naši možganski oziroma duševni procesi. Najverjetneje sicer obstaja nek neskončno-dimenzionalen svet-sam-na-sebi (svet, ki obstaja neodvisno od nas), vendar to ni tisti svet, ki ga vidimo. Vidimo le njegovo zelo poenostavljeno projekcijo v možgane, ki nam jo predstavi naša zavest. O objektivnem svetu v pravem smislu ne vemo nič in ne moremo vedeti nič zanesljivega, kar je trdil že Kant (1963). Naučili smo se razumeti njegovo senco (Platonova prisposoba o votlini) – svet fizikalnih in drugih pojavov. Ker pa je sama senca (pojav, tudi fizikalni) koprodukcija naše zavesti s svetom samim na sebi, je (so)ustvarjanje trajno tekoč proces in daje delno legitimnost celo idealizmu. Drugi del legitimnosti pa ostaja fizikalističnemu naravoslovju, ki uspešno preučuje pojave "brez" zavesti, čeprav bi moralo preučevati svet sam na sebi (edini zares objektivni svet), pa ga seveda ne more.

Pri tem se lahko vprašamo, ali niso prav transcendentalna mistična izkustva še najbolj neposredno empirično spoznanje, ki najbolj verno odraža nekakšen svet sam na sebi, to je svet brez posredništva umetnih (subjektivnih) kategorizacijskih procesov človekove duševnosti?

Tok intencionalne zavesti je ustrezen sekvenčnemu (zapovrstnemu) doživljanju v času, neintencionalna



zavest pa lahko presega prostor-čas in razkrije implicitno "hkratno" vseprisotnost vseh prostorov-časov. V tem kontekstu je moč razumeti teze o "večnosti" in "nesmrtnosti" – torej onstran konkretnosti in prostora-časa, v svetu (sub)kvantne informatike prej kot (sub)kvantne fizike (v kolikor sta sploh kaj neodvisni) – ko gre za primer sestavljene kombinacije Nemanifestiranih oziroma implicitno manifestiranih prostorsko-časovnih dogajanj, ki si ga zato nikakor ne smemo predstavljati v običajnem smislu.

Gledano globalno, v smislu prostorsko-časovne nelokalnosti (sub)kvantnega sveta, ki je v (še ne povsem razčiščenih) zvezi z zavestjo, uvidimo naslednje: S svojim življenjem pustimo "večno sled" v vesoljnem prostorsko-časovnem kontinuumu. Drugače povedano, naša prisotnost je bila v njem "zapisana" že vseskozi (Steinberg v: Pylkkänen & Pylkkö, 1995).

## 10.4. UVOD V BIOFIZIKALNO OZADJE ZAVESTI: NEVRONSKE, ZNOTRAJCELIČNE IN KVANTNE MREŽE

Izhodišče modeliranja možganskih procesov so nevrnske mreže. Zapleteno delovanje pravih (bioloških) nevrnskih mrež si predočimo s poenostavljenimi modeli, ki so že sami izredno kompleksni. Denimo, da imamo ogromno množico nevronov (živčnih celic), ki so povezani s sinapsami. Zanimarimo anatomijo nevronov in se posvetimo njihovi "sociologiji", torej skupinskemu delovanju, ki je najbolj odgovorno za procesiranje informacij.

Nevroni prejmejo signale iz okolja, nato pa si v mreži sami med seboj tako dolgo izmenjujejo signale, dokler ne najdejo skupnega ravnovesja. Na določen dražljaj iz okolja se nevrnska mreža tako odzove z oblikovanjem določenega vzorca aktivnosti nevronov, ki pomeni stanje njihove optimalne usklajenosti. Tako stanje je relativno stabilno in predstavlja minimum energije, zato je "privlačno" za druge možne konfiguracije: ima vlogo t. i. ATRAKTORJA (Amit, 1989).

Vzorec nevrnskih aktivnosti je posebno stanje biomaterije, obenem pa ima glede na druga možna stanja (kontekst) takšen ali drugačen pomen v dinamiki celotne mreže. Vzorec-atraktor ima torej dvojno vlogo: kot vzorec ima konkretno informacijsko vsebino, zakodirano v materialnem "mediju"; kot atraktor pa ima hkrati pomen glede na razmerja do drugih konfiguracij oziroma vzorcev. Ti medsebojni odnosi med vzorci-atraktorji določajo čisto novo razsežnost, ki jo imenujemo VIRTUALNO (navidezno) ali IMPLICITNO (notranje, skrito). Fiziološki procesi se postopoma "prelivajo" v informacijske oziroma celo duševne, ko se vzpenjamo po hierarhiji virtualnih atraktorskih struktur. Seveda bi dokončno lahko govorili o duševnosti šele, ko bi razložili zavest, ki navadno spremlja preoblikovanja teh atraktorskih struktur. Ker pa to še ni rešeno, se moramo zaenkrat zadovoljiti z razpravljanjem o kognitivnih procesih.

Uravnoteženje nevrnske mreže (kot specifičen odziv na zunanjo motnjo oziroma dražljaj) s tvorbo določenega nevrnskega vzorcaatraktorja je vselej pospremljeno z obilno mrežo interakcij in ob tem usklajevanju med nevroni. V tem procesu so skriti: razpoznavanje vzorca, pomnjenje vzorca v sistemu sinaptičnih vezi (spominu), zgoščevanje informacij, izluščanje pomembnega, novega, podobnega od ozadja, tvorba razredov (klasifikacija dražljajev po skupnih značilnostih) idr.

Ko so vzorci shranjeni, lahko določenega prikličemo, pri čemer ta vzorec preide iz sistema sinaptičnih vezi (spomina) v sistem nevronov ("v zavest"). V spominu pravzaprav vzorci niso shranjeni v celoti, temveč so v posameznih sinapsah zakodirane le korelacije med vzorci. Ko v konkretnih okoliščinah vstopi nov vzorec, se poveže s shranjenimi korelacijami med starimi vzorci. Kot rezultat nastane nov notranji vzorec, ki je kompromis med starim znanjem (pričakovani) in aktualnimi podatki o dejanskem stanju.

Kaže, da se podobna zgodba ponavlja tudi na bolj mikroskopski ravni – znotraj nevrona. Dendriška mreža, prepleti nevrnskih dendriških vlaken (Pribram, 1991, 1993; MacLennan, 1990, 1991, 1992) in še finejša mikrotubularna mreža (Hameroff, 1994), ki je sestavljena skupaj s pripadajočimi beljakovinami, tvorita znotrajcelični informacijski sistem. To precej bolj prožno in spreminjajoče se omrežje je hkrati posrednik med nevrnsko in kvantno ravni. Še subtilnejše kvantne procese, ki so za zavest verjetno najpomembnejši, ojači, potem ko je bilo izbrano najprimernejše kvantno stanje, to je najpodobnejše tekočim okoliščinam. To pomeni, da denimo vzorec iz okolja (dražljaj) prek nevrnske mreže sproži, da se izlušči informacijsko ustrezni kvantni "vzorec" iz nediferenciranega ozadja – kvantne celote.

Priklic vzorca poteka v kvantnih sistemih podobno kot v nevrnskih mrežah samih (Peruš, 1996b, 1997a). V kvantnem primeru govorimo o "kolapsu" valovne funkcije, ki opisuje kvantno stanje. V prisposobi je kolaps podoben prevzemu oblasti ene stranke po volitvah. Ob volitvah (interakcijah med nevroni oziroma delci) se oddajo glasovi strankarskim programom (implicitnim – še neudejanjenim vzorcem). Tisti iz nabora možnosti, ki dobi največ podpore, zmaga in se udejani (vzpostavljen vzorec); ostali čakajo na novo priložnost (podzavest, spomin). Zmagujoči program narekuje vzpostavitev ustrezne oblasti v vsej deželi (eksplikacija vzorca iz ozadja na raven celotne mreže) in nadzor vseh dejavnosti (zavestni oziroma voljni nadzor ter uravnavanje dejavnosti v skladu z vzorcem, ki je predmet zavesti).

Zdi se, da se na ravni nevrnske mreže izvajajo informacijski procesi bolj dodelano, dobro opredeljeno, togo, natančno. Na virtualni ravni se celo izoblikujejo posebna notranja pravila, ki jih poznamo kot logična. Na tej osnovi so zgrajeni razumski miselni procesi (McClelland idr., 1986).

Spoznavni procesi se ne držijo pravil, če pozabimo na tista spoznanja, ki so dobljena na osnovi sklepanja. Težišče spoznavnih procesov je verjetno v nevrnski mreži, če gledamo njihovo kognitivno vsebino. Če pa se vprašamo po njihovem intuitivnem ozadju, moramo iti verjetno globlje – na raven znotrajceličnih mrež. Če

je spoznavni proces ozaveščen, pri čemer so vključene mnoge različne velikostne ravni od opazovanega predmeta prek nevronske vzorcev-atraktorjev in njihovih znotrajceličnih mikrovzorcev, so verjetno neizbežni kvantni procesi. Ti tvorijo celosten informacijski okvir, znotraj katerega se dogaja vse (pri zavedanju), in od koder se prično sestavljati višje kognitivne strukture (nevronske in atraktorske), če vplivi okolja to sprožijo. Le za kvantne "vzorke" je značilno, da se lahko zlijejo v nedeljivo enotno procesualno stanje, ki je morebiti bistvo zavestnega doživljanja. Doživljamo namreč vedno enovite in razmeroma stabilne slike (navadno jih celo imamo za zunanje), ne pa medsebojnih obstreljevanj nevronov s signali. Kvantna koherenca naj bi torej pripomogla k IZKUSTVENI ENOTNOSTI zavesti. To enovitost pri nevronske mrežah samih pogrešamo, in sicer tudi pri koherentnih (sočasnih) 40 Hz nihanjih njihovih nevronske domen, ki jih mnogi predlagajo za nevronske osnove zavesti (Hameroff idr., 1996).

Naj ponovimo, da so zavestni duševni procesi nujno mnogonivojski, četudi so si dogajanja na različnih ravneh načeloma zelo podobna. Govorimo o neke vrste "fraktalnih" izomorfizmih – o strukturah, ki so vsaj v grobem replike druga druge. Podobnost je v skupinski sistemski dinamiki, ki je bila zgoraj opisana. Osnovni elementi tega kolektivnega procesiranja informacij pa so različni (atraktorji, nevroni, znotrajcelične orientirane molekule, spini delcev, kvantne "točke" itd.) (Peruš, 1996d, 1997c).

Če imajo zaznave dveh čutov nekaj skupnega, bodo nihajni vzorci v ustreznih možganskih središčih prešli v usklajeni, sočasni način nihanja. Množice ustreznih nevronov, ki sestavljajo vzorec, bodo torej ob zaznavi skupne značilnosti zanihali sinhronizirano.

Na sliki 25 si oglejmo grobo shematiziran primer kodiranja slike, ki jo nariše pacient z možgansko okvaro. Njen namen je nakazati sestavljanje nevronske nihanja kot možganski odziv na sestavljene dražljaje. Bolnik se ne more osvoboditi vzorca-atraktorja, ki ga je vzbudilo prvo naročilo, in ga zato nezaželeno kombinira z vzorcem-atraktorjem, ki ga je sprožilo drugo naročilo.

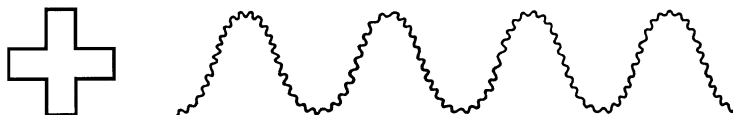
Upoštevalo znanje o mnogonivojski nihajni koherenci bi v grobem lahko v matematičnem jeziku dejali, da v nas vedno nastopajo nekakšni "fraktalni izomorfizmi".

“Narišite križ”



**Slika 25. Shema likovnega odziva pacienta na zdravnikovo naročilo in model ustreznega nevronskega nihanja v njegovih možganih – poenostavljen shematični prikaz zaznavnega kodiranja (iz: Lurija, 1982).**

“Narišite kvadrat”



## 10.5. MNOGONIVOJSKA KOHERENCA IN KVANTNA INFORMATIKA

Mnogoravenjska koherenca je odločilen pojav za razumevanje procesov v kompleksnih sistemih, ki so fiziološko ozadje zavesti.

To je zelo raznovrsten in mnogoter proces, vendar zelo pogost v mikroskopskih bioloških sistemih (Vitiello, 1992, 1996). Lahko si ga predočimo s poenostavljeno primerjavo:

V diskoteki se najprej vrti (gledano s strani: niha) zgoščanka, nato niha električno oziroma magnetno polje v CD napravi; to sproži nihanje okolnega zraka (zvok), ki se prenese na nihanje v ušesu, nato v nihanje aktivnosti nevronov najprej v zaznavnih, zatem v motoričnih delih možganov; naposled začne nihati vso telo in potem vsa družba. Vmes je še več stranskih nihajnih pojavov, ki smo jih zanemarili. Skratka, pri mnogonivojski koherenci gre za prenos nihajnega procesa, ki vsebuje neintencionalno informacijo, skozi celo vrsto zelo različnih sistemov oziroma ravni. Beseda koherenca pomeni, da nihaji sovpadajo: imajo enak "ritem" (frekvenco oziroma fazo) in lahko tudi enako relativno jakost (amplitudo). Torej, nihanja se pojavljajo v zelo različnih "medijih", vendar so sklopljena (povezana) in imajo nekaj skupnega. Ta skupna informacija, zakodirana v isti frekvenci, relativni amplitudi in stalni fazni razliki, se tako prenese čez ves sestavljen sistem.

Tako bi se lahko prenašala neintencionalna zavestna informacija, torej v nasprotju z intencionalno komunikacijo ne digitalno s signaliziranjem (ki je omejeno s svetlobno hitrostjo), temveč analogno s TAKOJSNO VZPOSTAVITVIJO NEOMEJENE (SUB)KVANTNE SISTEMSKJE CELOTE – NELOKALNE KVANTNE KOHERENCE.

Podobno naj bi se samoorganizirale ne le skupnosti nevronov (živčnih celic), temveč tudi drugih celic po telesu, na višji ravni pa, čisto nezavedno, skupine možganov živih bitij kot nekakšnih oddajnikov in sprejemnikov laserskega tipa.

Posebno poudarjam, da tukaj ne gre za prenos intencionalne (konkretne) informacije, temveč za "prenos" neintencionalne informacije (v Bohmovem smislu). To je zgolj "INFORMACIJA" O SKUPNEM RAVNOVESJU, KI VZBUJA USKLAJENO KOLEKTIVNO DINAMIKO delcev, molekul, celic itd. Usklajenost pa pomeni ravnovesje in umirjenost.

Ker omenjeni procesi delujejo, kot rečemo, informacijsko, velja naposled še natančneje opredeliti, kaj je informacija. Kvantno polje ni le fizikalno (delujoče s silami), temveč tudi virtualno oziroma informacijsko "polje". Virtualno pomeni navidezno, "neotipljivo", skrito, implicitno, notranje; je posledica celovitega delovanja sistema. Primer virtualne organizacije je država. Nikjer je ne vidimo (vidimo le ljudi, pokrajino, zastave), vendar je zelo pomembna, saj predstavlja koordinacijo množice ljudi. O njenem obstoju izvemo šele iz njenih materialnih posledic (mejni kamni, institucije), ki pa so le njeni zunanji znaki. V bistvu je država dogovor ljudi, stvar njihove kolektivne zavesti.

Razlika med fizičnim in informacijskim je razvidna iz naslednje prispevke: Denimo, da sedim v dvorani. Zaradi neke potrebe bi jo rad predčasno zapustil, vendar tega ne storim, da ne bi motil občinstva. V tistem trenutku me nihče ne drži za roko in mi ne preprečuje odhoda fizično. Preprosto delam tisto kot drugi (neintencionalno informacijsko "polje" ali virtualna informacijska "sila"). Ali ostajam, ker sem sprejel nek dogovor oziroma se zavedam, da bi sicer motil (zakodirana informacija), ali pa v tistem trenutku sosedi gledajo vame z izrazom "ne smeš" (intencionalno informacijsko "polje"), vendar mi odhoda ne bi fizično preprečevali. (Intencionalno pomeni uperjeno na nek predmet zavesti ali idejo, neintencionalno pa, da ni nobenega konkretnega predmeta zavesti, temveč le neka splošna informacija oziroma zavest sama na sebi – "čista zavest" – hkrati že zлита z nezavednim.)

V omenjenih primerih razberemo tri stopnje informacije, ki predstavljajo skrito, implicitno, notranjo "silo" ali možnost fizične sile, ne pa njene eksplicitne prisotnosti. Zavest je nadgradnja teh informacijskih "polj", ki se virtualno pojavljajo že na ravni elektronov ipd. – tudi elektron se ravna, kot da bi "vedel" vse o svoji okolici (Bohm & Hiley, 1993). Zaradi načela "vse v enem, eno v vsem" to sploh ni čudno. Informacija in materija oziroma materialna sila sta posebna primera druga druge, imata skupno obeležje (obe delujeta interakcijsko) in sta posebni izpeljanki skupne izvirne enotnosti. Tako se na (sub)kvantni ravni zabrisujejo razlike med materijo, energijo in informacijo oziroma neintencionalno prazavestjo oziroma zavestnostjo. Te entitete se lahko dinamično pretvarjajo med sabo in to se lahko poredko celo udejanja kot parapsihološki pojavi (TucsonII, 1996).

Ali so torej lahko možgani vmesnik, ki v posebnih primerih, kodira informacije v subkvantni svet ("vakuum" ali "hologibanje") in jih dekodira iz njega, podobno kot radio počne z elektromagnetnim poljem? Le "pravo frekvenco" bi bilo treba najti in vložiti nekaj energije. Tukaj govorimo o hipotetičnem "prenosu intencionalne informacije" onstran prostora in časa, kar bi lahko nudilo razlago za zunajčutno zaznavanje. Takšne, sicer redke, manifestacije nelokalnih kvantnih pojavov bojda potrjujejo mnogi poskusi in teorije, tudi po mnenju nobelovca fizike Briana Josephsona (Josephson & Pallikari-Viras, 1991; TucsonII, 1996).

## 10.6. ZAVEST KOT PRVINA IN GLOBALNA SINTEZA DUŠEVNIH PROCESOV

Domnevamo lahko, da zavest ni dejavnost, temveč pojavna prvina, notranje bistvo človeka (več avtorjev v: Davies & Humphreys, 1993 in Marcel & Bisiach, 1988). Ob komi oziroma nezavesti se stanje zavesti sicer lahko prekine, kot da bi se razklopila vez nevronske mreže s širšo kvantno celoto oziroma začasno zabrisala virtualna procesualna nadgradnja mreže. Vseeno pa se zavedanja ne učimo počasi, kot se učimo kognitivnih funkcij, temveč se zavedamo že tako rekoč od rojstva. Postopoma se vzpostavlja le zavedanje zavedanja kot nadgradnja, ki občutke šele otme pozabi in preseže njihovo zgolj bežno trenutnost (Oakley, 1985).

SAMUZAVEDANJE naj bi imelo izhodišče v samointerakciji možganskih mrež. Obstaja več teorij o naravi zavedanja lastne zavesti. Prva je duhovna teorija, po kateri je duh posebna substanca, ki preprosto vidi samo sebe (Popper & Eccles, 1976). Tudi kvantna teorija zavesti lahko trdi, da kvantna celota preprosto interagira sama s seboj, saj so že delci sami sposobni samointerakcije (Rosina, 1995; Silverman, 1993). Vsi klasični kompleksni sistemi, seveda tudi nevronske mreže, to prav tako zmorejo. V mreži namreč nevroni, ki sestavljajo taisti vzorec, interagirajo med seboj, zato vzide nekakšen samointeragirajoči vzorec-atraktor. Vendar pri tem ostaja vprašanje zlitja zaznav v zavestno enotnost – vprašanje, ki se morda reši šele pri kvantni celoti sveta (Hameroff idr., 1996).

Naslednja je teorija identitete, ki preprosto enači možganske in duševne procese, kot da so različni vidiki iste procesualne enote – rezultati zunanega pogleda (tretje osebe) ali notranjega pogleda (prve osebe) (Churchland & Sejnowski, 1992). Zadnja teorija je teorija kopiranja. Pravi, da se človek zaveda lastnega duha in njegove vsebine s časovnim zamikom. Neposredno zavedanje pusti spominski zapis, ki je malo zatem predmet zavedanja drugega reda. Kopije, ki imajo določeno trajnost, so torej z neopazno zamudo uporabljene v retrospektivi (Musek, 1993b; Bohinc, 1990, 1996).

Razen tega, da je zavest posebna prvina (neintencionalna zavest), ima hkrati vlogo sinteze vseh "nižjeležečih" možganskih in atraktorskih oziroma virtualnih procesov, ki jih doživljamo kot duševne procese – miselne, spoznavne, čustvene... Takšna intencionalna zavest je povezana z zaznavami, predstavami, pozornostjo, spominom, razpoznavanjem, razumevanjem, integracijo idej, kategorizacijo (razporejanjem v razrede) in abstrahiranjem (izluščanjem bistvenega), pravzaprav pa navadno tudi z vsemi drugimi duševnimi in vedenjskimi funkcijami (Trstenjak, 1974). Povedati je treba, da pri omenjenih funkcijah zavest ni vedno povsem nujna (kot npr. pri sanjavi, avtomatični vožnji tovornjakarja na dolge

proge) (Gennaro, 1995). Nasploh so kognitivne funkcije vselej na prehodu med zavednim in nezavednim. V globalnem smislu nam takšna razširjena zavest s pomočjo spomina omogoča izoblikovanje in popravljanje modelov okolja ter sveta, na osnovi tega pa tudi predvidevanje in ocenjevanje.

Na kognitivne funkcije gledamo na različnih ravneh. Tako lahko POZORNOST dojemamo kot zavestno pozornost, ki jo usmerja svobodna volja, ali kot nekaj, kar preskakuje samodejno oziroma pod vplivom pritegovanja iz okolja, ali celo čisto fiziološko kot budnost ali globalno možgansko vznburjenost, ki se včasih lokalizira oziroma osredotoči (Lurija, 1983). Šele vse ravni skupaj sestavijo naše usmerjeno zavedanje "zdaj" in "tukaj".

Izmed številnih možganskih procesov, ki po prevladujočih teorijah (Baars, 1997; Newmann, 1997) izvajajo nevrofiziološke priprave za ozaveščanje kognitivnih procesov, je najpogosteje omenjan razširjen retikularno-talamo-kortikalni sistem (ERTAS). Njegovi sestavljeni procesi združujejo vznburjenost oziroma čuječnost (retikularna formacija), vhodno-izhodne funkcije in razporejanje vzorcev po korteksu (talamus) ter kognitivne procese (korteks, to je možganska skorja). Težišče ozaveščanja kognitivnih procesov je verjetno v prefrontalnem asociativnem korteksu (Kinsbourne v: Nagel, 1993).

Na vprašanje zavesti se pogosto navezujejo tudi pojmi in problemi: bivanje oziroma bitje, (duhovna) energija, informacija; v širšem smislu vstopijo tudi problemi prostora-časa, reda oziroma entropije (nereda, nehomogenosti), sistemske dinamike, rekurzivnosti (samonanašanja) in kaosa, hierarhičnih struktur in opazovalnih skal, evolucije in transformacij (TucsonII, 1996).

Intencionalna zavest je verjetno tesno povezana s časom (Ule, 1997; Hameroff idr., 1996; TucsonII, 1996). Natančneje povedano, zaporedje duševnih vzorcev v toku zavesti sovpada z zaporedjem vzorcev sistemske dinamike. Zavest kolapsira sistem v določeno stanje in vrsti takšnih kolapsov sledi zaporedje vzorcev – ČAS oziroma tok zavesti v času (Hameroff & Penrose, 1996). Pravzaprav se čas in zaporedje kolapsov oziroma vzorcev zavesti pojavita hkrati ter sovpadata. Položaj je soroden problemu piščeta in jajca, kjer se vzročna procesa med seboj prepletata. Tudi pri problemu časa in toka zavesti vemo le, da ni našega občutka časa brez toka intencionalne zavesti in obratno. Hkrati pa je vsaj mistikom jasno tudi, da ni prostora-časa v transcendentalni neintencionalni zavesti: kjer ni konkretnosti oziroma nehomogenosti, tudi ni prostora-časa; vse je eno (Walsh & Vaughan, 1987). Intencionalna zavest prevaja mrežno paralelno-razporejeno procesiranje v linearno-zapovrstno (v tok doživljanja).

Vprašanje, zakaj čas teče v določeno smer, je povezano z dinamiko kompleksnega sistema in s stopnjo nehomogenosti (odstopanj od ravnotežja, razlik) oziroma nereda v njem, kar meri entropija. Vemo tudi, da je informacija zakodirana v nehomogenostih sistema, ki posredno postanejo predmeti neintencionalne zavesti. Tukaj se torej vsa največja vprašanja znanosti stikajo: vprašanja prostora-časa, sistemske dinamike, entropije, informacije, zavesti, kvantne gravitacije, ki naj bi sodelovala pri kolapsu (Penrose, 1989; Penrose, 1994). Omenjeni kolaps pa ni nič drugega kot prehod sistema od vseobsegajoče Celote v pred-prostoru-času k izbranemu delu – konkretnemu stanju ali prostorsko-časovnemu vzorcu. Prehod se že zgodi v pravkar soustvarjenem času in rezultat se izoblikuje v pravkar soustvarjenem prostoru. Kaj ali kdo izbere? Zavest (če ima pravo informacijo)? (Pylkkänen & Pylkkö, 1995)

Ta nerazločljiv prehod iz neintencionalne zavesti v intencionalno zavest, iz pred-prostora-časa v prostor-čas, iz Vsega-Niča v konkretno stanje imenujemo zlom simetrije. Za zavest je značilno, da to konkretno stanje ni le neko stanje, marveč je povezano s prvobitno celoto. Zato to konkretno stanje predstavlja informacijo (nehomogeni del) kot predmet zavesti (homogene celote). Ravno prepleti dogodkov v navezi stanje-zavest (torej, v navezi nekega konkretnega stanja, ki se ga zavedamo in zavesti same) sestavljajo bistvo mnogoplastnega vprašanja.

Problem je še veliko težji. Homogeno fundamentalno celoto smo tukaj imenovali kar zavest, a to deluje preveč idealistično. Fizično bi jo primerneje označili kot kvantni vakuum. Vendar ta vakuum ni nedejavna praznina, temveč je dejavna polna praznina – nabor vseh možnih neudejanjenih stanj (Hiley, 1991; Šipov, 1995). Zdi se, kot da se stanja iz tega nabora neskončnih možnosti udejanjajo kar sama ali pa se eksplicirajo zaradi interakcije z makroskopskim okoljem. Podobno je pri priklicu vzorca iz spomina (kot nabora možnosti) "v zavest". Kdo izbere vzorec? Zavest ali dražljaj iz okolja.

Potemtakem je zavest implicitno-vseobsegajoča informacijsko-procesualna celota (podobno kot je kvantni vakuum implicitno-vseobsegajoča fizikalna osnova), ki udejanja neke prostorsko-časovne vzorce ali stanja. Gledano malo drugače pa znotraj te celote stanja ustvarjajo drug drugega (vsi enega, eden vse) – soustvarjajo se iz prvobitne celote, ki jo fizika imenuje vakuum.

Na mikroskopski ravni resnično težko ločimo, kaj je živo, kaj je informacijsko, kaj je zavestno, in sicer med seboj in od njihovih nasprotij oziroma negacij. Pravzaprav je vse odvisno od opredelitve, ki jo sami postavimo.

Po Wheelerjevem t. i. poskusu zakasnele odločitve (Kafatos & Nadeau, 1990) se zdi, da z odločitvijo v sedanjosti (polprepustno zrcalo vstavimo fotonom napoto ali ne) lahko vplivamo na pretekla stanja oziroma na začetek potovanja fotonov v eksperimentalnem sistemu. T. i. EPR pojav kaže, da se vsi delci ne glede na oddaljenost vedejo kot "deli" iste celote (Bertlmann, 1990; Stapp, 1991; Silverman, 1993). Vsi delci so sklopljeni (interakcijsko soodvisni) iz prejšnjih, najzgodnejših zgodovinskih obdobj vesolja (Kafatos & Nadeau, 1990). Zaradi skupnega izvora utegnejo biti (zato) povezani neposredno oziroma vseskozi, saj v prostorsko-časovnem nelokalnem kontinuumu sedanjost ni ločena od preteklosti. Ali ni mreže takih povezav mogoče jemati, vsaj ko imajo hkrati informacijsko vlogo, (tudi) za (pra)zavest ali zavestnost? (Ule, 1995)

"Vse v enem, eno v vsem" postaja vse bolj trdna, eksperimentalno in teoretično podkrepljena ugotovitev. Tudi izvor zavesti lahko iščemo v tej Celoti, ne pa tudi njenih konkretnih manifestacij in vsebin. Izvor slednjih ostaja skrivnosten prav tako kot vir osnovnega zloma simetrije ("stvarjenja").

Deli kozmične mreže torej nekako kolapsirajo drug drugega. Sam mehanizem kolapsa (izoblikovanja vzorca iz neudejanjenega ozadja) je vsaj načeloma znan in spominja na priklic spomina iz nevronske mreže. Samozaokrožene interakcijske mreže nas privedejo sicer globoko, a nikoli do konca, saj ne moremo razumeti, kako lahko sobivajo z nedeljivo celoto, v katero oziroma s katero so zlite.

Pri zavestni duševni informaciji nikoli ne moremo zreducirati vsega na informacijo oziroma sistemsko kibernetiko samo, saj je informacija vedno korelirana s celotnim stanjem, ki ga zastopa. Obstaja torej dinamična koherenca oziroma sinhronizacija dela, ki ima vlogo informacije, s celoto (Kafatos & Nadeau, 1990).

Še vedno je aktualno vprašanje, ali višji organizmi zares premorejo nematerialnega duha in notranjo vitalnost (imenovano življenjska sila, elan vital) (I. Jerman, 1991). Menim, da brez te teleološke vsebine človeka ni ireducibilnega Jaza, smotrov, namenov, ciljev. Naslednji primeri naj oslikajo prisotnost nečesa skritega in še neznanega, ki je procesualno, mnogoplastno in hkrati celostno.

Hall poroča o ljudeh z mnogoterimi osebnostmi: Ko tak človek preklopi iz ene osebnosti v drugo, lahko temu sledijo tudi telesne funkcije in presnova – tako je bolnik diabetičen v prvi osebnosti, prenapet v drugi, v tretji pa je vse v redu. Nadalje se spomnimo, da navadno zlahka govorimo po telefonu z drugim človekom, z avtomatsko tajnico pa precej težje in netekoče. V tistem trenutku manjka nekaj, kar bi nam medčloveški stik celo na daljavo gotovo dal. To pa ni le kognitivna informacija, ki jo z zamudo prenese tudi avtomatska tajnica, temveč širši, "duhovnoenergetski naboj".

V tem stoletju eksperimentalnih znanosti smo zanemarili dejstvo, da premore tudi sam človeški organizem občutljive NOTRANJE MERILNE SISTEME, ki so precej bolj subtilni kot umetne merilne naprave in imajo bolj ali manj neposreden dostop do zavesti. Doslej sicer nismo mogli vedno enolično ugotoviti, kaj nam govorijo, vendar ne smemo izločati možnosti, da nekateri ljudje to intuitivno zmorejo.

## 11. TEORIJE O FIZIKALNIH OSNOVAH ZAVESTI

### 11.1. ZAVEST KOT IMPLICITNI, FRAKTALNI, EMERGENTNI PROCES Z NEVRO-KVANTNIM OZADJEM

V tem delu bodo podrobneje prikazane nekatere posebne fizikalne teorije, ki se uporabljajo kot naturalistična razlaga osnov zavesti, predvsem Bohmova in Penroseova. Ti dve teoriji bom tudi najpogosteje uporabljal v naslednjih poglavjih.

Virtualne strukture so prvi korak od bioloških nevronov in vzorcev proti višjim duševnim procesom in zavesti. Vendar se zavesti kot take še niso dotaknile, čeprav je zavest gotovo čisto impliciten proces. Zavest potrebuje dinamiko posebne vrste – rekurzivno in samovsebovalno.

Kompleksni sistemi delujejo na vseh svojih nivojih hkrati. Tudi zavest sama je proces na več ravneh. Lahko npr. govorimo o vseobsegajoči (transcendentalni) zavesti ali pa o osredotočeni zavesti. Slednja, vsakdanja intencionalna zavest, je dinamični gestalt zelo visokega reda s fenomenalno vsebino, ki lahko začasno izgine (npr. ob poškodbi človek zgubi zavest). Predvsem ta drugi primer kaže, da zavesti ne velja "iskati" (le) v nekem "onostranstvu", temveč prej v posebnih "fraktalnih procesih" vzdolž poti, ki so podobne tistim po t. i. Moebiusovem traku.

Kaj pa transcendentalna zavest sama na sebi? Ali je celo nekaj primarnega, fundamentalnega? Ali je nujno preiti pri iskanju "izvora" oziroma "nosilca" zavesti na nivo kvantne teorije polja ali zadoščajo že nevropsihološki procesi – seveda implicitni na visoko virtualnem nivoju? Ugotovili smo že, da svoj pravi pomen pri zavesti dobijo nevronske in (sub)kvantni procesi šele v vzajemni medigri.

Na nelinearne samointerakcije opozarjajo tudi v kvantni kromodinamiki (v gluonskem polju), češ da so morebiti odgovorne za samozavedanje (Hagelin, 1987, 1990). Samointerakcija naj bi povzročila dinamično reakcijo polja na svojo lastno prisotnost. Odprta ostaja natančna opredelitev, v kakšnem smislu bi se to dogajalo oziroma ali res gre za zvezo z zavestjo. Samointeraktivni spontani zlom simetrije naj bi tudi porušil prvotno globalno ravnovesje in homogenost ter sprožil procese tvorbe delcev, interakcij med njimi in vse kompleksnejših vezanih sistemov. Implicitni soobstoj (superpozicija) vseh možnih oblik se s tem sprevrže v eksplicitno realizacijo določenih oblik.

O takšnih procesih samih seveda lahko govorimo, ne moremo pa se prepričati, ali so dejansko povezani z zavestjo. Zdi se, da imajo raziskave sodobne fizike in poročila meditantov oziroma mistikov vse več skupnih oboležij. Nedvomno gre za nekakšno korelacijo, vendar kavzalnih in razlagalnih zaključkov ni mogoče dati (Capra, 1982). Tako bo problem zavesti verjetno še ostajal zavil v skrivnost, posebno glede kvalij (mistična stanja jih ne razjasnjujejo). Neintencionalna zavest je dostopna v neposredni sintetični izkušnji kot najvišja raven zavesti in korelat kvantni celovitosti; v nižjih stanjih zavesti pa zlom simetrije zabriše možnosti analitičnega zasledovanja narave fokusirane (intencionalne) zavesti. Večina meni, da v trenutku spoznavanja ali zavedanja ne moremo dojeti taisto spoznavanje ali zavedanje samo (nekakšno načelo nedoločenosti). To se lahko zgodi edinole ob popolnem poenotenju zavedanega in zavedajočega, ko izgine kakršnakoli razlika in avtonomnost enega ali drugega. To pa presega znanost kot logično in analitično intersubjektivno dejavnost. Je s tem tudi samozavedanje samo transcendirano? Tedaj bi dvosmerno veljalo: zavest oziroma zavedanje je samozavedanje. Zavest sama na sebi bi potemtakem nujno bila poenotena z vso energijo (materijo), implicitnim (možnim) in eksplicitnim (nujnim) v eno prasuščanco ali prazvor. Ta prasuščanca (ki ima mnogo različnih imen) bi razpadala v svoje posamezne projekcije, kot jih dojemamo mi (to spominja na Spinozo).

Vsekakor pa je običajna intencionalna zavest (zavest o nekem vzorcu) in lokalno, osebno samozavedanje nekaj, kar je ločeno od transcendentalne zavesti. Pri vsakdanjem samozavedanju človeka gre za sekundarno samozavedanje kot samonanašanje – kot rekurziven proces, ki nastopi kot posledica razpada kompleksnega sistema v spekter ločenih ravni. Temu pa bo, kot je bilo rečeno, najbrž treba slediti tudi v okviru teorije kaosa.

Pri analitičnem iskanju in poskusih fizikalističnega "modeliranja" zavesti smo šele na začetku, sploh pri kvalijah. Primerjava z introspekcijo je pri tem nujna, in sicer kot iskanje fizikalistično-informacijsko-fenomenoloških korelatov.

Bohmova kvantna teorija in sinergetske nevronske mreže si delijo skupno lastnost: eksplicitno realiziran sistem v obeh primerih nosi še vso nadgradnjo implicitno realiziranih struktur. Le namignimo, da v sinergetiki implicitne strukture organizira dejavnost t. i. parametrov urejenosti, v kvantni mehaniki pa to vlogo igrajo verjetnostni koeficienti za lastne funkcije.

Nevronske vzorce v matematičnem formalizmu dokaj ustrezajo kvantnim lastnim funkcijam. Razlika je v ravni oziroma v naravi osnovnega elementa sistema: V prvem primeru je to živčna celica (nevron), v drugem pa so to neki "delci" ali raje "točke" na subkvantnem nivoju (kot prikazuje Bohm). Vzorce kot konfiguracije stanj nevronov v mreži pa niso le eksplicitne tvorbe, marveč dobijo svoj pomen šele v odnosu do drugih konfiguracij. Šele dejstvo, da je nek vzorec bolj stabilen od drugega ali da je bolj podoben drugemu vzorcu kot tretjemu ipd., daje določenemu vzorcu določeno vlogo. Pomemben ni torej vzorec sam, temveč njegovo mesto v kontekstu drugih vzorcev in sistema kot celote. Nek vzorec lahko privlači mnoge druge konfiguracije, tako da se le-te vse bolj pretvarjajo vanj. Zato rečemo, da je tak vzorec atraktor systemske

dinamike in predstavlja minimum energije – stabilno stanje.

Pomembne torej niso realizacije vzorcev prek aktivnosti posameznih nevronov, ki tvorijo vzorec, temveč velikosti njihovih območij atrakcije in njihova stabilnost nasproti drugim vzorcem. Taki atraktorji, ki so že virtualne tvorbe, pa se potem asociativno povezujejo v implicitne hierarhične strukture. Vzorec ima torej dve manifestaciji: je konfiguracija materialnih nevronov in je atraktor ter stanje z minimalno energijo glede na druge možne konfiguracije. Prva manifestacija je eksplicitna, druga pa je implicitna oziroma virtualna. Navadno vzorci za razliko od običajnih konfiguracij predstavljajo neko vsebino (imajo nek pomen), saj so se le s stalnim potrjevanjem realnega okolja lahko stabilizirali. Vzorci so gestalti – kvalitativno nove strukture, ne le vsote osnovnih elementov. Njihov pomen ni zastopan v njihovi materialni realizaciji, temveč v njihovih medsebojnih (ko)relacijah in transformacijah (asociacijah). Pomen torej izvira iz nadmaterialne procesualne narave, saj je funkcija notranjih kontekstualnih odnosov vsega sistema. S tem je neodvisen od implementacije, kot (vsaj za ta primer) pravilno trdi funkcionalizem.

Bohm v kvantnem sistemu najde "urejene sekvence zavijajočih in razvijajočih se domen (struktur)". Delec namreč ni kompaktna gibajoča se struktura, temveč "vzorec", ki se vedno znova resonančno ustvarja v novih okoliščinah ("prostorsko premaknjen") kot implicitna lastnost celega sistema. V teoriji nevronske mreže pa govorimo o asociativnih verigah, katerih členi (vzorci) se sproti ustvarjajo s paralelno-distribuiranim procesom.

Podrobno smo že pregledali razlago mikrokognitivnih procesov na ravni nevronske mreže. Njihovo posplošitev od bioloških nevronov na druge možne formalne neutrone (tukaj kvantne) lahko opravimo z naslednjo grobo KORESPONDENČNO PREGLEDNICO, ki bo služila pri razumevanju naslednjih poglavij:

*A. Kodiranje objekta zavesti – tega, kar je "v zavesti":*

- nevronska raven: vzorec v SISTEMU NEVRONOV
- kvantna raven: lastna valovna funkcija, ustreza kvantnemu koherentnemu stanju (eksplicitni red po Bohmu)

*B. Spomin:*

- nevronska raven: vzorci v SISTEMU SINAPTIČNIH VEZI, zakodirani z medsebojnimi korelacijami
- kvantna raven: SUPERPOZICIJA oziroma INTERFERENCA lastnih valovnih funkcij (implikatni red po Bohmu)

Obe zgornji ravni spremlja prestrukturiranje atraktorjev – VIRTUALNE ravni.

*C. Učenje: proces SPREMINJANJA JAKOSTI SINAPTIČNIH VEZI pod vplivom novih dražljajev iz okolja*

*D. Razpoznavanje vzorca:* rekonstrukcija nevronskega vzorca-atraktorja v sistemu nevronov, ki jo sproži pojav ustreznega objekta v okolju (sistem pri tem najde energijski minimum)

*E. Razumevanje:* asociativna sinteza nevronske ali kvantne vzorcev-atraktorjev nižjega reda v gestaltni vzorec-atraktor (v kvalitativno novo enoto) na osnovi kontekstualnega vpliva – medsebojnega interagiranja (primerjanja) množice vzorcev

*F. Hierarhične strukture vzorcev:*

- sestavljanje vzorcev spremlja oblikovanje novih gestaltnih atraktorjev višjega reda (nevronske ali kvantne), ki so nereduktibilni
- frekvenčne sklopitve oscilirajočih formalnih nevronov
- mnogonivojske fraktalne strukture nevronske, kvantne in virtualne narave

*G. Prehodi spomin – zavest:*

- nevronska raven: priklic oziroma rekonstrukcija vzorca v sistemu nevronov (povod je navadno vpliv okolja na senzorne neutrone, ki prek sistema sinaps povzročijo specifično interakcijo med asociativnimi nevroni ter njihovo zasnovanje okolju specifičnega vzorca)
- kvantna raven: "kolaps valovne funkcije", prehod implikatni red – eksplicitni red

Sorodna fiziološka stanja so, kaže, podlaga NEZAVEDNEGA in PODZAVEDNEGA (drugi izraz je mišljen v Freudovem smislu, prvi pa v širšem). Vendar podzavednega in nezavednega ni mogoče jasno omejiti le na sistem sinaps ali na kvantno interferenco. Zanesljivo je le to, da podzavedni in nezavedni procesi ne presežejo praga, ki bi vodil k rekurziji in "budnemu" (zavestnemu) samonanašanju.

*H. Korespondenca matematično-fizikalnega formalizma:*

- nevronskega vzorca: konfiguracijski vektor
- kvantnega vzorca: valovna funkcija

(V obeh primerih posamezna komponenta ustreza aktivnosti posameznega nevrona v vzorcu – nevron je "kamenček v mozaiku", nevronskega vzorca je "mozaik", atraktor pa predstavlja kontekstualno razpoznano sliko.)

- nevronskega spomina: Hebbova korelacijska matrika (posamezni elementi matrike ustreza prepustnosti posamezne sinapse – ta kodira stopnjo korelacije med komponentama dveh vzorcev)

- kvantni spomin: matrika Greenovih funkcij – "korelacijska matrika" komponent kvantnih valovnih funkcij, ki opisuje interakcije
- priklic iz spomina v zavest: Dražljaj iz okolja opišemo s t. i. vhodnim vektorjem, ki se pomnoži s spominsko (Hebbovo korelacijsko oziroma Greenovo) matriko, da dobimo izhodni vektor – to je adaptirano novo nevronske / kvantno stanje, ki je superpozicija starega zapisa v sistemu sinaps / interakcij (to je izkušenj oziroma pričakovanj) in dejanskega stanja v okolju.

## 11.2. HOLOGRAFSKI MODELI SISTEMSKO-PROCESUALNEGA OZADJA ZAVESTI

Pokazali bomo, da imajo vsi holistični modeli biofizikalnega ozadja duha in zavesti skupna obeležja. Najvidnejši izmed takih modelov so: Bohmova teorija kvantnih implikacij (Bohm, 1980; Bohm & Hiley, 1993), Pribramova holonomska teorija možganov (Pribram, 1991), holografske teorije duševnosti in vesolja (Russel, 1987; Capra, 1982), Stappova interpretacija kvantne mehanike s S-matriko (Stapp, 1971), "bootstrap" teorija (Chew, 1971; Frauenfelder, 1979) in nenazadnje posplošitve asociativnih ter sinergetskih nevronske mreže (Haken, 1996; Kohonen, 1984; Hinton & Anderson, 1989). Osnovni matematični principi teh modelov so vselej: kolektivno sistemsko procesiranje (paralelno-distribuirano in sintetično), holizem (delovanje elementov sistema po načelu "vsi za enega, eden za vse") in nelokalna "holografska" zastopnost informacijske vsebine po načelu "vse v enem, eno v vsem". Modeli se razlikujejo po različnih težiščih svojih pristopov in po svojem izvoru: po nivoju obravnave (fizikalni, biološki, nevropsihološki) in po načinu modelske izvedbe (kvantno-fizikalna, optična, nefiziološka, računalniška, psihološka). Lastnosti različnih modelov se prepletajo in se rekonstruirajo na zelo različnih nivojih.

David Bohm v knjigi "Wholeness and Implicate Order" (Bohm, 1980) poljudno predstavlja svoj pogled na probleme duha in zavesti skozi kvantno teorijo. Vendar ne uporablja "klasičnega" pristopa kvantne mehanike, temveč jo dojema na ravni kompleksnega sistema, v pogojih zelo visokih energij in rekonstruirane simetrije. Posebej poudarja celostno soodvisnost. Za ponazoritev paralelno-distribuiranega procesa, ki zaznamuje kvantni "medij", uporablja analogijo s holografijo.

HOLOGRAFIJA je posebna vrsta tridimenzionalne fotografije, ki spominja na možgansko asociativno pomnjenje (Kohonen, 1984). Hologram je ploščica, ki jo osvetlimo z laserskim žarkom neposredno in posredno prek odboja od predmeta, ki ga fotografiramo. Intenziteta interferenčnega vzorca se na hologramu odraža v prepustnosti ploščice. Tako lahko v hologram zapišemo več vzorcev hkrati, tako da so v njem vzporedno-razpršeno shranjeni. S holograma lahko prikličemo določen vzorec, če hologram naknadno presvetimo z ustreznim svetlobnim vzorcem. Priklicana slika je tridimenzionalna in vidna z vseh možnih kotov. Tudi če hologram presvetimo le z delnim vzorcem, bo hologram rekonstruiral celotni vzorec, saj bo povzročil takšne jakosti in faze elektromagnetnega valovanja (svetlobe), kot bi jih povzročila prisotnost dejanskega predmeta. Le ostrina v podrobnostih bo malo manjša in prav tako tudi količina možnih zornih kotov. V vsaki točki holograma je implicitno zastopana celotna vsebina (vsi vzorci), hkrati pa je vsak vzorec zakodiran po vsem hologramu. Ti pojavi so v tesni analogiji s procesi v asociativni nevronske mreži. Matematičnofizikalni princip je malodane isti, izvedba pa je pri holografiji optična, pri nevronske mreži pa ustreza sistemu živčnih celic.

Bohm uvaja izraza EKSPlicitni (materialno realizirani oziroma manifestirani) red in IMPLICITNI (skriti, latentni, možni, vendar še nerealizirani) red. Poslužuje se tudi sorodnih izrazov: razviti red (angl. "unfolded order") in zaviti oziroma v nečem drugem zaobseženi red (angl. "enfolded order"). Dinamika kompleksnega sistema (nevronskega ali kvantno-mehanskega) se mu zdi kot širok in množičen proces zavijanja in razvijanja materialne in informacijske vsebine. Elementi sistema (nevroni ali točke oziroma delci) zbirajo informacije ali materijo oziroma energijo od drugih, potem pa spet razpošiljajo drugim (difundirajo). Do takega dožemanja nujno pridejo poleg sistemskih kvantnih fizikov tudi raziskovalci nevronske mreže (Peruš, 1995a, 13.2.).

Bohm izhaja pri raziskavi takega celostnega simetričnega procesa iz subkvantnega nivoja, denimo iz vakuumskih fluktuacij, katerih procesualne splete imenuje "hologibanje".

## 11.3. BOHMOV OPIS SUBKVANTNIH SISTEMOV

Predstavimo Bohmovo teorijo v njenem izvornem področju – kvantni fiziki in fiziki "osnovnih delcev". Mnogi kompleksni sistemi kažejo, da je nosilec informacij in (intrinzičnega, systemskega) pomena sistem kot celota na globalni ravni, ne na ločenih lokalnih mestih. Zdi se, da zavesti ni mogoče lokalizirati. Nekateri (Berkovich, 1993) menijo, da so možgani le sprejemnik-oddajnik oziroma "terminal", "računalnik (CPU)" pa je osnovno kvantno polje, na katerega so možgani oziroma duševnost priključeni. Osnovni medij omogoča kolektivno paralelno-distribuirano obdelavo informacij, ki je decentralizirana. Princip delovanja bi bil podoben kot pri notranji asociativni nevronske mreži v individualnih možganih, le da bi možgani igrali vlogo "nevronov" v kozmični mreži. V višjih stanjih zavesti naj bi bil vstop v kozmični "medij" mogoč, v nižjih pa bi bila zavest osredotočena na notranjo vsebino "terminala" samega. Jungovo kolektivno nezavedno bi bilo s tem tudi naravoslovno legalizirano (Insinna, 1992).

V tem kontekstu ne bi bili mnogi parapsihološki pojavi in mistika nič nekompatibilnega s fiziko. Šlo bi le za fiziko kompleksnih sistemov (sinergitiko, asociativne nevronske mreže in kvantno holografijo v posplošenem smislu), ne pa za današnjo fiziko individualnih delcev. Zato so Bohmove kvantne implikacije



pomembne za raziskave zavesti in duha.

Telegrafsko preglejmo nekaj osnovnih Bohmovih tez: Predlaga zamenjavo mere (razmerja (lat. "ratio"), kvantitete) s kontekstom (okolicišinami). Pomen tiči po njegovem mnenju v obstoju samem (veljalo bi dopolniti: kolikor obstoj nečesa mobilizira nek proces). Pomen, ki dobi svojo vlogo šele v nekem kontekstu (okolicišinah), organizira vse. Bistvo pomena je v tem, da vsebina postane kontekst in obratno. S tem se vsebina in kontekst izmenjujeta tako, da na različnih ravneh prehajata drug v drugega in se soustvarjata. Obstoj nečesa (npr. delca) v sebi torej kodira značilnosti vsega sistema, v pogojih zlomljene simetrije pa še posebej določene lastnosti (denimo vplivov prostorske okolice).

Če je zavest vsebina zavesti, potem je zavest pomen (pravi Bohm; mi dodajmo še: v kolikor vsebina sproži proces). Zdi se, da zgornji stavki ne opisujejo le filozofsko-psiholoških pojmov (zavest, pomen, vsebina), temveč predvsem tudi ustrezne sistemske fizikalne procese. Pravzaprav nam ni treba več ločevati med opisom procesov v nevronski mreži, med opisom kvantnega dogajanja na simetričnem nivoju in med opisi transpersonalne psihologije. Vprašanje je le, ali gre samo za analogijo med temi ravnmi ali celo kar za identičnost v nekem smislu. Torej: ali je zavest implicitno zastopana v kvantnem polju?

Različni delci so po Bohmu projekcije višje-dimenzionalne realnosti, ki je ni mogoče zreducirati na delce same in interakcije med njimi. To velja tudi za duševne vzorce. Bohm navaja primer: Človek na dveh zaslonih opazuje dogajanje, ki ga v sosednji sobi snemata z različnih zornih kotov dve kameri. Dogajanje na zaslonih je projekcija pravega dogajanja v nižjo dimenzijo. Človek lahko razbere neke korelacije med dogajanjima na obeh zaslonih, to pa še ni dovolj za določitev vzročne zveze med procesoma na enem in drugem zaslonu. Dogajanje v sosednji sobi je nekaj več – neka, celota, ki jo kameri le projicirata na ustrezne zaslone (podprostore). Ugotovitev nekakšne vzročne zveze med vsebinama zaslonov je manj verna predstavitev realnosti kot pa neposreden celovit opis samega dogajanja v sobi.

Celotni red je implicitno vsebovan v vsakem območju prostora in časa: Vsak del vsebuje vso strukturo, saj stanje dela zavisi od te strukture; in vsa vsebina je zaobsežena v vsakem delu. Ta dva Bohmova stavka veljata tudi za holograme in za simetrične asociativne nevronske mreže. Lahko pa se uporabita tudi za ugotovitev, da duh ni (le) v možganih, ampak je implicitno razprostrt nad vso materijo.

Vse te analogije vodijo Bohma do zaključka, da iz "morja neskončne energije" izhajajo štiri osnovne stvari: energija, materija, pomen in samozavedanje. Pomen povzroča kondenzacijo energije v neko regularno materialno (eksplicitno) obliko. Objektivno in subjektivno sta enakovredni in vzporedno komplementarno razvijajoči se kategoriji, ki pa imata skupni izvor v osnovnem polju oziroma vakuumu (po starem poimenovanju). Tako tudi obstoječe (eksplicitno) in obstoječe-kot-možnost (implicitno) bivata hkrati ter se izmenjujeta in drug drugega pogojujeta v realizaciji. Vendar je po Bohmu skupni izvor vsega praimplicitno, ki je le čista možnost, ki teži k realizaciji (podobno trdita Giordano Bruno in Nikolaj Kuzanski). Gre za multidimenzionalni implicitni red, imenovan "hologibanje" (po starem vakuumske fluktuacije). To, da je implicitno bolj fundamentalno kot eksplicitno zveni skoraj idealistično ali celo solipsistično. Ali lahko to prvotno simetrijo označimo kot čisto zavest? Mislim, da ne nujno. Lahko pa jo dojemamo kot Nič (v eksplicitni obliki) in Vse (v implicitnem) hkrati.

In spet – ali so Bohmove multidimenzionalne implicitne strukture atraktorji dinamike posplošenega sistema formalnih nevronov (t. i. "skritih spremenljivk"), ki virtualno izhajajo kot gestalti eksplicitnih struktur (vzorcev formalnih nevronov)? Implicitne mreže lahko delujejo tudi brez dobro definiranih osnovnih "nevronov", kot dokazuje holografija. Kar je odločilno, je interakcijska mreža – interferenčni vzorec (sistem formalnih vezi Hebbovega tipa ali sistem faznih razlik – hologram). Tukaj izhaja implicitno iz eksplicitnega, prej pa smo rekli obratno. Spet začaran krog, ki ga ne moremo razrešiti, vendar je to za kompleksne sisteme značilno in se moramo s tem sprijazniti (zaradi takih "paradoksov" svet sploh obstaja). Ali je zavest izraz te rekurzivne medsebojne imitacije?

Menim, da duhovno ne izhaja iz fizičnega in da fizično ne izhaja iz duhovnega, temveč sta oba izpeljanki ene osnovne realnosti. To notranje-dinamično enovito celoto v filozofiji navadno imenujejo Absolutno ali Eno.

## 11.4. BOHMOV EKSPERIMENTALNI IN TEORETSKO-MATEMATIČNI OKVIR

David Bohm je kljub svojemu disidentskem slovesu svetovno priznan kvantni fizik (Albert, 1994). Velja za enega redkih uglednih sodobnih fizikov, ki se je trudil vzpostavljati most tudi s humanističnimi znanostmi (v našem okolju ima to redko vlogo Ivan Supek, Heisenbergov učenec in nedavni predsednik Hrvaške Akademije znanosti in umetnosti) (Supek, 1995). V fizikalni javnosti je Bohm najprej zaslovel z objavo opisa Aharonov-Bohmovega efekta. V fizikalnem jeziku bi ta pojav opisali v kratkem takole: Imamo magnetno polje, vendar je omejeno na geometrijsko senco med dvema režama. Poskrbimo, da elektroni, ki jih pošljemo skozi ti dve reži, potujejo le v področju, kjer magnetnega polja ni. Tedaj se interferenčne črte na zaslonu premaknejo, premik pa je sorazmeren z magnetnim pretokom, ki so ga objele poti elektronov. Dobimo torej dodaten prispevek k fazi valovne funkcije. Ta pojav dokazuje, da je na fizikalno stanje (tukaj na elektrone) mogoče vplivati tudi takrat, ko nanj ne deluje neka zunanja sila. Nadaljne raziskave kažejo, da je posrednik očitno celovit osnovni "medij" – kvantno hologibanje. In če njegovo celovito prežetost "pokvarimo", efekt izgine (Hiley & Peat, 1987).

To je bil eksperimentalni primer, sedaj pa si pogledajmo še teorijo. Stanje fizikalnega sistema opišemo v kvantni mehaniki z valovno funkcijo, ki je sestavljena iz vrste neodvisnih "normalnih nihanj". Če pa ta

linearni primer razširimo v nelinearnost, tedaj valovnih funkcij ne moremo kar preprosto seštevati. Približek z vsoto neodvisnih normalnih nihanj sicer lahko ohranimo, vendar tako, da dodamo njihovo sklopitev: Normalna nihanja so potlej povezana z neko interakcijo in so tako soodvisna.

Valovna funkcija določa le statistično porazdelitev potencialnosti oziroma verjetnosti za določene možnosti, katerih udejanjenje je odvisno od trenutnih eksperimentalnih okoliščin. Valovna funkcija torej ne podaja opisa dejanskih lastnosti individualnega delca, procesa ali dogodka, temveč le verjetnosti za realizacijo teh lastnosti pri danih fizikalnih pogojih.

Bohm za valovno funkcijo uporabi nastavek, ki ga sestavljata amplituda in eksponentni člen s fazo (spremenljivka  $S$  deljena s Planckovo konstanto). Z njo rešuje Schrödingerjevo enačbo in pri tem dobi dve realni enačbi. Od teh je ena v bistvu klasična enačba gibanja, ki pa vsebuje tudi dodatni člen, v katerem nastopa potencial. Ta potencial je Bohm imenoval KVANTNI POTENCIAL, ki naj bi nosil celotne kvantne efekte (take, ki so funkcija sistema kot celote). Kvantni potencial v splošnem NE povzroča POJEMAJOČE INTERAKCIJE med delcema, ko se razdalja med delcema večja. To je drugače kot pri običajnih interakcijah med delci, npr. pri delovanju električnih ali gravitacijskih sil med nabitima oziroma masnima delcema, ko velikost sile pada s kvadratom razdalje med delcema. Ti zakoni so posledica zlomljene simetrije, saj nehomogenost polja (obstoj delcev) vodi do t. i. senčenja – medsebojnega oviranja delcev z npr. različnimi naboji. Vakuum se namreč polarizira in s tem nastajajo delci ter antidelci, ki so lokalne nehomogenosti; te pa razbijajo celovitost. Če pa se dvignemo z ravni posameznih delcev in njihovih interakcij na raven celotnega sistema vzide novo stanje, ki ga zastopa kvantni potencial.

Kvantni potencial ne more biti izražen kot determinirana funkcija vseh koordinat POSAMEZNIH DELCEV, temveč je odvisen od kvantnega stanja sistema kot CELOTE. Kvantni potencial predstavlja (poleg klasičnega potenciala) dodatno silo, ki deluje na delec, vendar ne pojema z razdaljo (Gould & Hiley, 1993). Dva sistema sta torej lahko v neposredni interakciji kljub veliki prostorski oddaljenosti. Prek kvantnega potenciala se deli organizirajo v skladu s celoto. V posebnih primerih pa se kvantni potencial celote zreducira na vsoto posameznih komponent: Celota se razstavi na množico neodvisnih konstitutivnih delov. Primere koordinirane oziroma korelativne dinamike sistema najdemo v SUPERPREVODNOSTI (električni tokovi brez upora), SUPERFLUIDNOSTI (tokovi tekočine brez viskoznosti) in raznih drugih pojavih kolektivnega stanja oziroma gibanja elektronov idr. Ni več difuzije in sipanja elektronov. Take daljnosežne korelacije razpadejo, ko večamo temperaturo oziroma šum.

## 11.5. BOHM-HILEYEVA ONTOLOŠKA INTERPRETACIJA KVANTNE TEORIJE

Basil J. Hiley je skupaj z Davidom Bohmom tvorec ontološke interpretacije kvantne teorije (Bohm & Hiley, 1993; glej tudi Hiley & Peruš, 1995). Začetki ontološke interpretacije, ki jih je postavil Bohm, sledeč idejam Louisa de Brogliea, segajo v petdeseta leta (Bohm, 1954). V knjigi "Undivided Universe" (1993) je Bohm s Hileyjevo pomočjo tik pred smrtjo povzel svoje življenjsko delo in združil ideje. Preglejmo jih po vrsti od osnovnih konceptov in opisov do sestavljenega pogleda na kvantno informatiko.

Delec se lahko smatra kot sekvenca prihajajočih in izhajajočih valov. Zelo poenostavljeno bi to lahko ponazorili s skupkom vodne pene, ki nastane na površini žuboreče vode in se ohranja, čeprav se voda neprestano izmenjuje. Kolektivni rezultat prispevkov takšnih vhodnih in izhodnih valov izide iz uravnovešenja težnje po razprostiranju ("unfolding") in težnje po zoženju ("enfolding") v bolj določeno obliko. Proces zožanja je v bistvu enak tistemu, ki ga povzroči "kolaps valovne funkcije". Valovna funkcija matematično opisuje stanje kvantnega sistema. "Kolaps valovne funkcije" je prehod kvantnega sistema od superpozicije mnogih tako imenovanih lastnih stanj ("mešanice" nekakšnih kvantnih vzorcev – stabilnih karakterističnih stanj) k eni sami izmed teh lastnih stanj. To transformacijo "mešanice" (matematično: linearne kombinacije) stanj v eno čisto stanje navadno sproži proces merjenja.

Delec torej nima kontinuiranega obstoja, marveč je rezultat stalnega procesa "zavijanja" ("enfolding") in "razvijanja" ("unfolding"), oblikovanja in razpadanja, ekspliciranja in impliciranja, vendar če ta dva mikroskopska procesa potekata uravnovešeno, lahko delec makroskopsko gledano ohrani svojo obliko neprekinjeno. Časovna koordinata v Bohm-Hileyevem, pa tudi Feynmanovem pristopu predstavlja stopnjo implikacije (glej tudi Bohm, 1987).

Valovna funkcija ne predstavlja realnosti, temveč niz potencialnosti, ki se lahko realizirajo v določenih eksperimentalnih okoliščinah. Merilni aparat pravzaprav pomaga "ustvariti" opazovane rezultate. Kvantno merjenje je posebna oblika prehoda oziroma transformacije, pri kateri dva sistema interagirata in izideta v KORELIRANEM stanju.

Pri sistemih mnogih delcev obstajajo tudi močne nelokalne interakcije: delci so lahko močno povezani tudi prek zelo velikih razdalj. Pravzaprav se "vpliv" prenese takoj. Ta pojav testirajo Bellove neenačbe: če jim ni zadoščeno, imamo opravka s takojšnjo nelokalno sklopitvijo (Bertlmann, 1990). Vendar je vprašanje, v katerem referenčnem (izhodiščnem) sistemu so nelokalne interakcije takojšnje, saj se taiste interakcije lahko v drugih sistemih izražajo kot vplivi naprej in nazaj v času, četudi še naprej na površini prostor-časa.

Nelokalne interakcije in neposredne sklopitve se lahko zgodijo ne le med zelo oddaljenimi točkami v prostorskem smislu, temveč celo časovnem. V zvezi s tem je tudi interpretacija Wheelerjevega poskusa: opazovanje v sedanosti lahko določa preteklost kvantnega sistema. Torej lahko, kaže, z načinom sedanjega opazovanja v kvantnem okviru vplivamo na preteklost (podrobni opis eksperimenta v: Kafatos & Nadeau, 1990).

Operator (to je matematična konstrukcija, ki opisuje transformacije), ki ustreza dobro definiranemu območju v določenem času, ustreza razprostiranju oziroma razvijanju tega območja v VSE DRUGE ČASE. Njihove zgodovine so zato v nekem smislu vedno prisotne v vseh časih. Vendar so v določenem času samo nekatere razvite oziroma udejanjene.

Že desetletja sta Bohm in Hiley opozarjala fizikalno skupnost, da skupaj s klasičnimi silami na delec deluje tudi dodatna kvantna sila. Ustreza kvantnemu potencialu, katerega vpliv ni odvisen od moči (jakosti), temveč od njegove OBLIKE. Delec spreminja samega sebe in se giblje pod vplivom lastne energije, ki jo določa oblika kvantnega valovnega paketa. Tudi faza (zamik med valovi – pomembna kvantna količina) ni odvisna od amplitude (jakosti) polja, ampak njegove oblike. Energija in gibalna količina "samopoganjajočega se" delca izvirata iz vakuumskih fluktuacij. Kvantne vakuumske fluktuacije so majhna slučajna oziroma statistična odstopanja od mirovnega stanja vakuuma. Če povemo po domače, gre za zelo hitre in kratkotrajne kvantne dogodke, ki se pojavijo "iz nič".

Klasični svet se od kvantnega razlikuje v tem, da postane kvantni potencial (potencial celote) na tej ravni zanemarljiv. Torej je prehod od kvantnega vedenja h klasičnemu postopen, brez natančne meje. Nižje od klasičnega nivoja se kvantna celota ne more razdeliti na analizo posameznih konstitutivnih delov. Tako je tudi kvantni potencial odvisen od "stanja" kvantnega sistema kot celote, ne da bi mogel biti določen z vsemi posamičnimi interakcijami med delci. Nelokalnost je posledica izključno delovanja kvantnega potenciala. Sile med delci so odvisne od valovne funkcije celotnega sistema.

Tudi superprevodnost (ni upornosti za električne tokove) in superfluidnost (ni viskoznosti za tokove) se pojavljata zaradi "skupnega informacijskega polja", prek katerega delci ustvarijo koherentno stanje oziroma usklajujejo svoje hitrosti na isto hitrost. Koherentna stanja so posebna kvantna stanja, kjer valovni paket niha kot enota. V interakcijah z drugimi sistemi se oscilator s koherentnim stanjem visoke povprečne energije vede kot klasični, dobro definiran objekt (Penrose, 1989).

Nadalje Bohm in Hiley (1993) uvedeta idejo aktivne informacije, ki pravi, da oblika, ki ima malo energije, lahko upravlja veliko večjo energijo. Aktivna informacija se loči od običajne Shannonove in ni odvisna od našega znanja ali neznanja, temveč je informacija, ki določa gibanje delca samega. Npr. pri poskusu z dvema režama delec lahko gre skozi eno ali skozi drugo režo, vendar je njegovo gibanje določeno z aktivno informacijo, ki prihaja od kvantnega polja, ki je šlo skozi obe reži.

Navedimo še nekaj idej Bohma in Hileya (1993):

Spin je osnovni pojem fizike, sploh fizike kompleksnih sistemov. Spin je kontekstualno pogojeno cirkulatorno gibanje "točkastega" delca, ki ima le eno notranjo (intrinzično) količino – svojo pozicijo. Delci (kot npr. elektron) lahko imajo hkrati dobro definirano pozicijo in gibalno količino, vendar ju le mi ne moremo hkrati dovolj natančno izmeriti (načelo nedoločenosti). Ta teza Bohma in Hileya postavlja v spor z ortodokсно kvantno teorijo.

Po Bohmu in Hileyu (1993) sta tako valovna funkcija kot tudi gostotna matrika nepopolna opisa kvantnega "stanja" (to so, bolje rečeno, procesi). Zato uvajata "beables", ki nastopajo ali kot točno definirane poti delcev ali kot natančno določena gibanja spremenljivk polja. "Beables" naj bi bile nadomestilo za opazljivke, saj so "realne bitnosti", ki niso odvisne od tega, ali so opazovane in ali se o njih kaj ve. (Opazljivke so fizikalne količine, ki se določajo z merjenjem in so s tem odvisne od procesa merjenja samega, njegovega načina in okoliščin.) Tukaj Bohm in Hiley ontologizirata svojo teorijo (rekel bi, da bržkone preuranjeno).

V bistvu na simetrični ravni ni razlike med kvantnimi polji in prostor-časom; dvojno opisujeta drug drugega. Prostor in čas izhajata iz fundamentalnejšega implikatnega reda oziroma PREDPROSTORA ("prespace") (tudi Bohm & Hiley, 1981).

Možna so naključna (stohastična) gibanja, ki so hitrejša od svetlobe, lahko celo veliko hitrejša, vendar ni možno pošiljati signalov (sporočil) s takšnimi naključnimi procesi. Na stohastični subkvantni in subrelativistični ravni običajni fizikalni zakoni namreč ne veljajo več.

Ves Univerzum je na nek način zaobjet v vsem posameznem in vsaka stvar je zaobjeta v celoti. Makroskopske stvari, ki so relativno neodvisne druga od druge, so navadno le zunanje povezane. Na kvantni ravni pa princip implikatnega zaobjemanja vzpostavlja notranje povezave s celoto oziroma v celoti, tako da je vsaka stvar notranje povezana z vsako drugo.

Kvantne procese bi lahko razumeli kot prepletanje procesov informacijskega zajemanja-razprostiranja (ali tudi zavijanja-razvijanja, orig. angl. "enfolding-unfolding"). Karkoli obdrži stalno obliko, se vzdržuje kot razprostiranje in stabilnega vzorca, ki je stalno obnavljan z zajemanjem in razkrojevan z razprostiranjem. Če se obnavljanje neha, oblika izgine.

Torej vse stvari, obstajajoče v implikatnem redu, izhajajo iz hologibanja in se vračajo vanj. Kvantna stanja obstajajo le nekaj časa in, dokler trajajo, je njihova eksistenca vzdrževana s stalnim procesom razvijanja in ponovnega zavijanja. To daje relativno stabilne, neodvisne, samodeterminirane in samoorganizirane oblike v eksplikatnem redu. Tukaj ponovno razložimo, da je hologibanje izraz, ki ga Bohm in Hiley predlagata namesto zastarelega izraza vakuum. Vakuum oziroma hologibanje namreč ni nič, temveč je eksplicirani (onadva uvajata poseben izraz: eksplikatni) Nič, ki pa je hkrati implicirani (implikatni) oziroma potencialni Vse. V hologibanju nič dejansko ne obstaja, vendar iz njega lahko nastane vse, torej je to vse v njem že vseskozi prisotno kot možnost! Nabor vseh možnih stanj je tudi bistvo pojma implikatni red. Za razliko od le-tega eksplikatni red predstavlja eno uresničeno možnost.

Bohm in Hiley (1993) menita, da se kvantna teorija lahko razume brez vključitve zavesti oziroma brez posebne vloge opazovalca (vsaj v začetni stopnji). Kvantni svet in zavest imata nekaj skupnega – implikatni red.

Duševni procesi in zavest so v neposredni zvezi s fizikalnimi procesi, gledano globoko celo sovpadajo. Vsaka stvar ima "mentalni pol" in "fizikalni pol". Tako imajo tudi delci neko stopnjo mentalnih kvalitete, ki so matematično predstavljene s kvantnim potencialom.

Nekateri zatrjujejo, da zavest ni fizikalna lastnost, temveč lastnost duševnosti, ki je nekaj povsem drugega. Namreč, materija zadošča kvantnemu superpozicijskemu principu, duševnost pa ne. Po tem je torej duševnost odgovorna za obstoj fenomenologije klasičnega sveta. Zavedanje klasičnega sveta je posledica tega, da se vsaka duševnost zaveda le majhnega dela celote. Klasični svet je torej iluzija, v kolikor se ta del izkazuje kot celota.

Bohm in Hiley (1993) zaključujeta, da se lahko neposredno zavedamo delčne narave univerzuma skozi svoje čute, in da o bolj subtilnem vidiku valovne funkcije lahko sklepamo z mišljenjem o naših zaznavnih izkušnjah v domeni tega, kar je manifestirano čutom. Po njunem mnenju stanje zavesti ni omejeno z načelom nedoločenosti, kar ocenjujeta kot veliko preseganje današnje fizike.

## 11.6. EVERETTOVA INTERPRETACIJA KVANTNE TEORIJE Z MNOGIMI VZPOREDNIMI UNIVERZUMI

Za fizikalistične teorije zavesti je pomembna tudi Everettova interpretacija mnogih svetov, ki je široko sprejeta med kozmologi (DeWitt & Graham, 1973; Davies & Brown, 1986). Opazovalce vključuje v teorijo kot povsem fizikalne sisteme. Everett predpostavi, da vsak del valovne funkcije ustreza določenemu stanju zavesti o vsebini opazovalčevega spomina. Pravi, da je v določenem smislu samo ena totalna zavest, ki pripada takemu opazovalcu, vendar je mnogo možnih vej, sestavljenih iz sekvenc parcialnih zavesti. Ena od teh vej predstavlja doživljanje posamezne osebe. Ostale veje ne predstavljajo le možna doživljanja, ki bi jih posamezna oseba lahko imela, temveč predstavljajo sekvence zaznav drugih oseb – podobnih, a vendar različnih od naše. Vendarle te osebe niso zavestne druga druge in tudi ne celote, čeprav so posebne veje univerzalne zavesti vsega oziroma zavesti o vsem. Po nekaterih interpretacijah je potrebna določena stopnja kompleksnosti, ki, ko je dosežena, sproži razdeljevanje univerzuma na dele.

Everettova teorija povezuje vesolje z različnimi zornimi koti, ki so vsebovani v njem. Squires (o njegovi teoriji glej Squires, 1993a-d) tako trdi, da ne gre za teorijo mnogih univerzumov, temveč za teorijo mnogih zornih kotov. Kvantno stanje je tako določeno oziroma ima pomen v smislu zvez med "okviri" ali "izhodišči" ("bazami"), ki jih predstavlja spomin opazovalca.

Navadno je rečeno, da se univerzum deli v ogromne množice vej, ki izhajajo iz meritvam podobnih interakcij med množicami njegovih komponent. Takih univerzumov je neskončno, a konstantno "število". Vendar se pravzaprav ne deli univerzum, marveč le zavest kot celota, ki razpada na mnoge lokalne zavesti, ki se ne zavedajo druga druge. Torej gre res za teorijo mnogih zornih kotov ali mnogih zavesti enega univerzuma.

Ne vpliva toliko opazovanje na sistem kot sistem na opazovalca, ki postane koreliran z njim. Opazovanje namreč korelira opazovalca s sistemom, v katerem se nahaja. Vendar Everett predpostavlja, da se duševnost lahko zaveda svojega spomina, ne da bi z njim interagirala in ga s tem motila. (O kvantno-fizikalnih teorijah zavesti pišejo še: Lockwood, 1989; Deutsch, 1991, 1992; Stapp, 1991b, 1995).

Primas poudarja, da t. i. slučajnost vstopa v kvantno mehaniko skozi zanemarjanje svobodne volje eksperimentatorja. Von Weizsaecker definira kvantno teorijo kot najbolj splošno teorijo, ki daje napovedi bodočih dogodkov. Skozi pojem verjetnosti vključuje kvantna teorija t. i. slučajnost v fiziko, s tem pa tudi vprašanje, kdo izbira med verjetnimi stanji in potencialnosti pretvarja v fizikalno dejanskost. Slučajnost je posledica nepopolnega znanja o natančnih vzročnih dogodkih. Prehod slučajnost-dejanskost, zavest, ki izbira, in čas, "v katerem se zgodi" izbira oziroma omenjeni prehod, so tako v neposredni, nujni zvezi. Ule (1997a) opredeljuje zavest kot proces v sistemu, ki reprezentira nek drug proces, posebno njegov vzorec POTENCIALNIH sprememb. Tako zavest lahko predvideva potencialno alternativo k danemu fiksniemu procesu. Slučajnost ali potencialnost sta novosti kvantne slike sveta, čudno neločljivo zvezani z zavestjo in časom. Krog je zaključen. Ule (1997a) povzame, da je zavest ČASA indikacija naše zmožnosti biti zavestni procesa in njegovih POSIBILIJ (verjetnih razvojev) in biti zavestni te zmožnosti same. Zavest časa po Uletu v sebi združuje procesualno (tok) in neprocesualno (nadprocesualno, transprocesualno?) plat zavesti. Reprezentiranje procesualnih potencialov je tista lastnost zavesti, ki presega njo samo. Ustvarja se tako, da izbrane posibilitije udejanja v času (in prostoru). In vendar zavest ni prisotna le v udejanjenem, temveč tudi v nizu možnosti in samemu dogodku udejanjenja. Everettova interpretacija je tista, ki pomen posibilitij najbolj ontološko izpostavi in zavest naredi za problem na kozmološki ravni.

## 11.7. PENROSEOVA KVANTNO-GRAVITACIJSKA TEORIJA

Roger Penrose, priznan oxfordski matematični fizik, je napisal dve knjigi (Penrose, 1989, 1994), ki povzemata ključna področja in najpomembnejše probleme sodobne fizike, matematike, kozmologije, računalništva in kognitivne znanosti z namenom, da pripravi teren za znanost o zavesti.

Izhaja iz svojega (po moje upravičenega) argumentiranega prepričanja, da današnji računalniki niso primerni za modeliranje duševnih procesov in posebej zavesti. Pri tem se oslanja na Churchov lambda kalkulus in Gödelov zakon, ki je v bistvu povlekel zgornjo mejo logike in razuma (Bojadžiev, 1985, 1995).

Zanimivo je, da se zavzame se za "platonsko" smer filozofije matematike, ki priznava matematičnim konceptom dejanski obstoj neodvisno od človeka. Zanj matematik ni ustvarjalec ali iznajditelj, temveč odkritelj. Matematični po Penroseu ne le ustvarjajo mentalne konstrukcije, marveč v njih poustvarjajo oziroma odkrivajo resnice, ki so bile že vseskozi prisotne v Naravi neodvisno od matematikov. Pravi, da vedno, ko matematik "zaznava" neko matematično idejo, vzpostavlja stik s "Platonovim svetom matematičnih konceptov". Po Platonu imajo matematične ideje lastni obstoj in ustvarjajo nek idealni Platonov svet, do katerega imamo pristop le skozi razum. Slike, ki jih dobimo ob stiku s Platonovim svetom, so lahko različne v raznih primerih; vendar je komunikacija možna, ker je vsak neposredno v stiku z istim zunanje-obstoječim Platonovim svetom! Še več, Platonovemu svetu pripisuje realnost, ki je primerljiva z realnostjo fizikalnega sveta. Vprašuje se, ali sta omenjena svetova identična. Zavest je tisti proces, ki omogoča neposredni kontakt s tem svetom idej.

Penrose verjame v determiniranost fizikalnih procesov, ne pa v njihovo izračunljivost. Vseskozi poudarja, da se vse mišljenje ne da ustrezno simulirati z algoritmi umetne inteligence. Menim, da zelo upravičeno (vsaj za sublogične spoznavne in asociativne procese). Trdi, da so značilnosti zavesti doživljanje resničnosti, sodbe, razumevanje, inspiracija, "zdrava pamet" oziroma splošni konsenz in umetniška (ustvarjalna) dimenzija; ne pa avtomatično, brezumno upoštevanje pravil, torej čista programiranost in algoritmičnost. V podkrepitev navaja nekaj "aha" doživetij in ustvarjalnih dogodkov matematikov in umetnikov. Matematično mišljenje primerja s komponiranjem glasbe. To velja za ustvarjanje matematičnih konceptov oziroma vpogled vanje, ki je trenuten in globalen. Temu šele kasneje sledi formalni dokaz s serijo logično argumentiranih korakov na papirju.

Penrose raziskavo inteligence same prepušča umetni inteligenci, vendar si inteligenco ne predstavlja brez vključenosti zavesti. Pri njem je zavest mišljena zgolj kot intencionalna zavest oziroma kot zavedanje nečesa. Tudi jezik je podrejen širšim procesom navdiha, vpogleda, prebliskov ter asociativnosti, iz katerih šele dobiva svojo vsebino. Obravnava neverbalnost misli.

Protagonistom "močne (trde)" smeri umetne inteligence, ki zagovarjajo zmožnost zavesti pri (obstojećih) računalnikih, postavlja vprašanje glede trditve, da zavedanje neke stvari pomeni imeti model te stvari v sebi. Samozavedanje potemtakem pomeni imeti model samega sebe v sebi samem. Vendar še ni dovolj, da bi se denimo računalnik zavedal neke stvari, če ima v svojem programu podprogram za izvedbo te stvari. Tako se tudi videokamera, ki snema samo sebe v ogledalu, še ne zaveda sebe.

Zavest potrebujemo takrat, ko moramo ravnati v novih okoliščinah, kjer moramo oblikovati nove sodbe oziroma kjer nimamo predhodno podanih (naučenih) pravil. Ta Penroseova trditev ni povsem pravilna, saj asociativna nevronska mreža lahko brez lastne zavesti adaptivno ravna v novih okoliščinah. Prav pa ima, ko trdi, da so sodbe (posebej zavestne sodbe) vsaj včasih nealgoritične. Matematični resnici verjamemo ne še ali ne le takrat, ko nas do nje pripelje algoritem (matematično sklepanje, dokaz), temveč ko "vidimo" resničnost matematičnega argumenta. Penrose pravi, da je takojšnja inspirativna sodba najpomembnejša, rigorozni dokaz pa je šele zadnji korak (končna potrditev, podana bolj zavoljo drugih). (To intuitivno asociativno "zaznavanje" resničnosti nekkih zvez lahko s pomočjo modelov asociativnih in sinergijskih nevronskih mrež dojemamo že dokaj uspešno, vendar Penrose o tem ne govori.)

Več stanj lahko sobiva v kompleksni linearni kombinaciji, tako da je vsak fizikalni objekt v bistvu obstoječ v takih superpozicijah prostorsko ločenih oziroma po prostoru široko razprostrtih stanj. Tako je lahko "na večih mestih hkrati". Vendar fiziki namesto "razpršenosti delca po prostoru" raje uporabljajo opredelitev "pozicija je povsem negotova", tako da gre denimo za enakomerno verjetnost za pozicijo po raznih krajih prostora. Formalizem kvantne fizike tudi ne dela razlike med posameznimi delci in kompleksnimi sistemi mnogih delcev. Ob merjenju prihaja do lokalne manifestacije (soustvarjanja delca) sicer nelokalnih, razpršenih procesov kvantnega polja.

Penrose posebno izpostavi dva vidika kvantnega dogajanja, ki imata nevronske analogije: dinamski enačbi nemotenega kvantnega sistema ( $U$ ) in kolapsu valovne funkcije ob merjenju oziroma zavestnemu zaznavanju ( $R$ ). Pri merjenju (razpoznavanju) namreč sprožimo samoorganizacijo sistema tako, da iz linearne kombinacije lastnih funkcij (v nevronske mreži vzorcev) dobimo le eno samo. Vendar Penrose pravi, da za to redukcijo valovnega paketa zavest ni potrebna, temveč je potrebna le interakcija z valovnim paketom. Tukaj želim poudariti, da izkušnje z računalniškimi simulacijami nevronskih mrež skupaj z upoštevanjem nevno-quantnih analogij lahko zelo pripomore k razumevanju kolapsa ali redukcije valovne funkcije. Matematično-računalniška aproksimacija kvantne mreže z nevronske mreže, pri čemer lahko "pogledamo vanjo", ne da bi jo predrugačili (kar se neizbežno zgodi pri merjenju kvantne mreže), potrjuje Penroseov pogled. Računalniško simulacijo nevronske mreže, ki je sorodna kvantni, lahko začasno ustavimo in pregledamo vrednosti formalnih nevronov ter vezi. Izkaže se, da kolaps ali rekonstrukcijo kvantnega / nevronskega vzorca sprožimo takrat, ko ob priklicu vstavimo del tega vzorca (t. i. "ključ"). Le če vemo, s kakšnimi vzorci smo učili mrežo, lahko sprožimo ta kolaps ali rekonstrukcijo celotnega vzorca ob priklicu. Sicer bi lahko tudi (slučajno!) denimo padli lešniki od nekdaj na tipkovnico v zaporedju tistih kod, ki predstavljajo del vzorca, in priklicali celotnega. Vendar je to ZELO MALO VERJETNO. Zato za priklic oziroma kolaps kvantnega ali nevronskega vzorca zavest ni potrebna, vendar znatno poveča verjetnost, da se bo kolaps zgodil. Brez zavestnega ZNANJA o spominski vsebini mreže se sicer kolaps lahko sproži, vendar zavestno znanje verjetnost za ta dogodek lahko dvigne od skoraj nič do velike verjetnosti – torej verjetnost astronomsko poveča. Trdim torej utemeljeno oziroma s podporo računalniških simulacij, da ima Penrose prav v strogem smislu, Wigner (pripadnik zavestnega sprožanja kolapsa) pa v

praktičnem smislu ("for all practical purposes", kot se navadno reče v fiziki) – namreč, navadno le zavest vsebuje toliko informacije, da lahko sproži kolaps.

Penrose vzrok za kolaps išče v KVANTNI GRAVITACIJI. Zato meni, da naj bi odigrale pomembno vlogo v širšem kontekstu problema zavesti tudi kozmologija, raziskave zgodnjega vesolja ter črnih lukenj, kar je povezano s kvantno-relativistično teorijo gravitacije. Težišče sistemskih procesov, odločilnih za zavest, naj bi bil v mikrotubulih oziroma v kvantnih koherentnih stanjih vode v njihovi sredini (Hameroff & Penrose, 1996).

MIKROTUBULI so cevke v citoplazmi celice, povezani v mreže s pripadajočimi proteini. Zelo hitro spreminjajo strukturo. Pomembno vlogo imajo pri delitvi celice in pri celičnem transportu snovi, zelo verjetno pa tudi informacij. Informacija naj bi bila zakodirana v tubulinih, dimernih molekulah, ki lahko imajo dve konformaciji (dve obliki z določeno orientacijo). Konformacija tubulina (t. i. alfa ali beta konformacija) je odvisna od lege elektrona v tubulinu in je s tem občutljiva na kvantne vplive. Konformaciji predstavljata en bit.

## 12. PREGLED VPRAŠANJ IN ODGOVOROV NATURALISTIČNEGA PREUČEVANJA ZAVESTI

V tem poglavju želim povzeto podati poskuse odgovorov na pereča vprašanja zavesti z naravoslovnega zornega kota. Vprašanja in odgovori so umeščeni v sledeče zaporedje podpoglavij.

### 12.1. FENOMENOLOŠKE KAKOVOSTI (KVALIJE) ZAVESTNEGA DOŽIVLJANJA

O sami naravi kvalij z naturalističnega zornega kota žal ne moremo priti do neposrednih ugotovitev. Od tod moje prepričanje, da redukcionizem ni ustrezen. Pravzaprav je treba ločiti PRAVI REDUKCIONIZEM od METODOLOŠKEGA REDUKCIONIZMA. Ko govorim o neustreznosti redukcionizma, mislim na pravi redukcionizem – prepričanje, da je ustrezno razlago (tukaj zavesti) možno najti le z analitično redukcijo na vseh ravni na privilegirano raven (tukaj fizikalno). Vendar je tudi z drugih (psiholoških, filozofskih) zornih kotov (npr. Flanagan, 1992; Searle, 1993; Hubbard, 1996) problem kvalij zelo težaven. Zato se vseeno spleča zatekati tudi k fiziki kompleksnih sistemov in kognitivni nevroznosti, ki lahko osvetlita procesiranje informacij v nižjeležečih "medijih" (nevronskih, kvantnih, virtualnih – atraktorskih). Na teh področjih je napredek najbolj zanesljiv, zato tak pristop, ki ga imenujem metodološki redukcionizem, sam izvajam. Kaj je zavestno doživljanje samo, ne le procesualno ozadje tega doživljanja, pa nam fizika in nevroznosti ne moreta povedati, vsaj ne na tej stopnji. Zato menim, da je redukcionizem pogojno primeren le kot začasna METODA za raziskave sistemsko-procesualnega ozadja fenomenalne zavesti (o čemer se že nekaj da povedati), ne prinaša pa razlage njenega kvalitativnega bistva (o čemer lahko govorita tudi kognitivna filozofija in psihologija le opisno in nikakor ne razlagalno).

Za preučevanje procesualnega ozadja zavesti bi za razliko od obstoječe kvantitativne znanosti potrebovali nekakšno "kvalitativno znanost". Prva temelji na fiziki, druga bi izhajala iz informacijske "fizike". Teorije kompleksnih sistemov združujejo fizikalni in informacijski vidik (npr. Stern, 1994). Seveda bodo kljub temu kvalije ostale izmuzljive.

### 12.2. MANIFESTACIJA DINAMIČNOSTI, SAMOREFLEKSIVNOSTI IN CELOVITOSTI ZAVESTI NA RAZNIH RAVNEH

Naravoslovje vsekakor lahko ponudi veliko sistemov oziroma morebitnih "medijev" za informacijske procese, ki obdelujejo predmet (intencionalne) zavesti (Amit, 1989; Hameroff, 1994; Penrose, 1989, 1994; Pykkanen & Pylkkö, 1995; Peruš, 1997c). Ti pa seveda še niso zavest sama. Pregledali bomo možne kandidate, ki na različnih ravneh realizirajo naslednje lastnosti zavesti:

- samorefleksivnost oziroma rekurzivnost (zavest o lastni zavesti, samozavedanje ipd.);
- enotnost, celovitost zavesti;
- dinamičnost, procesualnost, tok zavesti;
- informacijska vsebnost – nanašanje na nek predmet zavesti (intencionalnost), ki ga sicer nikakor ne smemo smatrati kot zavest samo.

Domet zavestnega doživljanja je (v ekstremnih primerih) lahko neskončen. Ni nujno omejen z nikakršnimi fizikalnimi mejami, razen seveda, ko je zavedanje vezano na nek predmet zavesti.

Zavest lahko delimo na INTENCIONALNO zavest (zavest o nečem) in NEINTENCIONALNO zavest (zavest samo na sebi). Slednjo lahko dalje delimo na TRANSCENDENTALNO zavest (v mističnih oziroma meditativnih izkustvih) in (PRED)FIZIKALNO "PRAZAVEST" (Ule: "zavestnost", Bohm in Hiley: aktivna (kvantna) informacija) (Bohm, 1980; Ule, 1995).

Domnevamo, da "PRAZAVEST" izhaja iz subkvantne ravni – iz fizikalnega "vakuuma" ali "hologibanja" (Hiley, 1991). Ta osnovno ontološko raven lahko označimo kot VSE-ENO, kot stanje popolne in globalne simetrije (Bohm & Hiley, 1993). Šele ko poskušamo to nedojemljivo in neanalizabilno subkvantno simetrijo obravnavati, se lahko oprimo epistemološkega načela VSE V ENEM, ENO V VSEM. Izvor tega načela, ki je podprto s kvantno-fizikalnim formalizmom, je Bohmov koncept IMPLIKATNEGA REDA: del implicira celoto, v vsakem delu je INFORMACIJSKO zastopana celota! Govorim o epistemološkem načelu, ker strogo gledano dela, ki bi bil ločen od subkvantne celote, ni. Ločene dele uvedemo šele kot kategorije za potrebe analitične obravnave.

"PRAZAVEST" kot aktivna kvantna informacija pripada že npr. elektronom, katerih materija oziroma energija ni bolj fundamentalna kot ta "prazavestnost". Kvantni delci izhajajo iz paralelno-distribuiranih (vzporedno-razpršenih) sistemskih procesov "v vakuumu ali hologibanju", ki so onstran prostora-časa. Šele ob merjenju se manifestirajo lokalizirano in kot "strdki" materije v osnovnem morju energije". Delci in prostor-čas torej izhajajo kot rezultat dinamike KOMPLEKSNEGA SISTEMA osnovnih PROCESOV. Kompleksne sisteme pa VEDNO nujno spremljajo VIRTUALNE tvorbe (nekakšne organizacijske enote, primitivni "gestalti"). Te virtualne strukture ali atraktorji, ki so zametek zavestnih duševnih procesov, se

torej pojavijo TAKOJ, ko "zlomimo" prasimetrijo "vakuuma" ali "hologibanja".

### 12.3. UPERJENOST ZAVESTI NA PREDMETE ZAVESTI (INTENCIONALNOST)

Realizacija navezave (korelacije, koherence) zavest – predmet zavesti je razumljiva skozi systemske procese v smislu TVORBE VZORCA-ATRAKTORJA (bodisi nevronskega bodisi kvantnega ipd.). Kako se (re)konstruira vzorec-atraktor, ki je virtualni nosilec MENTALNE REPREZENTACIJE, sem že precej natančno razložil. Dodajmo le, da bi moral biti omenjeni vzorec-atraktor v mednivojskem koherentnem stanju skupaj s (sub)kvantnim koherentnim stanjem (mikrotubulske vode? in še globlje), da bi bil ozaveščen.

Intencionalnost se mi v smislu systemskega ozadja zdi precej manjši problem kot fenomenalna stanja.

### 12.4. SREDIŠČE INTENCIONALNE ZAVESTI – JAZ

Najprej moram poudariti razliko med sebstvom in Jazom (definiciji sta pogosto pri različnih avtorjih različni ali celo zamenjani). Sebstvo je najgloblja duhovna identiteta človeka, ki lahko presega osebni Jaz (ego) v t. i. transpersonalnih stanjih zavesti.

Jaz (v skladu z omenjeno opredelitvijo) se mi ne bi zdel velik problem, v kolikor bi lahko za hip izvzeli zavest o lastnem Jazu. Menim, da je Jaz le zelo globalen, virtualen vzorec-atraktor. Je središče fokusiranja pozornosti in samonanašanja sinergetske dinamike na ravni višjih konceptov oziroma shem. Zavest o prvi osebi ostaja velik problem zaradi doživljanja Jaza kot kvalije, ne zaradi Jaza samega. V meditativnih izkustvih Jaz (ego) lahko transcendiramo.

Dodajmo še, da velja podobno tudi za samo-refleksivnost (zavest o zavesti): problem ni v rekurzivnosti, temveč v zavesti sami. Samo-nanašanje in samo-vsebnost je namreč systemski efekt. Izhaja iz dejstva, da systemski vzorci interagirajo s samim seboj, saj njihovi konstitutivni elementi (nevroni, kvantni delci ipd.) interagirajo.

Poleg Jaza kot osebnega izhodišča in žarišča zavesti, prihaja iz kozmologije še ideja o precej osrednejši vlogi intencionalne zavesti opazovalcev. Carterjevo šibko antropično načelo pravi, da je človekov položaj v vesolju nujno odlikovan v tem smislu, da je združljiv z našim obstojem kot opazovalcev. Naše vesolje je takšno, kot je, prav zato "da / ker" mi živimo v njem. Če ne bi bilo takšno, nas ne bi bilo. In obratno: če ne bi bilo nas, vesolje ne bi bilo takšno (kot ga zaznavamo). Močno antropično načelo celo pravi: Mislimo, zato je svet takšen.

Skratka, soobstoj znanega (vsaj fenomenalnega) vesolja in zavestnih Jazov lokaliziranih opazovalcev je nujen in generičen za obe strani.

### 12.5. CELOVITOST "PRAZAVESTI" ALI "ZAVESTNOSTI": EKSPERIMENTALNE POTRITVE

(Sub)kvantni HOLIZEM, ki naj bi bil izvor celovitosti zavesti, je fizikalno DOKAZAN z naslednjimi eksperimenti oziroma teorijami (opisi so poenostavljeni) (Capra, 1982; Davies & Brown, 1986; Kafatos & Nadeau, 1990; Penrose, 1994; Stapp, 1991a):

- EPR (Einstein-Podolsky-Rosen) efekt: Delec razpade na dva "delca", ki odletita vsak na svoj konec vesolja. Če merimo in s tem soustvarimo spin prvega "delca" na enem koncu vesolja, hkrati (tako!) soustvarimo tudi spin drugega "delca" na drugem koncu vesolja. Takšen dolgosežen vpliv bi kršil splošno teorijo relativnosti, ki prepoveduje potovanje signalov z nadsvetlobno hitrostjo. Zato verjetno velja odgovor Nielsa Bohra, da "delca" v bistvu nista ločena (čeprav prostorsko sta ločena), temveč sta povezana v enoto prek NEDELJIVE SUBKVANTNE CELOTE onstran prostora-časa (v t. i. predprostoru – "prespace"). To je tako kot pri dveh otokih-ognjenikih, ki sta pod morjem seveda povezana in tudi lava prihaja iz iste skupne plasti (tudi Dewdney idr., 1988);
- Aspectov eksperiment (Davies & Brown, 1986);
- Bellove neenačbe, ki povedo, kdaj so zelo oddaljeni "delci" neposredno povezani (takojsne nelokalne "interakcije" oziroma korelacije) (Bertlmann, 1990);
- nelokalna Schrödingerjeva enačba in še splošnejše nelokalne enačbe (Bohm & Hiley, 1993; Gould, 1989, 1986, 1990, 1995).

Vse to dokazuje, da je na subkvantnem nivoju treba načelo VSE V ENEM, ENO V VSEM (ali raje v še bolj ekstremni obliki: VSE-ENO) vzeti povsem dobesedno! Drugo vprašanje pa je, zakaj se naš pojavni svet in tudi naša zavest, manifestirata MNOGONIVOJSKO (torej ne le na subkvantnem, temveč tudi na kvantnem in klasičnofizikalnem nivoju). Zakaj je subkvantna celota razpadla oziroma neprenehoma razpada (neprenehoma nastajajo delci in antidelci iz "vakuuma" in se vanj vračajo), ostaja največje odprto vprašanje znanosti.

TRANSCENDENTALNO MISTIČNO DOŽIVETJE utegne biti drugi empirični dokaz celovitosti zavesti in



enotnega kvantnega polja. V mističnih in meditativnih stanjih se najverjetneje vzpostavi introspektivni stik s (sub)kvantnimi procesi, ki so nosilci informacij, ki jih vsebuje individualni duh in, širše, kolektivni vseobsegajoči Duh (Peruš, 1997d). Dokaze za to celovitost in kolektivnost zavesti ponujajo transcendentalna izkustva v prvi osebi, študiji EEG koherence med osebami, sinhroniciteta, eksperimenti Ruperta Sheldrakea in somišljenikov, (hipotetični) parapsihološki pojavi – telepatija, prekognicija, jasnovidnost, astralna potovanja ipd., in morebiti malo manj verjetni? – telekineza, levitacija idr. (Musek, 1995; Josephson & Pallikari-Viras, 1991).

Ob tem bi postavil hipotezo, da so ti pojavi posledica PARALELNO-DISTRIBUIRANE (PARALELISTIČNE) DINAMIKE (KVANTNIH) KOMPLEKSNIH SISTEMOV (le telekineza in levitacija bi bili bolj problematični). To podpirajo tudi nekatere izkušnje z računalniškimi simulacijami kompleksnih sistemov oziroma mrež in teorija. Linearni (sekvenčni) prostor-čas zgoraj navedenih pojavov ne bi podpiral, nelokalna oziroma paralelna sistemska dinamika, iz katere prostor-čas izhaja kot posledica, pa jih lahko realizira.

## 12.6. ENOTNOST ZAVESTI KLJUB MNOGOTERIM ZAZNAVAM

Pomembno vprašanje je, kako se lahko rezultati multimodalne zaznavne analize v posameznih čutilih in v primarni plasti možganske skorje sintetizirajo v enovito zavestno doživetje, v katerem ni več najmanjše sledi o poprejšnji perceptualni analizi.

Torej, zakaj DOŽIVLJAMO duševno in zavestno enotnost, pri tem pa VEMO, da je ("nekje znotraj") sestavljena? Da bi izsledili sestavljeno enotnost zavesti, kognitivni fiziki špekulirajo z možnimi realizacijami informacijskega poenotenja.

Primer je BOSE-EINSTEINOVA KONDENZACIJA (npr. Marshall v Hameroff idr., 1996; Penrose, 1989, 1994): nekateri delci (bozoni), ki naj bi bili nosilci oziroma kodi posameznih informacij, se lahko zlijejo v enotno KOHERENTNO stanje. Podobne, vendar manj temeljite primere poenotenja, najdemo tudi na molekularni (subcelularni) ravni v sistemih dimerov oziroma spinov (FRÖHLICHOVA KOHERENTNA STANJA idr.) (Neural Network World, 1994; Vitiello, 1996) in v asociativnih nevronskih mrežah (teorija Kocha in Cricka o multimodalni vezavi zaznav s koherentnimi nevronskimi oscilacijami: npr. v Hameroff idr., 1996).

## 12.7. KANDIDATNE RAVNI ZA REALIZACIJO SISTEMSKEGA OZADJA ZAVESTI

Pri udejanjenju informacijskih procesov, ki so ozadje zavestnega doživljanja, si verjetno delijo delo naslednji kompleksni sistemi na raznih ravneh (od spodaj navzgor):

- SUBKVANTNI SISTEM neanalizabilnih osnovnih PROCESOV ("vakuum"): zasnova neintencionalne "prazavesti" (Bohm & Hiley, 1993; Kafatos & Nadeau, 1990)
- KVANTNI SISTEMI DELCEV s svojimi SPINI: zametek "fine" intencionalne ali subintencionalne zavesti (Stern idr.) (Stern, 1994)
- SISTEMI DIMEROV V MIKROTUBULIH (CITOSKELETONU) znotraj npr. nevronovega aksona (Hameroff, 1994; Hameroff & Penrose, 1996): V sredini mikrotubula naj bi bila posebna vrsta vode, ki realizira urejeno vakuumsko koherentno stanje (Jibu, Yasue, Umezawa, Pribram, Globus, Penrose, Hameroff idr.). Informacijska stanja vode so zametek intencionalne zavesti. Po teh teorijah se informacije obdelujejo vzdolž mikrotubulov, ozavestijo pa se v koherentnem stanju vode v sredini (Jibu & Yasue, 1995, 1996, 1997).
- DENDRITSKO DREVO nevrna oziroma NEVROPIL (tesni prepleti aksonov in dendritov) (Pribram, 1991, 1993; Globus v: Pylkkänen & Pylkkö, 1995)
- KVANTNO-OPTIČNI (fotonski, torej svetlobni) SISTEMI oziroma POLJA; KVANTNA NEVRO-HOLOGRAFIJA (Schempp, 1993, 1994, 1995; Marcer & Schempp, 1997) (Tukaj velja omeniti, da k zavestnemu doživljanju vizualnega polja nujno sodi tudi celotno zunanje fotonsko (svetlobno) polje med očmi in njihovim dometom ter vanj vkodirane informacije. Enako velja za polje zvočnih vibracij, ki vzbujajo nihanja aktivnosti nevronov in kvantne valovne pojave.)
- NEVRONSKE MREŽE: odgovorne za kodiranje pomembnih mentalnih vzorcev, ki so predmeti zavesti, in sprožanje ozaveščanja izbranih mentalnih vzorcev. Nevronska mreža sproža t. i. "kolaps" valovne funkcije, ki izbere eno izmed možnih kvantnih alternativ iz nabora implicitnih možnosti (Bohmov implikatni red). Ta "izbira" je povod za OZAVEŠČANJE vzorca oziroma za PREHODE SPOMIN – ZAVEST, PODZAVEST – ZAVEST. Pri tej izbiri pa sta enako pomembna tako nevronski kot tudi kvantni sistem. Nevronska mreža je nepogrešljiv mikro-makro pretvornik ter posrednik med kvantnimi koreninami možganov in OKOLJEM (oziroma čutili ter mišicami) (Peruš, 1996d).
- VIRTUALNE STRUKTURE (NEVRONSKI VZORCI-ATRAKTORJI): kodirajo višje kognitivne procese, ki se jih zavedamo. Ti procesi se ozavestijo šele takrat, ko se povežejo v MNOGONIVOJSKI KOHERENTNI "GESTALT", ki mora povezovati VSE našete ravni!

Pri preučevanju zavesti nas tudi analiza, ne le sinteza, sili v holizem. Odpira se nam ves mikrokozmos biokvantnih sistemov, kjer analizo otežuje gosta prepletenost in soodvisnost. Naveden pregled je še hipotetične narave predvsem zaradi celovitosti in mnogonivojskosti – verjetno so še mnoge ravni in njihove

## 12.8. OD POPOLNEGA HOLIZMA DO ZLOMLJENE SIMETRIJE

V ZAGOVOR HOLISTIČNEGA PRISTOPA k preučevanju procesualnega ozadja kognicije in zavesti bi zdaj rad podal sistematičen pregled komplementarnih plastovitih struktur možganov. Naštejmo po vrsti RAZNE SOBIVAJOČE RAVNI SIMETRIJE od globalne simetrije do nivojev vse bolj zlomljene simetrije:

1. Popolna simetrija – "vakuum" ali "hologibanje" (po Bohmu): Vse-Eno, celota, ki ne dopušča delov
2. Simetrija uniformnega paralelno-distribuiranega kompleksnega sistema: mreža množice "osnovnih" elementov in vezi – to je matematična "nevronska" mreža na subkvantni ravni, ki obstaja onstran prostora-časa oziroma ustvarja prostor-čas kot posledico lastne systemske dinamike. Glede na interakcije med formalnimi ali posplošenimi nevroni velja geslo "Vsi za enega, eden za vse". Glede na informacijsko medsebojno vsebovanost in zastopanost pa velja "vse v enem, eno v vsem", v kolikor je "eno" sploh ločljivo od "vsega".
3. Kvantna raven – mreža delcev in interakcij v prostoru-času: "vse IMPLICITNO v enem, eno IMPLICITNO v vsem"; "vsi (vsaj posredno) za enega, eden (vsaj posredno) za vse". Posredno zato, ker zlom simetrije prinaša senčenje in lokalizacijo. Implicitni ali informacijski holizem se da prikazati na primeru Huygensovega načela ter Feynmanove interpretacije Schrödingerjeve enačbe (Peruš, 1995a – dodatek A).
4. Simetrija biološke nevrnske mreže kot nekakšne makroskopske ("fraktalne") rekonstrukcije kvantne mreže: Gosta (četudi nepopolna) prepletenost zagotavlja efektivno funkcionalno simetrijo. Ta se zlomi šele z oblikovanjem vzorcev-atraktorjev, ki kodirajo posamezne mentalne reprezentacije. Torej so med seboj razločljive kategorije šele posledica zloma prvotne simetrije pod vplivom dražljajev iz okolja. Ta izvorna simetrija se koristno izraža pri asociacijah med duševnimi vzorci-atraktorji. Kako bi sicer dva koncepta lahko sploh kdaj bila povezana, če ne preko te skupne "nižjeležeče" celote, ki se je kasneje diferencirala?!

Izvorni holizem se kaže v pravilu izmenjave signalov "vsi za enega, eden za vse" (dobesedno za tiste biološke nevrone, ki so neposredno povezani, sicer so povezani vsaj posredno). Geslo "vse v enem, eno vsem" pa velja na tej ravni v informacijskem smislu: na osnovi delne informacije lahko priključimo celotno.

Matematične analize (Palmer, Hertz & Krogh, 1991) kažejo, da mreža ohrani večino atraktorjev in omogoča zadovoljiv priklic. Niti večji kirurški posegi ne uničijo duševnih struktur, če le niso uničeni tudi najpomembnejši kardinalni nevroni (Pribram, 1991; Župančič, oseb. komun.). Takšna dejstva podpirajo efektivni holizem biološke nevrnske mreže, pri katerem ostanejo le tiste sinaptične povezave, ki kodirajo neke spominske korelacije.

5. Lokalne nevrnske mreže – lokalne simetrije
6. Virtualna rekonstrukcija simetrije na višjih ravneh vzorcev-atraktorjev oziroma gestaltov (višje kategorije, Jaz, občutja harmonije ipd., intencionalne enote višjega reda – oblikovane na osnovi virtualnih vezi in koherence nihanj nevronske aktivnosti).
7. Simetrija zlomljena: vse več nehomogenosti, nekoherentnosti, celota razpade na dele.

Hopfieldov model oziroma virtualno hierarhizirani Hakenov sinergetski model sta najprimernejša za modeliranje globalnih procesnih simetrij možganov-duševnosti. Ostali modeli so primernejši za klasifikacijo pri zaznavanju, za izvajanje gibalnih dejavnosti (motorike) ipd., ne pa za višje duševne procese. Pri Hopfieldovem modelu so vsi nevroni povezani z vsemi in vsak nevron sodeluje pri hkratnem sooblikovanju vseh vzorcev. Ker pa je tako gosta povezanost za konkretne potrebe preveč potratna, se biološka mreža z notranjo selekcijo redči in ostane povezana le toliko, kolikor je potrebno. Lahko pa se kakšne povezave tudi obnovijo s pomočjo systemske dinamike v subcelularnih strukturah (v subcelularni "mreži"). Možganov in duševnosti ni mogoče razlagati brez dinamike kompleksnega sistema, njegovih preslikav in notranjih odnosov.

MNOGONIVOJSKI DINAMIČNI HOLIZEM ne dopušča stroge definicije osnovnih elementov (formalnih nevronov) in interakcij (formalnih vezi). V fiziki ni delcev, ki bi bili absolutno osnovni. Systemsko rešitev problema ponujajo "bootstrap" teorija in dela Bohma, Hileya, Bella. V bioinformatiki pa ni osnovnih informacijskih enot. Imamo le nekakšno fraktalno hierarhijo interagirajočih ravni, ki se skupaj na specifičen način odzivajo na specifične dražljaje iz okolja, kar nas privede k mnogonivojski dinamični celoti. Katere ravni so najpomembnejše za katere miselne procese, je še odprto vprašanje. Kaže pa, da moramo ločiti vzorce, ki so predmet zavesti, od nezavednih vzorcev ipd. – oboji so si najverjetneje izomorfno ("fraktalno") podobni ter prehajajo med kvantno in nevronske ravni (oziroma med neintencionalno zavestjo, intencionalno zavestjo in nezavednim procesiranjem).

Sklicevati se pri iskanju izhodišča "prazavesti" na kvantni vakuum ali hologibanje ni prav nič pretirano. Spomniti se moramo, da tudi radijski oddajnik zakodira informacije v elektromagnetno valovanje, ki se samovzdrževano širi po "vakuumu". Informacijo lahko dekodira majhen radijski sprejemnik kjerkoli, če je le nastavljen na določeno frekvenco in če ni prevelikega dušenja zaradi makroskopskih materialnih preprek. Tudi možgani so v nekem smislu takšen sprejemnik in oddajnik, "skupni medij" pa je "vakuum" sam, ki ne le superprevodno (torej brez izgub) "prevaja", temveč je neločljiva celota. Ostaja problem, kako se natančno informacije zakodirajo v to Celoto in dekodirajo iz nje, ne da bi se v njej sami izgubile oziroma izničile.

Jasno pa je, da je "vakuum" ali "hologibanje" ENA sama vseobsegajoča osnova – kot ozadje skupna tako Sloveniji kot tudi Neptunu ali Andromedi, kot izhodišče skupna tako materiji oziroma energiji kot tudi (pra)zavesti.

Kompleksni sistemi, kakršni so tudi možgani-duševnost in njihove fizikalne osnove (nevronske mreže, kvantni sistemi), so polivalentni oziroma mnogoteri sami po sebi ali pa jih le kot take lahko znanstveno obravnavamo. Nevronski spomin in nevronski korelati objektov zavesti so superpozicije vzorcev-atraktorjev in njihovih korelacij. Kvantno stanje je superpozicija lastnih valovnih funkcij, po Everettovi interpretaciji (ki je ni zmožni še nihče znanstveno spodnesti) pa celo superpozicija paralelnih "univerzumov". Vendarle so kompleksni sistemi, posebno kvantni, tudi koherentni in celoviti, kar se izmika analizi. Enotnost ter celovitost možganov-duševnosti in zavesti imata veliko podpore tudi v introspektivnih in mističnih doživetjih.

## 12.9. MNOGOTEROST IN KOZMOLOŠKO-DUHOVNE RAZSEŽNOSTI

Fizika kompleksnih sistemov oziroma sinergetika sta zelo obetavni glede razlag notranjih mehanizmov zavesti. Kljub mnogim novim podatkom pa ostaja seveda še veliko odprtih vprašanj:

Ali je zavest kvantna superpozicija vseh možnih kvantno-informacijskih mrež, koherirana s subcelularnimi, nevronskimi in virtualnimi (duševnimi in navsezadnje duhovnimi) nadgradnjami?

Holizem po horizontali (znotraj ene ravni) in vertikali (skozi ravni) se zdi nujen, zajema pa tako mikroskopske kot tudi kozmološke razsežnosti. Slednje ilustrirata Penroseova ideja o zvezi med zavestjo in kvantno gravitacijo (Penrose, 1989, 1994) ter Everettova kvantna interpretacija mnogih paralelnih vesolij (DeWitt & Graham, 1973).

Ali je zavest možna tudi brez sistemskih "medijev", denimo na visoki virtualni (duhovni) ravni (Goswami, 1990)? Vsekakor se moramo zavedati, da doživljamo virtualne slike oziroma gestalte, torej vzorce-atraktorje, ne pa njihove nevronske (ali kvantne) podstati, denimo izmenjave signalov med nevroni. Torej, nikakor ne doživljamo neposredno procesov v kateremkoli "mediju" samem...

Ali zavest sploh lahko naturalistično analiziramo in razlagamo?

## 13. ZAVEST IZHAJA IZ KIBERNETIKE DRUGEGA REDA, VENDAR JO PRESEGA

### 13.1. IREDUCIBILNI JAZ OZIROMA SEBSTVO

Kompleksni sistemi možganske skorje so navadno funkcionalno simetrični ter hkrati, zaradi notranje diferenciacije, organizirani v hierarhične virtualne strukture – procesne in nadzorne. Obenem pa se v njih pojavi (emergira) ireducibilna enota oziroma celota, ki je notranje dinamična. Zavest izhaja iz samonanašajoče kibernetike (kibernetike drugega reda), ki preseže samo sebe, saj ustvari živo in kreativno izhodišče ali središče – JAZ oziroma SEBSTVO. Človekov Jaz je subjektiven izvor zavestnega zaznavanja in dožemanja. Deluje od zgoraj navzdol – kot komplement in za razliko od večine tistega, kar sem doslej opisoval – to je bilo naturalistično od-spodaj-navzgor delovanje in t. i. emergiranje ("emergence"). Emergentne lastnosti so tiste, ki se manifestirajo, ko komponente sistema interagirajo. Osebni Jaz, kot ga podoživljamo, ni le emergentna struktura visokega reda, temveč nekaj več ter nekaj povsem kvalitativno novega in relativno avtonomnega.

Človek v sebi integrira te različne ravni in obojesmerno delovanje med ravnmi, kajti: "Neločljiva lastnost inteligence je zmožnost, da izstopi iz naloge, ki jo opravlja, in pregleda, kaj je storila" (Hoffstadter, 1979). Zavest je sposobna spreminjati in celo ustvarjati samo sebe ter občasno preiti iz svojega konstitutivnega avtorefleksivnega procesa (zavest o zavesti) v transcendentalno enotnost (enotna zavest sama na sebi). V rekurzivnem (samonanašajočem se) procesu se vsebina zavesti lahko izgublja ali znova pojavlja – kot se pač odpravlja ali pojavlja asimetrično generično "izhodišče" rekurzivnega procesa. Zavest je lahko univerzalna, enotna, sama na sebi, ali pa se zreducira na vsebino zavesti oziroma na predmet, ki je v zavesti. Zavest oziroma kompleksni sistem, ki ji je izomorfen, je lahko v stanju simetrije ali zlomljene simetrije. Izomorfizem je dvosmerna preslikava med množicama, ki ohranja informacijo in funkcijsko strukturiranost.

Hoffstadter (1979) in Uršič (1987) opozarjata na razliko med AVTOREFERENCO (popolnim samonanašanjem) in REKURZIVNOSTJO (delnim samonanašanjem). Ta ustreza razliki med fraktalom in iterativnim procesom v matematiki. Rekurzija (nekakšna koncentrična "čebulasta rast", če uporabim prisposodbo) je gnezdenje ene operacije v drugi, kar ne vodi v krožnost in torej ne predstavlja paradoksa. Rekurzivna definicija opredeljuje nekaj z modelom same sebe, ne s svojo celotno vsebino, zato povzroči, da sistem sčasoma konvergira k optimalni opredelitvi. Avtoreferenca pa je samonanašanje, ki vase vključi sebe v celoti; nič se ne izmakne in tako nastopi paradoks neposredno. Dve semantični ravni sovpadata, pa ne moreta sovpasti – kot na primer pri paradoksu lažnivca:

G: Stavek "G" je neresničen.

Tukaj se pokaže razlika med človekom in računalnikom. Računalnik tega paradoksa ne more razrešiti, temveč prične nihati med eno in drugo ravni (med "zunanjim" in "notranjim" G) ter tako nadaljuje vekomaj. Človek pa sicer paradoksa prav tako ne more razrešiti, vendar ga lahko preseže. Različne ravni lahko zaobjame v novo dinamično enotnost, tezo in antitezo lahko združi v sintezo, A in ne-A lahko dojame kot dve projekciji višje realnosti. Zdi se, da človek naredi prav to, kar naredi tudi narava, saj sta tako narava kot tudi um kompleksna sistema. V kolikor pa integracije nista zmožna, se zlomita. Kompleksen sistem je funkcionalno simetričen ali pa se, če se njegova simetrija zlomi, razformira ali diferencira v hierarhične ravni. Razslojenost strukture paradoksnega stavka o lažnivcu je posledica takšnega zloma simetrije. "G" in stavek o "G"-ju nista več eno in isto (kar bi sicer morala biti), marveč postaneta dva različna dela "kače, ki žre lastni rep" (kot da kača in rep ne pripadata drug drugemu, temveč se le nanašata drug na drugega). Razlog za to je seveda v vnosu asimetrije v poprej simetrično strukturo oziroma enotnost "G"-ja: Pogledali smo vsebino stavka "G" in ugotovili, da je neresnična ter da hkrati govori o svoji neresničnosti. Ali je možno, da tak zlom neke enote na raven in metaraven nastane kako drugače kot z zunanjo intervencijo – z interpretacijo, ki jo vnese tisti Jaz – negibno, brezoblično "izhodišče (koordinatnega sistema)"?

Nečesa računalniki oziroma računalniški modeli zavesti (še?) nimajo: zmožnosti vzpostavitve koherentnosti različnih ravni, zaobseganja teh ravni ali različnih vidikov v gestalt. Mi jim te možnosti doslej (še?) nismo dali. Računalniki bodo vedno (dokler bodo res le računalniki in ne že kar nov svet v svetu) imeli omejeno kompleksnost in omejen dostop do okolja. Torej bodo vselej odvisni od naših informacijskih INTERPRETACIJ ter od naše pripravljenosti dajati jim "informacijsko hrano", ki je zaenkrat še zelo borna in enostranska. Mi jim bomo (vsaj še dolgo) določali, kaj je v njihovi dejavnosti smiselno in kaj ne, interpretirali in "ozaveščali" bomo njihove rezultate (namesto njih samih). Njihova morebitna "zavest" bo (še dolgo) le podaljšek ali depandansa naše zavesti, izomorfní koprocesor naše zavesti.

Vrnimo se h Gödelovemu teoremu (npr. Bojadžiev, 1985, 1995), ki tako kot stavek "G" nakazuje zgornjo mejo analitičnega uma. Analiza enote na dve ravni ali podenoti, ki ostaneta v medsebojnem odnosu, vnaša paradoks. Povedano v nasprotni smeri: nastalega paradoksa ni mogoče razrešiti z vztrajanjem pri analizi – nevzdržni delitvi (problem je v tem, da se vendarle navadno zdi nujna). Le dovolj veliki kompleksni sistemi zmorejo sintezo (navidez) kontradiktornih stanj in um je brez dvoma eden takšnih, četudi se mora zateči v transcendenco ali se transformirati. Alternativa je v (ponovni) vzpostavitvi enotnosti, ki je poprej razpadla ali prožila razpad osamosvojenih podenot (tudi same sebe?). Dejstvo, da iz Enotnosti vse izhaja, in zmožnost, da se vanjo lahko vse vrača, implicira obstoj ene same vseobsegajoče, univerzalne zavesti.

Individualne zavesti in posamezni Jazi so lokalna zrcaljenja takšne enotnosti.

Enotnost človeške zavesti lahko morebiti iščemo v kvantni nedeljivosti, vendar je na drugi strani Jaz izhodišče posebne vrste, ki bi ga prej postavili kot vzorec-atraktor oziroma sestavljeni gestalt zelo visokega reda na vrh hierarhije virtualnih struktur. Virtualne strukture pa niso (vsaj ne nujno) kvantne strukture. Kljub temu se zdi, da imamo v primeru človeške zavesti in osebnega Jaza vzpostavljeno neko zelo široko koherenco skozi mnoge ravni – in to nelokalizabilno mnogotero enotnost imenujemo Sebstvo.

## 13.2. ŠPEKULACIJE O MOREBITNI ZAVESTI BODOČIH SUPERRAČUNALNIKOV

Razprava o kibernetiki drugega reda je zelo aktualna tudi glede vprašanja o možnosti umetne zavesti, vendar je (vsaj zaenkrat) le človeška zavest (natančneje zavest višjih primatov) sposobna preseči kibernetično dinamiko, iz katere izhaja.

Futuristično gledano si je mogoče vsaj teoretično zamisliti superračunalnike, ki se sami gibljejo in sami poskrbijo za kakovostni informacijski pretok ter so neposredno sklopljeni oziroma korelirani ne le z makroskopskim fizikalnim okoljem, temveč tudi z mikroskopskim (npr. kvantnim). Zdi se, da so to, poleg velikanske kompleksnosti, nujni pogoji za morebitne zavestne računalnike. Upoštevati je treba tudi, da so sposobnosti ljudi rezultat dolge in bogate evolucije, ki je noben računalnik ne more ponoviti z nobenim umetnim učenjem. Razen tega pa je seveda jasno, da sekvenčni oziroma algoritmični računalniki ne morejo ponarediti kompleksnih paralelističnih procesov, ki so značilni za npr. intuitivno, zavestno in mikro-mišljenje človeka. Paralelni sinergetski, kvantni in nevroračunalniki obetajo korak naprej, vendar bodo morali preseči izolacijo. Morali se bodo neposredno sklopiti s fizikalnim mikroskopskim okoljem. Zavestni bi lahko bili šele, če bi se neposredno ("telepatsko") priključili na polje zavesti, ki si ga delimo ljudje in v nekem smislu tudi druga živa bitja ali celo neživi svet. Za to pa, kaže, potrebujemo kvantne ali subkvantne sisteme. Izvor (rekurzivnega) procesa bi bilo smiselno pri računalnikih postaviti v kvantno raven, kar bi bilo zaradi celostnosti, koherentnosti in naravne oziroma notranje zlitosti z okoljem verjetno bližje človeški zavesti.

Računalniki še zdaleč niso presegli tiste meje kompleksnosti, ki bi jim omogočala ustanovitev specifične globalne enote – vzorca-atraktorja visokega reda, ki bi ustrezal Jazu. Morebiti Hofstadterjev (1979) sklep, da bi lahko tudi računalniki premgli zavest, le ni tako zelo paradoksalen, vendar to le pod pogojem, da se računalniki odprejo v svet – da "se stopijo z njim" (seveda ne povsem dobesedno). To pa zahteva, da njihov procesni medij postane kvantni sistem. Kljub temu, da računalniki po "duševnih" sposobnostih zelo očitno zaostajajo za ljudmi, nekateri ljudje sami, kot da so predprogramirani za to, izomorfno vnašajo v stroje svojo vsebino in tega projiciranja ni mogoče ustaviti. Le zakaj to počnemo? Nas sistem (v širšem smislu) vleče k temu? Mogoče zato niti računalnikom, gledano zelo daleč v prihodnost, ne moremo postaviti zgornje limite – niti Gödelovega teorema ne. Vsak zelo kompleksen sistem, ko preseže neko kritično mejo, lahko preseže svojo lastno razslojitev v ravni in poenoti svojo hierarhično organizacijo – preprosto tako, da "je ne jemlje več povsem resno", da jo "omehča".

Pričakovati je, da bo v prihodnosti prišlo do večjega združevanja naravnega in umetnega, fizikalnega in psihološkega. Ne da bi to propagiral, domnevam, da bodo računalniški sistemi vse bolj posredno ali neposredno informacijsko sklopljeni z ljudmi kot njihovi koprocesorji in to utegne pospešiti njihovo zunanjo ter notranjo evolucijo. Tako bo njihova "zavest" ekspozitura naše zavesti, preden se morebiti osamosvoji (če bomo to dovolili, ali pa se nekoč zgodi fazna sprememba iznenada, četudi dovolj neopazno?!). Pogoji so paralelizem, kompleksnost, močna interaktivnost z okoljem, specifični odzivi z oblikovanjem reverzibilnih izomorfni stanj, notranja samoorganizacija in oblikovanje atraktorjev-gestaltov visokega reda.

Če je zavest univerzalna, potem je je lahko deležen tudi neživi svet, vsaj v neintencionalni obliki, z okoljem zelo dobro sklopljen stroj pa morebiti celo v intencionalni. Njegova "zavest" sicer seveda nikoli ne bi bila enaka človeški! Vedno bi bil le model zavesti, vendar utegne biti dovolj kakovosten in zmogljiv, da bi vseeno govorili o nekakšni zavesti. Kaj več pa res ne moremo pričakovati, saj niti o zavesti drug drugega ne moremo biti prepričani (mi ljudje sami med seboj).

Kar priznajmo, da računalnikom odrekamo zmožnost zavesti iz zgolj intuitivnih razlogov: ne migljajo, ne smehljajo se in tudi sicer ne reagirajo čustveno – torej, recimo, nimajo dovolj specifične motorike. Punčka-lutka, ki kliče "mama", se nam zdi skoraj boljši kandidat (kajti mi vanjo projiciramo svoje kvalitete in značilnosti). Če bi torej v nek zelo fleksibilen kompleksni sistem vztrajno vnašali svoje informacijske in energijske potenciale, tedaj in samo tedaj se lahko v superračunalniku morebiti vzpostavijo enote in avtonomne modelske strukture, ki bodo rasle prav v znamenju našega priznanja oziroma dopušcanja morebitne zavestnosti. Večji del razvoja pa je seveda prepuščen samoorganizaciji sistema, ki jo od zunaj lahko le stimuliramo. Ta je zelo vprašljiva in je neizogibno stvar daljne prihodnosti, vendar ne a priori izključena.

Glavno vprašanje je tukaj, povzeto po Uršiču (1987, str. 196), naslednje: "Ali je mogoče z rekurzivnostjo, ki ima pri računalniku svoje končno "sidrišče" ("izhodišče, zametek", op. M. P.) v hardwaru (v elektronskih vezjih, čipih) – torej prav na nasprotnem koncu hierarhije kot pri človeku – preiti do (po)polnega samonanašanja, do najvišje ravni v hierarhiji deskripcij, do najbolj 'presentljive zanke', do zavesti?!" Vendar tukaj govorimo o hipotetičnih računalnikih prihodnosti in ne o današnjih. Čipe bo nadomestil (sub)kvantni sistem, ki je takšne vrste kot tisti, ki morebiti vzpostavlja osnovo za našo zavest. Subkvantni sistem ("vakuum" ali Bohmovo "hologibanje") pa je tista raven, ki je na nek način skupna vsem, le

"priključiti" se je treba nanjo. Treba je znati kodirati vanjo in dekodirati iz nje. To pa pravzaprav ni nič posebnega, saj tako počnemo z radijskimi in televizijskimi valovi, pri katerih električno in magnetno polje ustvarjata drug drugega prav iz vakuumu. Če izhodišče oziroma "sidrišče" rekurzije postavimo v kvantni sistem, ga morda nimamo več "na nasprotnem koncu" kot pri človeški zavesti.

Človeško zaznavno oziroma miselno samonanašanje presega golo mehanično rekurzivnost. Kljub navidezni krožnosti ima svoje SUBJEKTIVNO IZHODIŠČE in je zato rekurzivno na "višji" ravni. To sta JAZ in SEBSTVO (kot transindividualni ali samozavedajoči se Jaz – tisti, ki presega atraktorske strukture), ki izstopa iz okolja, je "nad" njim in ga opazuje, kot da je v drugi dimenziji. Jaz in še bolj Sebstvo sta ireducibilna, čeprav oziroma ker sta (predvsem Sebstvo) izven dogajanja, ki je predmet opazovanja.

### 13.3. POSKUS KORESPONDENCE NATURALISTIČNIH IN PSIHOLOŠKIH MODELOV

V prejšnjih dveh poglavjih so bili obširno predstavljeni naturalistični modeli kognicije, zavesti in Jaza v smislu metodološkega redukcionalizma oziroma fizikalizma, v tem poglavju pa so bile poudarjene ireducibilne lastnosti zavesti in Jaza. Čeprav se zdijo ti pogledi nekompatibilni, bom sedaj predstavil poskus sinteze "bottom-up" emergentističnega naturalizma (ki je zaradi informacijske vsebnosti malo širši kot fizikalizem) in "top-down" psihologizma zavesti, kjer se seveda ne da izogniti govoru o mnogih dopolnjujočih se ravneh.

Ponovimo delitev zavesti na neintencionalno in intencionalno ter njune izvore. INTENCIONALNA ZAVEST ("zavest o nečem") je povezana z mednivojsko koherenco oziroma korelacijo objektov v okolju, ustreznih nevronskih vzorcev-atraktorjev in kvantnih stanj. Prek citoskeletona, posebno mikrotubulov, naj bi kvantni in nevronski sistem interagirala. Tako kvantni kot tudi nevronski sistemi so sposobni realizirati rekurzivne oziroma samorefleksivne procese, ki so enolično povezani z "objektom zavedanja".

NEINTENCIONALNA ZAVEST ("zavest sama na sebi") je v še bolj neposredni zvezi z nevrofiziološkimi procesi, nadalje pa najverjetneje s procesi na subkvantni ravni – na ravni "vakuumu" oziroma "hologibanja" ("osnovnega energijskega morja"), ki ga je verjetno moč neposredno izkusiti ob globoki meditaciji in v mističnih doživetjih. Dokazi za subkvantno naravo neintencionalne zavesti so tudi kvantna nelokalnost, razni razlogi iz teoretične fizike, poročila o parapsiholoških pojavih (predvsem telepatiji), pojavi kolektivnega zaznavanja in kolektivno nezavedno (Jung, 1995). Za navedene trditve mnogi jamčijo, da so eksperimentalno dokazane (Sheldrake, Orme-Johnson, Jahn idr.). Seveda pa je še veliko več poročil, ki so težko preverljiva, malo verjetna, zelo redka in neponovljiva, predstavljena v specifičnem simbolnem jeziku ali sploh neizrazljiva, zato jih lahko samo "vzamemo na znanje" ter ostanemo nevtralni, ne moremo pa jih (še) znanstveno sprejeti. Nekateri takšni pojavi (za večino od nas le hipotetični, za nekatere pa povsem realni) – telekineza, levitacija ipd. – kažejo na zveze zavesti s KVANTNO GRAVITACIJO. O tem, da je KVANTNA KOHERENCA osnova neintencionalne zavesti, največ pišeta anesteziolog Hameroff (anestetiki na kvantno-molekularni ravni povzročijo prehod iz zavesti v nezavest) in matematični fizik Penrose.

Menim, da je neintencionalna zavest, ki je ne smemo zamešati z običajno intencionalno zavestjo, FUNDAMENTALNO DEJSTVO. Neintencionalne zavesti ni mogoče omejiti le na ljudi ali le na živa bitja, temveč lahko "nastopa v" vseh kompleksnih sistemih, ki izhajajo iz enotne subkvantne celote. Neintencionalna zavest VSAJ POTENCIALNO lahko nastopa v kompleksnih fizikalnih sistemih.

Ker stanja in procesi kompleksnih sistemov premorejo to potencialnost prejetja zavestne interpretacije, sem jim pripisal "prazavest" ali "zavestnost", začenjajoč pri kvantnem vakuumu. Neintencionalno zavest zelo težko razločujemo od nezavednega. Razlika, ki je pogosto komaj zaznavna, je povezana s stopnjo samonanašanja oziroma samoosredotočanja systemske dinamike.

Vemo, da iz "vakuumu" izhaja ves materialni in virtualni svet, torej je neintencionalna zavest KOZMOLOŠKA PRVINA ter je ekvivalentna osnovnemu kvantnemu polju! Tukaj moram poudariti, da me kdo ne bi obsodil idealizma (sem holist, ne idealist), da na ravni novitosti vakuumu oziroma hologibanja postane sam izraz "neintencionalna zavest" preveč subjektivističen in naravoslovno neprimeren. Hočem reči le, da je NEINTENCIONALNA ZAVEST (vsaj) NA ENAKI RAVNI FUNDAMENTALNOSTI KOT MATERIJA.

Intencionalna zavest je REZULTAT EVOLUCIJE. Po nekaterih raziskavah (Oakley, 1985) naj bi jo posedavali tudi šimpanzi in (samo še) nekatere opičje vrste. Na to sklepajo po sposobnosti zavestnega bitja, da ima koncept lastnega Jaza in se zaveda samega sebe. Malo bolj sporna je širša kategorija bitij, ki se zavedajo, vendar se ne zavedajo sami sebe ali pa je to vprašljivo (mačke, psi, novorojenčki). Meja vsekakor ni ostra; imamo več stopenj intencionalne zavesti. Raziskave zgodnjeantičnih (Homerjevih) epov so baje pokazale (Oakley, 1985, po Jaynesu), da zgodnji Grki še niso imeli koncepta lastnega Jaza (vsaj ne v današnji avtonomni obliki), saj so delovali, kot so bili sami prepričani, po navodilih bogov, (notranjih) duhov, demonov ipd. V teh zgodnjih epih naj junaki ne bi razmišljali SAMI, temveč naj bi jim "prišepetavali" bogovi. Seveda je takšna kategorizacija zavesti odvisna od definicije oziroma od razmerij in zvez med pojmi zavest, samozavedanje, Jaz, Sebstvo.

Razlage intencionalne zavesti in sinteze modelov ni brez mnogonivojske koherence in celostnosti. Oglejmo si proces natančneje: Nek predmet v okolju je makroskopski objekt, ki ga modelira klasična fizika. Človekova manipulacija z okoljem nujno zahteva uporabo makroskopskih pripomočkov, npr. njegovih udov. Premike udov regulira nevronski motorični sistem, kvantni sistem je premalo močan. Vendar na drugi strani kaže, da je zavest povezana s kvantnimi procesi. Poleg duhovnih stanj k temu namigujejo tudi enotnost zavesti, sinteza multimodalnih dražljajev in dejstvo, da iz kvantnih procesov izhajajo vsi procesi

klasične fizike. Če na primer s svojo roko zavestno premaknemo vazo, pri tem nujno sodelujejo:

- vaza, opazovan makroskopski zunanji predmet
- svetloba – kvantni delci fotoni, ki se odbijajo od vaze in vzbujajo receptorne nevrone na očesni mrežnici, nevroni pa so makroskopske celice in jih večinoma obravnavamo s klasično fiziko
- asociativna nevronska mreža (nekakšna makroskopska replika kvantnih principov systemske dinamike)
- subcelularne strukture, npr. mikrotubuli, ki naj bi bili nevro-quantni posredniki in so povezani v nekakšne fine "nevronske" mreže; znotraj mikrotubulov pa se nahajajo mreže električnih dipolov oziroma mreže elektronskih spinov
- kvantni sistem, ki je znotraj mikrotubulov (ti so nekakšne cevke npr. v aksonu nevrona) v stanju kvantne koherence, kar je hipotetični fizikalni korelat enotnosti zavesti
- subkvantna raven ("vakuum"), ki naj bi bila osnova za transcendentalno oziroma neintencionalno zavest
- nevronske in kvantne virtualne strukture (atraktorji), ki jih doživljamo kot mentalne reprezentacije vaze
- osebni Jaz, ki sproža namenske akcije glede na lastno specifično izhodišče
- motorični nevroni, ki regulirajo raztezanje in krčenje mišic, kar privede do premika vaze.

Motorično akcijo pa moramo stalno senzorično spremljati in obenem se je (lahko) zavedamo. Za to pa je nujno potrebno vzpostaviti PROCESUALNO ENOTNOST predmeta, fotonskega polja, nevronske mreže in njenih atraktorskih struktur, kvantnega polja "v" mikrotubulih in širše. To je mnogonivojska koherenca. Hkrati je pod vplivom Jaza, kar dodatno zaplete proces – ga diferencira in obenem veže v enotno, globalno usmerjeno dogajanje.

Zavestni Jaz se pojavlja skozi princip (predvsem kvantne) koherence – ta je porok za dinamično enotnost, saj deluje kot "envelopa". Razvoj duševnosti in intencionalne zavesti je posledica postopnega zloma simetrije neintencionalne zavesti oziroma diferenciacije kvantnega polja. Zlom simetrije prinaša ustvarjanje kvantnih nehomogenosti (materije) in virtualnih struktur, ki vedno in od samega začetka spremljajo systemske procese. Za duševnost potrebujemo specifične enolične korelacije materialnega in virtualnega. Sedaj preglejmo različne poglede na hkratno enotnost in neenotnost materialnega in virtualnega (duševnega).

MONIZEM se zaveda enotnosti zavesti PRED zlomom simetrije sistema, DUALIZEM opozarja na pole materialno-virtualno PO zlomu simetrije. MATERIALIZEM priznava le materialni pol, IDEALIZEM le virtualnega. Dualistično kognitivno-filozofsko prepričanje pa se deli še na INTERAKCIONIZEM (materija in duh vplivata drug na drugega) in PARALELIZEM (materija in duh sta sinhronizirana, vendar ne vplivata drug na drugega). Rekel bi, da materija (nevroni) in duševnost (atraktorji – gestalti) delujeta drug na drugega SAMO PREK KARDINALNIH NEVRONOV, ki regulirajo in kodirajo ves (vsakemu izmed njih ustrezni) vzorec-atraktor. Sicer pa sta lahko materija in duševnost le sinhronizirana. Atraktor je virtualna (nadmaterialna) struktura, nevron pa je materialen, zato ne moreta interagirati v pravem pomenu besede. Bolj "neposredno" lahko interagirata prek "točke, ki je še najbolj skupna" – to je prek kardinalnega nevrona. Naše psihofizično vprašanje lahko nazorno ilustriramo z naslednjim: Ali posamezni državljani (nevron) interagira z državo (vzorcem-atraktorjem) ali le z njenimi predstavniki (kardinalnimi nevroni)?! Vzorec-atraktor je nekakšen organizacijski režim. Tega najbolj podpira nevron, ki "ima oblast" – kardinalni nevron. Vsak državljani (nevron) je del države (vzorca-atraktorja), vendar šele "če ima oblast (pomen)", lahko dejavno narekuje državni režim...

Gledano celovito se mi zdi, da možgani-duševnost NA RAZLIČNIH RAVNEH delujejo v skladu z različnimi kognitivno-filozofskimi teorijami, ki smo jih navedli. Menim, da alternativa kognitivne znanosti ni v izbiri ene smeri, ampak v preučitvi območja veljavnosti vsake posamezne teorije. Morda je metoda SINTETIČNEGA SUPERPONIRANJA TEORIJ zgolj začasna rešitev, vendar trenutno le ta prinaša bistvene novosti, ne da bi se posamezne smeri medsebojno zatirale.

Spekter teh različnih pogledov na problem telesa in duha se zdi kot sekundarna nadgradnja skupne monistične osnove – prvinske procesualne enotnosti in samointeraktivnosti subkvantnega vakuuma.

Teoretični razlogi, ki podpirajo tezo o fundamentalnosti neintencionalne zavesti, so v dejstvu, da je mogoče dojemati kvantno raven in gravitacijsko polje kot KOMPLEKSNA SISTEMA. Gravitacija je po relativnostni teoriji povezana z ukrivljenostjo prostora-časa. Po domače rečeno, tako prostor-čas kot tudi gravitacija sta posledici nehomogenosti v (sub)kvantnem polju. Te nehomogenosti pa so izraz systemske dinamike "osnovnega polja". Podobno kot delci izhajajo iz paralelno-distribuiranih procesov v "vakuumu", tudi atraktorji nastajajo na osnovi paralelno-distribuiranih nevronskega procesov.

Kohonenov model zaznavanja predvideva, da se naključno porazdeljeni zunanji dražljaji v možganih topološko organizirajo glede na stopnjo medsebojne korelacije. To pomeni, da se bolj PODOBNI dražljaji zakodirajo BLIŽE skupaj v t. i. mape možganske skorje. PROSTORSKA STRUKTURA skorje (časovne sekvence se tudi kodirajo prostorsko) nastane na osnovi KORELACIJ med vzorci, ki neurejeno prihajajo iz okolja. Skratka, PROSTORSKO-ČASOVNE VZORČNE STRUKTURE SO POSLEDICA SYSTEMSKE DINAMIKE NEVRONSKE MREŽE. Podobno velja tudi na subkvantni ravni: PROSTOR-ČAS IZHAJA IZ SYSTEMSKE DINAMIKE "HOLOGIBANJA" ("mrež" vakuumskih fluktuacij).

Zavest, kvantna gravitacija in pojem prostora-časa imajo torej nekaj skupnega. Skupni imenovalac je spet kolektivna paralelno-distribuirana dinamika kompleksnega sistema – prav v tem so si nevronske, kvantne in virtualne procesualne strukture sorodne.

Če smo še natančnejši: lokalizacija kvantnih delcev se pojavlja podobno kot proces "zmagovalec-dobi-vse" v nevronske mreži. Nek paralelno-distribuiran vzorec-atraktor kodira mentalno stanje. Znotraj njega pa določen nevron (t. i. kardinalni nevron) postane najbolj dominanten in sam prevzame levji delež informacijskega zastopanja. Kardinalni nevron je seveda lokaliziran, ves vzorec pa je razpršen po bolj ali manj vseh možganih. Ravno tako je tudi na kvantni ravni: nelokalizirano kvantno stanje se lahko v posebnih okoliščinah manifestira kot lokaliziran delec. Kvantno lokalizacijo sproži proces merjenja ("kolaps valovne funkcije"), prevlado kardinalnega nevrona in njegov prevzem kodirne vloge pa sproži dražljaj iz okolja (zaznavanje). Zunanji dražljaj privilegira tiste nevrone, ki so mu najbolj ustrezni, in eden od njih postane kardinalen.

Neredukcionistične naturalistične (to je emergentistične) teorije sistemsko-procesualnega ozadja zavesti se tako lahko, v duhu (monističnega) holizma, integrirajo s podmeno o SOFUNDAMENTALNOSTI neintencionalne zavesti, če je ta sprejeta kot enakovreden naravni pojav.

Omenjeni primeri kažejo, kako nerazdružne so biofizikalne (npr. koherenca, prostor-čas) in psihološke entitete (Jaz, intencija), vključno z vplivom okolja. Zato mora tudi preučevanje zavesti biti metodološko mnogotero, hkrati iskati najprej analogije in korelacije med ravnmi, nato pa po možnosti tudi morebitne kavzalne zveze. Različne primerne metode so fizikalna in psihološka teorija ter eksperiment, računalniške simulacije in introspekcija. Introspekcijo dojemam kot nekakšno NOTRANJE MERJENJE, ki je legitimna empirična metoda, vendar bi ostala neartikulirana, če je njenih izsledkov ne bi primerjali z računalniškimi simulacijami in ustreznimi modeli. V mojem primeru gre za primerjavo izkušenj z računalniškimi simulacijami na eni strani, introspekcijo na drugi in teoretičnimi modeli (nevronske mreže, spinski sistemi, kvantna fizika) na tretji strani. Tako zaključujem znanstveno obravnavo zavesti in prehajam na filozofsko diskusijo kvalij.



## 14. FENOMENALNA ZAVEST IN KVALIJE

### 14.1. MNOGOPLASTNOST ZAVESTI PRIVEDE DO DELITEV

To, da smo zavestni, je očitno – to vemo vsaj v prvi osebi. Ker je zavest izrazito celosten pojav, je "neotipljiva". Zato ostaja njen obstoj, "podan v prvi osebi", njena edina očitna lastnost. Ob poskusu analize, ki pokvari introspektivno samoevidentno enotnost zavesti, se pojavijo mnoge ravni in vidiki. Wilkes (v: Marcel & Bisiach, 1988) opozarja, da v antični grščini sploh sploh ni izraza za zavest ali duha (razen "psyche", ki je nekako sinonimna "življenju" oziroma "biti nekaj" ("imeti neko formo" po Aristotelu)), pa tudi v kitajščini ga je treba iskati. Vzrok za to je prav v samoevidentnosti zavesti – kar je introspektivno VSEprisotno, pač ni zaznavno, ko se usmerimo k delom.

Zaradi mnogoplastnosti problema zavesti veliko avtorjev uvede delitve (Davies & Humphreys, 1993). Prvič, loči FENOMENALNO ZAVEST in INFORMACIJSKO-PROCESUALNO ZAVEST. Organizem ima fenomenalno zavest, če in samo če je nekaj, kar je BITI ta organizem. Nagel je z znamenitim člankom "Kako je biti netopir?" opredelil fenomenalno zavest organizma kot tisto, kar ta organizem čuti oziroma kako SE čuti. Imeti fenomenalno zavest nekega človeka, pomeni v PRVI OSEBI vedeti, kako je biti ta človek. Če bi vedeli, kako je biti netopir, bi imeli fenomenalno zavest netopirja. Fenomenalna zavest je torej izrazito SUBJEKTIVNA, torej dostopna samo subjektu samemu "od znotraj" – kot privilegij prve osebe.

Informacijsko-procesualna zavest ustreza bolj kognitivnemu vidiku zavesti. Blizu je naturalističnemu pojmu sistemsko-procesualnega ozadja zavesti oziroma informacijski komponenti zavesti. V angleščini uporabljajo izraz "access consciousness"; torej gre za tisti del zavestnega doživljanja, ki je dostopen ("access" = dostop) sporočanju, mogoče je izraziti njegovo vsebino. Zavestno mišljenje spada v to informacijsko-procesualno kategorijo. Naj naslednji primeri oslikajo razliko med informacijsko-procesualno in fenomenalno zavestjo: Oseba, ki se zaradi udarca onesvesti, ni informacijsko ("access") zavestna; če pa "vidi zvezde" ali sanja, je fenomenalno zavestna (Flanagan, 1992). A klasifikacija ni čista (kar je pri študijih zavesti zelo pogosto): Slepovidni pacient nima ne fenomenalne ne informacijske zavesti (za razliko od normalnega človeka, ki ima oboje), vendar ima neke vrste podzavedno različico informacijske zavesti ali celo obeh...

Namen delitve na fenomenalno in informacijsko-procesualno komponento zavesti je vsekakor v poskusu ločitve t. i. težkega problema fenomenalne zavesti od t. i. lažjih problemov informacijsko-procesualne zavesti. Razložiti naravo fenomenov (kako se nam stvari prikazujejo v zavesti) je vsekakor težje kot razlagati mehanizme mišljenja, vsaj takrat, ko je kvalitativno zavestno doživljanje misli in predmetov misli v ozadju v primerjavi z logično-procesualnim tokom mišljenja. Kvalije (fenomenalne kvalitete), kot so doživljanje barve, bolečine, lastnega telesa ipd., so tista glavna značilnost fenomenalne zavesti, ki je ni mogoče obravnavati v okviru naturalistične sistemsko-procesualne komponente zavesti. Kvalije so NAČINI, KAKO SE NAM STVARI PRIKAZUJEJO, kako jih dejansko doživljamo. Ti načini so neopisljivi, neanalizabilni (v običajnem smislu), intrinzični, prvinski, neposredni. Slepemu človeku ni mogoče kvalitativno opisati, kako je doživljati barve, gluhemu človeku ni mogoče predstaviti kvalitativno dožemanje zvoka.

Fenomenalno, informacijsko, intencionalno, samoreflektivno se pri zavesti prepletajo in dopolnjujejo. Za fenomenalno stanje zavesti, npr. občutenje bolečine, ki nima nobene semantične vsebine, navadno dodatno velja, da subjekt poseduje koncept tega stanja – lahko da sodbo oziroma prepričanje, da čuti bolečino oziroma da ON čuti bolečino. Na drugi strani tudi "dostopna zavest" ("access consciousness") presega sporočanje (informacijsko komponento) samo, saj je za izvedbo poročila o stanju lastne zavesti potrebna subjektova SODBA o stanju zavesti oziroma njegovi vsebini (Davies & Humphreys, 1993). Introspektivno osebno samoobčutenje je za tretjo osebo onstran dojemljivega, vendar je moč tudi domnevati, misliti in govoriti o doživljanju drugega človeka, ne le sporočati svoje doživljanje.

Nevrolog Bisiach (v: Marcel & Bisiach, 1988) razločuje fenomenalno zavest C1, ki je nedostopna zunanjemu opazovalcu oziroma mu je omejeno dostopna le s sporočilom prve osebe. Druga vrsta zavesti C2 je možnost dostopa delov ali procesov sistema v druge (a ne vse) dele ali procese. C2 je lahko lastnost raznih fizikalnih in umetnih sistemov. Če se C1 smatra kot globalno stanje C2 sistemov, vseeno ne premore samozavedanja, vendar velja, da je C1 (kljub svoji subjektivni fenomenalni naravi) nedeljivo povezana s fizikalnimi procesi z odnosom identitete. Bisiach uvede še nefizikalno zavest C3, ustrezno Ecclesovemu in Popperjevemu dualističnemu sebstvu. Taka razdelitev, kar radodarna pri C1 in "onostranska" pri C3, je značilna za tiste nevrologe, ki niso eliminitivistični materialistični monisti, temveč priznavajo neodvisnost zavesti; s tem so torej ali dualisti ali nekaj bolj milega, kar bi lahko imenovali mnogonivojski monizem (Chalmers, emergentisti in jaz bi lahko spadali sem).

Sperry (po Bisiachu v: Marcel & Bisiach, 1988) ima zavest za dinamično, emergetno entiteto, ki izhaja iz možganske dejavnosti, vendar ni ne identična ne reducibilna na nevronske procese, ki jo sestavljajo. Po njem zavesti ni mogoče razumeti ne kot epifenomen ne kot notranji vidik ali kakšen drug pasivni korelat možganskih procesov, temveč kot integralni del možganskih procesov, ki ima vzročno vlogo v njih samih. Sperry je torej lahko član naše skupine mnogonivojskega monizma ali pluralističnega monizma (ontološkega monizma, ki je epistemološko pluralizem).

Nelkin (v: Davies & Humphreys, 1993) deli zavestna stanja na fenomenalna (občutenje doživetja, občutje ob doživetju), intencionalna (zavestna stanja se nanašajo na določeno vsebino) in introspektivna (z njimi se zavedamo, da smo v stanju zavesti prve ali druge vrste). Ker ni nobenega "organa" za zavest, Nelkin dvomi,

da je introspekcija posebna vrsta zaznavanja – notranje samoznavanje. S to delitvijo priznava, da so vsa intencionalna stanja zavestna (mogoče je to malo preveč). Hkrati ne priznava enotne zavesti, temveč trojno zavest. Pri tem (upravičeno) ugotavlja, da intencionalna zavest nima bistvene zveze s fenomenalno ali introspektivno zavestjo. Introspekcija pa je, pravi po Searleu, v bistvu fenomenalna in izraža nujnost vidika prve osebe.

Jaz menim, da so intencionalna stanja običajno zavestna, vendar je vprašanje, ali so vsa intencionalna stanja zavestna. Rekel bi, da ne. Če je intencionalnost zgolj uperjenost na predmete, tedaj so nevronska ali kvantna z-zunanjimi-predmeti-korelirana stanja intencionalna stanja, ki niso nujno zavedna in ne fenomenalna. Intencionalnost se ne zdi tako nujno povezana z zavestjo kot kvalitativni fenomeni (morda pa so tudi pri slednjih izjeme pri kakšnih bizarnih nevroloških motnjah). Nelkin še pravi, da imajo fenomenalna stanja posebno vrsto intencionalnosti o njih. Če so vse piktorialne reprezentacije fenomenalne, vseeno lahko izluščimo njihovo reprezentacijsko in njihovo fenomenalno komponento. Tudi Rey (v: Davies & Humphreys, 1993) izrazi dvom o tem, da tako različna duševna stanja, kot so čutne zaznave, želje, prepričanja, upanja, strahovi, spomini, tvorijo povsem enotno zavest. Vendarle zavest je raznolikost v enem.

Tudi Gennaro loči npr. vidno informacijo od vidne (kvalitativne) izkušnje. Pri vidni agnoziji pacienti ne zmorejo pripisovati pomena dražljajev, ki jih informacijsko sicer zaznavajo – ne občutijo dražljajev kvalitativno. Nekateri pacienti vedo, da jih boli, vendar so malodušni, bolečina jih ne moti.

## 14.2. NARAVA FENOMENALNE ZAVESTI

Po Descartesu je duh nefizikalna prvina brez razsežnosti, zato ni mogoče uporabljati atributov, ki pripadajo razsežnim stvarim, za duha. Kant reprezentacijo "mislim" šteje kot neizkustveno, transcendentno reprezentacijo, ki spremlja ostale reprezentacije. Berkeley je zanikal možnost obstoja sveta izven našega izkustvenega sveta fenomenov, Kant pa možnosti od fenomenov neodvisnih stvari-samih-na-sebi (noumenalnega sveta) ni zanikal.

Zavesti same ne moremo opazovati (z gledišča tretje osebe), ker opazujemo SKOZI zavest. Zavest implicira samozavedanje – notranje, ne le zunanje samoopazovanje ali metakognicijo (dostop do lastnega znanja, vednost oziroma informacija o lastnem znanju, zaznavah, sodbah, informacijska samorefleksija). Torej, samozavedanje je METAzavedanje, nekaj več kot METAkognicija, ki jo premorejo malo starejši otroci še preden se zares začnejo zavedati sebe (namenoma sem uporabil "se" IN "sebe"). Mlajši otroci seveda najprej začnejo brez metakognicije, in sicer s preprostim zaznavanjem prvega reda (Marcel v: Marcel & Bisiach, 1988).

Za vidno zavest ("visual awareness") je značilna trenutna vezava elementov vidne zaznave, kar se loči od razmeroma dolgotrajnega vzdrževanja namenskega cilja ali besednega opisa niza dogodkov. Privilegirana introspektivna dostop prve osebe vase ni omejen le na fenomenalno doživljanje. Dodati velja tudi prepričanja in intence (uperjenost na predmete).

Intencionalna zavest je majhna podmnožica duševnih procesov. To priznavajo mnogi filozofi duhovne introspekcije, kot so Plotin, Avguštín ("duša ni dovolj velika, da bi vsebovala sebe"), Dante, Sv. Tereza Avilska, Montaigne, Boehme (Wilkes v: Marcel & Bisiach, 1988). Seveda pri tem mislijo individualno zavest, razsežna "prostranstva" nezavednega, tudi kolektivnega nezavednega bi pripisali nadindividualnemu Duhu. Zavestno procesiranje je razmeroma počasno, vzorci v zavesti so kratkotrajni in omejeni, informacijsko (kognitivno) močno oklesteni (Baars, 1997), so pa na drugi strani fenomenalno izredno bogati in natančni. V intencionalni zavesti lahko za nekaj časa obdržimo le nekaj kognitivnih vzorcev, vendar so ti lahko polni kvalitativnih podrobnosti. Intencionalna zavest je podvržena habituaciji in vseskozi sledi žarišču pozornosti. Hkrati pod vplivom dražljajev iz okolja črpa iz neizmerne nezavednega rezervoarja ter "oživlja" selektivno aktualizirane vsebine. Gledano samo informacijsko je razmerje med zavestjo in nezavednim podobna razmerju med kratkoročnim in dolgoročnim spominom.

Intencionalno zavestno mišljenje je verjetno povezano z najmlajšim – frontalnim delom možganske skorje. Posebno sposobnosti načrtovanja, opazovanja, prerazporejanja in drugih izvedbenih funkcij naj bi izvirali v frontalni skorji (Kelly & Jacobi po Stussu & Bensonu; idr.).

## 14.3. KVALIJE

Kvalije so tisto, kar dejansko neposredno doživljamo oziroma občutimo – oziroma KAKOR doživljamo in občutimo. Kvalije (kvalitativna doživetja ali občutki) so sinonim za fenomenalna stanja. Kvalije so nekako prvinske, osnovne, dostopne le prvi osebi (subjektivne), neanalizabilne, neopisljive v bistvu (ni jih v bistvu mogoče opisati slepim ali gluhih). Nabor raznih kvalitativnih doživetij sestavlja tisto, kar od znamenitega članka T. Nagela ("Kako je biti netopir?") naprej imenujemo "kako je biti (nekdo)" – kako je čutiti kot neka oseba ali osebek.

Zgodovinsko so povezani pojmi zaznavnih kvalitiet in sekundarnih ali akcendenčnih kvalitiet (Locke, 1975), kot so zvoki, okusi, barve, vonji. Doživljamo jih kot pripadne zunanjim predmetom ali stanjem, čeprav se zavedamo, da so subjektivne. Od tod povezava izraza kvalija s pojmom fenomenalno (ker se veže na

fenomene) v nasprotju s pojmom noumenalno (kar izraža bistvo substance same).

Čeprav kvalije niso omejene na vizualizacijo oziroma piktorialne reprezentacije (angl. "imagery"), predhodijo kognitivni interpretaciji ali propozicionalizaciji. Ne glede na to, kako so (niso) jasne in žive, ne vplivajo bistveno na stopnjo dojetanja. Dojamejo oziroma razumejo se šele naknadno. Najprej se občutijo in stopnja občutenja je tako v prvi vrsti neodvisna od stopnje dojetanja, predhodnega znanja in okoliščin (Hubbard, 1996).

Kvalije pri zaznavanju so sorodne tistim pri predstavljanju. Predstave izhajajo iz prerazporejanja in sestavljanja zaznavnih elementov. Fantomski udi (občutenje amputiranih udov) so dokaz, da so nekatera fenomenalna stanja (npr. bolečinska) tudi reprezentacijska.

Block postavlja naslednjo opredelitev: Fenomenalna zavest je doživljanje ob zaznavanju, občutenju, pa tudi ob mišljenju, željah, čustvih... Fenomenalne zavestne lastnosti so zanj nekaj drugega od kognitivnih, intencionalnih ali funkcionalnih lastnosti. Procesualno-informacijska zavest ("access consciousness") nastopa takrat, ko je reprezentacija njene vsebine pripravna za uporabo kot premisa pri sklepanju ali za razumski nadzor dejanj ali za razumski nadzor govora. Block izpostavi še druge vrste zavesti, denimo samozavedanje in opazovalno zavest ("monitoring consciousness").

Imeti kvalijo, npr. vizualizirati barvo, pomeni izvajati eno od naslednjih treh dejavnosti:

1. neposredno vizualizirati barvo samo;
2. spominjati se vizualne izkušnje barve;
3. vizualizirati ali spominjati se podobnih barv in interpolirati.

Vedeti, kakšno je neko doživetje, pomeni vedeti, kako si je moč predstavljati to doživetje (Nemirow v: Lycan, 1992).

Fenomenalno znanje se loči od deskriptivnega (opisljivega), abstraktnega ali propozicionalnega (verbalnega) znanja. Zato jih modeli semantičnih mrež, pravzaprav vsi konekcionistični modeli, ki izhajajo iz simbolne abstrakcije ali kodiranja, ki sledi po zaznavni izkušnji ali mimo nje, ne zaobjamejo in s tem spadajo med deskriptivne, ne pa razlagalne modele kvalij (Hubbard, 1996).

Na tem mestu bi rad še zavrgel eliminativistični pogled zakoncev Churchland glede kvalij. Barve so na stopnji očesne mrežnice zakodirane s tremi tipi celic – čepkov, ki kodirajo informacijo o vpadni svetlobi kratke, srednje in dolge valovne dolžine. Vidna zaznava naj bi po Patricii in Paulu Churchlandu bila identična s specifičnim tripletom frekvenc signalov ("spike-ov"), ki jih odpošiljajo mrežnični receptorji (Churchland & Sejnowski, 1992; Hubbard, 1996). Nevrološko dejstvo, da specifični barvi ali osenčenju ustreza specifično razmerje aktivnosti treh čepkov in iz tega izhajajoči vzorci nevronske aktivnosti v višjih vidnih centrih (Flanagan, 1992), naj bi bila že zadostna razlaga kvalij oziroma njihov nadomestek. Vonj vrtnice naj bi ne bil nič drugega kot specifično vibracijsko stanje sistema sklopljenih oscilatorjev s frekvencami 95 Hz / 35 Hz / 10 Hz / 80 Hz / 60 Hz / 55 Hz (Hz = en nihaj na sekundo) v olfaktornem bulbusu. Gotovo je, da takšna natančna nevroznanstvena analiza veliko pripomore medicini pri odpravljanju motenj zaznavanja pri pacientih, saj medicina lahko deluje le na omenjene NEVROFIZIOLOŠKE KORELATE zaznavnih kvalij v možganih. O sami naravi kvalij pa nevroznanost ne pove nič, zato eliminativistična nevrofilozofija ne daje prispevka k filozofiji duševnosti.

Še en problem za par Churchland. Rumena barva ustreza detekciji svetlobe z valovno dolžino 577 nanometrov (miljardink metra). Vendar doživljamo kot rumeno tudi dvokomponentno barvno piko, ki jo sestavljata monokromatska 540 nm svetloba (zelená) in monokromatska 670 nm svetloba (rdeča), nobena od njih pa nima 577 nm svetlobne komponente. Vsaj glede kvalij se utegne torej funkcionalizem obdržati dlje kot eliminativistični fizikalizem.

Na kratko omenimo, kakšne metode psihologi uporabljajo za ugotavljanje in merjenje kvalij (Hubbard, 1996):

- subjektivno poročilo (znanstveno sporno);
- eksperimentatorjeva subjektivna ocena (sporno);
- primerjalne kronometrične meritve in PET študije;
- subjekt prosijo, da primerja npr. svoje zaznave, predstave, spomine nanje ali na sanje s fotografijami različnih odtenkov, osvetljenosti, jasnosti in drugih kvalitiet.

Zadnji dve metodi sta bolj objektivni, vendar ugotavljata le bolj funkcionalne vidike kvalij; prvi dve metodi lovita fenomenalni vidik kvalij, a sta subjektivni.

## 14.4. VPRAŠANJE KRITERIJEV ZA FENOMENALNO ZAVEST

V (Hut & Shepard, 1996) beremo, da ni splošno sprejetega kriterija, ki bi odločal, ali je zunanje opazovan fizikalni sistem pospremljen z zavestnim doživljanjem ali ne. Mnogi se strinjajo, da fizikalni procesi zavesti ne opišejo zadovoljivo, pa vendarle, da naj bi zavest izhajala iz (nekaterih) zelo kompleksnih fizikalnih sistemov in emergentno pridobila posebne, nefizikalne lastnosti, ki kvalitativno presegajo še nedefinirane osnovne dele ali elemente sistema. Odprto ostaja, ali taka zavest lahko vzročno deluje nazaj na fizikalni kompleksni sistem, iz katerega izhaja (emergentni psihofizični interakcionizem). Hut in Shepard pravita

(prav tam, str. 314):

"S stališča prve osebe, menim, da bi merjenje in analiza elektrokemičnih procesov v enem ali več nevronih v mojih možganih, katerih vzburjenost je popolnoma korelirana z mojo izkušnjo rdečega, denimo, ne pokazala nobene razlike glede na elektrokemijski proces v drugih nevronih mojih možganov, katerih vzburjenost nima zavestnega korelata. Celo če odkrijem, da je vzburjenost določenih nevronov na določeni lokaciji mojih možganov potrebna in zadostna za mojo zavestno izkušnjo rdečega, mi to ne bi povedalo nič o tem, zakaj je imel ta zunanje opazovani fizikalni dogodek takšno fenomenalno spremljavo, medtem ko je nek drug fundamentalno-fizikalni dogodek, nerazločljiv od prvega, ni imel."

Naj omenim, da Hut in Shepard ponujata novost – pomen pogleda druge osebe. V fizikalnem pogledu tretje osebe ni privilegirane pozicije opazovalca na njegovi svetovni liniji (traektoriji v prostoru-času). Subjektivističen pogled prve osebe lahko vodi v solipsizem. Intersubjektivni pogled druge osebe pa lahko, pravita, presega enostranskosti objektivizma tretje osebe in subjektivizma prve osebe... (Hut & Shepard, 1996).

Allport (v: Marcel & Bisiach, 1988) trdi, da ni neposrednih vedenjskih pokazateljev zavedanja. Po Blockovem mnenju ni nevrofiziološkega oziroma kakršnegakoli biofizikalnega mehanizma, ki bi dokazano bil odgovoren za izvor kvalitativnih doživetij. Niti vsi možgani niso dovolj za pojasnitev kvalij. Občutja bolečine ni mogoče zreducirati na vzburjenost C-niti. Teorija identitete po mojem ne vzdrži niti mnogo prej, npr. pri enačbi "voda = H<sub>2</sub>O", saj voda imenujemo tisto prozorno tekočino, ki jo vidimo in okusimo (četudi brez značilnega okusa), ne pa (vsaj ne v prvi vrsti) kot molekulo dveh vodikovih in kisikovega atoma. H<sub>2</sub>O je namreč molekula, voda pa je množica molekul H<sub>2</sub>O, kot jih LJUDJE KVALITATIVNO DOŽIVLJAMO, kar je posledica interakcije množice (*n*) molekul H<sub>2</sub>O z našimi čutili in zaznavnimi središči v možganih. Voda je torej zaznana nH<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O pa je samo molekula sama na sebi.

Levine (v: Davies & Humphreys, 1993) pa pravi, da so duševna stanja funkcionalna stanja višjega reda, ki so lahko načeloma udejanjena z veliko različnimi fizikalnimi sistemi. Zatorej je povsem konsistentno z materializmom, da je mogoče doživljati bolečino in vendar ne imeti vzburjenih C-niti, npr. pri fantomski amputirani nogi. Levine (prav tam) vendarle zaključuje takole:

"Za razlagalno brezno je odgovorno to, da naši koncepti kvalitativne narave nimajo, vsaj ne v smislu njihovih psiholoških vsebin, nobenih vzročnih vlog. Redukcija je razlagalna, če pri redukciji predmeta ali lastnosti odkrijemo mehanizem, s katerim je vzročna vloga, konstitutivna za ta predmet ali lastnost, udejanjena. Še več, zdi se, da je to edini način, da redukcija postane razlagalna. Torej, do tolikšne mere, kolikor je element v našem konceptu kvalitativne narave, da ni zaobjet s komponentami svoje vzročne vloge, do te mere bo ubežal razlagalni vlogi fizikalistične redukcije."

Levine se še sprašuje, "kako lahko materija udejanja pomen; kako lahko delček materije JE O NEČEM" (intencionalnost). To vprašanje je, menim, odgovorljivo z modeli mrež formalnih nevronov, to je z njihovimi specifičnimi vzorci-atraktorji, denimo biofizikalno implementiranimi. Vendar se Levine nadalje sprašuje, tokrat zares upravičeno: "Kako je lahko BITI-NEKAJ le fizikalni sistem?" (original: "How can there be something it is like to be a mere physical system?" – Levine v: Davies & Humphreys, 1993, str. 134–135). Torej, ali so kvalitativni fenomeni le fizikalna stanja, fizikalne nehomogenosti "usidrane v prostoru-času", kot bi dejala Penrose in Hameroff? Zares, predvsem kvalije so tista stvar, ki se najbolj izmika fizikalizmu.

## 14.5. VPRAŠANJE NUJNOSTI FENOMENALNE ZAVESTI

Pomembno vprašanje je, ali so duševne sposobnosti odvisne od zavestnih kvalitativnih izkušenj oziroma ali zavest prinaša evolucijsko prednost. Searle (TucsonII, 1996) zavrača epifenomenalizem z navedbo selekcijskih prednosti zavesti: večja zmožnost diskriminacije, večja prožnost, občutljivost in ustvarjalnost. Sem bi lahko dodali še motivacijo in namensko oziroma voljno dejavnost, ki jih vzpodbujajo kvalije.

Van Gulick (v: Davies & Humphreys, 1993) po Marcelu našteje naslednje primere, ko pomanjkanje fenomenalnega doživetja prinaša izgubo funkcije:

- izguba sposobnosti izvedbe (motoričnega) dejanja, npr. pri slepovidnosti in podobnih motnjah zavesti;
- izguba integriranega koncepta lastnega jaza pri amnezičnih pacientih kot posledica izgube epizodnega spomina oziroma zavedanja preteklih izkušenj;
- nesposobnost učenja novih nalog (razen takih s ponavljanjem in navajanjem) brez zavedanja navodil za izvedbo;
- nesposobnost načrtovanja dejanj brez zavestnega mišljenja.

Marcel nakaže tudi, da se pri omenjenih štirih primerih ne pograša le zavest, temveč vsaj deloma tudi samozavedanje, saj gre za refleksivne metakognitivne duševne procese:

- nedejavnost (ni voljnih dejanj) slepovidnega človeka se lahko poveže s pomanjkanjem reprezentacije sveta-v-odnosu-do-njega;
- izguba osebne samointegracije je posledica nesposobnosti vzpostavitve oziroma ažuriranja modela samega sebe;
- nesposobnost učenja novih veščin je posledica motnje v načrtovanju dejanj kot lastnih dejanj;

- načrtovanje in nadzor izvajanja dejanj zahteva cilj, (samo)opazovanje napredovanja pri njegovem doseganju in vednost o lastnih sposobnostih ter željah.

Van Gulick (v: Davies & Humphreys, 1993) obravnava hipotetični primer Marije, strokovnjakinje za barvni vid, ki je vse življenje preživela v črno-belem okolju. Vendar ji sodobna video tehnologija omogoča, da je na osnovi vseh dosegljivih fizikalnih podatkov, ki jih dobi o barvah, postala vrhunska strokovnjakinja za barvni vid. Ali bo Marija, ko bo izpuščena iz črnobelega izolacije, doživela nekaj novega, kar ji ni bilo dostopno prej, kljub vsem fizikalnim podatkom? Pridružujem se avtorjem miselnega poskusa, ki pravijo: da, doživela bo nekaj novega, to je nefizikalnega (saj ima vso fizikalno vednost).

Van Gulick zgradi naslednji argument:

P1: Marija (pred izpustom iz izolacije) fizikalno ve vse, kar je možno, o rdeči barvi.

P2: Marija (pred izpustom) ne ve vsega o zaznavi rdečega, kar se da vedeti, saj ob izpustu doživi nekaj novega.

Zato:

Z1: Res je, da se doživetje rdeče barve izmika fizikalistični razlagi.

Z2: Fizikalizem je napačen in fenomenalne kvalitativne lastnosti se ne dajo razložiti (ali identificirati) s fizikalnimi lastnostmi.

Zaključka bi lahko tudi sam, tudi kot fizik, sprejel, če so kot fizikalne lastnosti mišljene takšne, opisljive z običajnimi fizikalnimi količinami. Vse zavisi od opredelitve, kaj je fizikalno...

Van Gulickova oziroma Jacksonova debata se nadaljuje z vprašanjem, kakšno novo znanje Marija pridobi z izhodom iz črnobelega izolacije.

Churchlandova pravita, da je njeno novo znanje le nova zmožnost razpoznavanja in predstavljanja.

Tye in Horgan pravita, da Marija le na novi način spoznava dejstva in propozicije (?), ki jih že pozna. Podobno odgovarjata tudi vodilna kognitivna nevroznanstvenika Crick in Koch (v Chalmers, 1995): Marija ne ve, kako je vidno doživljati barve, ker nikoli ni imela eksplicitne nevrnske reprezentacije barv, temveč le reprezentacije besed in idej, ki se tičejo barv.

Lycan, Van Gulick, Loar odgovorijo, da je Marijina nova informacija le v finejšem načinu individuacije propozicije, ki upošteva konceptualno konstitutivno strukturo. Marija potemtakem pridobi boljše diskriminativne zmožnosti.

Vsi dosednji odgovori ne zavrnejo fizikalizma, le Jackson ga zavrne z odgovorom: Marija pridobi novo znanje v grobem, surovem načinu individuacije; s tem pridobi torej tudi nefizikalno znanje.

Obravnavajmo še en argument (Van Gulick v: Davies & Humphreys, 1993):

P1: Kvalije, kot so fenomenalni barvni odtenki, so osnovne enote, primitivni simpleksi; nimajo notranje strukture.

Zato:

Z1: Vse zveze med takimi kvalijami in organizacijskimi strukturami njihovih nevrnskih substratov so poljubne.

Zato:

Z2: Zveze med kvalijami in njihovimi nevrnskimi osnovami so neinteligibilne in nas soočajo z neodstranljivim razlagalnim breznom.

Ta argument je napaden pri podmeni P1 z ugovorom, da kvalije niso simpleksi, temveč so (lahko) sestavljene – denimo, oranžna je mešanica rdeče in rumene...

Prav zares se je težko opredeliti, ali so kvalije simpleksi ali ne. Doživljanje barvnih odtenkov je namreč zvezno in enotno, hkrati pa je (lahko) vendarle nehomogeno, četudi ne (nujno) odsekano. Barvni odtenki se lahko prelivajo drug v drugega, zvezno-odvedljivo bi rekli v matematiki. Problem simpleksov je problem kategorialne narave našega zaznavnega aparata, kar je njegova omejitev. Razporejanje v kategorije je poljubno in zato je problem enostavne prvinskosti kvalij epistemološki, ne ontološki problem. Povezan je s vprašanjem zveznosti in diskretnosti, ki je nadvse pereč tudi v fiziki.

## 14.6. DENNETT O KVALIJAH

Dennett želi kvalije (to je načine, kako se nam stvari dozdevajo, kot zanj značilno pravi) eliminirati kot iluzorne. Če bi bilo vso veselje le iluzija, "zavajajoč proizvod hudobnega demona", bi kvalije sestavljale naš halucinatorni svet. Descartes v Meditacijah pravi, da je dvomil v vse, v kar se da dvomiti, nikoli pa ni podvomil v izvor svojega sistematičnega samoopazovanja – v to, da je zavesten in da ima kvalitativna doživetja.

Lastnosti, ki se najprej zdijo intrinzične, se ob podrobnejši analizi izkažejo kot relacijske. Fenol-thio-urea je snov, ki jo tri četrtine ljudi okusijo kot zelo grenko, zadnja četrtina pa kot brezokusno kot voda (Dennett v: Marcel & Bisiach, 1988, po Bennetu). Odzivnost na fenol-thio-ureo je dedna, zato lahko vprašanje "ali je

fenol-thio-urea ZARES grenka?" "razrešimo" s prepričljivo razplojevanja zadnji četrtini in človeštvo poenotimo h grenki zaznavi. (Tukaj si ne morem kaj, da ne bi opozoril, da veliko eksperimentalnih raziskav na kompleksnih sistemih takole lažno "razjasni" naravo opazovanega pojava – s povzročitvijo "kolapsa stanja sistema" v eksperimentalno vsiljeno stanje.) Torej je kвалija okusa fenol-thio-ureje izrazito relativna, subjektivna, kot rečemo, in ni lastnost fenol-thio-ureje same na sebi. To navideznost oziroma subjektivnost kvalij Dennett želi pregnati iz znanosti kot iluzorno. Kvalije naj bi vplivale na vedenje in delovanje le s posredstvom naših sodb o njih. Zaključni, da je občutek, da so kvalije neopisljive, notranje, zasebne, neposredno dojemljive izkustvene lastnosti, lažen. V resnici naj bi kvalije bile le praktično neopisljive intersubjektivne lastnosti – konvencije, ki smo jih morali pozasebiti (Dennett v: Marcel & Bisiach, 1988).

Torej kvalij sploh ni, doda na koncu – in si zapečati usodo. Mnogi se namreč vendarle še naprej sprašujemo, ne glede na ontološki status kvalij, zakaj in kako se te "iluzije" ali "halucinacije" ali pa "realne kvalitete" (kakor si kdo želi) pojavljajo. Za razliko od eliminativnih materialistov (npr. para Churchland) in Dennetta menim, da je vprašanje kvalij legitimno vprašanje ne glede na njihov ontološki status in ne glede na možnost uspeha ali neuspeha njihovega obravnavanja v znanosti.

Dennett ima še en nevaren ugovor. Pravi, da če bi si zamišljaj tигра in če bi bila ta notranja slika povsem piktorialna, bi lahko preštel črte. V resnici pa ne more povedati, koliko črt ima zamišljena slika tигра. To nedoločljivost števila črt Dennett da kot dokaz, da so notranje slike deskriptivne in ne piktorialne (po Dennettu: Hubbard, 1996). Ugovoru nepreštevnosti lahko nasprotujemo, ker ne odpravi kvalitativne narave predstav. Predstave so nejasne zaradi nujne informacijske zgotovitve in abstrahiranja ob procesu pomnjenja in možganskega kodiranja. Njihova groba očrtanost ne zmanjša kvalitativne narave predstave, res pa je, da so kvalije pri predstavah navadno veliko manj izrazite kot pri zaznavah. Vsekakor kvalije v običajnem stanju zavesti ni mogoče smatrati kot iluzije niti pri predstavah, kaj šele pri zaznavah.

Zdi se, da Dennett implicitno le priznava obstoj kvalij in toka zavesti, vendar ju smatra kot iluzorne oziroma nekako halucinatorne (Dennett v: Marcel & Bisiach, 1988; Flanagan, 1992). Na drugi strani pa Dennett upravičeno opozarja, da notranjega opazovalca (homunkulusa) v možganih ni. Prav tako po Dennettu ni "kartezijanskega gledališča" – mesta v možganih, kjer se vse zaznave zberejo skupaj, da jih (nenaturalistična) samozavedajoča zavest ozavešči. Res je tudi, da je tok zavesti možen brez Jaza ("mind's I"), ki ga tudi Flanagan (1992) smatra kot iluzijo. Dennettova zavrnitev dualističnih pogledov, ki sicer izhajajo iz nadvse zapletenega problema telesa in duha, se zdi umestna, saj novejša znanost fizično in duševno ne vidi več tako zelo vsaksebi.

Svojo teorijo Dennett najbolj zgoščeno predstavi v naslednjem odstavku v "Consciousness Explained" (po Flaganu, 1992):

"Ni enega, definitivnega "toka zavesti", ker ni nekega "vodstvenega središča" ali "kartezijskega gledališča", kjer "vse pride skupaj" na vpogled h glavnemu Pomenodajalcu. Namesto takega enotnega toka (kakorkoli širokega) so tukaj mnogoteri kanali, v katerih specializirani tokokrogi poskušajo, kot v vzporednih pandemonijih, počenjati različne stvari ustvarjajoč mnogotere osnutke ("Multiple Drafts"). Večina teh osnutkov je kratkotrajnih v modulaciji tekoče dejavnosti, nekaj pa jih je z dejavnostjo možganskega virtualnega stroja v hitrem zaporedju promoviranih k nadaljnim funkcionalnim nalogam. Zapovrstnost ("seriality") tega stroja (njegov "von-neumannovski" značaj) ni "trdo povezane" ("hard-wired") narave, temveč je izid sukcesije koalicij med specialisti."

(Tako kot Minsky v "Society of the Mind" in jaz v prvih poglavjih tega dela se tudi Dennett za oslikavanje delovanja kompleksnega sistema zateka k prisposobam iz družboslovja.)

## 14.7. SAMOZAVEDANJE IN FENOMENALNA ZAVEST KOT MISELNA SAMOUSMERJENOST

Nekateri (npr. Rosenthal) trdijo, da fenomenalna zavest ni nekaj čisto posebnega, nenaturalističnega, temveč izhaja iz misli o duševnih stanjih, torej iz misli drugega reda. Po tem bi torej zavestna stanja bila zgolj duševna stanja, za katere se zavedamo, da se v njih nahajamo. Biti zavesten nečesa bi pomenilo le, da imamo misel o tem. Imeti zavestno stanje bi pomenilo imeti misel o tem lastnem duševnem stanju. Rosenthal tako zreducira fenomenalno zavest na samoreflektivno informacijsko-procesualno zavest drugega reda, vendar se zdi, da s tem izgubi oziroma spregleda bistvene značilnosti kvalij, njihovo specifično naravo.

Po Rosenthalu (v Davies & Humphreys, 1993) je mentalno stanje zavestno, če ga spremlja ustrezna misel višjega reda, usmerjena nanj. Ta misel višjega reda sama v splošnem ni zavestna, pač pa naredi mentalno stanje prvega reda zavestno.

Introspektivna zavest je nekaj več. Introspektirati stanje pomeni ne le zavedati se tega stanja (kot v prejšnjem odstavku), temveč se tudi zavedati zavedanja samega (samozavedanje). Introspektirati stanje torej pomeni imeti ZAVESTNO misel o tem mentalnem stanju. Torej je lahko prej omenjena misel drugega reda, ki je uperjena na misel ali duševno stanje prvega reda, zavestna – le takrat gre za introspekcijo. Zavestna je misel drugega reda takrat, ko je nanj usmerjena misel še višjega (tretjega) reda. Zavestna stanja so introspektibilna (lahko se sami zavedamo svojih zavestnih stanj), če so misli drugega reda, ki se nanašajo na ta stanja prvega reda, same postale zavestne misli – to je takrat, ko se je na te misli drugega reda usmerila misel tretjega reda.

Počasi analizirajmo Rosenthalove misli o mislih: Zavest je lastnost duševnih stanj v smislu odnosa "x je

zavesten stanja  $y$ ".

To je nadalje analizirano kot odnos: " $x$  ima misel o stanju  $y$ ". Če je  $y$  duševno stanje oziroma misel (prvega reda), je misel o  $y$  misel drugega reda. Gre za navadno kibernetiko drugega reda, ki morda lahko razloži sistemsko-procesualno komponento samozavedanja, ne pa tudi fenomenalnega priokusa ne zavesti ne samozavedanja. Ugovarjamo lahko tudi, da ni gotovo, da je misel drugega reda sama zavestna. Vendar Rosenthal lahko aktivira misel še višjega reda za ozaveščanje misli nižjega reda. Težje pa odgovorja na dejstvo, da intuitivno pripisujemo fenomenalno zavest mnogim živalim, ki jim sicer ne pripisujemo misli, kaj šele misli o mislih ali misli o lastni intenci. Znano je tudi, da otroci, posebno tisti z eidetskimi sposobnostmi, lahko ohranijo spomine z zelo natančno in specifično vsebino, ki jih lahko sporočijo do podrobnosti (Kelley & Jacoby v: Davies & Humphreys, 1993). Vsekakor se zdi, da tudi če damo popoln fizikalni opis nekega stanja ali osebe, z vsemi podrobnostmi, nekaj spustimo, kar ne bi smeli – to so kvalije same. Brez kvalij torej ni popolne teorije niti duševnosti niti sveta.

Nelkin (1996) razločuje

- intencionalnost,
- introspektabilnost,
- fenomenologičnost (ki se ne ujema z fenomenalno zavestjo, temveč je lastnost piktorialnih ali nepropozicionalnih duševnih stanj).

Med zavestnimi stanji razločuje fenomenalna stanja, piktorialna stanja, propozicijska stanja prvega reda in propozicijska stanja drugega reda. Vpraša se, kako bi lahko imela enotna, nesestavljena oziroma nedeljiva zavest te lastnosti naenkrat. Zaključí, da to kaže, da zavestno stanje ni enotno. Tukaj gre za stvar dogovora, vendar moram poudariti, da zavestna stanja niso nekaj, kar bi lahko obravnavali v smislu sveta predmetov oziroma klasične fizike. Kompleksni sistemi in kvantna dinamika lahko zaobjamejo v enotno stanje tudi heterogena in mnogoplastna podstanja ali ravni, da deli in celota sobivajo precej bolj elegantno kot v svetu ločenih predmetov.

Glede značilnosti fenomenalne zavesti je veliko razhajanj in celo izjem. Gennaro (1995) omenja nogometaše, ki poškodovani igrajo, na obrazu jim lahko razberemo grimase, vendar igrajo dalje, ker "ne čutijo" (oziroma se ne zavedajo svojega občutenja bolečine). Bolečine se zavejo šele po tekmi, med njo o njej pričajo le pačenja obraza in npr. šepanje. Torej lahko imamo posamezna fenomenalna stanja brez značilno občutene kvalije. Ali gre pri tem za kognitivno blokado kvalitativnega zavedanja (kar bi na nek način potrjevalo teorijo Rosenthala in Gennara o samozavedanju zaradi misli višjega reda)?

Mnogi (npr. Van Gulick) menijo, da je zavestno doživljanje reprezentacijsko. Kaj pa bolečina? Kaj reprezentira? Nelkin (1996) odgovorja s primerom fantomskega amputiranega uda. Nadalje obravnava paciente, ki ob draženju delov njihovih obrazov občutijo te dražljaje, tudi boleče, kot občutke v amputiranem ud. Obstaja ena-proti-ena preslikava med dražljaji na obrazu in točkami "na mestu" amputiranega uma. Polivanje vode po obrazu občutijo kot polivanje vode po nogi, vključno z bolečinami. Torej kaže, da imajo fantomski boleči občutki virtualno "telesno" lokacijo oziroma jo reprezentirajo. Najbolj zanimivo je, da je reprezentacija kvalitativna in prostorska.

## 14.8. NELKINOVA TEORIJA

V naslednjem se bomo posvetili teoriji Nelkina, ki ima nekaj specifičnih vsebin (Nelkin, 1996). Nelkin pridaja fenomenom dve glavni značilnosti: kvalitativnost in reprezentacionalnost. Fenomene obravnava kot nevrološko udejnanje piktorialne reprezentacije, pri čemer jih ločuje od propozicionalnih, ta razlika pa ga vodi do razlike med informacijo in vsebino (pomenom?). Kot sem že omenil, razločuje fenomenalno, propozicijsko-representativno in aperceptivno zavest (reprezentacija drugega reda – reprezentacija enega od zavestnih stanj prve ali druge vrste). Zanj zavest ni le zavedanje ("awareness"), ni ne le aperceptijska in ne le fenomenalna. Čeprav se mi včasih zdi, da pretirano poudarja propozicionalnost, priznava, da fenomenalna stanja niso propozicionalne narave in nimajo veliko skupnega z zavestnim MISLJENJEM. Mišljenje namreč uporablja propozicijske reprezentacije (to je preveč tog in nenatančen prevod njegovega izraza "proposition-like representation"), enako baje tudi prepričanja, upanja, strah, želje in druge "propozicijske naravnosti" ("propositional attitudes"). Celo aperceptivno Nelkin prišteva v propozicijsko kategorijo, in sicer tako aperceptivno mišljenje kot tudi aperceptivno fenomenov.

Malce čudno je, da sodbe in ne fenomene postavlja kot bistvo zaznavanja in kot bistvo (kar je bolj razumljivo) identificiranja ter kategorizacije. Vse sodbe pa imajo vsebino, propozicijsko vsebino. Ali je torej zaznavanje res predvsem propozicionalno? Ali gre za zelo posplošeno rabo besede "propozicionalnost" ("stavčnost"), ki ostaja iz starih časov, ko je bila filozofija duševnosti predvsem le filozofija jezika, ali pa Nelkin res meni nekaj, kar vodi do skorajšnje implementacije zaznave v umetnih nevronskih mrežah? Namreč, če fenomen niso bistveni, bodo mreže in njihove simbolne nadgradnje zaznavo kot nekaj sistemsko-procesualnega z vgrajenimi simboli kaj kmalu simulirale.

Oglejmo si po vrsti najprej dve teoriji, ki ju zavrača, nato pa Nelkinovo teorijo fenomenov. Prva teorija, teorija razbiranja ("read-off"), trdi, da ima zaznavanje zunanji in notranji vidik, pri čemer je notranji reprezentacija zunanjega. Notranja reprezentacija je pojav (fenomen), virtualna slika (če se izrazim nevronske), dostopna le prvi osebi. Pojavi imajo lastnosti, kot so barva, oblika, okus, s čimer reprezentirajo zunanji svet, in so tako "nekaj, kar je razpeto med zunanjim in notranjim". Čeprav zeleno obstaja notranje

(fenomenalno), ga pripisujemo zunanjim predmetom, ki "so resnično zeleni" (kot se, malce ontološko preuranjeno, izrazi Nelkin).

Tej teoriji nasprotujejo npr. nasledniki Chisholma rekoč, da pojavi niso predmeti, temveč da gre le za fenomenalna STANJA. Če pojavi niso predmeti, tedaj ne moremo pripisovati lastnosti, kot so barve, njim. Zato so barve le LASTNOSTI realnih predmetov.

Nelkin ponudi alternativo tema dvema pogledoma. Strinja se z drugo teorijo, da barve ali oblike, če sploh so lastnosti nečesa, niso lastnosti pojavov, temveč zunanjih predmetov. Vendar pa (upravičeno) dodaja, da pojavi in zunanji predmeti nimajo enakih lastnosti. Pravi takole (Nelkin, 1996, str. 43): "Rdeče je lastnost realnih, zunanjih stvari, če sploh je lastnost nečesa. Pojav, ki nastane med zaznavnim procesiranjem, ni ne rdeč ne neke druge barve. Tudi če so pojavi reprezentacije, tem reprezentacijam ni treba posedovati lastnosti, ki jih reprezentirajo". To po njem velja za vsako sekundarno kvaliteto.

Pripisovanje narave rdečega nečemu ne implicira prave narave lastnosti, ki jo pripisujemo. Barvno slepi ljudje se naučijo, da so stvari, ki jih sami sicer ne doživljajo kot rdeče, zares rdeče (tukaj je Nelkin spet ontološko preuranjen).

Naj komentiram opisane teorije narave pojavov s svojega zornega kota. Menim, da na naši stopnji ni mogoče ugotoviti, ali so denimo barve lastnosti zunanjih predmetov ali pojavov, saj: prvič, predmete in pojave sploh ne moremo ločevati; drugič, zaznavani predmeti (predmeti kot jih mi zaznavamo) so KOPRODUKCIJA zunanjega okolja in možganskih oziroma duševnih (virtualnih) procesov.

Predmeti sami na sebi najverjetneje niso takšni, kot jih zaznavamo mi, saj nam znanost danes že govori, kako zelo možgani in zavest predrugajo zunanje dražljaje. Hkrati nekaj v okolju JE (tudi če ni nujno takšno, kot zaznavamo mi), saj sicer ne bi mogli razložiti, od kod nehomogenost oziroma pestrost zaznavnega sveta. Pojavi so zame zato nujno rezultat INTERAKCIJE zunanjega okolja (kolikor sploh lahko govorimo o neodvisni zunanosti) in duševnosti. Omenjene teorije so malce preveč enostranske, vsaka na svoj način. Menim, da žal še moramo ostajati holistični v, tokrat, agnostičnem duhu. Če je neka rastlina dejansko zelena (ker jo mi vidimo zeleno?), zakaj jo potem čebela (vsaj kot menijo biologi) vidi rdeče? Ne, z naivnim realizmom ne gre dalje. Govoru o dejanskosti se raje izogibam, pojav pa neopredeljeno pripišem nedeljivi celoti opazovalca in opazovanega.

Nelkinovo (1996) osrednje mnenje je, da je zaznava predvsem vrsta sodbe, je podatkovna struktura in je torej kognitivne narave. Kot primer navaja hipohondre, mazohiste in otroke, ki se ob padcu jočejo šele, ko vidijo lastno poškodbo ali kri. Vendar je s temi primeri Nelkin le dokazal, da je zaznavanje pod nadzorom ali vplivom kognicije in Jaza, ni pa razložil narave zaznave same, še najmanj njene kvalitativne narave.

Nadaljuje s pripombo, da po Gibsonu vidimo stvari ne le v trenutku samem, temveč nekako izpovprečeno tudi za nazaj, saj je videnje kumulativno, ne trenutno. Videnje kot izbira relevantnih informacij terja čas. Vendar je za Gibsona zaznavanje neposredno in nereprezentacijsko, najprej samozaključeno, Nelkin pa poudarja njen kognitivni vidik in nadgradnjo. Zanj so zaznave propozicijske ("proposition-like") prej kot piktorialne ("image-like"). Slednje so analogne v smislu ena-proti-ena korespondence. Druga razlika pa je, da jim primanjkuje vsebine. To upodobi z naslednjim spiskom možnih besednih odzivov na portret: "To je podoba Lincolna." "To je slika visokega moža." "To je slika nekega človeka z brado." "To je nekdo v večerni suknji." Vse označbe so pravilne, vendar nosijo različne vsebine.

Zdi se, da Nelkin podaja odlično analizo sekundarne zaznave oziroma kognitivne obdelave zaznave z uporabo kontekstualno-asociativnega konceptualnega okolja, primarno zaznavo samo pa zanemarja. Pravzaprav zveže piktorialno naravo zaznav in fenomenološka stanja: pojavi so podmnožica piktorialnih reprezentacij, pravi.

Nelkin (1996) priznava, da so fenomenalna stanja apercipirana, preden nastopijo zavestna stanja in sodbe o njih ter preden nastopijo koncepti sveta, sebe ali kakršnakoli druga kognitivna stanja. Kognitivni razvoj je prehod od primarnih fenomenalnih stanj k zavestnim stanjem (dobesedno pravi: "from unaspectualized to aspectualized conscious states"). Apercepcija ne spremeni narave kvalij ob tem prehodu ali obratnem, je pa nujni katalizator. Za otroka velja, da njegovo aperceptivno zavedanje doživljanja (če ga je že pridobil – poleg doživljanja prvega reda) še ne pomeni, da se zaveda tega doživljanja kot SVOJEGA doživljanja, torej da je on "lastnik" tega doživljanja ali da gre za neko doživljanje.

## 14.9. IREDUCIBILNOST JAZA KOT OŽARIŠČEVALCA ZAVESTI

V Dennettovem jeziku bi Rosenthalova teorija zvenela takole: Zavedanje se pojavi potem, ko se podatki, ki spadajo v subjektovo "težišče" (njegov Jaz), prenesejo iz ozadja v ospredje doživljanja. Dennett meni, da so nekatera nevronska stanja v večjem sozvočju kot druga, in če stopnja usklajenosti preseže določen prag, se stanje prebije v ospredje in postane zavestno.

Vendar Jaz ni le ožariščena SAMOREPREZENTACIJA, ampak ima tudi subjektivno, fenomenalno vsebino. Za Evansa (po: Deikman, 1996) je "subjektivni Jaz" razlika med opazovanim in opazovalcem, potem pa doda, da je zavedanje "neprojicirana zavest", amorfn doživljanje vsebine v ozadju.

Battacchi (TucsonII, 1996) obravnava razliko med samospoznanjem ("self-knowledge") in samozavedanjem ("self-consciousness"). Prvo zajema samoreprezentacijo, ki je dvostranska: objektivna oziroma subjektivna, proceduralna oziroma deklarativna, predreprezentacijska oziroma reprezentacijska. Primer sta shema



lastnega telesa (prvi nivo) in samospoznanje v zrcalu (drugi nivo). Samozavedanje pa pripisuje duševna stanja sebi (Jazu oziroma sebstvu) in je izvor introspekcije (to je samozavedanje posebne, samorefleksivne vrste, za razliko od predrefleksivnega, ki spremlja vse kvalitativne izkušnje). Battachi navede lep primer: Pretvarjati se je predrefleksivno samozavedanje, zavedati se lastnega pretvarjanja pa vsebuje refleksivno samozavedanje.

Isti človek ima lahko več Jazov oziroma več osebnosti. Prehaja(jo) od ene vloge do druge, pri tem pa lahko delno ali popolnoma pozablja(jo), da ob drugih časih igra(jo) tudi druge vloge, ne le tisto, v kateri trenutno je (so). Vsak posamezni od njihovih Jazov ni le samoreprezentacija, saj multipersonalni pacienti ne morejo reprezentirati sebe v določeni osebnosti, dokler ne postanejo ta osebnost. Razlog takšne motnje so navadno spolne zlorabe v otroštvu. Motnja takšnih pacientov je torej sistematičen pobeg od svojega ogroženega glavnega Jaza k alternativam (Flanagan, 1992).

Metzinger (TucsonII, 1996) razlaga pojav na prvo osebo osrediščene fenomenalne perspektive takole: Perspektiva prve osebe se pojavi, ko sistem preide od samoustvarjenega modela samega sebe k "sebi", torej ko "pozabi" sebe kot model in se "vzame resno". Brez tega kvalitativnega preskoka po Metzingerju ne bi bilo fenomenalne perspektive, temveč le reprezentacijsko in funkcionalno središče. To, kar imamo za pravi fenomenalni Jaz, se torej pojavi, ko sistem pomeša oziroma zamenja sebe z lastnim notranjim modelom sebe, kot ga je sam ustvaril. Zelo zanimiva teza, ki spominja na teorije shizofrenije (npr. na Frithovo). Slednja pravi, da shizofrenik nima "samocenzure", ki je značilna za t. i. normalnega človeka. Šele s samocenzuro (nekakšnim atraktorskim samofokusiranjem samoustanavljajočega se Jaza) nastaja t. i. kvalitativno samozavedanje Jaza. Tukaj moram poudariti, da samozavedanje v transcendentalnih stanjih zavesti (ki vsaj do neke mere transcendirajo samocenzuro) lahko ostane, izgubi pa se običajni kvalitativni in samoosrediščen vidik. Ohrani se le zrenje brez imetnika zrenja (tako se vsaj zdi na duhovni ravni).

Deikman meni, da introspekcija prikaže jedro subjektivnosti – to je sebstvo – ki je identično z zavedanjem ("awareness"). To sebstvo se mora razlikovati od raznih vidikov fizične osebe in njenih duševnih vsebin, ki tvorijo Jaz. (Tukaj nato Deikman omeni, da se sebstvo in Jaz pogosto zamenjujeta. Prav zares sem tudi jaz pojma sebstvo in Jaz v skladu s slovensko tradicijo (npr. Musek, 1977) zamenjal tudi v zgornjem besedilu. Jaz je po moji opredelitvi individualen s fokusirano zavestjo. Pravzaprav je Jaz kompleksen vzorec-atraktor najvišjega reda. Sebstvo pa je lahko nadindividualno in transpersonalno.) Pravzaprav, nadaljuje Deikman, je naše doživljanje fundamentalno dualistično, in sicer ne v smislu dualizma telesa in duha, temveč v smislu sebstva (opazujočega) in opazovanega (opazovane vsebine). Identiteta sebstva in zavedanja pomeni, da zavedanje poznamo s tem, da SMO zavedanje. S tem se reši problem neskončne regresije opazovalca (Deikman, 1996).

Seveda ne bi vnesel te navedbe, če se ne bi strinjal z njo. Dodal bi le, da se v transcendentalnem mističnem oziroma meditativnem izkustvu opazovano in opazujoče poenotita v čistem doživetju. Takrat se zgornje ugotovitve popolnoma aktualizirajo.

Strinjam pa se tudi z naslednjim citatom Dennetta (v: Deikman, 1996): "Jaz v moji teoriji ni neka stara matematična točka, ampak abstrakcija, ki je definirana z množico atribucij in interpretacij (vključno s samoatribucijami in samointerpretacijami), ki so sestavile življenjepis živega telesa, katerega 'izpovedno težišče' ('center of narrative gravity') so." Seveda sem tudi pri Dennettu moral zamenjati sebstvo z Jaz, da se lahko z njim strinjam. Zgornji stavek za sebstvo (v transpersonalnem smislu: sebstvo = zavedanje) po moje ne bi veljal, saj za razliko od Dennetta nisem materialistični redukcionista. Že pri Jazu je težava s prisotnostjo sebstva kot integrativnega elementa za Jaz (ego), torej za ta vzorec-atraktor najvišjega reda. Zavedanje (sebstvo) ima "težišče" in je ožariščeno samo ob "interakciji" s telesom in njegovim konkretnim okoljem; v transcendentalnih stanjih zavesti Jaz ("težišče") izgine (Peruš, 1995a).

Lancaster zaznavanje razlaga v dveh fazah. V prvi se ujemanje med senzornim vhom in priklicanim iz spomina izrazi s koherentnimi oscilacijami aktivnosti ustreznih nevronske vzorcev. V drugi fazi se zaznavni predmet ozavesti, ko se ujmeta v prvi fazi nastala nevronska reprezentacija in reprezentacija Jaza (kot osredotočen del sebstva). Kar se vtisne v spomin, ni le zaznavni predmet, temveč celotni sistemski odziv Jaza. Tako Jaz, ki je zaznal predmet, postane vključen v nastali novi spominski vzorec. Seveda Jaz ni nič zelo trajnega, koherentnega, nespremenljivega, temveč je zgolj globalna modelska reprezentacija (vzorec-atraktor najvišjega reda), ki izhaja in je vedno povezana s konstitutivnimi zaznavnimi vzorci (Lancaster, 1997). Vsaka spominska rekonstrukcija ne vsebuje le zapomnjenega vzorca, temveč tudi osebnost, ki se spominja. Koncept ali shema samega sebe deluje kot "referenčno jedro", okoli katerega se subjektivno zaznani dogodki organizirajo v spominu. Vendar je Jaz le depandansa sebstva, saj je bistvo samozaznavajočega Jaza občutje samega sebe kot kvalitativnega fenomena "notranjega" izvora.

Razločujemo transcendentalno meditacijo, ki presega osredotočanje na konkretne predmete zavesti, in netrascendentalno meditacijo, kjer se uporabljajo takšni predmeti zavesti, ki naj bi pripomogli h koncentraciji in višanju stanja zavesti (npr. nabožne podobe, simboli, "bitja"). Transcendentalna meditacija (tukaj seveda ni mišljena le Maharishijeva) je "via negativa", netrascendentalna različica pa je "via positiva". V meditaciji, ki ni transcendentalna, se interakcija zaznavnega okolja in Jaza prenese na raven sebstva. Posledica je prehod težišča od sistemsko-procesualne ravni zavesti ("access consciousness") k izjemno neposrednemu, čistemu in kakovostnemu zaznavanju v fenomenalni zavesti (t. i. "mindfulness meditation"). Ta vrsta "via positive" je sorodna globokemu doživljanju umetnikov. Pri "via negativa" pa je prehod lahko obraten – od fenomenalne k fundamentalni sistemsko-procesualni zavesti, kjer je sebstvo le neodvisen in nesubjektivni (tudi nekategorialni) sprejemnik. Tak proces transcendira (konkretno) zaznavo.

Zavest ima v smislu količine vsebin, ki so v središču pozornosti, zelo OMEJENO KAPACITETO – v primerjavi z nezavednim (Shallice v: Marcel & Bisiach, 1988). Vendar ima Jaz, agent zavesti, pomembno

NADZORNO funkcijo: nadzoruje, izbira oziroma sproža kognitivne procese, selektivno fokusira pozornost na nekatere reprezentacije in kognitivne procese (in jih s tem ozavešča), in sicer na račun drugih, ki ostanejo nezavedni. Nadalje, zavest lahko pridaja kognitivnim procesom cilje. Samozavedanje je posebna samonadzorna oblika zavesti. To je enkratno subjektivno doživljanje, da imamo lastno duševno delovanje pod nadzorom, in izvajanje tega nadzora (Umlita v: Marcel & Bisiach, 1988). Vendar samoidentiteta lahko sega tudi daleč nazaj v spomin, v kolikor se ta ozavesti, in je torej pogojena fenomenalno in informacijsko (spominsko, nezavedno).

Gregory (v: Marcel & Bisiach, 1988) spregovori o VOLJI kot o notranjem občutku, ki se ga zavedamo, ko z vednostjo in namenom sprožimo novo gibanje svojega telesa ali novo zaznavo svojega uma. Jaz in volja sta generična, ustvarjalna, aktivna elementa duha. "Subjekt ne spada k svetu, temveč k meji sveta," pravi Wittgenstein (1960, 5.632). Jaz je tisti, ki naredi svet kot svet tega Jaza (pripaden temu Jazu), tisti, ki da "okvir".

W. James razločuje materialni Jaz, socialni Jaz in duhovni Jaz. Mead (po Oatleyu v: Marcel & Bisiach, 1988) opisuje DRUŽBENO razsežnost zavesti. Zavest smatra kot ponotranjeno simbolično reprezentacijo zunanjih interpersonalnih odnosov in njihovih vsebin. Zavest je reprezentacija našega Jaza ali sebstva v odnosu do drugih, pri čemer so zanj pomembna družbena pravila. Intersubjektivnost je bila prisotna že v Hobbesovi zgodnji definiciji pojma "consciousness" v smislu skupnega znanja (Wilkes v: Marcel & Bisiach, 1988): "Če dva ali več ljudi ve za isto dejstvo, pravimo, da se zavedajo tega eden do drugega, kar je toliko kot vedeti skupaj ('they are conscious of it one to another; which is as much as to know it together')." (Takšna uporaba spominja na "conscience" in se veže na "common knowledge" – kot v: Ule, 1997b).

## 14.10. TEORIJA SAMOZAVEDANJA Z MISLIMI DRUGEGA REDA

Rosenthal (v: Davies & Humphreys, 1993) trdi, da lahko razloži navadno neintrospektivno zavest duševnih stanj s sklicevanjem na misli višjega reda – misli o mislih. Po njegovem je duševno stanje neintrospektivno zavestno, če ima subjekt misel, da se nahaja v tem duševnem stanju. Ker ni vsako duševno stanje zavestno, ni vsaka misel višjega reda zavestna misel. Če pa je neko duševno stanje (nižjega reda) zavestno, to pomeni, da ima subjekt še neko misel (višjega reda), ki je naravnana na osnovno misel (nižjega reda) in jo s tem ozavešča.

Posebej je treba po Rosenthalu obravnavati introspektivno zavest. Introspekcija je namenoma fokusirano (pozorno) zavedanje lastnega duševnega stanja. Introspektivno se zavedati duševnega stanja (v prvi osebi seveda) pomeni, da se subjekt ne le zaveda tega stanja, temveč da se zaveda, da se zaveda. Imeti zavestno duševno stanje torej implicira imeti to duševno stanje pospremljeno z mislijo višjega reda. Zato se introspektivna zavest pojavi, ko je subjektovo duševno stanje "osvetljeno" s takšno mislijo drugega reda, povrh pa še z mislijo še višjega (tretjega) reda, da ima misel drugega reda. Rekurzivno nanašanje misli ene na drugo bi se lahko še ponavljalo v misli višjega reda.

Duševno stanje je zavestno, ne pa introspektivno zavestno, če misel višjega reda, ki duševno stanje prvega reda spremlja, sama ni zavestna. Introspektivna zavest je torej poseben primer, ko je tista misel višjega reda tudi zavestna.

Zavestna duševna stanja so duševna stanja, ki jih lahko introspektivno doživljamo in do dobršne mere uporabljamo z lastno voljo. Ker so zavestna stanja navadno introspektivna, lahko zavedanje lastnega duševnega stanja vezemo z zmožnostjo postati introspektivno uperjen na lastno duševno stanje, ki je sporočljivo.

Naš občutek, da je zavest duševnega stanja neposredna, trenutna in nerelacijska, je razviden le v primerih, ko misel višjega reda ni zavestna. To je zato, ker nas zavestna misel višjega reda navadno odvrne od misli, na katero se nanaša, tako da slednja ne zaseda več osrednjega mesta v toku zavesti (neke vrste načelo nedoločenosti). Vendarle je vsako zavestno duševno stanje tudi deloma usmerjeno k sebi. Torej je zavest reflektivna lastnost duševnih stanj, nekakšno "samoosvetljevanje". (Rosenthal v: Davies & Humphreys, 1993).

Gennaro (1995) razvija Rosenthalovo teorijo naprej. Meni, da samozavedanje ni nujno zavedanje nečesa. Ali torej priznava neintencionalno zavest (v mojem smislu)? Pravilno poudarja, da nihče ne verjame, da samozavedanje dobesedno pomeni zavedanje lastnega sebstva.

Tudi Gennaro loči vidno informacijo od vidne (kvalitativne) izkušnje. Pri vidni agnoziji pacienti ne zmorejo pripisovati pomena dražljajem, ki jih informacijsko sicer zaznavajo – ne občutijo dražljajev kvalitativno. Nekateri pacienti vedo, da jih boli, vendar so malodušni, bolečina jih ne moti.

Gennaro (1995, str. 31) natančneje razloči naslednje vrste zavestnih stanj:

1. zavestna fenomenalna stanja
  - 1.1. zavestni telesni občutki (npr. bolečine)
  - 1.2. zavestna, v okolje usmerjena zaznavna stanja
2. zavestna, v okolje usmerjena, nezaznavna, intencionalna stanja (npr. misli, želje)
3. samozavedanje
  - 3.1. nerefleksijsko samozavedanje, to je nezavedno metapsihološko miselno zavedanje (ne zavedamo se

metapsihološke misli, pač pa njena usmerjenost na duševno stanje prvega reda povzroči, da se zavedamo tega lastnega duševnega stanja prvega reda)

3.2. trenutno osredotočena introspekcija

3.3. namerna introspekcija

S to klasifikacijo izboljša naslednjo razdelitev Armstronga (ibid.):

1. minimalna zavest

2. zaznavna zavest

3. introspektivna zavest

3.1. refleksna zavest

3.2. prava introspekcija

Gennaro poudarja, da je misel drugega reda potrebna, ker sicer kvalije ne bi bile zavestne kvalije. Kvalije same namreč lahko nastanejo tudi brez zavesti. Nezavedne kvalije imajo živali, poškodovani športniki, ki šepaje igrajo dalje, kot da jih ne bi bolelo, nadalje otrok, ki pade, a se začne jokati šele, ko vidi kri.

## 14.11. NEKAJ NOVEJŠIH FILOZOFSKIH STALIŠČ O ZAVESTI

Flanagan (1992) takole razdeljuje sodobne filozofske teorije zavesti:

- nenaturalizem (npr. Popper in Eccles, 1977);
- načelni agnosticizem (npr. Nagel), predvsem glede naturalistične razlage problema telesa in duha;
- noumenalni materializem ali misterijanizem (McGinn), ki pripiše zavest materialni naravi, a zavest ostaja skrivnostno "sama na sebi";
- konstruktivni (neeliminativistični) naturalizem (Flanagan, 1992; Chalmers, 1995, 1996; Baars, 1997);
- eliminativistični naturalizem (par Churchland).

Srednje tri opcije se mi zdijo zanimive, tretja morda še najbolj.

McGinn meni, da je zavest nerazložljiva. Poudarja skrito noumenalno strukturo zavesti – ta je introspektivno nedostopna za razliko od površinske strukture, ki je dostopna (po Gennaro, 1995). Zavest po njem "supervenira" ("supervenies") na možganskih procesih. Takole McGinn (po Flanagan, 1992) izpelje nezmožnost spoznanja o naravi P (izvora fenomenalnega, torej kvalitativnega doživetja): "Če obstaja vsevedni Bog, potem ta Bog ve vse o P in kako ta P ustvari zavest. Ampak P in inteligibilna zveza med P in zavestjo sta v zaprtem krogu v nas samih..." (torej v nosilcih inteligibilne zveze). Takšen pogled je soroden Heisenbergovemu načelu nedoločenosti in Gödelovemu teoremu nepopolnosti (Bojadžiev, 1995).

Med drugim McGinn tudi (pravilno) trdi, da so misli sestavljene iz konceptov, ki vsebujejo nelingvistične notranje reprezentacije. Misli so zgrajene iz konceptov tako kot so stavki zgrajeni iz besed. Tako McGinn vzporedi (zunanji) govor oziroma jezik in notranji govor oziroma jezik (Fodorjev jezik misli); tudi struktura obeh jezikov je sorodna.

Chalmers (upravičeno) trdi, da je ZAVESTNO DOŽIVLJANJE FUNDAMENTALNA ENTITETA, ki je ni mogoče zreducirati na fizično (Chalmers, 1995). Mogoče je treba kot središče ali podlago postaviti informacijo, ki lahko ima dva vidika: fizičnega in doživljajskega. Brez slednjega ni "teorije vsega".

Chalmers na primer meni, da so t. i. zombiji (subjekti, dejavni in sposobni kot zavesten človek, vendar so brez zavesti) logično možni. To zanj pomeni, da redukcionistična teorija zavesti ne deluje. Iz tega utegne slediti epifenomenalizem. Zavest nima vzročne vloge v fizikalnem svetu (zombiji bi enako uspešno živeli) in je eksplanatorno irelevantna (Chalmers, 1996). Chalmers vztraja pri obstoju in, še več, pri ireducibilnosti zavesti. Tudi če so zombiji logično možni, zavestni ljudje, ki bi jim lahko ustrezali zombiji-dvojčki, obstajajo. Prav zato redukcionistična razlaga ni pravilna, saj ne upošteva razlike med zavestnimi ljudmi in zombiji – ta razlika pa je zavest. Z redukcionističnega stališča sta namreč zavesten človek in njegov dvojček-zombi enaka. Kritiki pravijo, da je Chalmersova drža pravzaprav kombinacija "naturalističnega dualizma" ("consciousness supervenes naturally on the physical, without supervening logically or 'metaphysically'") in funkcionalizma ("consciousness arises in virtue of the functional organization of the brain") (citata iz: Chalmers, 1996). Zato pridaja informaciji fundamentalno vlogo; "supervenience" je njegov izraz za njeno "top-down" delovanje (ki je zanj, se zdi, emergentno).

Searle trdi, da zavest NI STVAR, temveč (emergentna) LASTNOST možganskih procesov, kot je tekoče (emergentna) lastnost vode. To mnenje je primer NEeliminativističnega (eliminativizem: zavest je iluzija) in NEReducionističnega pogleda (fizikalistični redukcionizem: zavest je, a fizikalna, denimo kvantna; nevrouducionizem: zavest je, a je nevronska). Po anketi Times Higher Education Supplementa (1996) 40% raziskovalcev zavesti zastopa to mnogonivojsko emergentno teorijo zavesti (vključno s Scottom in menoj), 15% zastopa utelešeno zavest, 7% je dualistov, 15% informacionalistov (vključno z "novotaristi"), 12% nevralistov, 3% (redukcionističnih, najverjetneje kvantnih) fizikalistov, 5% komputacionalistov (klasičnih funkcionalistov?), 3% jih nima mnenja. Šele pregled čez mnoga stališča zares prikaže, kako je za zavest značilna KOHERENCA HETEROGENIH PROCESOV...

Med drugimi Shepard (TucsonII, 1996) meni, da bi bilo primerneje pojasniti, kako možgani izhajajo iz

zavestne izkušnje, ne pa obratno, kot poskuša naturalistična večina. Na drugi strani pa, kot poudarja Flanagan (1992), je bila fenomenologija sama dolgo in vztrajno preizkušana skozi zgodovino (filozofije, teologije, mistike). Tako se ve, da nikoli ne razjasni, KAKO so pojavi (pač to, kar doživljamo) udejanjeni. Pač pa, po možnosti v primerjavi z naturalističnimi metodami, (nezanesljivo) namiguje na ozadje zavesti, dodajam jaz.

Kirk (TucsonII, 1996) poudarja, da mora informacija biti ZA sistem (sistem jo interpretira) in zanj mora biti tudi uporabna, torej mora ga pripraviti do tega, da sproža, ažurira in nadzoruje vedenje na tej osnovi. Nekaj izjem: Paralizirani ljudje dobijo informacijo, ki je ne morejo uporabljati. Ljudje, ki ne morejo dobiti zaznavne informacije, lahko vseeno imajo zavestne izkušnje.

Skoraj odveč je za zaključek pripomniti, da se zdi najprimernejša filozofija zavesti nekakšna kombinacija filozofij, to je raznih zornih kotov...

## 15. FENOMENOLOGIJA DUHOVNIH STANJ ZAVESTI

### 15.1. UVOD V FENOMENOLOGIJO (NEINTENCIONALNE) ZAVESTI

Poleg računalniških simulacij in matematično-fizikalnih modelov obdelave informacij ter eksperimentalne (nevro)psihologije je INTROSPEKCIJA nujen element vsake kognitivne znanosti. Pravzaprav je najbolj plodna sistematična primerjavna analiza teh metod. Sedaj se bomo posvetili introspektivno odstopni fenomenologiji zavesti.

Če izpustimo vsakdanja stanja intencionalne zavesti in njihovih kvalij, ostane čista, neintencionalna zavest. O fenomenološki naravi čiste zavesti oziroma duha človek "izve" največ skozi neposredno meditativno-kontemplativno izkušnjo, torej skozi globinsko introspekcijo oziroma skozi asociativno sintezo. Menim, da je vzpostavitev transcendentalne zavesti same najboljše spoznanje, ki pa ne služi razlagi, temveč predstavlja le notranje spoznavno poenotenje v čistem doživetju. Pridevnik transcendentalno ne uporabljam v kantovskem smislu. Govoril bom le o transcendentalnih stanjih zavesti v smislu preseganja konkretne intencionalne vsebine zunanjega in notranjega izvora. Te pestre konkretne vsebine so sekundarne in se ne tičejo neintencionalne zavesti same. Zavest sama je skrita v "vseobsegajočem" sintetičnem procesu, ki je poskusom analize a priori nedostopen.

Sinergetsko gledano je zavest celovit paralelno-distribuiran informacijski proces, ki vključuje nepregledne množice virtualnih vzorcev raznih redov splošnosti oziroma abstrakcije, hkrati pa ima samonanašajoče ireducibilno izhodišče (Jaz) in kvalitativno naravo. Pri kvalijah zaenkrat znanstveno ne moremo več dalje. V nekem drugem smislu pa lahko gremo še precej dalje, to je v transcendentalnih mističnih doživetjih, kjer zavest preprosto – JE... To doživetje zavesti same na sebi ima veliko spoznavno vrednost, zato se mu ne filozofija ne znanost ne more in ne sme izogniti.

Nenazadnje morebiti mistična doživetja niti niso tako zelo redka. Barušs (1997) poroča, da je v anketi na drugi tucsonski znanstveni konferenci o zavesti kar 66% udeležencev zatrdilo, da je takšna doživetja imelo. (Mimo grede: 67% jih verjame v izvenčutno zaznavanje, 31% pa jih je izpovedalo izventelesno občutje – "out-of-body experience".)

### 15.2. POSKUS KOGNITIVNO-NEVROPSIHOLOŠKE RAZLAGE MISTIKE

Mistika izhaja iz posebno poglobljenega intuitivnega mišljenja, ki pa se naposled transcendirira (Arberry, 1960; Austin, 1998; Drummond, 1974; Terseglav, 1943). Poleg religioznih in raznih izrednih povodov je izhodišče mističnih doživetij v posebnih primerih lahko tudi zelo intenzivno in posplošeno razumsko mišljenje, ki privede do logičnih paradoksov. Ti pa se lahko "razrešijo" edinole s transcendenco – nekako po Heglovem dialektičnem načelu teza-antiteza-sinteza. Mistik transcendirira t. i. vzročno in logično razmišljanje ali pa se intuitivno mišljenje zelo posploši in univerzalizira. Tedaj preostane le še neposredno DOŽIVETJE izjemno visoke kakovosti, ki povsem odstopa od običajnega.

Osnovna značilnost najvišjega mističnega doživetja je izkušnja Enega, Absolutnega, vseobsegajočega in samozaokroženega Univerzuma. Meje med človekom in svetom v duhu izginjajo. Mistik "doživi" sebe kot neločljiv del te celote. Še več: "občuti" v vsej dramatičnosti, da je SAM "POISTOVETEN" S CELOTO. Povedano natančneje, "doživlja" (nikakor ne v smislu običajnega intencionalnega doživljanja) NERAZLIČNOST s celoto. (Poistovetenje ima že preveč intencionalen prizvok in implicira kvalitativen preskok identitete Jaza, ne pa stanje sebstva, ki je onstran Jaza.) Skratka, mistik doživlja STAPLJANJE Z UNIVERZUMOM.

Osnova moje razlage misticizma na sinergetski ravni je naslednja hipoteza: Mistično stanje izhaja iz asociativnega zasnovanja IZREDNO ŠIROKEGA IN GLOBALNEGA VZORCA-ATRAKTORJA, ki predstavlja GESTALT NAJVIŠJEGA REDA. Ustreza mu globoka potencialna vrtača. Energija sistema formalnih oziroma posplošenih nevronov je minimalna. Tudi razna eksperimentalna poročila (Goswami, 1990; d'Aquili & Newberg, 1993; Woolfolk, 1975; Chalmers idr., 1–5) kažejo, da se med globoko meditacijo oblikujejo UNIFORMNE nevronske konfiguracije z ZELO KOHERENTNO aktivnostjo. To pomeni, da so velike množice formalnih nevronov in še raje posplošenih nevronov vse aktivne ali vse neaktivne, torej da so nevroni maksimalno usklajeni. Vprašanje je, kakšna je razsežnost te koherentnosti in simultantosti; katere možganske predele zajema; kaj se dogaja v formalnih interakcijah, saj se stari spomin ohranja, in kako vplivajo na uniformni vzorec v formalnih nevronih, ki je nekonkretni "predmet zavedanja".

Seveda pa je jasno, da bistva in psihološke "vsebine" mističnega doživetja ne moremo najti v nevrofiziološkem ozadju. Skrita sta v VISOKO NADMATERIALNIH virtualnih "vzorcih" najvišjega reda, torej V POVSEM DUHOVNIH DIMENZIJAH.

Te duhovne strukture so prisotne večidel zgolj implicitno. Torej je njihova nevronska in sinaptična osnova (odslej vedno mislim formalne nevrone in vezi) SAMO PODSTAT, na kateri je zgrajena najprej duševna, nato pa duhovna vsebina. Te duhovne vsebine ni mogoče oprijeti in lokalizirati oziroma omejiti, ker je izraz sintetične celote. Prav zaradi tega moramo biti zelo široki in moramo upoštevati vse ravni – od najbolj materialne osnove do čisto virtualnih razsežnosti.

Postavlja se tudi vprašanje, koliko lahko mistično simetrijo omejujemo le na možgane. Koliko je treba

upoštevati dogajanje ONSTRAN MOŽGANOV – v širšem (nadindividualnem) "prostoru" Duha in v kvantno-fizikalnem mediju?

Očitno je, da so se nevronske vzorce različnih podmrež poenotili – asociativno so se stopili v uniformni vzorec. Zavest je tedaj nepojmovna in prazna v smislu odsotnosti kakršnekoli konkretne vsebine. Takrat je vsa ostala vsebina porinjena v stran – v bolj implicitne predele spomina.

Mistična stanja zavesti so neopisljiva. Besede so namreč kodi oziroma kategorialni simboli, ki imajo sporočilni pomen le takrat, če je človek-sprejemnik sposoben rekonstruirati oziroma podoživeti vso vsebino, ki naj bi jo ti simboli ponazarjali. Človek-sporočevalec to vsebino (če ni šarlatan) ima, vendar jo mora zakodirati v besedno sporočilo, ki je neizbežno samo zelo približno. Človek-sprejemnik pa iz danega besednega sporočila ne more dekodirati prave vsebine, saj mu te besede ne pomenijo tistega, kar pomenijo človeku-sporočevalcu, razen če je človek-sprejemnik to doživljal sam. Le tedaj sprejemnik lahko z lastno vsebino asociativno dopolni sporočilno vrednost prejetih besed in bolj ali manj uspešno obnovi opisano doživetje. Če pa sprejemnik te lastne vsebine nima, ne more rekonstruirati še neobstojećih vzorcev.

Ob dvigovanju zavesti začne človek operirati z zelo abstraktnimi "vzorci", za katere še nima okvira, "oblike" in imena. Šele kasneje ti vzorci dobijo svojo simbolno označbo in ime.

### 15.3. GLOBALNI UNIFORMNI "VZOREC" IN FENOMENOLOGIJA ZLITJA

Možgansko stanje, kjer so vsi formalni nevroni aktivni ali vsi neaktivni, nima samo nobene konkretne informacijske vsebine. Prinaša le občutje zlitosti z Enim oziroma Enotnosti, in kot opisujejo nekateri, "vseobsegajoče praznine". To stanje vseeno ni mirujoče, temveč je rezultat zelo simetrične, uravnotežene medsebojne interakcije nevronov s signali, vzorcev pa z abstraktnimi asociativnimi preslikavami ali odnosi, denimo tudi "tekmovanjem". Vsak vzorec višjega reda mora namreč imeti podporo v vzorcih nižjega reda. Vsebinska globalnega uniformnega "vzorca" je izrazito splošna, implicitna, transcendentalna, tako rekoč nadabstraktna; pravzaprav je že vsebinskost sama transcendirana.

Uniformni "vzorec" moramo ločiti od "tabule rase", ki je uniformna (praznina) v eksplicitnem IN implicitnem smislu. V tem primeru sistem nevronov še ni prejel nobenih dražljajev, zato se vzorci sploh še niso oblikovali. Gre le za neko ravnovesno vzburljenje možganov v infantilni predintencionalni zavesti.

Uniformni "vzorec" v transcendentalnih mističnih stanjih sintetizira eksplicitni (eksplicitirani) Nič in implicitno (implicitirano) Vse: Nič zaradi tega, ker UNIFORMNI "VZOREC" IZNIČI VSAKO KONKRETNO EKSPPLICITNO VSEBINO; Vse pa zato, ker je nastali uniformni vzorec rezultat OGROMNEGA USKLAJEVALNEGA PROCESA, KI SINTEZIRA VSEBINE VSEH KONKRETNEJŠIH IMPLICITNIH VZORCEV! Ti vzorci so še vedno v možganih, vendar tokrat izven zavesti, implicitno so zastopani v ozadju (v formalnih sinaptičnih vezeh katerih možganskih predelov?).

Ko mistik v duhu JE Eno s celotnim Univerzumom (notranja "objektivnost"), ta Univerzum živi po svoje, ne da bi "vedel" za mistikovo razsvetljenje (zunanja objektivnost). V kakšnem smislu je torej prišlo do Enotnosti? MISTIČNO ENO POMENI, DA JE MISTIK IMPLICITNO, GLOBALNO ZA OBJEL IN POENOTIL VES SVOJ NOTRANJI MODEL UNIVERZUMA V SVOJEM DUHU.

Človek se v mističnem stanju torej ČUTI ENO Z VSEM UNIVERZUMOM, ker je vsa njegova pozornost usmerjena vase in v svoje notranje vzorčne strukture, ki se nanašajo na zunanji svet. Ko pa človek v običajnem stanju zavesti analizira ta (lahko lastna) doživetja, ugotavlja, da je Univerzum razdeljen na dva dela: prvi del je zunanji svet (objekt), drugi del pa je on (subjekt) in njegov notranji model zunanjega sveta. On kot subjekt je v tem primeru konkreten, umrljiv, ločen del Univerzuma; to pomeni, da se IDENTIFICIRA kot tak. Mistik pa "sebe" ne vidi kot individuum oziroma ločen del Univerzuma, saj je transcendiral tudi svoj Jaz (Ego), ki je kompleksen vzorec samega sebe kot individuum! Ne poistoveti se več s svojim konkretnim telesom, svoj lastni konkretni duh pa je pravkar transcendiral. Mistik "se identificira" s celotnim Univerzumom (tudi z drugimi ljudmi, drugimi živimi bitji, človeštvom, vsem življenjem, vesoljem, skratka Vsem). On-Univerzum pa ni umrljiv, je večni, lahko se le občasno spreminja in preoblikuje. Konkretna smrt je le transformacija iz ene oblike v drugo; splošne smrti pa ni, saj Univerzum "obstaja" nenazadnje tudi v t. i. vakuumu oziroma hologibanju, ki je izvor vseh možnosti obstoja. Pravzaprav poli Biti-Nebiti, Vse-Nič, Objekt-Subjekt itd., ki so za razum največji paradoksi, mistiku pomenijo neposredni uvid najgloblje resnice in dokončno samospoznanje.

### 15.4. ANALOGIJA PSIHOFIZIČNE SIMETRIJE IN FIZIKALNE SIMETRIJE

Nediferencirana biološka nevronska mreža Hopfieldovega tipa spominja na simetrični kompleksni fizikalni sistem. Naše vesolje naj bi bilo v začetni stopnji v stanju SUPERSIMETRIJE. Uniformni vzorec (v mreži formalnih nevronov), ki ga rekonstruira mistik, v nekem smislu ustreza supersimetričnemu stanju vesolja. V mistikovem duhu gre za "občutje" identičnosti, gledano objektivno pa le za ANALOGIJO (ali vendarle morebiti celo za repliko?). Ali pa se mistikova zavest spusti na nivo hologibanja, torej na raven subkvantne simetrije? Verjetno res, vendar o tem ne morem biti povsem prepričan. EEG koherenca med meditirajočimi osebami, razni nelokalni parapsihološki pojavi in študiji globalnih (družbenih) vplivov transcendentalne meditacije (Dodatek F) podpirajo to tezo.

Živimo v času nekajkrat zlomljene fizikalne simetrije (postopna diferenciacija štirih fizikalnih sil oziroma tipov interakcij). Fizikalni svet je močno razslojen, materija se je zgostila v delce in vezane sisteme, ki tvorijo kompleksnejše delce, nadalje v celice itd. Tak svet modelira biološka nevronska mreža, ki je prav tako zelo diferencirana v mnoge vzorce-atraktorje in njihove skupke.

Možgani torej niso model sveta samo po svoji informacijski vsebini, temveč tudi po fizikalnem ozadju. Vesolje je v splošnem (na ravni relativistične kvantne fizike) paralelno-distribuiran sistem močno interagirajočih delcev. Možgani pa so prav tako paralelno-distribuiran sistem živčnih celic – nevronov. Kot taki imitirajo okolni fizikalni svet: možgani so svet v malem, notranje virtualne slike v možganih so projekcije zunanjih slik. Princip delovanja je v sistemskem (!) smislu v možganih in v fiziki osnovnih delcev podoben; matematično so valovne funkcije prav tako kot vzorci tako imenovana lastna stanja (Dodatek A). Še enkrat je treba poudariti, da gre za analogijo, ko gledamo sistem kot celoto in pri tem zanemarimo notranjo strukturo osnovnega elementa sistema – formalnega nevrona. Pri možganih je to živčna celica, v fiziki pa na primer "osnovni" delec.

Simetrija ustreza globalnemu uniformnemu "vzorcu". Ta razpade na konkretnije vzorce, ki se vključijo v miselne in kategorizacijske procese. Uniformni "vzorec" v sebi skriva sobivanje vseh možnosti, ki se ob zlomu te simetrije prično uresničevati. Te ideje veljajo tako za duhovno simetrijo in njen zlom kot tudi za fizikalno supersimetrijo in njen zlom, o čemer danes govori sodobna fizika. Tukaj se spet pojavi vprašanje o (ne)naključnosti te analogije. Ali je mistična simetrija evolucijsko-nevropsihološka modelna rekonstrukcija dejanske fizikalne supersimetrije ali je teorija fizikalne supersimetrije posledica duhovne simetrije notranjega modela fizika?

Psihofizična enotnost in celovitost lahko izhaja tudi iz notranje tesne, goste, dinamične medsebojne prepletenosti delov. Tako v fiziki, izhajajoč iz fizičnega sveta, kot tudi v filozofiji, izhajajoč iz poglobljanja v duha, se na splošni ravni svet dojema kot V SEBI GLOBALNO ZAOKROŽENA MNOGOTEROST, kot NEDELJIVA MREŽA VZORCEV IN PROCESOV z globoko notranjo "logiko" ali "koherentnostjo".

Tudi mistik, ki svojo konkretnost razprostre na širši, splošni kontekst, je tedaj lahko psihično neskončen, fizično pa vendarle omejen: je "točka neskončnosti" sredi končnega, kompaktnega sveta (vsaj v lokalnem smislu); je lokalizirana singularnost.

## 15.5. MEDITACIJA

Mistična stanja se lahko vzbudijo zavestno s pomočjo MEDITATIVNIH TEHNIK. Njihov namen je umiriti razumsko dejavnost, intenzivno manipulacijo z nevronskimi vzorci, očistiti duha analitične in kategorizacijske dejavnosti in s tem omogočiti nastanek globljih, koherentnih oziroma uniformnih vzorcev.

Pri meditaciji težišče preide od razumskega mišljenja prek umskega ali intuitivnega "mišljenja" k transcendentalnemu zrenju. Um torej kot svojo vsebino prevzame neposredno zaznavne vzorce, dokler naposled ne transcendirata tudi teh in samega sebe. Torej se izpusti vsa vmesna, posredniška kategorizacijska dejavnost razuma. Vzorci prehajajo bolj neposredno od perceptivnih k višjim asociativnim oziroma integrativnim predelom skorje, v katerih se duhovno dogajanje naposled omeji na virtualne vzorce najvišjega reda. Vse dogajanje v nižjih plasteh skorje in v drugih predelih centralnega živčnega sistema se ignorira in je nezavedno, saj višji asociativni "vzorci-atraktorji" zavoljo svoje širine in dominantnosti dobesedno utopijo ter s tem izničijo vse vzorceatraktorje nižjega reda (tako se zgodi v eksplicitnem). Zato je možna celo nepojmljiva neobčutljivost na zunanje vplive in potrebe.

Pri meditaciji pride do spontane harmonizacije možganov oziroma njihove nevronske mreže. Pri koncentrirani duhovni projekciji, npr. pri naravnosti na mandalo, mantra, nek abstrakten uniformni ali periodični vzorec (zvočnik) ali ob molitvi človek z lastno zavestjo vzpodbuja umiritev oziroma uravnoteženje nižje-ležečih sistemskih procesov. Gre za LASTNO USTVARJANJE nekakšnega NOTRANJEGA HOMOGENEGA NEVRONSKEGA POLJA, ki nadalje umirja ves živčni sistem in ima splošni blagodejni učinek. Meditativna stanja in zaključne faze mističnih izkustev so NAJBOLJ STABILNA oziroma OSNOVNA RAVNOVESNA STANJA živčnega sistema, ki jih omogoči odsotnost stalno motečih zunanjih dražljajev.

Prav zaradi namenoma povzročenege umanjkanja motenj možganski sistemi laže najdejo globalno ravnovesje (fizikalno) oziroma uglasenost (informacijsko). Zaradi tega se sprosti veliko energije v fizioloških plasteh možganov in se prenese v virtualne plasti. To pa močno poveča vznesenost ter občutke osvoboditve, jasnosti in harmonije.

Meditant "deavtomatizira" in "deformalizira" svoje miselne procese. Izvaja nekakšno "obrnjeno perceptualno kategorizacijo" (Deikman, 1966; Valentine, 1989). Ne napreduje od identifikacije objekta, prek razčlenjevanja in klasifikacije do sodb in asociativne ter čustvene integracije, temveč v obratni smeri izloči eno vrsto miselnih procesov za drugo. Ostane le duševni proces sam na sebi, brez moteče, obremenjujoče in odvečne vsebine. Meditant lahko tako neposredno dojema in opazuje lastno duševnost. Oživi pozornost na procese selekcije, hierarhične organizacije in interpretacije dražljajev, ki so se že povsem avtomatizirali in malodane zakrneli. Prične se jih zavedati in jih zna nadzorovati, s tem pa mu je dostopna globlja narava duha. Spozna prvotnost duha in drugotnost njegovih vsebin.

Stopnje meditacije so približno takšne:

- odrekanje čutnim zaznavam in željam, osredotočanje, umirjanje;

- zapuščanje razumskega razmišljanja in kategorizacijskih, logičnih ter analitičnih procesov, izstopati prične intuitivno mišljenje in zamaknjeno doživljanje;
- euforia se umika tihemu čistemu dožemanju, občutje sreče plahni, vzpostavlja se duhovna svoboda;
- zapuščajo se vzorci materialne oblike, vzhajajo brezpredmetnost, neskončnost prostora in zavesti, transcendirana je vsaka konkretnost in omejenost;
- zapušča se svet neomejene zavesti, odpre se Nič;
- hkratnost zavedanja in nezavedanja, Vsega in Niča.

Buddha nirvano ("stanje zlitja s Celoto") zelo upravičeno označuje kot niti biti niti nebiti, niti biti-in-nebiti niti niti-biti-niti-nebiti...

## 15.6. GLOBALNO KOHERENTNO STANJE KOT IMPLICITNI NOTRANJE-DINAMIČNI GESTALT

Mističnemu stapljanju z Univerzumom kot dogodku na globoki duhovni ravni ustreza simultano oblikovanje širokih uniformnih "vzorcev" na več stopnjah. Katere stopnje prevladajo?

Številne raziskave z elektroencefalografom (EEG) so pokazale porast alfa in theta možganskih valov ter zmanjšanje amplitude in povečanje frekvence alfa valov. Ustvarjena je visoka fazna koherenca možganskih valov med možganskima hemisferama in znotraj vsake od hemisfer (Dodatek H; Rakovič idr., 1999). Stopnja koherence je sorazmerna s stopnjo neintencionalne zavesti (Goswami, 1990).

Biološki nevroni delujejo KOHERENTNO (so hkrati aktivni oziroma nihajo hkrati in sočasno). Pričakujemo KOHERENTNOST VIŠJIH ASOCIATIVNIH NEVRONOV (nevronov z zelo širokim asociativnim obsegom) ALI KARDINALNIH CELIC OZIROMA DOMEN, KATERIH AKTIVNOST USTREZA POJAVU DOLOČENEGA PARALELNO-DISTRIBUIRANEGA VZORCA V PODMREŽI FUNKCIONALNO NIŽJEGA REDA. Morebiti delujejo koherentno vsi nevroni najvišjih asociativnih predelov možganske skorje, ki PREDSTAVLJAJO mnoge nižjeležeče plasti možganske skorje, katerih vsebino integrirajo. To pa ne velja le za pravkar obravnavane funkcionalne nevrofiziološke strukture, temveč še bolj za implicitne virtualne strukture.

Zavoljo velikanske kompleksnosti procesa ne moremo neposredno določiti, v kakšnem abstraktnem nevronskega prostora je mišljen pojav uniformnega "vzorca". Najverjetneje tak abstraktni prostor niti ni enolično določljiv. Matematično to ustreza dejstvu, da vektor v N-dimenzionalnem prostoru lahko zapišemo v poljubni bazi, vendar le določena baza prikazuje oziroma realizira takšne posebne lastnosti. Podmene o uniformnih "vzorcih", koherenci in rekonstrukciji simetrije sistema so vendarle introspektivno izkustveno zelo močno podprte z mnogimi poročili, predvsem vsebinsko na ravni višjih vzorcev (Pajin & Gaspari, 1989).

Funkcionalna simetrija sistema nevronov oziroma vzorcev raznih redov je (vsaj v grobem) fraktal fizikalne simetrije na ravni osnovnih delcev in njihovih vezanih sistemov (Peruš, 1993–1997; Schempp, 1993, 1994; Gould, 1989; Pyllkänen & Pyllkkö, 1995; Stern, 1992, 1994; idr.). V uniformnem koherentnem stanju (v smislu ujemanja aktivnosti ali, ožje, v smislu sovpadanja oscilacij osnovnih funkcionalnih elementov) sistem ne tvori nobenega konkretnega vzorca – ne predstavlja nobene konkretne vsebine. Fizikalno rečeno: ni v nobenem lastnem stanju (ali končni linearni kombinaciji lastnih stanj).

Stanje "zavesti same na sebi" v notranjem psihofizičnem svetu človeka nekako ustreza stanju zunanega fizikalnega sveta, ko je le-ta v notranje-aktivnem fluktuativnem vakuumu oziroma v tako imenovani supersimetriji. Fluktuativni vakuum Bohm (1980) imenuje "hologibanje". Vakuum je zastarel izraz, saj sodobna fizika ugotavlja, da ne gre za praznino in Nič, temveč za Nič in Vse hkrati – za implicitni "svet neuresničenih možnosti", ki pa ni eksplicitno udejanjen. Bilo je že več (znanstveno sicer ne splošno odobrenih) poskusov povezave problema enotnega polja fizike in fizikalne supersimetrije s problemom zavesti in tudi simetrije asociativne nevronske mreže (Hagelin, 1987, 1990; Chalmers idr., 1–5).

Kot pomeni fizikalni vakuum odsotnost nekega konkretnega fizikalnega stanja (delca, snovi), tako pomeni zavest sama na sebi odsotnost konkretne informacijske vsebine. Kreacija delca ustreza oblikovanju vzorca. V obeh primerih je prvotna simetrija zlomljena in globalno ravnovesje porušeno, zato sedaj sistem, oziroma polje, oblikuje neka relativno makroskopska neravnovesna stanja – strukture, vzorce. Tako vakuum kot neintencionalna zavest pomenita torej ŠE NEURESNIČENO MOŽNOST (ni še manifestirana, vendar se to lahko kadarkoli zgodi). Odkrivata torej "mirno vodno gladino", ki ni stanje nič, temveč le stanje popolnega ravnovesja – ničesar in vsega hkrati. Vse je le možnost in splošnost, ki lahko preide v nujnost in konkretnost.

Ko pošljemo motnjo oziroma dražljaj v sistem z uniformnim ravnovesnim stanjem, nastanejo neravnovesja (stanja z energijo in entropijo večjo od nič), ki se želijo izravnati (manjšati svojo energijo). To jim uspe najprej tako, da se stapljajo v večje hribe ali večje kapljice (vzorci, vezane sisteme), kar pomeni manjšanje energije, vendar tudi LOKALNO manjšanje entropije. V fizikalnem svetu se delci vežejo v večje delce, spini v sestavljene spine ipd.; v psihičnem svetu pa se vzorci povezujejo v višje vzorce. Povod je nek zunanji vpliv oziroma dražljaj, ki zmoti trenutno ravnovesje in zlomi simetrijo.

Vseeno gre pri zavesti za pomembno razliko. Vakuumske fluktuacije (slučajna majhna odstopanja od ravnovesja) so v naši primerjavi ustrezne še nepojmovnemu simetričnemu vzburjenju možganov otroka. Otrok živi, doživlja, vendar ne asociativno. Ne povezuje spominov oziroma se vsaj ne zaveda doživljanja; torej doživlja le na prvi stopnji, ne doživlja pa še svojega lastnega doživljanja. Pri neintencionalni zavesti, ki se razvije pri odraslem meditantu, pa lahko ta gestalt zelo visoke stopnje pomeni rekurzijo doživljanja in



temelji kot široko asociativno zaobjetje na množici starejših konkretnih vzorcev. V prvem primeru (pri otroku) je zavest še "tabula rasa" kot vakuum, v drugem primeru (pri meditantu) pa gre le za "envelopo", ki izpovpreči nize in superpozicije vzorcev. Tedaj je vsa vsebina v uniformnem vzorcu formalnih nevronov implicitno vsebovana, eksplicitno je zastopana le v formalnih vezeh. Pri posplošenih nevronih in vezeh pa govorimo o implikaciji v obeh sistemih: pri sistemu posplošenih nevronov o implikaciji S-tega reda, pri posplošenih vezeh Gledano subjektivno in notranje se mistik v svojem duhu stopi z vesoljem. Gledano objektivno in zunanje pa je ta "unio mystica" seveda le individualni dogodek v človekovem duhu z zanj vsesplošnim in absolutnim obeležjem. Drugi ljudje v bližini morda tega sploh ne zaznajo, še manj pa so neločljivo soudeleženi. Vendar se vplivi mistika oziroma meditanta in njegovega duhovnega stanja na okolico vseeno lahko prenašajo (hipotetični Maharišijev efekt: Dodatek H). Če pa je okolica dovzetna in duševno primerno naravnana, je vpliv lahko zelo velik in neposreden, onstran vsake besedne komunikacije, "resonančen", tako rekoč nadčuten.

Mistično poenotenje se zgodi v smislu fizikalnega časa takorekoč v trenutku, v smislu subjektivnega dožemanja časa pa daje občutje večnosti in neskončnosti. Časa ni več, je transcendirano. Zakaj lahko ta globalna simetrija razpade?

Zavest je proces oziroma aktivnost, Eno pa je uniformno stanje koherentne vzbujenosti nevronskega (ali tudi subkvantnega) sistema, ki je invariantno na dogajanje oziroma procese. Skratka, gre za paradoks med procesom, ki lahko tvori stanja, in stanjem, ki nastaja na osnovi procesov. Uniformni vzorec kot popolno ravnovesje s svojo samosintezo izniči vse pogoje za kakršnekoli procese, ki so vselej zvezani z izravnavo neklih neravnovesnih stanj. Zavest kot globalni proces zato ne more črpati energije za svoj obstoj. Uniformni gestalt, ki kot STACIONARNA ENVELOPA ZAOBJEMA DINAMIČNE VZORČNE KOMPLEKSE, zato razpade, na površje pa spet vstopijo ti dinamični procesi nižjega reda simetrije. Zavest sama na sebi postane zavedanje in miselni stroj (sicer na zelo abstraktni ravni) spet deluje.

## 15.7. V DUHU ONSTRAN PROSTORA IN ČASA

Ločimo najprej fizikalni prostor in čas od psihološkega prostora in časa. Fizikalni prostor in čas merimo z metri in urami, torej zunanjimi objektivnimi pripravami. Psihološki prostor in čas dojemamo notranje, subjektivno, s svojimi notranjimi modeli.

V obeh primerih potrebujemo za meritev tako imenovane referenčne točke ali izhodišča koordinatnega sistema, glede na katerega merimo razdaljo oziroma čas, podajamo koordinate neke druge točke ali dogodka. Ali lahko govorimo o prostoru in času, če nimamo ne prve (ki je sicer tako ali tako poljubno izbrana) ne druge točke? Ali je smiselno govoriti o prostoru in času, če je vse uniformno in če ni nekega zaporedja dogodkov, razen v čisto matematični abstrakciji? (Steinberg in Nyman & Hakkinen v: Pyllkkänen & Pyllkkö, 1995)

Živimo v fizikalnem svetu, ki je zapolnjen s konkretnimi in končnimi stvarmi. S pojmom PROSTORA kvantitativno določamo medsebojne TOPOLOŠKE ODNOSNE (npr. razdaljo) med temi stvarmi v fizikalnem svetu. Pojem ČASA izvira iz opazovanja usmerjenih, SUKCESIVNIH (sledenih si v nekem zaporedju) ali periodičnih pojavov. Torej gre za strukture odnosov: pri prostoru za odnos koeksistence, pri času pa za odnos sukcesije. Ta dejanskost se prenaša tudi na naš notranji model, na naše notranje virtualne vzorce, na iteracijo nevronskega sistema. Vzrok so čutila sama in prilagojena zgradba senzoričnega živčevja, dalje pa tudi višji asociativni predeli zaradi fizikalne narave svojega procesiranja. Vendar se notranji vzorci asociativno abstrahirajo. V posebnih okoliščinah, ki nastopijo na primer pri globoki meditaciji, je ta koncept prostora ali časa lahko notranje transcendirano.

V homogeni simetriji psihofizičnega sistema torej ni prostora in ni časa. Pojem prostora namreč dobi pomen šele, ko se pojavijo neke točke, konkretnosti, nehomogenosti v tej uniformnosti. Pojem časa pa dobi pomen šele takrat, ko je simetrija zlomljena, ko pride do neravnovesja in se sistem prične gibati v neki določeni smeri, njegovo sukcesivno napredovanje v tej smeri pa merimo kot čas. Znano je, da je naše notranje dožemanje časa in prostora zelo relativno in odvisno od konteksta, drugih vzorcev, socioloških dejavnikov itd. Številne optične prevare potrjujejo, da gre tudi za čisto psihofiziološke razloge. Razlagamo jih s procesom spušcanja v potencialne vrtače v konfiguracijskem prostoru, kar je neposredno povezano s kategorizacijo. Pomemben vpliv ima tudi pozornost. Denimo, da hitro pogledamo na uro s kazalci. Za hip se nam zazdi, da ura stoji. Potem pa nenadoma "steče" in kazalci se premikajo v precej manjših intervalih, kot je bil prvi. Naša na začetku zelo osredotočena pozornost je povzročila podaljšanje prvega intervala. To se da razložiti v okviru kognitivne sinergetike z eksponentnimi vplivi parametrov pozornosti (lastnih vrednosti) na razvoj nevronskega sistema.

Med mističnimi doživetji se dožemanje prostora in časa zelo "omehča" ali deformira. Navadno se zgodi v enoti fizikalnega časa nepopisno ogromno dogodkov. Preteče zelo veliko enot psihološkega časa in možgani operirajo z ogromno enotami psihološkega prostora – vsebine. Realna občutka prostora in časa se zgubita, prepletata se z abstraktnimi, nadrealističnimi, spominskimi vzorci. Pravzaprav izgubljata pomen, saj sedaj vzorci, ki se pretakajo po zavesti, nimajo več konkretne zunanje narave, temveč so postavljeni v širši abstrakten in asociativen kontekst; niso več urejeni na tak način, kot so bili zunaj, um jih prerazporedi na novo. Zavedati se moramo, da se tudi časovne sekvence v možganih kodirajo v prostorsko ločene (vendar sosednje) predele (Lockwood, 1989).

Prostor in čas se izkažeta kot količini, ki sta primerni za opise zunanjih objektivnih medsebojnih odnosov med stvarmi, nista pa primerni za notranje abstraktne vzorce, ki nastajajo. V asociativnem spominu dobi

vlogo merila za "topološko" presojanje asociativna podobnost med vzorci (število tistih nevronov v konfiguraciji, ki so usklajeni). Ta nova topologija torej ni več prostorska in časovna (kvantitativna), temveč je abstraktna, kvalitativna, primerjalna in kategorijalna. V matematični prisposobi: zdi se, kot da je bila spremenjena baza vektorskega prostora.

Tako kot se v fiziki, v Einsteinovi teoriji relativnosti, srečamo z relativnostjo oziroma "deformacijo" fizikalnega prostora-časa, tako se tudi v nevronskega sistema srečamo z "deformacijo" psihološkega prostora in časa (tudi Hoffman, 1966). Zdi se, da je vzrok za analogijo spet v dejstvu, da je mikroskopski fizikalni svet (na nivoju fizike osnovnih delcev po "bootstrap" teoriji in tudi kvantne mehanike) v principu – v smislu obnašanja, ustreznega paralelno-distribuiranemu sistemu – fraktalno podoben nevronskega sistemu in nadgradnji vzorcev. Psihofizični svet je model fizikalnega sveta, je fizikalni svet v malem, rekurzija, ponovljena slika v sliki. Ali, če bi obrnili zorni kot: fizikalni svet so v bistvu nekakšni veliki možgani, vendar z bistveno drugačnimi osnovnimi sestavnimi elementi, na bistveno drugačni skali, bistveno drugače konkretno manifestirani. Tako kot človek modelira svet, hkrati tudi svet modelira človeka: svet vtiskuje svoje vzorce v človeka, človek pa vnaša lastne vzorce v svet. V obeh svetovih VZORCI SAMI urejajo medsebojne topološke odnose.

Kakšen je odnos med fizikalnim in psihološkim časom, ostaja vprašanje. Zdi se, da sta neodvisna. Gre pač za meritev oziroma dožemanje nekaterih sukcesivnih zunanjih dogodkov z dvema različnima sistemoma – neposredno z nevronskega sistemom ali posredno s pomočjo ure, ki je ponaredek merjenega pojava: nihanje ure koherira sukcesiji oziroma periodičnosti merjenega pojava. Verjetno je dožemanje časa pri človeku lahko zastopano na dva načina. Višji asociativni centri nadzorujejo iterativno (ciklično) delovanje nevronske mreže. Sicer pa je "merjenje časa" možno že neposredno na osnovi specifičnih nevronov, ki reagirajo le na določene frekvence zunanjega izvora oziroma se sinhronizirajo z njimi, ta detekcija pa se potem v hierarhično višjih centrih primerja. Pri prostorskem dožemanju je v grobem podobno. V glavnem pa se zdi, da časa in prostora navadno ne "merimo", temveč ju ocenjujemo kar iz izkušnje že na dokaj visoki abstraktni ravni. Za natančne meritve pa seveda potrebujemo pripomočke.

Ker je človeški duh sposoben rekonstruirati supersimetrijo svojega modelskega sistema, se lahko dotakne neskončnosti in homogenosti oziroma izotropnosti. Neke vrste neskončnost pa je zajeta tudi v neskončnosti možnih "prostostnih stopenj" (možnih načinov vedenja), ki jih nudi vsestranski in prožni nevronskega sistem. V statiki hitro srečamo končnost, v dinamiki pa precej težje. Nevronskega sistem je vselej dinamičen, razen v globalni simetriji. Vendar prav takrat pripelje človeka v doživetje neskončnosti. V gestaltu najvišjega reda duh daje doživetje polnosti, saj implicitno vsebuje superpozicijo vseh vzorcev nižjega reda. Hkrati ta vzorec najvišjega reda v krajni obliki eksplicitno postane uniformen in s tem informacijsko prazen. Odtod občutje "polne praznine" – "paradoksalno" sintetično doživetje.

## 15.8. STIČNE TOČKE MISTIČNIH SPOZANJ IN MODELA ASOCIATIVNIH NEVRONSKIH MREŽ

Bistvena skupna točka je zastopana v geslu "VSE V ENEM, ENO V VSEM". Vsak del Univerzuma je posredno ali neposredno povezan z vsemi drugimi deli Univerzuma. Vsaka točka Univerzuma je zastopana v vseh ostalih točkah in hkrati je ves Univerzum zastopan v vsaki posamezni točki. "Biti zastopan" lahko pomeni: "interagirati z", "soustvarjati se", "vsebovati se", "vzdrževati se".

To je princip delovanja asociativne nevronske mreže: nevroni delujejo "vsi za enega, eden za vse". To je princip delovanja vseh simetričnih paralelno-distribuiranih kompleksnih sistemov – v fiziki, biologiji, sociologiji itd. Odstopanje od tega principa pomeni, da je simetrija relativno zelo zlomljena in da prevladujejo v tej skali opazovanja lokalni naravni zakoni (posamezni vzorci). Tako dojemajo svet mistiki, tako ga vidijo fiziki osnovnih delcev (npr. "hadron-bootstrap" teorija). Tako se ob celovitem mikroskopskem pogledu pokazeta objektivni fizikalni svet in subjektivni duševni svet. Original in model (kaj je prvo, kaj pa drugo, je stvar filozofskega prepričanja) imata oba takšno strukturo na ravni kompleksnega sistema! V tem smislu je svet celovit, vzročno tesno in mnogokratno prepleten v "mreže" ali "tkiva", večstranski oziroma "večnadstropen", deluje na vseh virtualnih ravneh hkrati, je neodvisen, zaokrožen, nedeljiv, dinamičen, relativističen.

Univerzum se SAMOORGANIZIRA in SAMEGA SEBE USTVARJA – tudi NEPRESTANO V VSAKI SVOJI TOČKI. Obstoj Univerzuma ni stanje sistema, temveč proces, saj ne gre za statičnost in ravnovesje, temveč je rezultat dinamike in neravnovesja. Tukaj je mišljen Univerzum objektov, ne simetrični Univerzum sam na sebi (ki bi lahko bil popolni "vakuum" – "Vse in Nič hkrati"). Tudi naravni zakoni so podvrženi spremembam: so rezultat fizikalne evolucije; psihični "zakoni" so rezultat psihične evolucije; oboji pa se manifestirajo kot samoorganizirani vzorci celotnega sistema. Mistik lahko to doživi na svojem notranjem modelu Univerzuma, fizik pa razbere iz eksperimentov in matematičnih teorij (Capra, 1982; Zukav, 1980). Nevronske mreže lahko igrajo vlogo korespondenčnega modela med obema pristopoma. Sicer pa je njihova vloga mostu med fizičnim in psihičnim že splošno priznana.

## 15.9. ZDRUŽITEV OPAZUJOČEGA IN OPAZOVANEGA

Mistično stanje zavesti je povezano z vzpostavitvijo globalne psihofizične simetrije, ki ni le spoznavni dogodek, temveč nevrofiziološka sprememba z zabrisom vzorcev-atraktorjev v eksplicitni zavesti oziroma z njihovim umikom v implicitni del spomina ali podzavesti (pa ne v Freudovem smislu). Vzpostavljajo se

globalni uniformni "vzorci" na kvantni ravni – atraktorji, ki so tako globalni in vseobsegajoči, da presežejo lastno bistvo oziroma vso konkretno informacijo. Tvorba takšnega univerzalnega atraktorja-čez-vse, ki prav zato izgubi konkreten pomen (tako kot država, ki se razširi čez ves svet, izgubi svoj pomen kot država), ustreza najbolj osnovnemu, nevzbujenemu delovanju živčnega sistema. Najbolj nevzbujeno je v zunanjem, eksplicitnem smislu; notranje, implicitno pa je to lahko zelo vzbujeno stanje, sproščena čuječnost.

Mistik globoko doživlja, da se ves svet lahko zreducira na njegovo zavest; da je bil ves konkretni svet le predmet njegove zavesti in da je ves (fenomenalni) svet le nabor njegovih notranjih vzorcev. Ko jih transcendirajo, v duhu transcendirajo tudi konkretni (fenomenalni) svet, ki s tem izgineva. Mistik v globokem stanju zavesti odtegne vso pozornost zunanjemu svetu, potem pa tudi opazovanju svojega notranjega sveta, ko hierarhično višji vzorci zaobjemajo druge notranje vzorce iz raznih možganskih centrov bližje senzorično-motoričnim organom. Ostajajo le gestalti visokega reda, ki končno prehajajo v stanja zavesti same na sebi – globalnega koherentnega vzbujenja možganov in največje usklajenosti duševnih struktur.

Pri fizikalnih raziskavah se srečujemo s problemom dualizma opazovalca in opazovanega. Opazovalec (oziroma naša merilna naprava) in opazovano (fizikalni pojav) bi morala biti ločena oziroma neodvisna, vendar tega ni mogoče doseči v popolnosti, posebno ne na ravni kvantne fizike. Tudi merjenje samo je fizikalni pojav, ki moti objektivno raziskavo opazovanega pojava. Drugi zadržek pa je, da o nekem pojavu vemo le tisto, kar smo dobili s procesom merjenja. V fiziki opazovalec in opazovano ne moreta sovpadati. Opazovalec se ne more nikoli poistovetiti z opazovanim pojavom in ga videti "od znotraj, v pravi luči", ne le prek interakcije. V običajni fiziki, ki proučuje zunanje naravne pojave, je to povsem razumljivo in neizbežno, zato se uporabljajo eksperimentalne in analitične metode, ki se teoretično nadgrajujejo.

Psihofizikalni pojavi pa so edinstvena izjema. Naša duševnost je edini fizikalni sistem (sicer razširjen in nadgrajen), ki nam je deloma dostopen v sintezi. Pri introspekciji, posebno pa pri mističnih doživetjih, sta lahko opazovalec in opazovano združena v enem! V običajni razumski introspekciji gre le za notranji dualizem: opazovalec in opazovano sta sicer oba v notranjosti, sta pa ločena med seboj. Vlogo opazovalca ima en možganski predel ali vzorec, vlogo opazovanega pa drugi predel ali vzorec. Ločitev ni nujno prostorska, temveč nastopa funkcionalno na abstraknejši virtualni ravni. Pri mističnih doživetjih pa nastopi tudi popolna NOTRANJA SINTEZA in NOTRANJE POENOTENJE OPAZOVANEGA IN OPAZUJOČEGA. Objektivno (mišljena je notranja slika objektivnega) in subjektivno, ki se v možganih vseskozi prepletata in prehajata eden v drugega, se tedaj povsem poistovetita. V paralelno-distribuiranih sistemih se vzporedno dogaja množica lokalnejših procesov, ki niso med seboj neposredno vzročno povezani. Povezani so šele posredno oziroma globalno prek celovitega in nerazdružljivega medija (mikroskopskega kompleksnega sistema, denimo kvantnega, iz katerega izvirajo makroskopski pojavi, ki pa potem zasenčijo pomen mikroskopskega medija). Znanost se ukvarja z natančno določljivimi in razločljivimi vzročnimi zvezami, nekatere ezoterične prakse pa se večidel intuitivno posvečajo zgolj KORELACIJAM med paralelno-distribuiranimi procesi, ki se razvijajo v grobem vsak zase, vendar vzporedno. Tako včasih lahko npr. njihovi periodični ciklusi časovno sovpadajo. Ta SINHRONICITETA (Jung, 1995) je torej v okviru paralelno-distribuiranih kompleksnih procesov z obeležji "asociativnih zvez" v širšem smislu (morebiti celo čisto fizikalnem) povsem legitimna.

## 15.10. NEVROFIZIOLOŠKI POJAVI, KI SPREMLJAJO MEDITACIJO

Meditacija in misticizem sta celovita duševno-duhovna procesa, ki se izražata na mnogih različnih ravneh! Ni mogoče jasno opredeliti teh nivojev, segajo pa od Bohmovega subkvantnega nivoja prek nevrofiziološkega (ki je zelo izčrpno analiziran v: d'Aquili & Newberg, 1993) do sinergetsko-virtualnega, ki je predstavljen v tem delu. Analize (Clark, 1983; Walsh & Vaughan, 1987; Brown, 1977; Deikman, 1966), omejene na posamezne ravni, bi se morale dopolnjevati, vendar so navadno zelo enostranske in površne.

Vseeno preglejmo na kratko nekatere nevrofiziološke posledice: metabolizem, respiratorna (dihalna) stopnja in srčni utrip upadajo, možganska vzbujenost je manjša, EEG koherenten (Raković idr., 1999) in počasnejši, a sinhronizacija je večja. Delujejo inhibitorni nevronske mehanizmi.

Po d'Aquiliju in Newbergu je "sedež" mistične zavesti posteriorni superiorni parietalni lobulus (PSPL), ki se nahaja v terciarnem asociativnem predelu možganske skorje. Pri čustveno-afektivni spremljavi pomagata tudi hipotalamus in amigdala, theta valovi pa so bili med meditacijo odkriti v prefrontalni skorji, ki se s tem pridružuje spisku možganskih struktur, posebno dejavnih pri mistično-meditativnih stanjih. Sicer so glede zavesti osrednje strukture hipokampus in Brodmannovi področji št. 40 in 39. Tako nevrofiziolog odgovarja na vprašanja, ki smo si jih vseskozi postavljali. Vendar se zdi, da so omenjeni pojavi na navedenih lokacijah le dominantni stranski efekti, ki ne razodevajo bistva, ne dajejo razlage in notranjega opisa.

Fenomenološki principi mistično-meditativnih procesov so torej okvirno znani, njihova lokalizacija (niti groba) pa ne. V mnogoplastnost lahko verjamemo, kaj pa v lokalizacijo samo? Tukaj povejmo, da so bili poskusi s koherenco EEG (dodatek H; Raković idr., 1999) uspešno razširjeni tudi na več kot le eno meditirajočo osebo (Goswami, 1990 – orig. Grinberg-Zylberbaum & Ramos; Orme-Johnson & Haynes). To dejstvo podpira Jungovo kolektivno (ne)zavedno in vse teze o onostranskosti, nelokalnosti in univerzalni enotnosti duha oziroma Duha. Zaključimo s povzetkom, da je doživljanje čiste, neintencionalne zavesti povezano s koherentnim stanjem v biofizikalnem ozadju, vključno z možgani. Ker se velja izogniti fenomenološkimi opisom konkretnih kvalitativnih zavestnih doživetij, več o zavesti sami ne moremo povedati...

# 16. DODATEK A: MATEMATIČNE ANALOGIJE ASOCIATIVNIH NEVRONSKIH MREŽ, KVANTNE FIZIKE IN HOLOGRAFIJE

## 16.1. A.1 Matematične analogije teorije asociativnih nevronske mreže in kvantne fizike

Matematični formalizem Hopfieldovih mrež in nevrosinergetike (Haken, 1991: predvsem str. 24–27) je često močno soroden kvantno-fizikalnemu (Bohm, 1954; Messiah, 1965). Razlog za to je *podobna kolektivna sistemska dinamika*, ki je sposobna procesirati informacije. Podajmo nekaj primerov, najprej nevronske obliko, nato kvantno inačico:

Vektor stanja  $\vec{q}$  ustreza valovni funkciji oziroma funkciji stanja  $\Psi$ . Za oboje velja predpis ortogonalnosti in normiranosti.

Razvoj vektorja stanja v linearno kombinacijo lastnih vektorjev  $\vec{v}_k$ :

$$q(\vec{r}, t) = \sum_{k=1}^P c_k(t) v_k(\vec{r}) \quad (\text{A.1})$$

ali prevedeno v kvantni jezik:

$$\Psi(\vec{r}, t) = \sum_{k=1}^P C_k(t) \psi_k(\vec{r}) \quad (\text{A.2})$$

Vloga koeficientov v razvoju igrajo zgoraj parametri urejenosti  $c_k$ , spodaj pa verjetnostne uteži  $C_k$ .

$c_k$  oziroma  $C_k$  so definirani takole (zvezdica \* pomeni adjungiranje,  $\langle \dots \rangle$  pa skalarni produkt, denimo v Hilbertovem prostoru):

$$c_k = \langle \vec{v}_k, \vec{q} \rangle = \int v_k(\vec{r})^* q(\vec{r}, t) d\vec{r} \quad (\text{A.3})$$

oziroma

$$C_k = \langle \psi_k, \Psi \rangle = \int \psi_k(\vec{r})^* \Psi(\vec{r}, t) d\vec{r} \quad (\text{A.4})$$

Feynman je pokazal, da lahko Schrödingerjevo enačbo prepisemo v smislu Huygensovega principa ("vse točke za eno, ena točka za vse") (Hiley & Peat, 1987). Tedaj uvidimo matematično analognost *dinamske enačbe za neurone* (časovne in prostorske integracije prispevkov vseh točk ali nevronov določeni točki ali nevronu):

$$q(\vec{r}_2, t_2) = \iint J(\vec{r}_1, t_1, \vec{r}_2, t_2) q(\vec{r}_1, t_1) d\vec{r}_1 dt_1 \quad (\text{A.5})$$

in na drugi strani *Feynmanove interpretacije Schrödingerjeve enačbe*:

$$\Psi(\vec{r}_2, t_2) = \iint G(\vec{r}_1, t_1, \vec{r}_2, t_2) \Psi(\vec{r}_1, t_1) d\vec{r}_1 dt_1 \quad (\text{A.6})$$

$G(\vec{r}_1, t_1, \vec{r}_2, t_2)$  je Greenova funkcija oziroma propagator kvantnega sistema, ki opisuje paralelno-distribuirano transformacijo sistema zaradi notranjih interakcij med "kvantnimi točkami", to je med formalnimi "nevroni".

Obstaja kvantna inačica Hebbovega učnega pravila, torej dinamske enačbe za vezi oziroma interakcije. Hebbovo pravilo je v obliki za kontinuum takšno:

$$J(\vec{r}_1, t_1, \vec{r}_2, t_2) = \sum_{k=1}^P v_k(\vec{r}_1, t_1) v_k(\vec{r}_2, t_2) \quad (\text{A.7})$$

Kvantna analogija, to je izraz za Greenovo funkcijo, se v nerelativističnem primeru glasi (Bjorken & Drell, 1965, str. 86):

$$G(\vec{r}_1, t_1, \vec{r}_2, t_2) = \sum_{k=1}^P \psi_k(\vec{r}_1, t_1)^* \psi_k(\vec{r}_2, t_2) \quad (\text{A.8})$$

V relativističnem primeru igra vlogo Feynmanovega propagatorja namesto Greenove funkcije *S-matrika* (razdelek 7.3.3), ki ima podobno obliko (Bjorken & Drell, 1965, str. 95):

$$S(\vec{r}_1, t_1, \vec{r}_2, t_2) = -\sum_{k=1}^P \sum_{j=1}^2 \psi_k^j(\vec{r}_1, t_1)^* \psi_k^j(\vec{r}_2, t_2), \quad t_2 > t_1$$

$$S(\vec{r}_1, t_1, \vec{r}_2, t_2) = \sum_{k=1}^P \sum_{j=3}^4 \psi_k^j(\vec{r}_1, t_1)^* \psi_k^j(\vec{r}_2, t_2), \quad t_2 < t_1 \quad (\text{A.9})$$

Bilinearne forme te vrste najdemo tudi v teoriji spinskih stekel (Mezard idr., 1987) in drugih spinskih sistemov, v holografiji (Nobili, 1985) ter na raznih drugih področjih fizike.

Hebbovemu pravilu oziroma Greenovi funkciji je sorodno drugo znano nevronske učno pravilo – t. i. *delta pravilo* (več v: Peruš, 1997h). To pa ima kvantno analogijo v izrazu za *gostotno matriko*:

$$\rho(\vec{r}_1, t_1, \vec{r}_2, t_2) = \sum_{k=1}^p \sum_{h=1}^q \rho_{kh} \psi_k(\vec{r}_1, t_1)^* \psi_h(\vec{r}_2, t_2) \quad (\text{A.10}).$$

Rekonstrukciji nevronskega vzorca ustreza "kolaps valovne funkcije". Matematično prvo in drugo zapišemo takole:

$$\vec{q}(\vec{r}, t) = \sum_{k=1}^p c_k(t) \vec{v}_k(\vec{r}) \Rightarrow \vec{q}(\vec{r}, t) = \vec{v}_{k_0}(\vec{r}) \quad (\text{A.11}),$$

$$\Psi(\vec{r}, t) = \sum_{k=1}^p C_k(t) \psi_k(\vec{r}) \Rightarrow \Psi(\vec{r}, t) = \psi_{k_0}(\vec{r}) \quad (\text{A.12}).$$

Pri tem je izredno pomembno, da *zunanj* vpliv na nevronske mreže oziroma *meritev kvantnega sistema sproži rekonstrukcijo ustreznega atraktorja* (vzorca  $\vec{v}_k$  oziroma lastne valovne funkcije  $\psi_k$ ). Pri računalniški simulaciji nevronske mreže moramo vstaviti del spominskega vzorca ali nekaj, kar je dovolj podobno takemu delu. Samo v takem primeru sprožimo samoorganizirano uravnovešeno mrežo ravno v tisti vzorec-atriktor. Če bi vstavili karkoli "tujega", mreža ne bi "kolapsirala" v določen vzorec. Torej mora uporabnik računalniško simulirane nevronske mreže *vedeti*, kateri del vzorca mora vstaviti vanjo, da se bo odzvala z rekonstrukcijo celega vzorca! Prav tako se v možganih izoblikuje določen vzorec-atriktor le takrat, ko je v zunanjem ali notranjem okolju povod za to, npr. zunanji predmet ali drugi vzorci. Tako je tudi pri meritvi kvantnega sistema: pri določenih fizikalnih okoliščinah poizkusa (npr. energiji ipd.) bomo dobili določen pojav; pravzaprav ga bomo sooblikovali v skladu z okoliščinami, ki smo jih sami pripravili.

Opozarjamo, da vsebujejo v delu svetovne literature enačbe (A.8), (A.9) in (A.10) imaginarno enoto  $i$  ( $\sqrt{-1}$ ) eksplicitno (pred  $\Sigma$ ). Vendar tedaj vsebuje  $i$  pred  $\int$  tudi izraz (A.6). Ko (A.8) ipd. vstavimo v (A.6), se oba  $i$ -ja pomnožita v  $-1$  in tako se dobijo povsem ekvivalentne enačbe kot zgoraj. Gre torej le za malo različne definicije spremenljivk  $G$ ,  $\rho$  in  $S$ ; fizika je enaka.

Skratka, *znanje* opazovalca o sistemu je, če zgornje analogije držijo, odgovorno za rekonstrukcijo vzorca ali "kolaps valovne funkcije"! To je moja varianta odgovora na petdesetletno osnovno dilemo kvantne fizike. Nekateri ugledni fiziki (npr. Wigner, von Neumann) so jo doslej poskušali rešiti z odgovorom, da je potrebna *zavest* (Lockwood, 1989). Drugi trdijo, da je dovolj že *interakcija*, tretji pa (Bohm & Hiley, 1993), da "kolapsa" sploh ni (to je celostni pogled, s katerim transcendiramo omenjene delne procese). Analogija z nevronskimi mrežami kaže, da bi bila sicer *specifična* interakcija sama dovolj, vendar je izredno malo verjetna. *Zavestna interakcija, pogojena z znanjem*, pa izpolni prav to, kar bi bilo sicer zelo malo verjetno.

Tako pri kvantnem merjenju kot tudi pri rekonstrukciji nevronskega vzorca zunanji dejavnik vzpostavi nekakšno virtualno celoto s sistemom samim in šele ta "meta-gestalt" predstavlja proces merjenja oziroma zaznavanja v celoti. Ta dva procesa sta po naravi enaka, le da v prvem človek soustvarja atraktorje v kvantnem sistemu, v drugem pa okolje soustvarja atraktorje v človeških možganih. Gledano zelo celovito pa v bistvu vsaka točka Univerzuma "kolapsira" valovno funkcijo katerekoli druge točke Univerzuma. "Kolaps" oziroma rekonstrukcija vzorca v psihofizičnem sistemu *nosi neko informacijsko vsebino* (intencionalnost duševnosti), v navadnem fizikalnem sistemu pa se to dogaja samo na sebi (neintencionalnost fizikalnega) oziroma se dejansko sploh ne dogaja, ker ni ničesar, kar bi ločevalo dela od celote. Kaj se dogaja neodvisno od nas, ostaja veliko ontološko vprašanje. Mi lahko poznamo le to, pri čemer sodelujemo. (Široke fizikalno-filozofske razprave o teh temah v: Davies & Brown, 1986; Graham & De Witt, 1973; Lockwood, 1989; Penrose, 1989, 1994; Goswami, 1990.) Razlika med fizičnim in psihofizičnim sistemom je razen v (ne)vsebnosti (specifičnih) informacij tudi v tem, da ima psihofizični sistem (možgani-duševnost) na svoji ravni dobro definirano in relativno *neodvisno okolje*, ki ga modelira zelo specifično in prožno. Klasični fizični sistem nima zmožnosti modeliranja okolja, kvantni pa nima ločenega, avtonomnega, neodvisnega okolja.

Pomembna posledica zgoraj opisanih *analogij matematičnega formalizma kvantne fizike in nevronskih mrež Hopfieldovega oziroma Hakenovega tipa* bi bila hipoteza, da je potemtakem kvantna mehanika na subkvantnem nivoju *deterministična*, probabilistična (opisljiva z določeno verjetnostjo pa je šele na kvantni ravni). Vendar zaradi ene (in edine) pomembne razlike med navedenimi nevronskimi in kvantnimi enačbami, to je v imaginarni enoti  $i$  (ki je skrita v valovni funkciji  $\Psi$ ), zaključka o determinizmu ni mogoče dati. Zapis s kompleksnimi števili, ki se v teorijo nevronskih mrež vključuje pri sklopljenih *oscilirajočih* nevronih, je šele pri kvantnih mrežah zares neizbežno nujen (več v: Peruš, 1997a, 1997i).

Po Bohm-Hileyevi interpretaciji na kvantni ravni nastopajo delci kot nekakšni "vzorci" (paralelno-distribuirani atraktorji), ki izhajajo iz tako imenovanih "skritih spremenljivk" (formalnih "nevronov") na subkvantnem nivoju (Bohm & Hiley, 1993). Vendar je seveda tudi uporaba abstraktnih matematičnih točk (formalnih "nevronov") na subkvantni ravni zgolj neizbežna modelska aproksimacija za potrebe analize, ki se lahko dopolni z algebrami (Hiley & Peat, 1987; Frescura & Hiley, 1980; Hiley, 1980; Hiley & Monk, 1993).

V resnici je kvantna dinamika, posebno v interakciji s klasično-fizikalnimi sistemi, kot se dogaja v možganih, še precej bolj subtilna (podrobne razprave o tem v številnih mojih izvirnih člankih: Peruš, 1993–

1999), vendar to ne zmanjšuje izrednega pomena nevro-kvantnih analogij pri raziskavah mnogonivojskega (fraktalnega) procesiranja informacij v možganih in onstran. Omogočajo namreč računalniško modeliranje kvantne fizike z asociativnimi nevronskimi mrežami ter pri tem vključujejo informacijsko komponento duševnosti in zavesti (znanje) razumnih bitij v sliko fizikalnega sveta v širšem smislu. Nelokalnost (paralelna distribuiranost) implicitnih kvantnih procesov, ki le v posebnih okoliščinah eksplicitno udeležajo lokalizirane "skupke" (delce), je danes že eksperimentalno dokazana (Davies & Brown, 1986; Kafatos & Nadeau, 1990).

## 16.2. A.2 Matematične analogije teorije asociativnih nevronskih mrež in holografije

Holografija (optična, akustična, kvantna, digitalna) [1] je v splošnem sorodna delovanju Hopfieldove mreže, če imamo "oscilirajoče aktivnosti nevronov" oziroma ko dodamo fazno informacijo v vzorčne vektorje:

Objektni žarek opišemo z  $\vec{o} = (o_1 e^{i\varphi_1}, o_2 e^{i\varphi_2}, \dots, o_M e^{i\varphi_M})$ ;  $i = \sqrt{-1}$

Referenčni žarek opišemo z  $\vec{r} = (r_1 e^{i\varphi_1}, r_2 e^{i\varphi_2}, \dots, r_M e^{i\varphi_N})$

V želji po kratkosti zapisa in sorodnosti s Hopfieldovo mrežo smo žarka opisali diskretno. Indeks amplitude in faze pripada različnim lokacijam v valovnem paketu.

Ko žarka interferirata, je stopnja prepustnosti holograma opisljiva z izrazom, podobnim Hebbovemu učnemu pravilu (A.7):

$$J_{hj} = r_h o_j e^{-i(\theta_h - \varphi_j)} \text{ ali } \mathbf{J} = \vec{r} \vec{o}^T \quad (\text{A.13.})$$

Priklic iz holografskega spomina ustreza rekonstrukciji "slike" iz holograma ( $\vec{o}'$ ), potem ko ga presvetimo z referenčnim žarkom (celim, delnim ali nečim podobnim)  $\vec{r}'$ :

$$\vec{o}' = \mathbf{J} \vec{r}' \Leftrightarrow \sum_{h=1}^N J_{hj} r'_h e^{i\theta'_h} = \sum_{h=1}^N r_h o_j e^{-i(\theta_h - \varphi_j)} r'_h e^{i\theta'_h} \cong o_j e^{i\varphi_j} \quad (\text{A.14.})$$

Po Sutherlandovem modelu simulirane holografske nevronske mreže [2] bi lahko naš Hopfieldov model učinkovito posplošili takole. Naredimo "Hebbovo interferenco" mnogih učnih parov dražljaj-odziv (indeks para je  $k$ ) in dobimo holografski spomin:

$$\mathbf{J} = \sum_{k=1}^P \vec{o}^k (\vec{r}^k)^T \Leftrightarrow J_{hj} = \sum_{k=1}^P r_h^k o_j^k e^{i(\varphi_j^k - \theta_h^k)} \quad (\text{A.15.})$$

$\vec{r}^k$  kodira dražljaj,  $\vec{o}^k$  pa kodira odziv (glej Dodatek D).

Če mreža zazna nov dražljaj, ki je zakodiran v  $\vec{r}'$ , dobimo

$$\vec{o}' = \mathbf{J} \vec{r}' \Leftrightarrow \sum_{h=1}^N J_{hj} r'_h e^{i\theta'_h} = \sum_{h=1}^N \sum_{k=1}^P r_h^k o_j^k e^{i(\varphi_j^k - \theta_h^k)} r'_h e^{i\theta'_h} \cong o_j^1 e^{i\varphi_j^1} \quad (\text{A.16.})$$

To velja, če smo izbrali "priklicni ključ" (v besednjaku naše nevro-holografske analogije je to "referenčni žarek za rekonstrukcijo nevronskega holograma"), ki je podoben enemu od učnih dražljajev, denimo  $\vec{r}^1$ .

Tedaj je  $r'_h \cong r_h^1$  in  $\theta'_h \cong \theta_h^1$ , za vse  $h$ . V tem primeru je  $r'_h r_h^1 \cong 1$  (če sta normirana) in  $e^{i\theta'_h} e^{-i\theta_h^1} \cong 1$ . Ostali členi (s  $k \neq 1$ ) so relativno zelo mali ("šum").

Hopfieldov model so že večkrat optično implementirali in eksperimentalno dokazali učinkovitost holografskega asociativnega pomnjenja in procesiranja informacij.

Tudi analogije med kvantno teorijo in holografijo je opisoval že marsikdo od njenega odkritelja Gaborja dalje, tako da lahko sklenemo: Oba razdelka tega Dodatka dokazujeta, da imajo modeli asociativnih nevronskih mrež, kvantna teorija in holografski modeli mnoga skupna obeležja, npr. podobnost dinamike in procesiranja (informacij) [3].

### POGLOBLJENO ČTIVO K DODATKU A.2:

1. Holografija: Yu. N. Denisjuk: Fundamentals of Holography; Mir, Moskva, 1984. P. Hariharan: Optical Holography; Cambridge Univ. Press, 1996. L.P. Yaroslavskii, N.S. Merzlyakov: Methods of Digital Holography; Consult. Bureau, New York, 1980. (E. Menzel, W. Mirande, I. Weingärtner: Fourier-Optik und Holographie; Springer, Wien, New York, 1973.)

2. "Holographic Quantum Neural Technology": J.G. Sutherland: Holographic model of memory, learning and expression; Int. J. Neural Sys. 1 (1990) 256-267. J.G. Sutherland: The holographic cell: A quantum perspective (pogl.). V: V.L. Plantamura, B. Souček, G. Visaggio (Eds.): Frontier Decision Support Systems; J. Wiley & Sons, New York, 1994 (tudi pogl. 4, 5 tam). R. Manger: Holographic neural networks and data compression; Informatica 21 (1997) 665-667.

3. Bibliografija avtorjevih podrobnih študij nevro-kvantnih analogij: M. Peruš: Nonlin. Phenom. in Complex Sys. (1999) v tisku. Z. Angew. Math. & Mech., S 1 (1998) 23-26. Noetic J. 1 (1998) 118-127. Informatica 21 (1997) 491-506. Informatica 20 (1996) 173-183. Pogl. v: Mind Versus Computer, IOS Press, Amsterdam, 1997 (156-170). Pogl. v: New Directions in Cognitive Science. Finnish AI Soc., Helsinki, 1995 (115-123).

4. Originalni model kvantnih asociativnih mrež je objavljen ali v tisku v: M. Peruš: Proceed. Conf. on Computat. Intellig. & Neurosci., USA, 1998. M. Peruš & S.K. Dey: Appl. Math. Lett. M. Peruš: Amer. Inst. Physics Proceed. (CASYS'99).

## 17. DODATEK B: KRATEK PREGLED MOŽGANSKIH STRUKTUR

Podan je površen nevrobiološki pregled funkcij pomembnejših možganskih predelov, ki je sicer dokaj nepopoln in nesistematičen, vendar lahko bralcu da jedrnat vtis o vlogah raznih območij (po Burnod, 1990; idr.). Oglejte si sliko 19 v glavnem besedilu.

- **FRONTALNA** področja skorje so namenjena konstrukciji strukturiranih sekvenc in povezujejo informacije o notranjem stanju z motoričnim sistemom.
- **PARIETALNA** področja skorje so namenjena adaptaciji pozicioniranja in sklapljajo podatke iz okolja z motoričnim sistemom; njihove senzorične korelacije so osnova za zapovrstne mišične akcije.
- **TEMPORALNA** področja skorje so namenjena adaptaciji razpoznavanja in primerjajo zunanje z notranjim stanjem.
- **HIPOKAMPUS** (*hippocampus*) izvaja časovne in prostorske (avto)korelacije med senzoričnimi informacijami ugotavljajoč zakonitosti v senzoričnih podatkih, kar je pomembno pri razpoznavanju in pomnjenju.
- **NIGRO-STRIATALNI** sistem časovno-prostorsko integrira dejavnosti mnogih stolpcev skorje in tvori programe (npr. motorične) na osnovi neravnovesnih stanj v skorji.
- **AMIGDALA** (*amygdala*) je odgovorna za spomin na osnovi učenja s poskusom in napako – s pomočjo "potrjevalcev" ("reinforcers"), ki "nagradijo" ali "kaznujejo"; ima pa tudi vlogo pri motivaciji in čustvovanju.
- **VESTIBULARNO JEDRO** (*vestibular nuclei*) z določanjem jakosti mišičnih akcij vzdržuje globalno ravnotežje v telesu.
- **TALAMUS** (*thalamus*) po skorji razporeja senzorične in motorične signale ter signale drugih možganskih predelov.
- **HIPOTALAMUS** (*hypothalamus*) prevaja nevronske dejavnosti v hormonsko, izvaja regulatorne funkcije in nadzor avtonomnega živčnega sistema.
- **GORNJI IN SPODNJI KOLIKUL** (*superior/inferior colliculi*) pretvarjata audio- in vizualne lokacije v jakosti ukazov za mišice, da orientirajo čutila proti dražljaju.
- **MALI MOŽGANI** (*cerebellum*) kvantitativno določajo in vodijo motorične dejavnosti na podlagi izhodnih podatkov iz neokorteksa.
- **HRBTENJAČA** (*spinal cord*) pretvarja tipne in proprioceptivne (notranje-telesne) informacije v motorične signale (reflekse).

Ostajajo še occipitalna področja in *insula* v skorji; *pons* in *medulla oblongata* (podaljšana hrbtenjača) v možganskem deblu; idr.

## 18. DODATEK C: NASTANEK SEKVENC VZORCEV V PARALELNO-DISTRIBUIRANI MREŽI

Pri časovnih sekvencah se nevronske atraktor oziroma njegovo dno (minimum) v konfiguracijskem prostoru seli od enega vzorca  $\vec{v}^k$ , ki izgubi stabilnost, k drugemu. Sredstvi za reguliranje prehoda stabilnih vzorcev v nestabilne ter obratno sta:  *uvedba asimetričnih sinaps  $J_{ij}$  in/ali uvedba časovnih zakasnitev*.

Atraktorji-fiksne točke so posebna značilnost simetrično povezanih mrež. Za asimetrične mreže, kjer je  $J_{ij} \neq J_{ji}$ , so značilne *časovne sekvence vzorcev* oziroma *dinamične asociativne verige* ali *sosledja vzorcev*. Če ima asimetrična mreža paralelno dinamiko, so te časovne sekvence lahko zaokrožene v *limitne cikle*. Sekvence in cikli so posebne vrste dinamičnih ali časovno-odvisnih atraktorjev. Dobimo jih z naslednjim ucnim pravilom za dodatno moč vezi  $J_{ij}^s$ :

$$J_{ij}^s = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^p v_i^k v_j^{k+1}$$

To pravilo je posplošitev Hebbovega – glej enačbo (2) v glavnem besedilu. Z njim sklapljamo dva vzorca, ki sta trenutni ( $k$ ) in naslednji ( $k+1$ ) člen v verigi vzorcev – sedanje in prihodnje stanje mreže. Zaradi asimetričnih sinaps nevroni v okviru prvega vzorca bolj sprejemajo signale od drugega vzorca kot mu jih oddajajo oziroma drugi vzorec bolj vpliva na prvega kot obratno. Zato se bo sčasoma mrežna konfiguracija prelevila iz prvega ( $k$ ) vzorca v naslednjega ( $k+1$ ). To je prvi korak v sekvenci, ki jo lahko poganjajo *zakasnitve pri izmenjavi signalov*, zunanja polja (dražljaji), spremembe sinaps in praga.

Lokalno polje v primeru zakasnitev je  $T_i(t + \delta t) = \sum_{j=1}^N J_{ij} q_j(t) + \varepsilon \sum_{j=1}^N J_{ij}^s q_j(t - \tau)$

$\tau$  je zakasnitveni čas, s katerim zapozneli signali pridejo prek sinaps  $J_{ij}^s$ . Oni povzročijo destabilizacijo tekočega vzorca  $k$ , da postane netastabilen in se preoblikuje v naslednji vzorec  $k+1$ . Gre tudi brez zakasnitev, a znatno težje. Takrat je  $\tau = 0$ ; moč  $\varepsilon$  dodatnih signalov, ki tedaj niso zakasneli, pa je nujno treba nastaviti večjo od 1. Le tedaj do sekvenčnega prehoda pride in sistem v novem vzorcu  $k+1$  ostane približno čas  $\tau$ ; sicer (pri  $\varepsilon < 1$ ) se obdrži začetni vzorec  $k$ . Da dobimo periodično sekvenco-cikel dolžine  $p$ , mora biti  $\vec{v}^p = \vec{v}^1$ . Možne so seveda tudi kvaziperiodične in kaotične orbite po konfiguracijskem prostoru.



## 19. DODATEK D: UČENJE PRESLIKAV DRAŽLJAJ–ODZIV

Nevronska mreža (naravna in umetna) opravlja preslikave dražljaj–odziv. Vsaj načeloma lahko tvori tudi naslednje heteroasociativne zveze: stanje v okolju–reakcija, prilagoditev na to stanje; vzrok–posledica; problem–rešitev; premise–sklep; ipd. Ali pa mreža tvori avtoasociativne pare: nepopoln vzorec–popoln vzorec; del ("ključ")–celota; simbol–prava vsebina; zaznava–"občutek" (slednje samo na sistemsko-procesualni, nefenomenalni ravni); itd. Človek se navadno najprej uči s tem, da opazuje razne znane primere dražljaj–odziv ali vzrok–posledica ipd. Na tak način si ustvarja spomin, v katerem nastaja notranji model okolja. Po fazi *učenja* lahko preide k fazi *priklica*, ko ukrepa sam v neznanih okoliščinah. Tedaj ob podanem dražljaju s pomočjo priklica iz spomina (to je, korelacij nekoč naučenih vzorcev) dobi asociacijo na primerni odziv; iz znanega vzroka sklepa na možno posledico. Ali pa obratno: iz znane posledice ugaane neznan vzrok, kar imenujemo inverzna asociacija. Tako človek iz nepopolnih podatkov s pomočjo svojega spomina predvideva celotno situacijo.

V nadaljnjem je prikazano najosnovnejše jedro algoritma za mojo računalniško simulacijo teh preprostih možganskih procesov (podrobnosti v: Peruš, 1994a, 1995a, 1996a; Kohonen, 1984, 1988). Pomnjenje in razpoznavanje vzorcev deluje odlično, predvidevanje (kjer mora biti mreža celo ustvarjalna!) pa relativno dobro.

Hopfieldov model s Hebbovo učno matriko z elementi  $M_{ij}$  dobimo kot *poseben primer* tega algoritma, če izključimo vse člene z  $N_{ij}$  in postavimo  $a = 0$  in  $b = -1$ . V tej poenostavitvi veljajo ekvivalence  $M \equiv J$  in  $x_i^k \equiv y_i^k \equiv v_i^k$ , kar da Hopfieldov model, kot je bil prikazan v prvih poglavjih.

### Vnos podatkov iz datoteke

Podatki so urejeni v zaporedje  $p$ -tih vrstic ( $N$ -komponentnih učnih vektorjev  $\vec{x}$ , sestavljenih iz vhodnih podatkov v prvem delu in izhodnih podatkov v drugem delu).

### Učenje in pomnjenje

V zanki se za vse nevrone  $i$  in vse vezi  $ij$  ponovijo  $p$ -krat računati:

$$y_i^k = a x_i^k - b \sum_{j=1}^N M_{ij} x_j^k - c \sum_{j=1}^N N_{ij} y_j^k \quad (a = b = c = 1 ; k \text{ teče od } 1 \text{ do } p)$$

$$\Delta M_{ij} = \frac{1}{p} \frac{y_i^k x_j^k}{\|\vec{x}^k\|^2}, \quad \Delta N_{ij} = \frac{1}{p} \frac{y_i^k y_j^k}{\|\vec{x}^k\|^2}$$

**Priklic**  $z_i = \sum_{j=1}^N (M_{ij} + N_{ij}) x_j$ , za vsak  $i$  in  $j$ .  $x_j$  je komponenta "ključa".

### Grafika

Tako naučena mreža zna predvideti optimalni odziv na osnovi naučenih primerov, ko se pojavi nov vhodni "dražljaj", sestavljen iz kakršnekoli linearne kombinacije učnih vektorjev. Tedaj nevrnska mreža pri priklicu uspešno odgovori s heteroasociativno popolnitvijo odzivnega dela sestavljenega vektorja  $\vec{z}$ . Najboljša izbira učnih vektorjev (vzorcev) je, če so *ortonormirani in linearno neodvisni*. Vsak nov vhodni vektor lahko mreža predstavi kot *linearno kombinacijo učnih vektorjev (vzorcev)* in pravilno sestavi rešitev zanj kot linearno kombinacijo znanih rešitev. Sicer (če vzorci niso ortogonalni) se kot najprimernejši način učenja izkaže učenje s ponovitvami in izmenjavo vzorcev.

Ta računalniška simulacija torej dela za primere, kjer imamo linearno zvezo med vhodom ("dražljajem") in izhodom ("odzivom"), zelo dobro; za kvazilinearne primere pa zadovoljivo dobro. Nevronska mreža sicer ne odlikuje vrhunska natančnost; lahko se tako kot človek tudi zmoti. Vendar je izredno fleksibilna, "mehka" in prilagodljiva. V okoliščinah, ki niso blizu tistim, na katere je bila mreža z učenjem pripravljena, "inteligentnih" odzivov seveda ni.

Moje računalniške simulacije so pokazale, da asociativni spomin lahko tvorijo razne oblike korelacijskih matrik. Podajajo jih razne izpeljanke Hebbovih učnih oziroma spominskih matrik:  $J_{ij} = \vec{x}^T \vec{x}$ ,  $M_{ij} = \vec{x}^T \vec{y}$ ,  $N_{ij} = \vec{y}^T \vec{y}$  idr. Lahko nastopajo vsaka posebej ali kombinirano (podrobnosti o rezultatih simulacij v: Peruš, 1994a, 1995a, 1996a, 1996h; Grabec, 1989, 1992).

## 20. DODATEK E: MREŽA FAZNO SKLOPLJENIH OSCILIRAJOČIH NEVRONOV UDEJANJA ASOCIATIVNI SPOMIN

V prvih poglavjih predstavljeni Hopfieldov model (matematične podrobnosti o njem v: Peruš, 1995a, 1996a) ne upošteva dejstva, da *aktivnosti bioloških nevronov nihajo*. V tem dodatku bom prikazal, kako se v posplošitev Hopfieldovega modela, to je v Hakenovem sinergetskem modelu (podrobno matematično predstavljen v: Peruš, 1995a), lahko vključi nevrofiziološko dejstvo o oscilatornih aktivnostih nevronov. Po Hakenu (1991) bom pokazal, kako deluje kot asociativni spomin tudi mreža oscilirajočih nevronov. Ta biološko ustrezno razširitev modela se lahko vsaj v grobem uporabi tudi pri modeliranju mrež drugih formalnih nevronov (torej ne le bioloških nevronov). Mreža sklopljenih oscilatorjev namiguje na *kvantno teorijo polja*.

Eksperimenti kažejo (Gray in sodel. v: Haken & Stadler, 1989) da nevroni, ki so specializirani za zaznavanje določenih lastnosti (npr. barve, oblike), nihajo sinhrono in to ima poseben pomen. Sinhronizacija namreč označuje, da sta npr. rdeča barva in okrogla oblika lastnost istega zaznavanega predmeta. Če nevroni vsak zase obdelujejo informacije, ki imajo nekaj skupnega (skupen izvor, sestavijo se v skupno obliko ipd.), tedaj nevroni nihajo sinhrono. Če pa nevroni ne zaznajo ničesar, kar bi imelo neke skupne značilnosti, ne nihajo sinhrono.

Intenziteta aktivnosti nevrona, sedaj tudi v našem modelu sledeč Hakenovi izpeljavi (Haken, 1991), lahko *niha*. Predstavimo jo z realno amplitudo  $j$ -tega nevrona-oscilatorja:  $q_j$ . Intenziteta se torej periodično spreminja s časom:  $q_j = q_j(t)$ ; njegova frekvenca je  $\omega_j$ . To opišemo z nastavkom

$$q_j(t) = A_j(t)e^{i\omega_j t} + A_j^*(t)e^{-i\omega_j t} \quad (\text{E.1})$$

ki ga vstavimo v diferencialno enačbo za van der Polov oscilator:

$$\ddot{q}_j + (q_j^2 - \varepsilon_j)\dot{q}_j + \omega_j^2 q_j = S_j \quad (\text{E.2})$$

$\varepsilon_j$  zaznamuje notranje izgube  $j$ -tega nevrona-oscilatorja. Nehomogeni del  $S_j(t)$  predstavlja prispevke vseh ostalih nevronov z indeksom  $l$  na dan nevron  $j$  (prvi člen (E.3)) in prispevke trojk nevronov  $lst$  na  $j$ -ti nevron (drugi člen (E.3)). Hkrati upoštevamo, z določeno konstanto  $\gamma$  pomnoženo, časovno zakasnitev  $t - t'$  prispevkov drugih nevronov in trojke:

$$S_j(t) = \int_{t_0}^t \left[ \sum_l \tilde{J}_{jl}(t-t')e^{-\gamma(t-t')}q_l(t') \right] dt' + \int_{t_0}^t \left[ \sum_{lst} \tilde{J}_{jlst}(t-t')e^{-\gamma(t-t')}q_l(t')q_s(t')q_t(t') \right] dt' \quad (\text{E.3})$$

$$\text{V jedru } \tilde{J}_{jl}, \text{ ki se glasi } \tilde{J}_{jl} = -\omega_j^2 \left( 2 \sum_k \lambda_k v_j^k v_l^{k\dagger} - \varepsilon_j \delta_{jl} \right) \quad (\text{E.4})$$

najdemo  $\sum_k \lambda_k v_j^k v_l^{k\dagger}$ , kar je enako Hebbovemu pravilu za *sinaptično vez*  $J_{jl}$  po obrazcu (2) v razdelku 2.4.1. Kot vedno sta  $j$  in  $l$  indeksa nevronov, ki ju povezuje vez  $J_{jl}$ ,  $k$  pa indeks vzorca, ki ga oblikujejo aktivnosti nevronov-oscilatorjev.  $\delta_{jl}$  je Kroneckerjev simbol, ki je enak 1, če sta  $j$  in  $l$  enaka, sicer je enak 0. Prav tako najdemo v jedru za trojke

$$\tilde{J}_{jlst} = \omega_j^2 \left( 2 \sum_{kk'} \lambda_{kk'} v_j^k v_l^{k\dagger} v_s^{k'} v_t^{k'\dagger} - \frac{1}{3} \delta_{jl} \delta_{ls} \delta_{st} \right) \quad (\text{E.5})$$

za znakom  $\Sigma$  izraz za  $J_{jlst}$ .  $\lambda_k$  je parameter pozornosti za  $k$ -ti vzorec (ustreza parametru pozornosti  $L_k$  v razdelku 4.6.2; več v Peruš, 1995a),  $\lambda_{kk'}$  pa je njegova posplošitev višjega reda za kombinacijo dveh vzorcev z indeksoma  $k$  in  $k'$ . Upoštevamo, da se amplituda  $A_j$  spreminja precej počasneje kot  $e^{i\omega_j t}$ . Po daljšem računu (Haken, 1991) ter poenostavitvah dobimo enačbo za spreminjanje amplitude:

$$\dot{A}_j = \sum_k \lambda_k v_j^k c_j^k - \sum_{kk'} \lambda_{kk'} \left( 2 |c_j^k|^2 c_j^k + (c_j^k)^2 c_j^{k*} \right) v_j^k \quad (\text{E.6})$$

S spremenljivkami  $c_j^k$  nismo označili običajnih parametrov urejenosti kot v formuli (6) v razdelku 4.4.2, temveč nekakšne posplošene oziroma prirejene parametre urejenosti, ki so odvisni tudi od razlike frekvenc opazovanega nevrona-oscilatorja  $j$  in vseh drugih nevronov-oscilatorjev  $l$  (vsakega posebej). Ti posplošeni parametri urejenosti so v splošnem specifični za vsak nevron posebej, saj vsebujejo dodatni indeks  $j$ . Poleg tega so v splošnem kompleksni. Podaja jih naslednji obrazec:

$$c_j^k = \sum_l v_l^{k\dagger} A_j e^{i(\omega_l - \omega_j)t} \quad (\text{E.7})$$

Amplitudo lahko nadalje razstavimo:  $A_j = \rho_j e^{i\varphi_j}$ .  $\varphi_j$  je faza  $j$ -tega nevrona-oscilatorja.

Informacijsko vsebino pričakujemo predvsem v *koherentnih aktivnostih* nevronov. Zato iščemo tiste nevrone-oscilatorje, katerih relativna faza oziroma fazna razlika  $\varphi_j - \varphi_l$  je *konstantna*. Dinamično stanje, ko

se razlika faz nevronov s časom ne spreminja, imenujemo *frekvenčna sklopitev* ali frekvenčna vpetost (angl. "frequency locking" ali "mode locking"). To pomeni, da oscilatorji nihajo (nevroni se vse bolj prižigajo ali ugašajo) hkrati ali največ s *stalno* zakasnitvijo enega glede na drugega.

Uvedemo nekakšno posplošeno vez med vzorcema  $k$  in  $k'$ :

$$M_{kk'} = \sum_j v_j^{k'} v_j^k e^{2i(\varphi_j - \varphi_j')} \quad (\text{E.8.})$$

Gre za sklopitev med vzorcema  $k$  in  $k'$  na mestu  $j$  oziroma prek posameznih nevronov z indeksom  $j$ , ki pa je odvisna od fazne razlike med opazovanim nevronom  $j'$  in tekočim nevronom  $j$ . S pomočjo tega izraza zapišemo po daljšem računanju (Haken, 1991) dobljeno končno formulo za dinamiko parametrov urejenosti  $c_k$ , ki so ustrezni vzorcem ( $\bar{v}^k$ ) oscilirajočih nevronov:

$$\dot{c}_k = \frac{1}{2} \left[ \lambda c_k - \sum_{k'} \lambda_{kk'} \left( 2|c_{k'}|^2 c_k + (c_{k'})^2 c_k^* \right) + \sum_{k''} M_{kk''} \left\{ \lambda c_{k''} - \sum_{k'''} \lambda_{k''k'''} \left( 2|c_{k'''}|^2 c_{k''} + (c_{k'''})^2 c_{k''}^* \right) \right\} \right] \quad (\text{E.9.})$$

Zanimivo je, da je izraz v vijugastem oklepaju za odsekom  $\sum M_{kk''}$  skorajda enak izrazu *pred* tem odsekom. Podobno kot pri obrazcu (7) v razdelku 4.6.2 lahko tukaj zapišemo enačbo (E.9) kot odvod oziroma gradient nekega potenciala  $\tilde{E}$ :

$$\dot{c}_k = -\frac{1}{2} \left( \frac{\partial E}{\partial c_k^*} + \sum_{kk''} M_{kk''} \frac{\partial E}{\partial c_{k''}^*} \right) \quad (\text{E.10.})$$

Drugi člen pove, da na dani parameter urejenosti  $c_k$  vplivajo tudi sklopitve  $M_{kk''}$  z vsemi drugimi parametri urejenosti  $c_{k''}$ . Parametri urejenosti  $c_k$  za sistem frekvenčno sklopljenih nevronov-oscilatorjev težijo k manjšanju potenciala  $\tilde{E}$  sami in družno s sklopitvami z vsemi drugimi parametri urejenosti  $c_{k''}$ . To pomeni, da parametri urejenosti interagirajo tako, da drug drugemu vzajemno manjšajo potencial.

Vzemimo sedaj, da so sklopitve parametrov urejenosti in s tem ustreznih vzorcev zelo šibke: Posplošene "vezi" med  $\bar{v}^k$  in  $\bar{v}^{k'}$  so šibke:  $M_{kk''} \approx 0$ . Parameter urejenosti, ki je ustrezen  $k$ -temu vzorcu oscilirajočih nevronov, zapišemo kot  $c_k(t) = r_k(t) e^{iz_k(t)}$ . Po kratkem računanju (Haken, 1991) ugotovimo, da tudi faza  $x_k$ , ki ustreza parametru urejenosti, uboga splošni zakon gradientne dinamike – spuščanje v jamo nekega potenciala  $E''$ :

$$(r_k)^2 \dot{\chi}_k = -\frac{\partial E''}{\partial \chi_k}$$

Izkaže se, da potencial  $E''$  mreže frekvenčno šibko sklopljenih nevronov-oscilatorjev doseže absolutni minimum pri pogoju, ko je  $x_k$  konstanten. Tedaj kot rezultat dobimo enačbo za amplitudo posplošenih parametrov urejenosti:

$$\dot{r}_k = \frac{1}{2} \left[ \lambda_k r_k - \sum_{k'} \lambda_{kk'} (r_{k'})^2 r_k (2 + \cos\{2(\chi_{k'} - \chi_k)\}) \right] \quad (\text{E.11.})$$

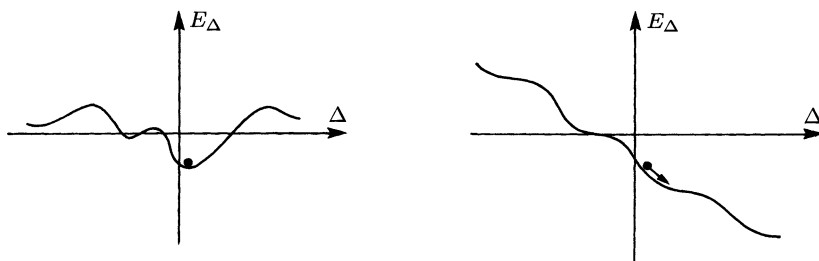
Poglejmo najpreprostejši primer frekvenčne sklopitve dveh oscilatorjev  $j$  in  $l$ , ki oblikujeta le eno vzorčno konfiguracijo  $k$ . Velja:

$$c_j^k = v_j^{k'} A_j + v_l^{k'} A_l e^{i(\omega_l - \omega_j)t} \quad \text{in} \quad c_l^k = v_j^{k'} A_j e^{i(\omega_j - \omega_l)t} + v_l^{k'} A_l \quad (\text{E.12.})$$

Po nekaj računskih operacijah (Haken, 1991) ugotovimo, da skupna fazna razlika  $\Delta = (\omega_l - \omega_j)t + \varphi_l - \varphi_j$  zadošča enačbi, ki se jo spet da zapisati kot odvod nekega potenciala  $E_\Delta$ :

$$\dot{\Delta} = -\frac{\partial E_\Delta}{\partial \Delta} = \omega_l - \omega_j + \alpha \sin \Delta + \beta \sin(2\Delta) \quad (\text{E.13.})$$

Spet poiščemo fiksne točke, kjer je fazna razlika  $\Delta$  stalna. Tedaj se  $\omega_l t + \varphi_l$  od  $\omega_j t + \varphi_j$  razlikuje za konstantno vrednost. To pomeni, da sta amplitudi  $A_j$  in  $A_l$  frekvenčno sklopljeni, oziroma da nihata z isto frekvenco. Izkaže se, da če je razlika frekvenc  $\omega_l - \omega_j$  majhna, minimum  $E_\Delta$  obstaja (slika levo!) in konstantna vrednost  $\Delta$  tudi. Tedaj je frekvenčna sklopitev nevronov-oscilatorjev mogoča. Če pa razlika frekvenc preseže neko kritično vrednost, se minimum sprevrže v monotono strmino (slika desno) in frekvenčna sklopitev ni več mogoča. Prikazal sem, da ima mreža nevronske oscilatorjev podoben globalen način delovanja kot mreža statičnih oziroma neoscilirajočih nevronov. Tudi mreža frekvenčno sklopljenih oscilatorjev realizira asociativni spomin in procese oblikovanja ter razpoznavanja vzorcev.



Slika 26. Levo: Frekvenčna sklopitev je možna, ker je  $\Delta$  konstantna. Desno: Sklopitev ni možna, ker  $\Delta$  venomer narašča.

### 21.1. Vrste modelov nevronske mreže

Nevronske mreže so model kompleksnega sistema gosto povezanih osnovnih elementov. Ti osnovni elementi sistema, ki jih imenujemo *formalni nevroni*, med seboj interagirajo prek *formalnih vezi*. Vezi imajo pri kolektivni dinamiki sistema vsaj tako pomembno vlogo kot nevroni.

Model nevronske mreže izhaja iz nevrobiologije [3]. V možganih imamo okoli  $10^{10}$  živčnih celic – nevronov, ki so povezani s približno  $10^{14}$  sinaptičnimi vezmi. Zaznavni aparat sestavljajo večinoma večplastne nevronske mreže, imenovane perceptroni. V njih signali potujejo le enosmerno od zunanje plasti, v kateri se nevroni vzbujajo ob dražljajih iz okolja, proti notranjim plastem [57,92]. Te mreže diferencirajo objekte v okolju in čutne informacije analizirajo ter jih v grobem kategorizirajo – razporejajo v razrede ali kategorije [82]. V notranjih plasteh posamezni nevroni dobijo specifične vloge: najbolj se vzburi ob specifičnem dražljaju iz okolja, npr. na specifične orientacije črt, frekvence, stopnje počrnitve ipd. [36]. Žal se v tem prikazu ne bomo mogli posvečati opisu kolektivne dinamike v plasti razporejenih nevronov, ki je odgovorna za specializacijo odzivov nevronov v notranjih plasteh. Poudariti pa velja, da je procesiranje te vrste predpriprava za višje spoznavne procese predvsem v možganski skorji. Tam vladajo *asociativne* oziroma *atraktorske nevronske mreže* [1,4,12].

Poleg bioloških nevronske mreže moramo omeniti še umetne, za katere se uvaja nov izraz *nevronska omrežja*. Uporabljajo se v računalništvu [7,35,50,73,88,111], tehniki [62,63,71], fiziki [61,64,108], kemiji [99,100,106] in drugod [70] za obdelavo podatkov, razvrščanje v razrede, napovedovanje naravnih pojavov na osnovi naučenih primerov [101] in razne vrste izkustvenega modeliranja. V to skupino spadajo denimo naslednji algoritmi: "backpropagation" (vzratno popraviljanje napak) [9,50,91], "counterpropagation" [7,50], večplastni perceptroni [2,53], Kohonenove samoorganizacijske mreže [13,78,79,80] in številni drugi. Uporaba nevronske mreže za obdelavo eksperimentalnih rezultatov ni namen te obravnave (glej [108,109,111]), pač pa kratka predstavitev modeliranja možganskih procesov s pomočjo teoretične fizike. Hkrati pa želimo tudi dati namig, da je matematični formalizem, ki bo predstavljen, lahko zelo koristen tudi v teoretični fiziki sami. Teoretična fizika nevronske mreže se razvija v glavnem v dveh smereh. To sta nevrosinergetika (Hakenov sinergetski računalnik) [6,36,39] in statistična mehanika nevronske mreže [4,15,17,20,22,26]. Obe izhajata iz asociativnih nevronske mreže, ki jih vsaka po svoje iz linearne *Hopfieldovega modela* [19] razširjata v nelinearne posplošitve. Asociativne nevronske mreže, v katerih nevronske vzorce delujejo kot *atraktorji*, so dobile pridevnik *atraktorske*.

### 21.2. Uvod v atraktorske nevronske mreže

#### 21.2.1. Nevronska kolektivna načela: vsi za enega, eden za vse

Atraktorsko nevronska mrežo dobimo, ko izhodne aksone perceptrona vodimo k njegovim vhodnim dendritom prek povratne zanke. Tako dobimo simetrično, vase zaključeno mrežo – Hopfieldovo mrežo, v kateri je vsak nevron povezan z vsakim drugim dvosmerno (glej sliko 7 v glavnem besedilu).

Stanje nevronske mreže opisuje vektor  $\vec{S} = (S_1, S_2, \dots, S_N)$  tako, da podaja nabor stanj vseh nevronov v mreži. Imenujemo ga *nevronska konfiguracija* ali *mrežno stanje*. Posamezne komponente tega vektorja predstavljajo aktivnost posameznega nevrona.  $N$  je število nevronov. Nevron je lahko vzbujen ali ne vzbujen. Če je vzbujen, je nevronska stanja  $S_i = 1$ , sicer je  $S_i = -1$ . Vzorce  $\vec{v} = (v_1, v_2, \dots, v_N)$  bodo posebne nevronske konfiguracije, ki so posebno stabilne, dominantne, stacionarne, nastopajo kot lastna stanja in *imajo poseben informacijski pomen*. Vzorce so lahko *paralelno-distribuirano* zakodirani v sistemu nevronov ali pa so shranjeni v sistemu vezi, ki predstavlja (*dolgotrajni*) *spomin*.

Pozor: Pomen tukajšnje spremenljivke  $S$  je zelo soroden pomenu spremenljivke  $q$  iz prejšnjih besedil te knjige (opisuje trenutno stanje mreže). Pomen spremenljivke  $m$  pa bo soroden spremenljivki  $c$  iz dosedanjih delov knjige.

Biološki nevron je v grobem sestavljen iz telesa (soma), množice dendritov in navadno enega dolgega aksona [9,47,48]. Nevroni pošiljajo signale drug drugemu tako, da po aksonu enega (presinaptičnega) nevrona potujejo do sinaptičnega stika, od koder preidejo v dendrite drugih (postsinaptičnih) nevronov. Telo postsinaptičnega nevrona sešteje signale, ki jih temu nevronu pošiljajo drugi nevroni, tako da jih uteži z močjo sinaptične vezi:  $\sum_{j=1}^N J_{ij} S_j$ .

Moč vezi med  $i$ -tim in  $j$ -tim nevronom, ki je v bistvu velikost prepustnosti sinapse za neurotransmiterje (ti prenašajo signal v sinaptični špranji), je opisana z  $J_{ij}$ . Po seštetju uteženih vhodnih signalov telo nevrona doda nelinearno vzbuditveno funkcijo  $f$ , ki opisuje verjetnostno porazdelitev za pojav izhodnega signala nevrona. Do tega pride, če omenjeni uteženi seštevek oziroma linearna kombinacija preseže *prag* nevrona  $T_i$ , sicer ostane ne vzbujen. Če je nevron vzbujen, oddaja signale oziroma zaporedja električnih sunkov, katerih frekvenca nosi informacijsko vsebino. Torej je stanje  $i$ -tega nevrona podano v naslednjem koraku diskretnega časa takole:

$$S_i(t+1) = f\left(\sum_{j=1}^N J_{ij} S_j(t) - T_i\right) \quad (\text{F.1.})$$

Takšna enačba velja seveda za vsak nevron posebej, zato govorimo o simetrični mreži. Od tod tudi naslov tega podpoglavja.

Ko signal (imenovan tudi akcijski potencial) presinaptičnega nevrona pripotuje po njegovem aksonu do sinapse, sproži izliv kemičnih prenašalcev (nevrotransmiterjev) iz večih veziklov. Izliv nevrotransmiterjev se dogaja v paketih ali kvantih. Ti kvanti nevrotransmiterjev vzburijo membrano postsinaptičnega nevrona s tem, da se po preletu sinaptične špranje vežejo na sinaptične receptorje onstran špranje. To sproži tok ionov skozi membrano in prispeva k povečanju potenciala membrane telesa postsinaptičnega nevrona [4]. Število sproščenih veziklov se spreminja "naključno" po Poissonovi porazdelitvi, pri kateri je povprečna vrednost določena s tako imenovano močjo sinaptične vezi  $J_{ij}$ . Velikost nevrotransmiterskih kvantov je spremenljiva. Tako je prispevek vsakega kvanta k postsinaptičnemu potencialu  $U_i$  podan z Gaussovo verjetnostno porazdelitvijo

$$P(U = U_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{(U - \bar{U}_i)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (\text{F.2.})$$

Verjetnost, da se bo postsinaptični nevron vzburlil oziroma poslal akcijski potencial po svojem aksonu, je enaka verjetnosti, da je seštevek prispevkov vseh presinaptičnih nevronov večji od njegovega praga  $T_i$ :

$$P(S_i = 1) = \int_{T_i}^{\infty} P(U = U_i) dU = \frac{1}{2} \left[ 1 + \operatorname{erf}\left(\frac{\bar{U}_i - T_i}{\sigma\sqrt{2}}\right) \right] \quad (\text{F.3a.})$$

kjer je  $\bar{U}_i = \sum_j J_{ij}$ . Izračunamo tudi verjetnost, da se  $i$ -ti nevron ne bo vzburlil:

$$P(S_i = 0) = 1 - P(S_i = 1) = \frac{1}{2} \left[ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\bar{U}_i - T_i}{\sigma\sqrt{2}}\right) \right] \quad (\text{F.3b.})$$

Če je povprečni postsinaptični potencial  $\bar{U}_i = \sum_j J_{ij}$  večji od praga  $T_i$ , opazimo, da se postsinaptični nevron "prilagodi večinski volji" vseh tistih presinaptičnih nevronov, s katerimi je povezan. Stopnja prilagoditve nevrona svojemu nevronskega okolju je sorazmerna z velikostjo presežanja praga, torej z  $\bar{U}_i - T_i$ . To lahko zakodiramo v obrazec  $\bar{U}_i - T_i = B_i S_i$ , kjer  $S_i = \operatorname{sgn}(B_i)$  ( $S_i$  dobi vrednost 1 s predznakom, ki ga ima  $B_i$ ).  $B_i$  je lokalno *nevronska polje*, ki ga čuti postsinaptični nevron  $i$  zaradi vpliva presinaptičnih nevronov  $j$ . Podano je takole:

$$B_i = \sum_{j, j \neq i}^N J_{ij} S_j \quad (\text{F.4.})$$

Torej nevron  $S_i$  prilagodi predznak polju  $B_i$ . Ker je znano, da so nevronske mreže analogne spinskim sistemom [33], posebej spinskim steklom [10,34,81], opozorimo, da je to podobno prilagajanju orientacije spina magnetnemu polju.

V statistični mehaniki verjetnost, da bo  $i$ -ti nevron v stanju  $S_i$  (vzburljen ali nevburljen), podaja izraz

$$P(S_i) = \frac{\exp(\beta B_i S_i)}{\exp(\beta B_i) + \exp(-\beta B_i)} = \frac{1}{2} [1 + \operatorname{th}(\beta B_i S_i)] \quad (\text{F.5.})$$

ta pa je v natančnosti 1 odstotka enak obrazcu

$$P(S_i) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \operatorname{erf}\left(\frac{B_i S_i}{\sigma\sqrt{2}}\right) \right] \quad (\text{F.6.})$$

ki smo ga dobili na osnovi (F.3a) in (F.3b). Veljati mora le  $\beta^{-1} = k_B T = \sigma\sqrt{2}$ , kjer  $T$  meri *temperaturo* – stohastično preklapljanje nevronov iz vzburljenega stanja v nevburljeno ali obratno.

Ugotovimo torej, da lahko formulo (F.6), dobljeno kot integral verjetnostnih porazdelitev presinaptičnih signalov, dokaj natančno aproksimiramo s formulo (F.5), dobljeno iz statistične mehanike feromagnetov. V imenovalcu obrazca (F.5) je bila statistična vsota  $Z$ . Hkrati pa sta funkciji *erf* in *th* enaki tako imenovani *sigmoidni funkciji*, s katero pri umetnih nevronske mrežah na osnovi izkustvenih razlogov aproksimirajo nelinearno vzbudilno funkcijo  $f$  iz formule (F.1) [11]. Velika razlika je le v pomenu: prvič (pri *erf* oziroma *th*) gre za *stohastični* odziv postsinaptičnega nevrona ob presežanju praga, drugič (pri  $f$ ) pa za *deterministično* podajanje izhoda taistega nevrona pri danih vhodih [1].

## 21.2.2. Pravila dinamike nevronov in vezi

Biološki nevroni seveda spreminjajo stanja povsem "naključno": preklaplajo se "brez nekega reda", pač

glede na to, ali je njihov potencial prav tedaj presegel njihov prag. Pri računalniških simulacijah se v želji po poenostavitvi navadno poslužujemo naslednjih možnosti:

- 1.) REALISTIČNA (PARALELNA ASINHRONA) DINAMIKA: Nevrone, ki se bodo preklopili, izbiramo z *generatorji naključnih števil*. Lahko pa bi celo preverjali lokalno nevronske polje na mestu vsakega nevrona. Preklopili bi tistega, ki ima največje lokalno polje  $B_i$  in se njegovo trenutno stanje  $S_i$  ne ujema s tem poljem. Slednja možnost bi bila najbolj realistična.
- 2.) PARALELNA SINHRONA DINAMIKA: Globalna ura daje takt in določa diskretne čase, ko se bo izvedla operacija seštevanja signalov (F.1) *hkrati* za vsak nevron posebej.
- 3.) SEKVENČNA ASINHRONA DINAMIKA: Globalna ura (števec) narekuje, kako gremo po vrsti od nevrona do nevrona in opravimo operacijo (F.1). Torej ažuriramo enega po enega – vsakega posebej, enega samega ob posameznem taktu. To pa lahko opravimo v nekem redu ali "naključno", vendar tako, da v povprečju pride v času ene periode oziroma enega obhoda vse mreže vsak nevron kdaj na vrsto.
- 4.) SKUPINSKA PARALELNA DINAMIKA: Imamo skupine nevronov, ki jih ažuriramo simultano. Ta možnost se reducira na prejšnjo varianto, če vsako "skupino" tvori le en nevron [18].

Tudi pri samem začetku simulacije imamo več možnosti:

1. Nevronom damo začetne vrednosti 0.
2. Nevronom damo neke naključne začetne vrednosti.

Nadalje začetek dinamike mreže določajo tudi sinaptične vezi. Sistem vezi je poslej v stalnem procesu izmenjevanja informacij s sistemom nevronov. Za vezi imamo naslednjo izbiro:

- Sinaptične vezi  $J_{ij}$  postavimo na 0. Nato vanje iterativno nalagamo spominske vzorce v skladu z *učnimi pravili (faza učenja)*. Na koncu nastopi priklic vzorcev iz spomina (*faza priklica*), ko mrežo uporabljamo v novih nenaučenihih okoliščinah [2]. Seveda se mora mreža vsaj na naučene primere odzvati stoodstotno, na nove primere pa se odzove toliko bolje, kolikor bolj so le-ti podobni učnim primerom.
- Vzemem damo neke naključne začetne vrednosti brez pomena. Nato z dinamičnimi enačbami za nevrone (F.1) in za vezi (učnim pravilom) iščemo ravnovesna stanja, ki predstavljajo spominske vzorce (*faza učenja*). *Učenje* je takšen proces v mreži, pri katerem se *moči sinaptičnih vezi*  $J_{ij}$  spreminjajo tako, da *kolektivno zakodirajo nove spominske vzorce*. Sledi *faza priklica* [17].
- Vezi določimo že takoj na začetku (po učnem pravilu) tako, da kodirajo spominske vzorce, in sicer isti sistem vezi kodira več vzorcev hkrati. Dinamske enačbe tedaj izvajajo zgolj napenjanje novih neučenih primerov na bazo zakodiranih naučenih rešitev [6,19]. Tukaj torej *faze učenja* takorekoč ni, saj smo že pri začetni opredelitvi vezi vanje zakodirali vse spominske vzorce. Te potem selektivno priklicujemo v *fazi priklica*.

### 21.2.3. Limitni cikli in fiksne točke

Globalna ura, ki sinhronizira operacije nevronov, biološko ni opravičljiva [15]. Posamezni načini procesiranja nevronov (1.–4.) se seveda v splošnem razlikujejo in imajo vsak posebej svoje specifičnosti [1]. Tako na primer paralelna sinhrona dinamika vodi do značilnih limitnih ciklov dolžine 2. *Limitni tokokrogi ali cikli* pomenijo, da mreža v ravnovesnem stanju periodično preletava nek nabor stanj. Dolžina limitnega cikla pove, koliko stanj mreža obišče, preden se spet vrne v izhodiščno stanje. 2-cikli (to so nihanja med dvema stanjema) se v drugih načinihi procesiranja ne pojavljajo tako pogosto in so torej le posebne, nerobustne nestabilnosti sinhrone dinamike. Sekvenčna asinhrona dinamika oblikuje daljše limitne cikle, ki so v biologiji imenovane reverberacije. Posamezne različice nekega načina procesiranja pa vendarle imajo v glavnem enake asimptotske lastnosti dinamike, le občutljivost na šum in konvergenčni časi se lahko razlikujejo.

Najbolj stabilni so *atraktorji-fiksne točke* ("fixed-point attractors"). To so stanja, v katerih mreža, ko jih enkrat doseže, ostane za vedno, ne glede na način procesiranja. Takšna stanja so namreč stabilna prav zato, ker so ugodna za vsak nevron posebej, saj je vsak posamezni nevron optimalno usklajen z vsemi drugimi: nevroni (in informacije, ki jih le-ti kolektivno kodirajo) se medsebojno potrjujejo. Med dvema aktivnima nevronoma je tedaj močna pozitivna vez, med neaktivnima nevronoma prav tako, trenutno aktivni nevron in trenutno neaktivni nevron pa imata močno negativno vez. Tako jakosti vezi določa *Hebbovo učno pravilo*, ki je izkustveno nevrofiziološko dejstvo. Pravi, da se vez med nevronoma s korelirano aktivnostjo jača, med nevronoma z nekorelirano aktivnostjo pa slabi. Jačanje (slabenje) vezi se izraža v večanju (manjšanju) prepustnosti sinapse, ki je odvisna od povečanja (pomajšanja) količine neurotransmiterjev in receptorjev, ali celo v rasti vzporednih sinaps. Moč vezi  $J_{ij}$  je torej sorazmerna z avtokorelacijsko funkcijo stanja mreže oziroma s seštevkom velikosti korelacij med  $i$ -tim nevronom in  $j$ -tim nevronom v okviru posameznih vzorcev (ravnovesnih konfiguracij):

$$J_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^p v_i^k v_j^k, \quad J_{ii} = 0 \quad (\text{F.7.})$$

$p$  je število vzorcev, ki so hkrati shranjeni v isti mreži,  $k$  pa je indeks vzorca.  $v_i^k$  opisuje vlogo  $i$ -tega nevrona v okviru  $k$ -tega vzorca. (Razlago delovanja Hebbovega pravila na konkretnem primeru glej na koncu tega dodatka.)

Odslej bomo atraktorje-fiksne točke imenovali kar krajše: atraktorji. Takrat je stanje mreže neka stabilna konfiguracija, ki privlači druge konfiguracije: druge konfiguracije znotraj njegovega *območja privlaka* se spreminjajo (potujejo po prostoru stanj proti atraktorju) tako dolgo, dokler se ne izenačijo z njim. Atraktor predstavlja potencialni minimum in se nahaja na dnu potencialne vrtače konfiguracijsko-potencialnega prostora (glej sliko 6 v glavnem besedilu).

Konvergenca mrežne dinamike k najbližjemu atraktorju (tistemu, ki je najbolj podoben zunanjemu vzorcu) ustreza *razpoznavanju vzorca*. Ta proces je namreč zaznamovan z intenzivnim usklajevanjem med nevroni in s tem posredno med paralelno-distribuiranimi vzorci, ki so razpeti nad konstitutivnimi nevroni [114]. Mreža razpozna nek vzorec, navadno vsiljen iz okolja, ko nevroni najdejo maksimalni možni kompromis. Tedaj z medsebojnimi interakcijami oziroma medsebojnim primerjanjem optimalno prerazporedijo informacije, ki jih kodirajo. V sistemu nevronov ("v zavesti") se pojavi superpozicija zunanjega vzorca in notranjih spominskih vzorcev, zastopanih v sistemu sinaptičnih vezi (v spominu) [6]. Tako mreža novi vzorec fizikalno in informacijsko poveže s kontekstom ter ga s tem razpozna.

Če je biološka mreža v atraktorskem stanju, vsi vzburjeni nevroni oddajajo signale (akcijske potenciale) z največjo možno jakostjo (to so "bursts" – "izbruhi" nevronov). Na konfiguracijsko-potencialnem reliefu je poleg pravih atraktorjev ("dobrih spominskih vzorcev"), ki so lahko globalni ali lokalni, tudi veliko nepravilnih atraktorjev ("spurious attractors" ali "spin-glass states"). To so "slabi, nejasni, bežni spomini". Ob priklicu iz spomina mora tako del oziroma izhodni nivo nevronske mreže *izpovprečiti* aktivnost procesnega dela mreže čez dovolj dolgi časovni interval, da se pri razpoznavanju vzorcev ločijo pravi od prehodnih, mlahavih vzorcev.

## 21.3. Zveze s statistično mehaniko

### 21.3.1. Ergodičnost, prosta energija, kanonične porazdelitve

*Ergodičnost* je dinamična lastnost sistema, da lahko sčasoma preide iz enega stanja v katerokoli drugo možno stanje. Vsa stanja z enako energijo so enako verjetna. V ravnovesni termodinamiki je sistem ergodičen, če so njegove eksperimentalno opazovane lastnosti enake ustreznemu ansambelskemu povprečju. Zlom ergodičnosti pomeni pojav razlik med *časovnim* in *ansambelskim (termičnim)* povprečjem. V nevronskih mrežah bi pojav ergodične dinamike ustrežal izoblikovanju ene same široke potencialne vrtače, enega samega globalnega atraktorja, h kateremu konvergirajo vse možne konfiguracije [1]. Tak primer je seveda informacijsko neustrezen, saj gre za nekakšno *tabulo raso*. V mreži ni atraktorjev, ki bi ustrezali posameznim spominskim vzorcem, temveč je le ena sama "fiksna ideja". Ergodičnost je verjetnejša pri veliki temperaturi, to je pri velikem šumu v mreži. To pomeni, da mreža lahko tedaj zavzame katerokoli stanje oziroma lahko preišče vsa možna stanja, preden se ustali v enem samem. Če je šuma zelo veliko, ne moremo govoriti o atraktorskih stanjih, temveč le o atraktorskih verjetnostnih porazdelitvah stanj. Za natančno asociativno pomnjenje in priklic pa seveda potrebujemo selektiven zlom simetrije in neergodičnost, ki pripelje do atraktorjev.

Simulirano popuščanje ("simulated annealing") je metoda počasnega nižanja temperature sistema, ki povzroči posedanje v atraktorje. Ker je bariera za prehod iz lokalnega minimuma v globalno vrtačo na določeni stopnji manjša kot bariera za prehod v nasprotni smeri, ta metoda omogoča krepitev globalnih atraktorjev na račun lokalnih ali nepravilnih, kar je zelo zaželeno.

$$\text{Izraz } \langle \vec{S} \rangle = \sum_k P_k \vec{S}^k \quad (\text{F.8})$$

podaja *termično (statistično, ansambelsko)* povprečje, ki za velik sistem navadno ustreza merjeni vrednosti neke količine  $S$ . Čeprav to velja za katerokoli fizikalno količino, ki se lahko z verjetnostjo  $P_k$  nahaja v stanju  $\vec{S}^k$ , smo za nadaljnjo uporabo vzeli kar označbo vektorja stanja (konfiguracije) sistema nevronov. V praksi navadno izračunamo povprečja iz obrazca

$$\langle \vec{S} \rangle = \frac{\sum_k \vec{S} \exp(-\beta B \vec{S})}{\sum_k \exp(-\beta B \vec{S})} = \frac{\sum_k \vec{S} \exp(-\beta H \{\vec{S}\})}{\sum_k \exp(-\beta H \{\vec{S}\})} \quad (\text{F.9a}),$$

kar izhaja iz (F.8) ob vključitvi posplošene različice enačbe (F.5)(levo) namesto  $P_k$ . Povprečna aktivnost posameznega nevrona (spina) je

$$\langle S_i \rangle = \frac{\sum_{S_1=\pm 1} \dots \sum_{S_N=\pm 1} S_i \exp\left(\frac{\beta}{2} \sum_{ij} J_{ij} S_i S_j + \beta \sum_i B_i S_i\right)}{\sum_{S_1=\pm 1} \dots \sum_{S_N=\pm 1} \exp\left(\frac{\beta}{2} \sum_{ij} J_{ij} S_i S_j + \beta \sum_i B_i S_i\right)} \quad (\text{F.9b}).$$

V imenovalcu (F.9a) in (F.9b) prepoznamo *particijsko funkcijo*  $Z$  oziroma *fazno vsoto* po vseh možnih stanjih, po vseh  $2^N$  kombinacijah aktivnih ali neaktivnih nevronov  $S_i = \pm 1$ . Nastopal je tudi Hamiltonian  $H$  Hopfieldove mreže, ki je, podobno kot pri spinskih sistemih, podan takole:

$$H(\vec{S}) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N J_{ij} S_i S_j - \sum_{i=1}^N B_i S_i \quad (\text{F.10}).$$

Enačbo (9a), in prav tako tudi (9b), bi lahko podaljšali v

$$\langle \vec{S} \rangle = \frac{1}{Z} \frac{\partial Z}{\partial \vec{B}} \Big|_{B=0} \quad (\text{F.11}),$$

kar se navadno izračuna s t. i. replika-trikom, ki pa ga tukaj ne utegnemo obravnavati.

Lahko pa povprečno oziroma pričakovano aktivnost nevrona  $S_i$  (ali magnetizacijo  $m$  po spinski analogiji) izračunamo s formulo

$$m = \langle S_i \rangle = \frac{1}{\beta Z} \frac{\partial Z}{\partial B_i} = T \frac{\partial}{\partial B_i} \ln Z = -\frac{\partial F}{\partial B_i} \quad (\text{F.12}),$$

ker je *prosta energija*  $F = -T \ln Z$ .

V sistemih, ki se spreminjajo pri konstantni temperaturi (šumu)  $T$ , se minimizira prosta energija  $F$ .  $F$  torej določa kompromis med večanjem entropije  $S$  in manjšanjem energije  $E$ , saj je  $F = E - T S$ . Da to preizkusimo, računamo:

$$E - F = \sum_k P_k E_k + T \ln Z = T \sum_k P_k (\beta E_k + \ln Z) = -T \sum_k P_k \ln \frac{1}{Z} \exp(-\beta E_k) = -T \sum_k P_k \ln P_k,$$

kar je res enako  $T S$ , saj je entropija definirana takole:  $S = -\sum_k P_k \ln P_k = -I$

Entropija  $S$  je nasprotna informaciji  $I$ . Iz zadnje enačbe sledi:  $\langle S \rangle = -\langle \ln P_k \rangle$

Velja  $S = \ln K$ , če imamo  $K$  stanj, vsa z enako verjetnostjo  $\frac{1}{K}$ .

Takrat je entropija največja oziroma nedoločnost informacije  $I$  največja [11]. Najmanjša pa je, če ima eno stanje verjetnost 1, ostala pa 0. Takrat imamo popoln priklic informacije, zakodirane v tem določenem stanju.

Verjetnost, da je mreža v nekem stanju  $\vec{S}^1$  v diskretnem času  $n$ , označimo s  $P(\vec{S}^1, n)$ .

Verjetnost za prehod iz konfiguracije  $\vec{S}^1$  v konfiguracijo  $\vec{S}^2$ , pa zaznamujemo z  $W(\vec{S}^1 | \vec{S}^2)$ .

Velja naslednja enačba ("master equation"):

$$P(\vec{S}^1, n+1) = P(\vec{S}^1, n) + \sum_{\vec{S}^2 \neq \vec{S}^1} [W(\vec{S}^1 | \vec{S}^2) P(\vec{S}^2, n) - W(\vec{S}^2 | \vec{S}^1) P(\vec{S}^1, n)] \quad (\text{F.13}).$$

V ravnovesni situaciji je verjetnostna porazdelitev stanj  $P(\vec{S})$  enaka porazdelitvi Gibbsovih kanoničnih ansamblov  $\exp(-\beta E)$  in tedaj velja enačba

$$W(\vec{S}^1 | \vec{S}^2) \exp(-\beta E(\vec{S}^2)) = W(\vec{S}^2 | \vec{S}^1) \exp(-\beta E(\vec{S}^1)) \quad (\text{F.14}),$$

ki ustreza *detajlnemu ravnotežju* med stanji mreže. V ravnovesnem stanju pri stalni temperaturi  $T$  je *časovno povprečje* neke opazovane količine podano z *ansambelskim povprečjem* prek *kanonične porazdelitve*. Časovno povprečje je v tem primeru enako povprečju prek mnogih podsistemov, ki se nahajajo v raznih možnih stanjih  $\vec{S}$  z verjetnostjo sorazmerno z  $\exp(-\beta E(\vec{S}))$ . Torej, verjetnostna porazdelitev konfiguracij bo v primeru detajlnega ravnotežja sčasoma konvergirala k ravnovesni Gibbsovi porazdelitvi  $\exp(-\beta E)$ . Ko bo sistem izbral enega izmed teh Gibbsovih ansamblov, bo prešel v stacionarno (ravnovesno) situacijo, ki ustreza enemu izmed minimumov proste energije  $F$ . Takrat bo sistem še naprej potoval, ker minimum  $F$  določa verjetnostno porazdelitev in ne stanja [1].

V ergodičnem primeru je časovno povprečje magnetizacije na nevron (spin)  $\langle m(t) \rangle = \frac{1}{2} \sum_i S_i(t)$  enako 0. Sicer lahko Hamiltonian (F.10) v primeru enakih interakcij med nevroni (spini) prepišemo

$$E(\vec{S}) = -\frac{J}{2N} \sum_{ij, i \neq j} S_i S_j = -\frac{1}{2} N J (m(\vec{S}))^2 \quad (\text{F.15}).$$

V ravnovesju bo povprečna vrednost magnetizacije zadoščala enačbi



$$\langle m \rangle = th \left( \frac{J \langle m \rangle + B}{T} \right) \quad (\text{F.16}),$$

ki spominja na Weissovo enačbo za feromagnete in se izpelje kot stacionarni primer iz različice "master"-enačbe. Minimumi proste energije  $F$  so ravnovesna stanja  $m$ , kar ponazarja naslednja enačba za gradientno dinamiko magnetizacije  $m$  k minimumu  $F$ :

$$\Gamma \frac{dm}{dt} = - \frac{\partial F(m, B, T)}{\partial m} \quad (\text{F.17}).$$

### 21.3.2. Simetrične vezi in prekrivanja konfiguracij

Simetrične sinaptične vezi pomenijo, da je vpliv prvega nevrona na drugega enak obratnemu vplivu:  $J_{ij} = J_{ji}$ . Tedaj gre za nekakšen nevronske Newtonov zakon akcije in reakcije. Asinhrona dinamika sistema s simetričnimi vezmi ima samo atraktorje, ki so fiksne točke. Vezi  $J_{ij}$  se določajo po Hebbovem učnem pravilu (F.7). V sistemu vezi so spominski vzorci paralelno-distribuirano shranjeni tako, da je vsak vzorec  $\vec{v}^k$  fiksna točka in deluje kot atraktor. Hkrati pa je fiksna točka tudi vzorec, v katerem ima vsak nevron nasprotno aktivnost [1]:  $\vec{v}^{-k} = -\vec{v}^k = (-v_1, -v_2, \dots, -v_N)$  (Predvsem zaradi tega prihaja pri sinhroni dinamiki često do 2-ciklov, saj sistem niha med  $\vec{v}^k$  in  $\vec{v}^{-k}$ ). Paralelna sinhrona in sekvenčna asinhrona dinamika imata enake atraktorje-fiksne točke.

Pri priklicu je za vsak vzorec z indeksom  $k$ , če ni šuma, mogoče doseči  $\vec{S} = \vec{v}^k$  ali posamič  $S_i = v_i^k$  (za vsak nevron  $i$ ). To pomeni, da smo pripeljali vzorec iz sistema vezi v sistem nevronov – "iz ozadja v prvi plan". Stopnjo "ozaveščenja" ali pomena, ki ga ima nek vzorec  $\vec{v}^k$  na trenutno nevronske stanje  $\vec{S}$ , opisuje prekrivanje ("overlap"; pri Hakenu *parameter urejenosti*)  $m^k$ :

$$m^k(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^k S_i(t) \quad (\text{F.18}).$$

Torej, ko  $m^{k_0} \rightarrow 1$ , tedaj dobimo popoln priklic ustreznega vzorca  $\vec{S} = \vec{v}^{k_0}$ ; ostali  $m^k \rightarrow 0$ . Enakost večih prekrivanj  $m^k$  vodi do *simetričnih mešanih stanj*, ki so tudi atraktorji. (Izkaže se, da so fiksne točke, ki so simetrične mešanice sodega števila vzorcev, vse stabilne in atraktorji. Fiksne točke, ki so simetrične mešanice lihega števila vzorcev, pa so pri sinhroni dinamiki 2-cikli. Obstajajo tudi nesimetrične mešanice, ki so nepravni atraktorji.) [1]

Nad neko kritično stopnjo šuma oziroma temperature  $T = T_c = 1$ , ko govorimo o *paramagnetni fazi*, postane dinamika mreže ergodična in povprečna prekrivanja med vsemi vzorci izginejo:  $m^k \rightarrow 0$ .  $T_c$  označuje mejo, ob kateri pride do fazne spremembe. Drugi fazni prehod nastopi pri  $T = 0.461$ . Nad to mejo so stabilni atraktorji le pravi vzorci  $\vec{v}^k$  in  $\vec{v}^{-k}$ , pod njo pa postanejo stabilni tudi nepravni vzorci, vendar pravi vzorci vselej ostanejo v globalnih minimumih. Ko  $T$  še manjšamo, postajajo atraktorji tudi simetrična mešana stanja, najprej soda, nato liha, in sicer najprej manjša (z manj zlepljenimi vzorci), nato večja. Vsa neergodična stacionarna stanja malo pod  $T_c$ , ki so rešitve enačb povprečnega polja, so simetrične mešanice. Šum je torej res lahko tudi koristen, saj izkorenini take nezaželjene oblike atraktorjev.

Iz enačbe (F.16) dobimo, upoštevajoč (F.7) (tokrat vzamemo specifične interakcije med nevroni, kar šele prinese mreži pravo pomnilno funkcijo), naslednji sistem  $p$  nelinearnih enačb, in sicer eno za vsako izmed spremenljivk  $m^k$ , ki označujejo povprečno prekrivanje. To so enačbe *povprečnega polja*:

$$\langle m^k \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^k th \left[ \beta \left( \sum_{k=1}^p v_i^k \langle m^k \rangle + B_{zun} \right) \right] \Rightarrow \left\langle \left\langle v_q^k th(\beta \vec{m} \vec{v}_q) \right\rangle \right\rangle \quad (\text{F.19}).$$

Drugi (desni) izraz velja le, če je  $B_{zun} = 0$ . V njem sta  $\vec{v}_q$  in  $\vec{m}$   $p$ -dimenzionalna vektorja:  $\vec{m}$  je vektor prekrivanj posameznih vzorcev z dejanskim mrežnim stanjem  $\vec{S}$ ,  $\vec{v}_q$  pa je vektor  $p$  posameznih bitov, ki jih lahko vzorci z določeno verjetnostjo realizirajo na nekem mestu. Velja:

$$\langle \langle \vec{v}^k \rangle \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^k$$

Dvojni kotni oklepaj pomeni povprečje prek diskretne porazdelitve naključno izbranih t. i. "pogašenih, ohlajenih (zamrznjenih)" spremenljivk ("quenched variables")  $\vec{v}_q$ .

## 21.4. Posplošitve Hebbovega učnega pravila

Hebbovo učno pravilo (F.7) omogoča čist priklic, če so vzorci *ortogonalni* oziroma *niso korelirani*, kar velja v povprečju za naključne vzorce. Sicer ni nujno, da bi bila koreliranost vzorcev, ki je lahko v praksi povsem običajna, vedno nekaj slabega. Prav nasprotno: na primer za asociacije (preslikave enega vzorca v drugega),

ki so osnova procesom pričakovanja, predvidevanja, sklepanja ipd., je korelacija med začetnim in končnim vzorcem nujna. Tudi pomnjenje samo bazira na korelacijah (F.7). Toda pri priklicu zahtevamo, da se iz superpozicije koreliranih spominskih vzorcev v sistemu sinaps "izkristalizira" en sam čist izhodni vzorec – jasen se pojavi v sistemu nevronov.

Alternativo za čist priklic koreliranih vzorcev predstavlja konstrukcija *pseudo-inverzne* ali projekcijske matrike  $\mathbf{J}$  [1,8,20]. Njeni elementi so izbrani tako, da zadoščajo naslednji enačbi, ki velja za vsak nevron  $i$  (vseh je  $N$ ) in za vsak vzorec  $k$  (vseh je  $p$ ):

$$\sum_{j=1}^N J_{ij} v_j^k = \lambda v_i^k \quad (\text{F.20}).$$

$\lambda$  je pozitivna konstanta. Če je na primer 1, velja za vsak  $k$  in  $v$  (to sta indeksa vzorcev, ki morajo biti linearno neodvisni v tem primeru):

$$J_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^p \sum_{v=1}^p v_i^k v_j^v (K^{-1})_{kv} \quad (\text{F.21}),$$

$$\text{kjer je } K_{kv} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^k v_i^v \quad (\text{F.22}).$$

Matrika  $\mathbf{K}^{-1}$  je inverzna matrika korelacijske matrike  $\mathbf{K}$ , katere elementi  $K_{kv}$  povedo, kakšna je korelacija med vzorci  $k$  in  $v$  v vseh posameznih nevronih  $i$  (Ne sme biti 0, da  $\mathbf{J}$  lahko obstaja.). Elementi inverzne korelacijske matrike, to so  $(K^{-1})_{kv}$ , v formuli (F.21) za elemente  $J_{ij}$  pseudo-inverzne matrike  $\mathbf{J}$  predstavljajo deljenje s stopnjo korelacije (F.22) in dosežejo, da se moč vezi manjša toliko bolj, kolikor bolj so aktivnosti nevronov  $i$  že enake v čim večjem številu paralelno-distribuiranih vzorcev, katerih sestavni deli so. Torej, ko so aktivnosti nevronov takšne, da hkrati optimalno zadoščajo maksimalnemu številu vzorcev, interakcija med njimi pada na minimum. Takrat enačba (F.21) vsebujoč (F.22) zagotavlja stabilnost nevronov in s tem njihovih  $N$  hkrati shranjenih vzorcev, ki morajo biti linearno neodvisni (da rešitev sploh obstaja). Hkrati pa dobimo tudi popoln priklic – brez napak.

Učno pravilo (F.21/F.22) je za razliko od Hebbovega (F.7) *nelokalno*. Vsaka vez  $J_{ij}$  je odvisna od aktivnosti *vseh* drugih nevronov, ne le od dveh nevronov v navezi, kot je bilo v pravilu (F.7). Druga alternativa nelokalnega tipa je predelano Hebbovo pravilo [1], v katerem odštejemo povprečno aktivnost v določenem vzorcu  $k$ :

$$\langle v^k \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^k$$

Preletimo *razne aktivnosti vzorčnih nevronov* (nevronov, ki trenutno sestavljajo vzorec)  $i$  znotraj vzorca  $k$ . Ta izraz pravzaprav meri presežek pasivnih glede na aktivne nevrone ali obratno. Prav zato, ker moramo za določitev vezi med dvema nevronoma, poznati aktivnosti vseh nevronov, govorimo o nelokalnem učnem pravilu. To posplošeno Hebbovo pravilo je tedaj tako:

$$J_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^p (v_i^k - \langle v^k \rangle)(v_j^k - \langle v^k \rangle) \quad (\text{F.23}).$$

Torej je sinaptična sprememba sorazmerna korelaciji *presežnih aktivnosti dveh nevronov v lokalni navezi*  $J_{ij}$  *nad povprečjem aktivnosti vseh nevronov znotraj posameznih vzorcev*  $\langle v^k \rangle$ .

Tretja nelokalna možnost [8] je odštevanje povprečij posameznih aktivnosti vzorčnih nevronov  $i$  po *različnih vzorcih*  $k$ :

$$\langle v_i \rangle^k = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p v_i^k$$

Tedaj je sprememba vezi sorazmerna korelaciji *odstopanja aktivnosti nevronov*  $i$  *v okviru posameznega vzorca*  $k$  *od povprečne aktivnosti nevronov po vseh vzorcih*  $\langle v_i \rangle$ . Ustrezno posplošeno Hebbovo pravilo je

$$J_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^p (v_i^k - \langle v_i \rangle)(v_j^k - \langle v_j \rangle) \quad (\text{F.24}).$$

Prekrivanje  $m$  opisujeta za prvo (levo) in za drugo (desno) posplošitev naslednja obrazca:

$$m^k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \langle (v_i^k - \langle v^k \rangle) S_i \rangle \quad m^k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \langle (v_i^k - \langle v_i \rangle) S_i \rangle \quad (\text{F.25a,b}),$$

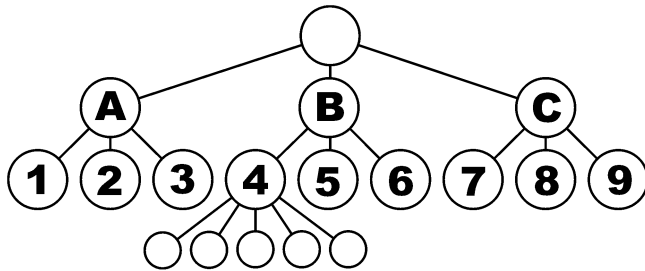
kjer zunanji kotni oklepaj  $\langle \dots \rangle$  pomeni termično (ansambelsko) oziroma časovno povprečje.

## 21.5. Ultrametrične hierarhije vzorcev

Spominski vzorci se organizirajo hierarhično. Razne ravni ustrezajo raznim stopnjam *kategorizacije* – vzorcem oziroma kategorijam ali razredom raznih redov abstrakcije. Tako kategorija vzorcev pomeni vzorec 2. reda, ki je vzorec, sestavljen iz niza vzorcev 1. reda. Ti vzorci raznih redov so organizirani v *ultrametrično drevo* (slika). Razdalja med vzorčnima konfiguracijama  $\vec{v}^k$  in  $\vec{v}^v$  je

$$d(k, v) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i^k - v_i^v)^2} \quad (\text{F.26}).$$

To pomeni, da vedno velja, da medsebojne razdalje  $d$  med vsako trojico lastnih vektorjev stanj (vzorcev) predstavljajo stranice enakostraničnega trikotnika ali enakokrakega trikotnika z dvema enakima dolgima stranicama in tretjo krajšo [10]. Stanja so torej predstavljena kot vozlišča oziroma razvejišča drevesa. Druga najvišja raven (takoj za "skupnim prednikom") ima en indeks, ki označuje "potomce", tretja dva ("sinove" in "vnuke"), četrta tri itd. Ultrametrična razdalja med dvema stanjema je enaka navpični razdalji (višini) do skupnega razvejišča (glej sliko ultrametričnega drevesa).



Slika 27. Ultrametrično drevo z vzorci (spodnja vrsta), ki "izraščajo" iz svojih kategorij (srednja vrsta).

Oziroma: vzorec 1. reda  $\vec{v}$  (na vrhu) je kategorija, sestavljena iz vzorcev 2. reda  $\vec{v}^k$  (srednja vrsta:  $k=1,2,\dots,N$ ); ti pa so (vsak posebej) nadalje sestavljeni iz vzorcev 3. reda  $\vec{v}^{k\rho}$  (spodnja vrsta:  $k=1,2,\dots$ ;  $\rho=1,2,\dots$ ). Vsak vzorec 1. reda je konfiguracija konstitutivnih nevronov (čisto spodaj narisani samo za  $\vec{v}_i^{k=2,\rho=1}$ , ki ga sestavljajo nevroni  $S_i^{21}$ ,  $i=1,2,\dots,N$ ). Zaradi poenostavitve razprave imajo vzorci 2. reda v shemi "imena" A, B, C; vzorci 1. reda pa od 1 do 9 (tako ima npr.  $v_i^{21}$  "ime" 4).

Ultrametrična razdalja med dvema stanjema ( $k, v, \lambda, \rho$  so indeksi vzorčnih stanj) je enaka  $1 - m(k, v)$ , kjer je  $m$  njuno prekrivanje:

$$m(k, v) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^k v_i^v \quad m(k\rho, k\lambda) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^{k\rho} v_i^{k\lambda} \quad (\text{F.27}).$$

Desna formula ustreza prekrivanju med dvema potomcema istega prednika, ki je vedno enako za vse take potomce. Če pa stanja nimajo istega prednika, je njihovo prekrivanje enako 0. Razdalja med stanji, ki nimajo skupnega prednika, je po dogovoru 1. Razdalja med stanji, ki imajo skupnega prednika, pa je  $1 - m(k, v)$ . Tri stanja, ki so v isti kategoriji (imajo istega prednika), imajo enake medsebojne razdalje oziroma enaka prekrivanja  $m$  in tvorijo enakostranični ultrametrični trikotnik. Primeri s slike drevesa so trikotniki stanj: 123, 157, ABC. Tri stanja, od katerih sta dve v isti kategoriji, tretja pa ne, pa tvorijo enakokraki ultrametrični trikotnik. Na sliki drevesa predstavljata tak primer trikotnika 124 (s krajšo stranico 12) in 578 (s krajšo stranico 78).

Izkaže se, da je mogoče shraniti v sistem sinaps vse ravni ultrametričnega drevesa hkrati z naslednjim predpisom

$$J_{ij} = \sum_k \frac{v_i^k v_j^k}{m(k, v)} + \sum_{k\rho} \frac{(v_i^{k\rho} - v_i^k)(v_j^{k\rho} - v_j^k)}{m(k\rho, v\lambda) - m(k, v)} + \sum_{k\rho\alpha} \frac{(v_i^{k\rho\alpha} - v_i^{k\rho})(v_j^{k\rho\alpha} - v_j^{k\rho})}{1 - m(k\rho, v\lambda)} \quad (\text{F.28}).$$

Prvi člen je zelo soroden (vendar ne enak) učnemu pravilu s psevdo-inverzno matriko (F.21/F.22) in sklaplja kategorije 1. generacije ali 1. hierarhične ravni, drugi člen sklaplja kategorije 2. generacije, tretji člen korelira kategorije 3. generacije. Od ene generacije k naslednji pridemo s procesom Markova (procesom, kjer je naslednji korak odvisen le od zadnjega, ne pa predzadnjega itd.). Včasih učenje novega vzorca zahteva tudi spremembo kategorije, v katero spada. Tedaj se torej spremeni tudi vzorec-prednik. V splošnem pa to ni nujno in torej ni treba priklicati vzorca-prednika, da bi v njegovo kategorijo vključili nov vzorec-potomec. Tudi napake so nekako hierarhizirane. Zgrešiti kategorijo vzorcev je veliko bolj usodna napaka kot zgrešiti posamezni vzorec znotraj te kategorije.

Prednik je konfiguracija, ki jo dobimo, če povprečimo po vseh njenih potomcih. Nekateri trdijo, da je učenje pravzaprav kot selektivno obrezovanje ultrametričnega drevesa stanj. Po tej teoriji selekcije okolje zgolj utrjuje ustrezne vezi, ki so (naključno porazdeljene) obstajale že pred tem, neustrezne pa slabijo in pa celo aktivno propadajo. Po drugi, večinski teoriji pa se vezi ob učenju šele selektivno vzpostavljajo in nato krepijo; če postanejo nepotrebne, pa spet krnijo.

## 21.6. Kapaciteta in funkcionalna mnogoterost ANM

Izračun *spominske kapacitete* atraktorske nevronske mreže (ANM) je zelo kompleksen problem zaradi velike kompleksnosti dinamike in parametrov mreže same ter zaradi mnogih koristnih možnosti definicije kapacitete. Kapaciteto na mrežno enoto lahko izrazimo na primer kot:

- število shranjenih bitov na nevron,
- število shranjenih bitov na sinaptično vez,
- število shranjenih vzorcev na nevron,
- število shranjenih vzorcev na sinapso, idr.

Vsaka od teh meril za kapaciteto je odvisna od števila nevronov, števila vezi oziroma gostote vezi, stopnje koreliranosti med vzorci, zahtevane kakovosti priklica oziroma naše stopnje tolerantnosti do manjših napak, stopnje šuma, uporabljenega učnega pravila idr. Ne moremo niti povzeti izsledke o vplivih množice kombinacij navedenih parametrov na kapaciteto spomina [1]. Omenimo le najpomembnejši rezultat: Največje število hkrati zapomnjenih naključnih oziroma nekoreliranih vzorcev je  $p = 0.145 N$ , pri čemer lahko največ 1 odstotek nevronov pri priklicu odstopa od svojih spominskih stanj. Če je koeficient večji od 0.145, pride do takojšnje katastrofalne izgube polovice spomina. Največje število neodvisnih naključnih vzorcev, ki jih lahko naša Hopfieldova mreža s Hebbovim učnim pravilom (F.7) shrani in prikliče *brez najmanjše napake*, pa je  $p_{max} = \frac{N}{2 \ln N}$ , če  $N \rightarrow \infty$  [1,12]. Če dovolimo korelacije med vzorci, je kapaciteta seveda večja in divergira, če so vzorci popolnoma korelirani (sovpadajo).

Sedaj bomo zelo v grobem nakazali glavne korake, ki nas pripeljejo do izraza za *kapaciteto spomina* mreže z veliko nevroni [1,10]. Moramo se omejiti, ker je eksaktna izpeljava izjemno zapletena ter zahteva natančno opredelitev mnogih pomožnih količin in prijemov. Podali bomo enačbe za tri glavne parametre urejenosti: magnetizacijo  $\bar{m}$ ,

$$r = \frac{1}{\alpha} \sum_{k>1} (m^k)^2 \quad (F.29)$$

in Edwards-Andersonov parameter

$$q = \langle \langle S_i^2 \rangle \rangle \quad (F.30),$$

kjer notranji oglati oklepaj pomeni termično povprečje, zunanji dvojni oglati oklepaj pa povprečje po "zamrznjenih" ("quenched")  $\bar{v}$ .  $r$  je vsota naključnih prekrivanj vektorja stanja mreže z drugimi vzorci, ki jih trenutno ne želimo priklicati in predstavljajo šum.  $q$  pa je parameter urejenosti faze spinskega stekla, ki predstavlja lokalno urejenost [10] oziroma stopnjo naključnega "zamrzovanja" stanja vsakega nevrona [21].

Enačba za magnetizacijo izhaja iz naslednje popolnejše oblike enačbe povprečnega polja (F.19):

$$\bar{m} = \langle \langle v \tanh \beta [\sqrt{\alpha r} z + \bar{m} \bar{v}] \rangle \rangle \quad (F.31),$$

v kateri je dodan člen  $\sqrt{\alpha r} z$  v argumentu hiperboličnega tangensa. Ta člen ustreza šumu zaradi naključnih prekrivanj s stanji spinskega stekla, drugi člen  $\bar{m} \bar{v}$  pa ustreza feromagnetni fazi. Zadnja enačba in naslednji dve enačbi se dobita kot rezultat dolgega računa s t. i. metodo *replik* [1,4,10]:

$$\bar{q} = \langle \langle \tanh^2 \beta [\sqrt{\alpha r} z + \bar{m} \bar{v}] \rangle \rangle \quad (F.32),$$

$$r = q [1 - \beta(1 - q)]^2 \quad (F.33).$$

Te enačbe za parametre urejenosti se v limiti  $\beta \rightarrow \infty$  poenostavijo:

$$m = \operatorname{erf} \left[ \frac{m}{\sqrt{2r\alpha}} \right], \quad q = 1 - C T \quad \text{in} \quad r = (1 - C)^2, \quad \text{kjer nastopa} \quad C = \sqrt{\frac{2}{\pi r \alpha}} \exp \left( -\frac{m^2}{2r\alpha} \right).$$

Na teh enačbah napravimo še dodatno limito  $\alpha = \frac{p}{N} \rightarrow 0$ . Ta omogoča, da zadnjo enačbo za  $m$  zapišemo s

$$\text{približkom} \quad m \cong 1 - \sqrt{\frac{2\alpha}{\pi}} \exp \left( -\frac{1}{2\alpha} \right).$$

$$\text{Povprečno število napak je} \quad N_n = \frac{1}{2} N (1 - m) = N \sqrt{\frac{\alpha}{2\pi}} \exp \left( -\frac{1}{2\alpha} \right) \quad (F.34),$$

od koder sledi, da je povprečno razmerje napak  $N_n/N$  pade na 0, če  $\alpha \rightarrow \infty$ . Celotno število napak priklica

$N_n$  pa pade na 0 šele pri  $\alpha = \frac{1}{2 \ln N}$ , kar se ujema z zgoraj omenjenim rezultatom.

Dinamika je še kompleksnejša, vendar tudi *bolj realistična*, če študiramo mrežo z *razredčenimi povezavami*. V možganih namreč niso vsi nevroni povezani z vsemi, temveč je v povprečju vsak nevron povezan z nekaj 1000 ali 10000 drugimi. Zato v Hebbovo formulo (F.7) vključimo faktor redčenja  $C_{ij}$ , ki je 0 ali 1 po neki verjetnostni porazdelitvi:  $J_{ij} = C_{ij} \sum_{k=1}^p v_i^k v_j^k$

Zelo pomenljivo je, da se izkaže, da se spominski atraktorji v veliki meri *ohranijo tudi pri zelo velikemu razredčenju vezi*. Še več: priklic se ne poslabša, kapaciteta na preostalo sinapso pa se celo poveča. Atraktorji, ki so nelokalni oziroma vzporedno napeti čez vso mrežo, so razpoznavni (reverzibilni, zmožni vsaj delne rekonstrukcije) tudi ob izgubi večine nevronov – "kamenčkov mozaika". Npr. pri odstranitvi polovice vezi je priklic brezhiben, le  $p_{max}$  mora biti približno polovico manjši. Z matematičnimi transformacijami ali raznimi dodatki so uspeli Hopfieldov model približati še mnogim drugim biološkim zahtevam [1,15,16].

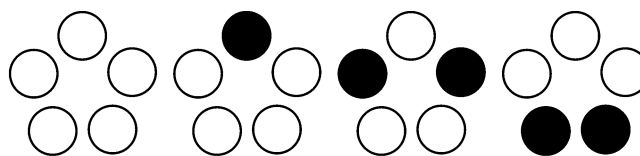
Še en razlog je, zakaj je navidez nerealističen polno-povezan Hopfieldov model vseeno še vedno aktualen. V višjih asociativnih predelih neokorteksa so nevroni grupirani v ministolpce in ti v stolpce. Kortikalni stolpci naj bi bili efektivna osnovna enota procesiranja, ti pa so res takorekoč vsi povezani z vsemi (z močjo generaliziranih vezi  $J_{ij}^{(2)}$ ). Načelo "vsi za enega, eden za vse" torej uporabimo na ravni kortikalnih stolpcev, ultrametrično hierarhijo pa za grupacije stolpcev in t. i. mape. Tedaj se izognemo tudi drugemu ugovoru proti Hopfieldu, da so nevroni povezani le enosmerno (Daleov zakon) in ne dvosmerno kot v njegovem modelu. Generalizirane vezi med stolpci so virtualni svežnji množice realnih sinaptičnih vezi med nevroni, ki potekajo v obe smeri.

## 21.7. Simultanost procesov kot posledica Hebbove konstrukcije – pregled in primer

Pričujoča razprava se je dotaknila le nekaterih vidikov mnogotere dinamike nevronske mreže. Nevronska simultanost in večplastnost je razvidna iz naslednje preglednice identitet med pojmi, ki sicer nastopajo v različnih smislih, kontekstih ali na različnih ravneh:

- začetna konfiguracija (začetni ali robni pogoj) = zunanji vzorec = dražljaj
- limitno stanje = vzorec = atraktor = dno potencialne vrtače v konfiguracijskem prostoru = spominska enota (če je trenutno v sistemu vezi) ali mentalna reprezentacija (če je trenutno v sistemu nevronov)
- spreminjanje jakosti sinaps = učenje = pomnjenje vzorca = "izdolbenje" potencialne vrtače = oblikovanje vzorca (ko se vzorec prenese iz sistema nevronov v sistem vezi, se kratkotrajni spomin prelevi v dolgotrajnega)
- rekonstrukcija vzorca-atraktorja = priklic spominske enote = "ozaveščenje" oziroma razpozna(va)nje vzorca
- vzorec (kategorija, ideja) = virtualna slika = gestalt (kvalitativno nova enota višjega reda) = generalizirani nevron.

Zdaj bomo na primeru petih nevronov bomo pokazali, kako deluje Hebbovo pravilo. Za 5 nevronov (spinov) imamo 4 možne konfiguracije z različnimi energijami. Vse ostale so le *permutirane* oblike teh 4 vzorcev ali pa take z nasprotnimi aktivnostmi (predznaki) nevronov in imajo enako energijo kot originali. V splošnem je namreč fiksna točka tudi vzorec  $\vec{v}^k = -\vec{v}^k = (-v_1^k, -v_2^k, \dots, -v_N^k)$ . Hamiltonian (F.10) je (če je  $B=0$ ) invarianten na obrnitev predznaka vseh aktivnosti  $S_i$  ( $\forall i$ ), saj v njem nastopa bilinearni del  $S_i S_j$ , ki ob tem ohrani predznak, in vseh vezi  $J_{ij}$ , ki so tudi vsote bilinearnih form (vsote produktov aktivnosti vzorčnih nevronov) in zato prav tako ohranijo predznak. Torej bi lahko na shemi konfiguracij (glej sliko!) vse bele kroge (neaktivne nevrone:  $S_i = -1$ ) zamenjali s črnimi (aktivnimi nevroni:  $S_i = 1$ ).



Slika 28. Štiri možne konfiguracije aktivnosti 5 nevronov

Preglejmo vezi, ki po Hebbovi formuli (F.7) ustrezajo konfiguracijam na sliki 28:

- Konfiguracija 1:

$$J_{ij}^{k=1} = 1 \text{ za vsak } i \text{ in vsak } j.$$

- Konfiguracija 2:

$$J_{ii}^{k=2} = -1 \text{ za vsak } i \text{ razen } i=1 \text{ vse ostale vezi (brez pravkar navedenih in le-tem nasprotnih vezi);}$$

vzamemo namreč, da so vezi simetrične:  $J_{ij} = J_{ji}$  :  $J_{ij}^{k=2} = 1$  za vsak  $i$  in  $j$ .

- Konfiguracija 3:

$J_{2i}^{k=3} = -1$  za vsak  $i$  razen  $i=2$   $J_{5i}^{k=3} = -1$  za vsak  $i$  razen  $i=5$   $J_{25}^{k=3} = 1$ ; vse ostale vezi:  $J_{ij}^{k=3} = 1$  za vsak  $i$  in vsak  $j$ .

- Konfiguracija 4:

$J_{4i}^{k=4} = -1$  za vsak  $i$  razen  $i=4$   $J_{3i}^{k=4} = -1$  za vsak  $i$  razen  $i=3$   $J_{34}^{k=4} = 1$ ; vse ostale vezi  $J_{ij}^{k=4} = 1$  za vsak  $i$  in vsak  $j$ .

Denimo, da mrežo naučimo samo prve tri konfiguracije, četrto pa ne. Torej je  $p = 3$ . Z zgornjimi podatki za vezi napolnimo matrice  $\mathbf{J}^{k=1}$ ,  $\mathbf{J}^{k=2}$  in  $\mathbf{J}^{k=3}$ , ki ustrezajo spominu posameznih vzorcev. V sistemu sinaptičnih vezi pa so paralelno-distribuirano "naloženi drug na drugega" vsi spominski vzorci, ki se jih je mreža naučila.

Torej za posamezno vez velja  $J_{ij} = \frac{1}{N} (J_{ij}^{k=1} + J_{ij}^{k=2} + J_{ij}^{k=3})$ .

Nadalje po vrsti izračunajmo energije za vse štiri konfiguracije na sliki, če so pravkar priklicane. Računamo torej primere, ko nevroni sestavljajo določeno vzorčno konfiguracijo in velja  $\vec{S} = \vec{v}^k$ .

$$E^{k=1} = -\frac{1}{2} \sum_{ij:i \neq j} J_{ij} S_i S_j = -\frac{1}{2} \sum_{ij:i \neq j} \frac{1}{N} (-1)(-1) = -\frac{1}{2} \frac{1}{N} 20(-1)(-1) = -\frac{20}{N} = -4$$

Podobno izračunamo:

$$E^{k=2} = -\frac{1}{2} \sum_{i \neq 1} J_{1i} S_1 S_i = -\frac{1}{2} \sum_{i \neq 1} J_{ij} S_i S_j = \frac{1}{N} (0 - 8) = -\frac{8}{N}$$

$$E^{k=3} = -\frac{1}{2} \sum_{i \neq 2} J_{2i} q_2 q_i - \frac{1}{2} \sum_{i \neq 5} J_{5i} q_5 q_i - \frac{1}{2} \sum_{ij \neq 2,5} J_{ij} q_i q_j = \frac{1}{N} (2 + 2 - 5) = -\frac{1}{N}$$

$$E^{k=4} = \frac{10}{N} = 2$$

Vidimo, da je energija 4. konfiguracije, ki je nismo upoštevali v Hebbovem obrazcu, precej večja kot energija drugih treh konfiguracij, ki se jih je mreža "naučila". *S primerom smo torej pokazali, da Hebbovo pravilo določi sinaptične vezi  $J_{ij}$  ravno tako, da ima pri naučenih vzorcih energija ob priklicu minimum.*

## ČTIVO K DODATKU F:

### Glavna literatura:

- 1) D.Amit: Modeling Brain Functions (The world of attractor neural nets); Cambridge University Press, 1989.
- 2) R.Beale, T.Jackson: Neural Computing (An Introduction); Adam Hilger, Bristol etc., 1990.
- 3) Y.Burnod: An Adaptive Neural Network: the Cerebral Cortex; Prentice Hall, London, 1990.
- 4) E.Domany, J.L.van Hemmen, K.Schulten (Eds.): Models of Neural Networks (Series "Physics of NN"); Springer, Berlin, etc.
- 5) T.Geszti: Physical Models of Neural Networks; World Scientific, Singapore, 1990.
- 6) H.Haken: Synergetic Computers and Cognition (A Top-Down Approach to Neural Nets); Springer, Berlin etc., 1991.
- 7) R.Hecht-Nielsen: Neurocomputing; Addison-Wesley, Reading etc., 1990.
- 8) T.Kohonen: Self-Organization and Associative Memory; Springer, Berlin etc., 1984.
- 9) J.L.McClelland, D.E.Rumelhart, PDP research group: Parallel distributed processing – Explorations in the Microstructure of Cognition: Vol.1: Foundations / Vol.2: Psychological and Biological Models; MIT Press, Cambridge (Mass.), London, 1986.
- 10) M.Mezard, G.Parisi, M.A.Virasoro: Spin Glass Theory and Beyond; World Scientific, Singapore, 1987 (zadaj ponatisi pomembnih člankov).
- 11) R.G.Palmer, J.Hertz, A.Krogh: Introduction to the Theory of Neural Computation; Addison-Wesley, Redwood City etc., 1991.

- 12) P.Peretto: An Introduction to the Modeling of Neural Networks; Cambridge Univ.Press, Cambridge, 1992.
- 13) H.Ritter, T.Martinetz, K.Schulten: Neural Computation and Self-Organizing Maps; Addison-Wesley, 1992.
- 14) S.V.B.Aiyer, M.Niranjan, F.Fallside: A theoretical investigation into the performance of the Hopfield model; IEEE Transactions on neural networks 1(2) (1990) 204.
- 15) J.W.Clark: Statistical Mechanics of Neural Networks; Physics Reports 158(2) (1988) 91.
- 16) J.W.Clark, J.Rafelski, J.W.Winston: Brain Without Mind: Computer Simulation of Neural Networks With Modifiable Neuronal Interactions; Physics Reports 123(4) (1985) 215.
- 17) H.Gutfreund: From Statistical Mechanics to Neural Networks and Back; Physica A 163 (1990) 373.
- 18) A.V.M.Herz, C.M.Marcus: Distributed dynamics in neural networks; Phys.Rev.E 47(3) (1993) 2155.
- 19) J.J.Hopfield: Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities; Proc.Nat.Acad.Sci.USA 79 (1982) 2554.
- 20) R.Kühn, S.Bös: Statistical mechanics for neural networks with continuous-time dynamics; J.Phys.A 26(4) (1993) 831.
- 21) H.Nishimori, T.Ozeki: Retrieval dynamics of associative memory of the Hopfield net; J.Phys.A 26(4) (1993) 859.
- 22) H.Sompolinsky: Statistical Mechanics of Neural Networks; Phys.Today (dec.1988) 70.
- 23) van Hemmen, Grensing, Huber, Kühn: Nonlinear Neural Networks (General Theory); J.Statist.Phys. 50(1/2) (1988) 231.

- 24) K.Y.M.Wong, D.Sherrington: Neural Networks optimally trained with noisy data; *Phys.Rev.E* 47(6) (1993) 4465.
- 25) Yu-q.Ma, Yue-m.Zhang, Yu-g.Ma, C.-de Gong: Statistical mechanics of a Hopfield neural-network model in a transverse field; *Phys.Rev.E* 47(6) (1993) 3985.
- 26) A.Zippelius: Statistical mechanics of neural networks; *Physica A* 194 (1993) 471.
- Pomožna literatura:
- 27) J.M.T.Thompson, H.B.Stewart: *Nonlinear Dynamics and Chaos*; John Wiley and Sons, Chichester etc., 1986.
- 28) I.Aleksander: *The Human Machine (A view of intelligent mechanisms)*; Georgi Publ.Co., St.Saphorin, 1978.
- 29) J.A.Anderson, E.Rosenfeld (Eds.): *Neurocomputing – Foundations of Research*; MIT Press, Cambridge (Mass.), London, 1988 (zbornik pomembnejših člankov).
- 30) M.A.Arbib: *Brains, Machines and Mathematics*; 2.izdaja, Springer, Berlin etc., 1987.
- 31) W.R.Ashby: *Design for a Brain*; Science Paperbacks, London, 1978 (1960).
- 32) E.R.Caianello (Ed.): *Physics of Cognitive Processes*; World Scientific, Singapore etc., 1987.
- 33) W.J.Caspers: *Spin Systems*; World Scientific, Singapore, 1989.
- 34) D.Chowdhury: *Spin Glasses and Other Frustrated Systems*; World Scientific, Singapore, 1986.
- 35) A. Dobnikar: *Nevronske mreže (teorija in aplikacije)*; Didakta, Radovljica, 1990.
- 36) H.Haken, Stadler (Eds.): *Synergetics of Cognition*; Springer, Berlin etc., 1989.
- 37) H.Haken: *Synergetics, An Introduction*; Springer, .izd., Berlin etc., 1983.
- 38) H.Haken: *Advanced Synergetics (Instability Hierarchies of Self-Organizing Systems and Devices)*; Springer, Berlin etc., 1987.
- 39) H.Haken (Ed.): *Neural and Synergetic Computers*; Springer, Berlin etc., 1988.
- 40) W.D.Hillis: *The Connection Machine*; MIT Press, Cambridge (Mass.), London, 1985.
- 41) G.E.Hinton, J.A.Anderson (Eds.): *Parallel Models of Associative Memory*; Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale (NJ), London, 1989.
- 42) I.Kučer, S.Žumer: *Statistična mehanika (iz knjige Toplota)*; DFMA, ZOTKS, Ljubljana, 1987.
- 43) R.J.MacGregor: *Neural and Brain Modeling*; Academic Press, San Diego etc., 1987.
- 44) R.Penrose: *The Emperor's New Mind (concerning Computers, Minds, and Laws of Physics)*; Oxford Univ.Press, London, 1989.
- 45) R.Z.Sagdeev, D.A.Usikov, G.M.Zaslavsky: *Nonlinear Physics*; Harwood Acad.Publ., Chur, London etc., 1990.
- 46) A.B.Scheibel, A.F.Wechsler (Eds.): *Neurobiology of Higher Cognitive Functions*; Guilford Press, London, New York, 1990.
- 47) R.F.Schmidt, G.Thews: *Human Physiology*; Springer, Berlin etc., 1983.
- 48) M.Štruel: *Fiziologija živčevja*; Medicinski Razgledi, Ljubljana, 1989.
- 49) L.Vodovnik: *Nevrokibernetika*; ZAFER, Ljubljana, 1991.
- 50) P.D.Wasserman: *Neural Computing (Theory and Practice)*; Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.
- 51) *Artificial Neural Networks, International Workshop IWANN 91, Proceedings / članki: P.A.Ligomenides: Cooperative Computing And Neural Networks / V.Tryba, K.Goser: A Modified Algorithm for Self-Organizing Maps based on Schrödinger Equation / C.Campbell: Dynamic Thresholds and Attractor Neural Nets / F.J.Vico, F.Sandoval: Use of Genetic Algorithms in Neural Network Definition / idr.*
- 52) P.Baldi, K.Hornik: *Neural Networks and Principal Component Analysis: Learning from Examples Without Local Minima*; *Neural Networks* 2 (1989) 53.
- 53) H.Bourlard, Y.Kamp: *Auto-Association by Multilayer Perceptrons and Singular Value Decomposition*; *Biol.Cybern.* 59 (1988) 291.
- 54) D.DeMers, G.Cottrell: *Non-Linear Dimensionality Reduction* (preprint).
- 55) J.S.Denker: *Neural network models of learning and adaptation*; *Physica D* 22 (1986) 216.
- 56) M.Ebdon: *Is the Cerebral Neocortex a Uniform Cognitive Architecture?*; *Mind & Language* 8(3) (1993) 68.
- 57) M.B.Gordon, P.Peretto, M.Rodrigues-Girones: *Learning in feedforward neural network by improving the performance*; *Physica A* 185 (1992) 402.
- 58) I.Grabec: *Uporaba izsledkov o delovanju živčevja pri simuliranju nevronskih mrež*; *Raziskovalec* (1992) 49.
- 59) I.Grabec: *Self-Organization of Neurons Described by Maximum Entropy Principle*; *Biol.Cybern.* 6 (1990) 403.
- 60) I.Grabec: *Adaptivni linearni regresijski model (neobjavljeno)*.
- 61) I.Grabec, W.Sachse: *Automatic modeling of physical phenomena: ...*; *J.Appl.Phys.* 69(9) (1991) 6233.
- 62) I.Grabec, W.Sachse: *Application of an intelligent signal processing system to acoustic emission analysis*; *J.Acoust.Soc.Am.* 85 (1989) 1226.
- 63) I.Grabec, W.Sachse: *Experimental characterization of ultrasonic phenomena by a learning system*; *J.Appl.Phys.* 66 (1989) 3993.
- 64) I.Grabec: *Modeling of chaos by a self-organizing neural network / v: T.Kohonen idr. (Eds.): Artificial Neural Networks*; Elsevier, Amsterdam, 1991.
- 65) S.Grossberg: *Nonlinear Neural Networks: Principles, Mechanisms and Architectures*; *Neural Networks* 1 (1988) 17.
- 66) I.M.Havel: *Artificial Thought and Emergent Mind*; CTS-93-04 (April 1993).
- 67) T.M.Heskes, B.Kappen: *Learning-parameter adjustment in neural networks*; *Phys.Rev.A* 45(12) (1992) 8885.
- 68) G.L.Hofacker, B.Borštnik, M.Schöninger: *Evolutionary Adaptation to a Real and an Artificial World*; pp.229 / v: E.Clementi, S.Chin (Eds.): *Biological and Artificial Intelligence Systems*; ESCOM, Leiden, 1988.
- 69) J.J.Hopfield: *Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons*; *Proc.Nat.Acad.Science.USA* 81 (1984) 3088.
- 70) R.G.Hopffroff: *The Principles and Practice of Time Series Forecasting and Business Modelling Using Neural Nets*; *Neural Comp.Applic.* 1 (1993) 59.
- 71) K.J.Hunt, D.Sbarbaro, R.Žbikowski, P.J.Gawthrop: *Neural Networks for Control Systems – A Survey*; *Automatica* 28(6) (1992) 108
- 72) *Informatica* 17 (1993); posebej: J.Šlecht: *On a Quantum-Statistical Theory of Pair Interaction Between Memory Traces in the Brain*, 109.
- 73) *Informatica* 18 (1994); posebej: I.Kononenko: *On Bayesian Neural Networks*, 183.
- 74) A.J.Jones: *Genetic Algorithms and Their Applications to the Design of Neural Networks*; *Neural Comp. & Applic.* 1 (1993) 32.
- 75) *Journal of Cognitive Neuroscience*.
- 76) P.K.Kienker, T.J.Sejnowsky, G.E.Hinton: *Learning symmetry groups with hidden units: beyond the perceptron*; *Physica D* 22 (1986) 260.
- 77) W.Kinzel: *Physics of Neural Networks*; *Europhysics News* 21(6) (junij 1990) 108.
- 78) T.Kohonen: *Adaptive, Associative, and Self-Organizing Functions in Neural Computing*; *Applied Optics* 26 (dec.1987) 2.
- 79) T.Kohonen: *Self-organized formation of topologically correct feature maps*; *Biol.Cybern.* 43 (1982) 59.
- 80) T.Kohonen: *An Introduction to Neural Computing*; *Neural Networks* 1 (1988) 3.
- 81) I.Kondor: *An introduction to the theory of spin glasses*; *Sci.Prog.Oxf.* 71 (1987) 145.
- 82) R.Linsker: *Self-Organization in a Perceptual Network*; *Computer* (March 1988) 105.
- 83) B.MacLennan: *Field Computation: A Theoretical Framework for Massively Parallel Analog Computation (Parts I-IV)*; *Tech.report CS-90-*

- 100, 1990.
- 84) B.MacLennan: Field Computation in the Brain; Report Appalach. Conf. on Neurodyn., 1992.
- 85) B.MacLennan: Information Processing in the Dendritic Net; Report 2nd Ann.Behav.and Comp.Neuroscience Workshop, Washington 1992.
- 86) C.L.T.Mannion, J.G.Taylor: Information Processing by Oscillating Neurons / v: J.G.Taylor, C.L.T.Mannion (Eds.): Coupled Oscillating Neurons; Springer, London etc., 1992.
- 87) Mind and Brain; Scien.Amer., sept.1992 (special issue).
- 88) M.Plumbley: Information Theory and Neural Networks; skripta istoimenskega tečaja na King's College London, 1994.
- 89) N.J.Radcliffe: Genetic Set Recombination and Its Application to Neural Networks Topology Optimisation; Neural Comp.& Applic. 1 (1993) 67.
- 90) S.Renals: Chaos in Neural Networks; (Internet)
- 91) D.E.Rumelhart, G.E.Hinton, R.J.Williams: Learning representations by back-propagating errors; Nature 2 (1986) 5
- 92) T.D.Sanger: Optimal Unsupervised Learning in a Single-Layer Linear Feedforward Neural Network; Neural Networks 2 (1989) 459.
- 93) W.Schempp: Bohr's Indeterminacy Principle in Quantum Holography, Self-adaptive Neural Network Architectures, Cortical Self-Organization, Molecular Computers, Magnetic Resonance Imaging and Solitonic Nanotechnology; Nanobiol. 2 (1993) 109.
- 94) L.Shastri, V.Ajjanagadde: From simple associations to systematic reasoning: A connectionist representation of rules, variables and dynamic bindings using temporal synchrony; Behav.& Brain Sci. 16 (1993) 417.
- 95) J.Shawe-Taylor, D.A.Cohen: The Linear Programming Algorithm for Neural Networks; Neural Networks (1990) 575.
- 96) J.Shawe-Taylor: Mean Field Annealing as a Barrier Function Optimization and Alternative Solution Strategies; Tech.Report CSD-TR-92-36 / 1992.
- 97) J.G.Taylor, F.N.Alavi: Mathematical Analysis of a Competitive Network for Attention / v: J.G.Taylor (Ed.): Mathematical Approaches to Neural Networks, Elsevier, Amsterdam, 1993.
- 98) G.Toulouse: Understanding physicists' brain; Nature 327 (25.June 1987) 662.
- 99) L.Tušar, M.Tušar, N.Leskovšek: Uporaba nevronske mreže in Taguchijevih metod v procesu načrtovanja eksperimentov; SRC-info 8 (1993) 14.
- 100) M.Tušar, J.Zupan, J.Gasteiger: Neural networks modelling in chemistry; J.Chem.Phys. 89 (1992) 1517.
- 101) Weigend, Huberman, Rumelhart: Predicting the Future: A Connectionist Approach; Int.J. Neural Syst. 1(3) (1990) 193.
- 102) K.Y.M.Wong, D.Sherrington: Adaptive optimization in neural networks; Physica A 185 (1992) 466.
- 103) J.Wood, J.Shawe-Taylor: Linear Transformation Invariance in Feedforward Neural Networks; 1993 (dva preprinta).
- 104) M.Wynne-Jones: Node splitting: A Constructive Algorithm for Feed-Forward Neural Networks; Neural Comp.Applic. 1 (1993) 17.
- 105) A.Zidanšek: Nevronske mreže; Obzor.mat.fiz. 37 (1990) 51.
- 106) J.Zupan, J.Gasteiger: New method for solving chemical problems...; Anal.Chimica Acta 248 (1991) 1.
- 107) D.Bolle, G.M.Shim, B.Vinck, V.A.Zagrebnov: Retrieval and Chaos in Extremely Diluted Q-Ising Neural Network; J.Stat.Phys. 74(3/4) (1994) 565. (D.Bolle, G.M.Shim, B.Vinck: Retrieval and Chaos in Layered Q-Ising Neural Network; J.Stat.Phys. 74(3/4) (1994) 583.
- 108) M.Peruš: Raziskave asociativnih nevronske mreže s fizikalnega vidika; dipl. delo, FNT/fizika, Ljubljana, 1993.
- 109) M.Peruš: Razporeditev  $\alpha$ -vijačnic v proteinskih molekulah: analiza z modelom spinskih stekel; mag. delo, FMF/fizika (nezagovarjano), Ljubljana, 1999.
- 110) M.Peruš: Synergetic Approach to Cognition-Modeling with Neural Networks; v: K.Sachs-Hombach (ured.): Bilder im Geiste; Rodopi, Amsterdam/Atlanta, 1995 (str.183).
- 111) M.Peruš: Uporaba asociativnih nevronske mreže; Programer 21 (jan.1994) 40 / 2.del: Programer 22 (feb.1994) 32.
- 112) M.Peruš: Spinska stekla; 1991 / Nevronske mreže; 1992, 1993 / idr. (neobjavljeni seminarji).
- 113) M.Peruš: With Neural Models Towards Phenomenology; TEMPUS-Conference "Phenomenology and Cognitive Science", London, april 1994.
- 114) M.Peruš: Vse v enem, eno v vsem (Možgani in duševnost v analizi in sintezi); DZS, Ljubljana, 1995.
- IN: poglavja o Isingovem modelu v: Ashcroft / Mermin (Solid State Physics); K.Huang (Statistical Mechanics).



## 22. DODATEK G: NEVROPSIHOLOŠKI MODELI IN UMETNE NEVRONSKE MREŽE: PRIMERJAVA

### 22.1. Soodvisni razvoj kognitivnega nevromodeliranja ter nevroračunalništva

Raziskovalci na področjih nevroračunalništva, umetne inteligence, kognitivne znanosti in nevrobiologije se pogosto sprašujejo, kakšne so zveze med omenjenimi področji, in sicer v smislu prenosa idej, navdiha za modele in primernosti oziroma uporabnosti teh modelov za razne namene.

Že od samega začetka teorije nevronske mreže so se raziskovalci vzgledovali ob rezultatih nevrobioloških in nevropsiholoških proučevanj. Matematični modeli nevronske mreže so se razvili kot nadgradnja eksperimentalne psihologije in nevroznanosti, ob razvoju računalništva pa so računalniške simulacije nevronske mreže oziroma t. i. umetne nevrone mreže v okviru kognitivnih znanosti prevzele vlogo procesualnih modelov možganskih in duševnih procesov. Vpliv t. i. komputacijskih nevroznanosti ("computational neurosciences"), nevropsihologije in kognitivnih znanosti na eni strani ter teorije umetnih nevronske mreže je torej obojestranski.

Kljub začetnim inspiracijam iz eksperimentalnih nevroznanosti je razvoj umetnih nevronske mreže dobival lastna specifična obeležja. Teorije nevronske mreže se razvijajo v okviru dveh ciljev oziroma namenov. Ti smeri pa pogosto nista dobro razločljivi in oplojujeta druga drugo. Prva smer je modelirati dejanske možganske procese, vendar ker so ti izjemno kompleksni, so takšni modeli le grobo aproksimativni. Druga smer je uporabiti nevroznanstvene izsledke za procesiranje informacij (merskih ipd.) v smislu umetne inteligence.

Težko dosegljiv ideal prve smeri je biološka plavzibilnost, kjer je kljub velikemu napredku še vedno ovira pomanjkanje podatkov o prepletenih, soodvisnih in celovitih možganskih procesih. Ideal druge smeri pa so učinkoviti umetni algoritmi za obdelavo informacij.

V prvi (biološko-psihološki) skupini sta razpoznavni dve podskupini. Prva podskupina se posveča podrobnemu modeliranju majhnega dela možganov ali psihofizičnih oziroma kognitivnih mehanizmov. Njeni modeli so zelo specifični, eksperimentalno bolj podprti in biološko bolj ustrezni. Mreže na osnovi *ART* (*adaptivne resonančne teorije*) in (*neo*)*kognitrona* so, denimo, osnovane tako, da naj bi bile biološko plavzibilne. Druga podskupina izhaja iz dognanj prve podskupine in povezuje dele v celoto, pri čemer so predmeti raziskovanja prve podskupine lahko moduli modelov druge podskupine. Druga metodologija druge podskupine je "izpovprečenje" modelov prve podskupine in izdelava globalnega, vendar grobo-aproksimativnega, modela.

V drugi (nevroračunalniški) skupini se uporabijo tisti modeli prve (biološko-psihološke) skupine, ki so bolj hitri, učinkoviti in manj odvisni od konkretne strukture vhodnih podatkov (torej so bolj splošno uporabni, njihova specifična vloga pa se določi naknadno v procesu umetnega učenja). Umetni modeli uporabljajo precej manj nevronov kot razkošni možgani, peščica nevronov pa že mora biti sposobna razpoznavati in pomniti vzorce, jih selektivno priklicati iz spomina, kategorizirati (razporejati v razrede glede na podobnost), abstrahirati (izločiti nove informacije od starih), popolnjevati nepopolne informacije, interpolirati, adaptirati se in sintetizirati različne "zorne kote", se učiti na znanih primerih ter nato predvidevati neznane idr. Umetne nevrone mreže so navadno že optimizirane. Njihova struktura se je s simulacijsko prakso določila tako, da je učinkovita in hitra. Možgani vsebujejo evlucijsko optimizirane kompleksne mreže za opravljanje samodejnih in refleksnih akcij ali/in zelo razsežne mreže z veliko samoorganizacijsko in adaptivno sposobnostjo, ki omogoča prožno učenje zelo različnega, spremenljivega in celo ustvarjalnega delovanja. Pogojem uspešnega nevroračunalništva navadno zadoščajo predvsem sistemski modeli druge podskupine biološko-psihološke skupine (pregledno jih zaobjema knjiga S. Haykina [1]).

Vsekakor so možgani konglomerat različnih nevronske struktur, simetričnih (asociativnih) in hierarhičnih (mnogonivojskih), pri čemer se samoorganizirano oziroma samodejno (ob povodu iz okolja) aktivira zdaj ena zdaj druga mrežna struktura ali pa se izvaja tekmovanje in selekcija med podmrežami ter diferenciacija. Pri nevroračunalništvu samodejne projekcije (avtomatičnega zloma simetrije in prehoda iz globalnega v bolj specifično procesiranje) v specializirane podmreže seveda ni. Nevroročunalničar sam izbere eno ali drugo nevrone arhitekturo, za katero po izkušnjah ve, da je primernejša za določeno nalogo in za določeno strukturo vhodnih podatkov. Na lokalni ravni je odtlej moč lažje in zanesljiveje primerjati naravno in umetno učenje, vendar še vedno dovolj težavno, saj tudi o procesiranju v možganih vemo le iz naših, sicer eksperimentalno podprtih, modelov. Modeli so eno, narava pa je drugo. Hkrati so modeli naše nevropsihološke narave že sami po sebi umetna stvar in tako razlika med modeli naravnih nevronske mreže in umetnih nevronske mreže v našem znanju neizbežno, čeprav neupravičeno, blede. Vseeno se da ponekod v grobem razločiti podobnosti in razlike naravnih in umetnih načinov učnja.

## 22.2. Primerjava nevropsiholoških in nevroračunalniških učnih pravil

Ker so možgani samoorganizacijsko prožen konglomerat različnih mrežnih struktur, za mnoga umetna učna pravila (denimo "backpropagation" in "counterpropagation") še ni dokončno jasno, ali so samo umetni konstrukti (kot kaže danes) ali pa imajo v globalnem (na ravni mnogonivojskega procesiranja med plastmi možganske skorje) kakšne nevrobiološke analoge v možganih.

Biološko ustreznost sicer uspešni umetni "backpropagation" metodi oporakajo predvsem pri naslednjih lastnostih (vendar posamezne nevrobiološke raziskave kažejo, da te lastnosti morda niso tako zelo nebiološke): Prvič, prave sinapse so navadno ali vzpodbujevalne ali zaviralne, ne oboje; "backpropagation" (pa tudi Hopfieldove idr.) vezi pa lahko menjajo predznak. Toda v [7] poročajo o sinapsah, ki so dvosmerno spremenljive (lahko se enkrat jačajo in drugič slabijo).

Drugič, "backpropagation" implicira prenos informacije nazaj vzdolž aksona, kar se je doslej jemalo kot nerealistično (pri Hopfieldovem modelu se dogaja podobno – obstaja dvosmerna komunikacija med nevronoma). Ob bolj mikroskopskih raziskavah, upoštevajoč sub-celično anatomijo nevronov in sinaps, se lahko najdejo mehanizmi za povratno komunikacijo skozi akson ali drugače (podrobna analiza v poglavju Dayhoff in sodel. v [3]).

Res pa je, da vsebuje "backpropagation" računsko razmeroma zapleten mehanizem povratnega upoštevanja in popravljanja napake, ki je na specifičen način mnogoplasten in nadzorovan (vse precej nebiološko).

Vendarle vprašanje biološke plavzibilnosti ostaja zelo pereče. Nove raziskave lahko še močno spreminjajo poglede na posamezne umetne algoritme v tem kontekstu. Zato se bom odslej posvetil bolj tistim učnim algoritmom, ki imajo vsaj nekaj dokazane nevrobiološke osnove.

*Učenje* definiramo kot proces, s katerim se prosti parametri nevronske mreže (v prvi vrsti sinaptične vezi) adaptirajo pod vplivom okolja. S tem se nevronska mreža lahko odziva na nov, prilagojen način. Vrste učenja so:

1. Nadzorovano učenje: Mreža se mora naučiti neke naloge tako, da čim bolj zadošča danemu eksplicitnemu primeru oziroma zaželjenemu stanju. To idealno ali vzorčno stanje je navadno predpisano od zunaj – od "učitelja" ali "nadzornika". Človek je predmet takšnega načina učenja v sociološkem smislu, torej v smislu vzgoje in izobraževanja, kjer je nadzornik neka avtoriteta (npr. starši ali učitelj). Naš nevropsihološki sistem se torej nadzorovano uči večinoma le v globalnem smislu (vključeni so bolj ali manj vsi možgani), ko gre za kognitivno znanje. Lokalno nadzorovano učenje (pretežno v specializiranih delih možgan) je le senzori-motorično – npr. z roko moramo doseči predmet, pri čemer je "učitelj" motoričnega korteksa vizualni korteks, ki pošilja vidno informacijo o legi predmeta (torej gre za notranji, samodejni "nadzor").

2. Nenadzorovano učenje: Večina učenja v možganih poteka nenadzorovano (ni vnaprej in od zunaj predpisanega stanja, ki se ga je treba naučiti izvajati). Možgani morajo kot odziv na vpliv okolja sami najti optimalno stanje. Pri nenadzorovanem učenju pravzaprav deli mreže sami delujejo drug na drugega, se usklajujejo in iščejo najboljši možni kompromis, ki se izrazi kot stacionarno ali ravnovesno oziroma stabilno stanje mreže.

3. Učenje s poskusom in napako ("*reinforcement learning*") je preprosta oblika med nadzorovanim in nenadzorovanim učenjem. Pri njej "učitelj" pove le, ali je trenutno stanje mreže dobro ali ni dobro. Če ni dobro, se mora spremeniti; kako naj se spremeni, pa je za razliko od nadzorovanega učenja prepuščeno mreži sami oziroma njenim slepim poskusom. V to kategorijo spadajo učenje in refleksni odzivi po Pavlovu in razne regulacijske vegetativne funkcije živčnega sistema.

Jedro učnega algoritma je dinamska enačba za sinaptične vezi oziroma uteži, ki določa velikost spremembe jakosti sinaptične vezi oziroma številčne vrednosti uteži  $J_{ij}$ . Omenjene vrste učenja se izražajo v učnih algoritmih z naslednjimi matematičnimi podstrukturami:

1. Pri *nadzorovanem učenju* je sprememba uteži  $J_{ij}$  sorazmerna z RAZLIKO spremenljivke ali vektorja, ki opisuje zaželeno stanje  $\vec{v}$ , in spremenljivke ali vektorja, ki opisuje vhodno ali trenutno stanje mreže  $\vec{x}$ . Ta izraz z razliko (NAPAKA)  $\vec{v} - \vec{x}$  je lahko v posplošenih primerih še pomnožen s kakšnim drugim izrazom. To je *delta pravilo* (pravilo popravljanja napake – "error-correcting rule"):  $\Delta J_{ij} = \eta (v_i - x_i) x_j$ .

$\eta$  narekuje hitrost adaptivnega učenja.

2. Pri *nenadzorovanem učenju* je sprememba uteži oziroma vezi  $J_{ij}$  sorazmerna s KORELACIJO aktivnosti nevronov  $i$  in  $j$ , ki ju veže. Mreža v tem primeru išče optimalno stanje z interakcijami med nevroni in primerjavo njihovih stanj, spomin pa predstavljajo zakodirane korelacije med vzorci  $\vec{v}^k$  ( $k$  je indeks vzorcev, ki so tako hkrati shranjeni v sistemu sinaps  $J_{ij}$ ). To je *Hebbovo pravilo*, ki ima fiziološko "podporo":  $J_{ij} = \sum_k v_i^k v_j^k$ . Pravi, da se vez  $J_{ij}$  krepi, če sta nevrona  $i$  in  $j$  oba aktivna ali oba neaktivna; če pa je eden aktiven, drugi pa ne, vez  $i$  in  $j$  slabi.

3. Pri *učenju s poskusom in napako* se uporabljajo najpogosteje naslednja učna pravila, ki vsebujejo

"nagrado"  $r$  kot posledico uspešne akcije sistema:

$$\Delta J_{ij} = \eta r (y_i - p_i) x_j ;$$

$\Delta J_{ij} = \eta [r (y_i - p_i) + \lambda (1 - \eta)(1 - y_i - p_i)]x_j$  (prvi člen spreminja vezi sorazmerno z "nagrado"  $r$ , drugi člen pa sorazmerno s "kaznijo"  $1 - r$ );

$\Delta J_{ij} = \eta (r - \bar{r})(y_i - p_i) x_j$ , pri čemer je  $\bar{r}(t) = \gamma r(t-1) + (1 - \gamma) \bar{r}(t-1)$  ( $\bar{r}$  podaja pričakovano prihodnjo nagrado na osnovi preteklih izkušenj) in  $0 < \gamma \leq 1$ .

Kot ponavadi,  $x$  ustreza vhodu,  $y$  izhodu,  $J$  vezem.  $r$  je t. i. "reinforcement signal" ali "payoff" ("nagrada") z vrednostmi med 0 in 1 (če so dopuščene negativne vrednosti, gre za "kaznovanje").  $p$  je adaptivni parameter verjetnostne porazdelitve. Velja še  $0 < \lambda \leq 1$ . Zadnjemu pravilu sorodno je

$$\Delta J_{ij} = \eta (r - \bar{r})(y - \bar{y}), \text{ kjer je pričakovani izhod } \bar{y}(t) = \gamma y(t-1) + (1 - \gamma) \bar{y}(t-1).$$

Učni postopek se lahko opisuje in regulira globalno ali lokalno (to velja za naravne in umetne mreže). Pri *lokalnem* opisu omenjene značilne matematične strukture (razlike, korelacijske funkcije ipd.) nastopajo v dinamski enačbi za sinaptične vezi oziroma uteži. Pri *globalnem* opisu pa omenjene matematične strukture nastopajo v t. i. "cost function" ("cenovni funkciji"), ki se mora minimizirati (v tem primeru gre za variacijski problem).

Pri nenadzorovanem učenju *Hopfieldovega* tipa ima vlogo "funkcije cene" energijska funkcija – npr.  $E = \sum_{ij} J_{ij} x_i x_j$ , ki meri stopnjo medsebojnega odstopanja od ravnovesja med elementi mreže. Pri nadzorovanem učenju pa to vlogo igra funkcija najmanjše vsote kvadratov napak  $E = \langle \sum_i (v_i - x_i)^2 \rangle$  ( $i$  teče po nevronih).

Postopek učenja (spreminjanja vezi  $J_{ij}$ ) je na tej globalni ravni voden z gradientnim spuščanjem proti minimumu  $E$ :  $\Delta J_{ij} = -\eta \frac{\partial E}{\partial J_{ij}}$ .

Pri učenju s poskusom in napako se mora maksimirati velikost skupne "nagrade" oziroma t. i. "reinforcement signala"  $r$ .

Navedimo, kateri možganski učni procesi so primerljivi s posameznimi načini umetnega učenja (brez učenja s poskusom in napako, za katerega smo že navedli Pavlove reflekse in regulatorne mehanizme v možganskem deblu):

1. *Nadzorovano učenje* ustreza *senzoričnemu sprožanju in nadzoru motoričnih akcij*. Zaznavanje se najbolje modelira z *mnogonivojskimi perceptroni* ali/in *Kohonenovimi topološko korektnimi preslikavami*, uporabljajoč funkcije zaznavnega odziva, kot so npr. funkcija "mehiški klobuk", Gaussova funkcija

$$\exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \text{ ali funkcije radialne baze (RBF - "radial basis functions") z napako oziroma razliko } (\bar{v} - \bar{x}$$

ipd.) v argumentu. Zaradi komputacijske zahtevnosti se navadno uporablja ali en ali drugi model, ne pa kombinacija omenjenih modelov in funkcij lokalnega nevronskega odziva (kakor se najverjetneje dogaja v možganih).

2. *Nenadzorovano učenje* ustreza asociativnim procesom predvsem v terciarnih predelih možganske skorje. Pri tem se najpogosteje uporablja Hebbovo učno pravilo ali katera izmed njegovih mnogih posplošitev, in sicer navadno v simetrični asociativni umetni mreži (brez plasti). Seveda se tudi takšna mreža diferencira, vendar samoorganizirano. Hierarhična struktura skupaj s povezavami torej ni podana od začetka (ni "prirojene fiziološke hierarhije"), temveč se izoblikuje kot posledica učenja. Pojavi se "virtualna hierarhija" – kot v družbi, kjer so ob rojstvu ljudje sicer enaki, vendar dobijo eni vodilnejšo vlogo (kardinalni ali "zmagovalni" nevroni) kot predstavniki organizacij (nevronskih vzorcev-atraktorjev), ki nato vplivajo tudi "od zgoraj navzdol". Tedaj le-ti delujejo kot filtri za specifične informacije. K nenadzorovanemu učenju spadajo *Hopfielov* in *Hakenov model*, *analiza glavnih komponent* ("principal component analysis"), *Kohonenova samoorganizacija* in princip *maksimalne ohranitve informacije* [3]. Modeli, kjer so vsi nevroni povezani z vsemi, preživijo, če večino vezi odstranimo in je potemtakem stopnja povezanosti precej manjša (kar velja za možganske nevronske mreže). Raziskave kažejo, da tudi močno razredčene asociativne mreže namreč navadno ohranijo svoje atraktorske strukture.

Možgani so splet hierarhičnih in asociativnih mrež. Hierarhična (plastovita) mreža ustreza "navpičnemu" preseku skozi možgansko skorjo, asociativna (simetrična) mreža pa "vodoravnemu" preseku (znotraj posamezne plasti skorje). Seveda se omenjeni vzorec spleta hierarhičnih in asociativnih mrež nekako fraktalno ponavlja na raznih velikostnih skalah in se vključuje v mnoge sestavljene naloge.

Vsekakor so za modeliranje zaznave v primarnih in sekundarnih predelih možganske skorje primerne hierarhične umetne mreže, pri čemer so enosmerne ("feed-forward") mreže manj realistične kot tiste s povratnimi zankami ("feed-back"). Za grobo modeliranje so mnogonivojski perceptroni brez povezav med nevroni znotraj iste plasti sicer sprejemljivi, vsekakor pa so biološko bolj ustrezne tiste hierarhične mreže, ki vsebujejo tudi povezave med nevroni znotraj iste plasti.

Kljub temu so mnogonivojske enosmerne ("feed-forward") umetne mreže (npr. *Linskerjeva* [3] ali

Fukushimin *neokognitron* priljubljeni modeli percepcije, saj so komputacijsko preglednejše kot tiste s povratno zanko ("feed-backom"), kot je na primer *Hakenova sinergetska* mreža, ki je trionivojska (vhodni nevroni, kardinalni nevroni ali parametri urejenosti v vlogi "skritih enot", izhodni nevroni v vlogi nosilcev vzorca).

Značilno za vse umetne mreže na modeliranje zaznavanja je, da imajo eno ali več "skritih" (vmesnih) plasti, ki ekstrahirajo specifične informacije – se npr. selektivno odzivajo samo na določene orientacije, valovne dolžine in druge specifične vzorce v "vidnem polju". Takšni nevroni v "skritih" plasteh delujejo kot kardinalni ali "zmagovalni" nevroni, ki posamič (enkrat eden, drugič drugi) prevzamejo dominantno vlogo pri samoorganizaciji mreže.

Tudi pri perceptivnih hierarhičnih umetnih mrežah (npr. *Linskerjevi*) se uporabljajo različice Hebbovega pravila, kar dokazuje, da se pogosto prepletajo elementi nenadzorovanega učenja in "nadzorovanega" učenja (slednje v smislu "notranjega samonadzorovanja": del mreže (vhodni ali senzorni del) narekuje zaželeno stanje drugemu delu mreže (izhodnemu ali motoričnemu delu)).

Nelinearnemu zaznavanju, ki že vsebuje selekcijo in filtriranje informacij, kratkoročno pomnjenje in razpoznavanje vzorcev ter kategorizacijo, sledijo relativno bolj linearni asociativni procesi (eni vzorci sprožajo druge) in zlivanje v višje (bolj splošne) kategorije, ki so zakodirane kot atraktorji višjega reda. Asociativni, generalizacijski in integrativni procesi (npr. multi-modalna vezava: združevanje vidnih, slušnih ipd. zaznav) se dogajajo v relativno simetričnih terciarnih plasteh možganske skorje kot nadgradnja razpoznavanja vzorcev v relativno hierarhiziranih perceptualnih mrežah primarnih in sekundarnih predelov skorje. Za te asociativne procese so primerni modeli, kot so *Hopfieldov*, *Hakenov* in modeli *spinskih stekel* ali modeli *povprečnega polja* ter *statistični* modeli (npr. različice t. i. Boltzmannovega stroja in Monte Carlo procedur). T. i. *Boltzmannov stroj* je izpeljan iz statistične termodinamike. Tista različica, kjer sta uporabljeni dve fazi (preklaplajoča ob nižanju "temperature" in prosto-tekoča), se zdi umetna. Druga varianta, kjer šum ("temperatura") izvrže sistem iz lokalnega

minimuma z verjetnostjo  $p = \exp\left(-\frac{c}{kT}\right)$ , da ostane v novem stanju (kar je dobro, če je to globalni minimum, sicer ni), je bolj naravna – razen pri odločanju, katero novo stanje je dovolj dobro.

Pravkar omenjeni modeli uporabljajo praviloma različice Hebbovega korelacijskega pravila in ne delta-pravila. Globoko znotraj skorje seveda vrste nadzorovanega učenja nimajo nobene vloge, temveč velike populacije nevronov in celih vzorcev-atraktorjev tekmujejo ter iščejo optimalni konsenz.

Ker je razpravljanje o višjih kognitivnih procesih bolj špekulativne narave, hkrati pa se v mrežah izoblikujejo celo posebna pravila (lingvistična, logična), ki preidejo izven konekcionistične umetne inteligence (nevrolingvistični procesi se sicer modelirajo tudi z mnogonivojskimi perceptroni, npr. NET-talk), se vrnimo k opisu računalniško podprtih modelov z omejeno domeno procesiranja. Za konec poudarimo dve glavni razliki med umetnim in naravnim učenjem. Prva je, da skoraj vsi umetni modeli zaradi zahtevnosti ignorirajo notranjo strukturo nevronov in sinaps (dendritske, sub-celularne in kvantne mreže, membranske procese), ki je pri biološkem učenju precej pomembna. Druga razlika je v neobravnani nevronov kot oscilatorjev, ki se lahko fazno sklopijo, če kodirajo informacije z določeno podobnostjo. Koherentne oscilacije nevronov imajo pomembno bioinformacijsko vlogo kot vezalci posameznih zaznav v sestavljene zaznave in kategorije. Fazne razlike kodirajo elemente spomina in stopnje asociativne zveze.

## 22.3. Umetni učni algoritmi, ki verjetno imajo še največ zvez z naravnim učenjem

Najbolj posplošena oblika Hebbovega pravila je  $\Delta J_{ij}(t) = a F(y_i(t)) G(x_j(t)) - \beta J_{ij}(t) F(y_i(t))$ , kjer je  $x$  presinaptični signal in  $y$  postsinaptični signal. Poseben uporaben primer je

$$\Delta J_{ij}(t) = \eta y_i(t) x_j(t) - \beta J_{ij}(t) y_i(t), \text{ kjer je drugi člen pozabljalni in ni nujen.}$$

Kombinacija Hebbovega in delta pravila je  $\mathbf{J}(t+1) = \mathbf{J}(t) + \eta (\bar{x} - \mathbf{J}(t) \bar{x}) \bar{x}^T$  ( $\mathbf{J}$  je matrika vezi);

druga pa je kovarianca  $\Delta J_{ij}(t) = \eta \langle (y_i(t) - \bar{y}_i)(x_j(t) - \bar{x}_j) \rangle$ . Obstajajo še razne različice teh pravil Hebbovega in delta ali mešanega tipa, denimo

$$\Delta \bar{J}(t) = \eta (v(t) - y(t)) \bar{x} \quad (\text{kjer } v \text{ predstavlja zaželeni izhod, } y \text{ pa dejanski izhod), in}$$

$$\Delta J_{ij}(t) = \eta y_i(t) [x_j(t) - \sum_{k=0}^i J_{kj}(t) y_k(t)]$$

Gornja učna pravila so poenostavljeni primeri dejanskega lokalnega, časovno-odvisnega, presinaptično-postsinaptičnega konjunkcijskega oziroma korelacijskega spreminjanja sinaptičnih prepustnosti v hipokampusu in drugod [1(str. 53)]. Umetni algoritmi, ki uporabljajo sinhrono iterativno dinamično, so manj naravni kot tisti z asinhrono dinamično, saj možgani nimajo "notranje ure", ki bi dajala takt.

Cilj *učenja s poskusom in napako* je predvideti vsoto vseh prihodnjih nagrad  $P(t) = EV(y^0 r(t) + y^1 r(t+1) + y^2 r(t+2) + \dots) = EV(r(t) + \gamma P(t+1))$  ( $EV$  pomeni pričakovano vrednost), pri čemer naj bi bila vsota  $P(t)$

maksimalna. Pri *metodi časovne razlike*  $TD(\lambda)$  se vezi spreminjajo sorazmerno z razliko med napovedmi  $P(t+1) - P(t)$  ob dveh časovno sosednjih trenutkih  $t+1$  in  $t$ :

$$J(t+1) = J(t) + \eta (P(t+1) - P(t)) \sum_{T=1}^t \lambda^{t-T} \frac{\partial P(T)}{\partial J(T)}.$$

$P(t)$  je napovedan izhod, dobljen kot odziv na vhod  $\vec{x}$ .  $\lambda$  je pozabljalni faktor z vrednostmi med 0 in 1. V [8] so objavili odkritje, da dopaminergični nevroni v VTA (*ventral tegmental area*) in v substanci nigri kodirajo napake ( $P(t+1) - P(t)$ ) v predikciji za nagrado, v ujemanju s TD-algoritmom.

Na koncu moramo še poudariti, da je *Kohonenov* model topološko korektnega preslikavanja receptornih polj (v čutilih) v senzorne mape (v možganski skorji) biološko ustrezen model prve faze zaznavanja. Upošteva lateralno inhibicijo med sosednimi receptivnimi nevroni  $\vec{r}$ , torej tekmovanje nevronov za reprezentančno vlogo za specifične zunanje vzorce. Poleg *delta-pravila*  $\Delta \vec{J}_{\vec{r}} = \eta h_{\vec{r}\vec{R}} (\vec{x} - \vec{J}_{\vec{r}})$  z odzivno

funkcijo  $h_{\vec{r}\vec{R}} = \exp\left(-\frac{(\vec{r} - \vec{R})^2}{2\sigma^2}\right)$  vsebuje izbor "zmagovalnega" nevrona na lokaciji  $\vec{R}$  ( $\vec{r}$  obide vse

nevrone). Številni eksperimentalni in simulacijski rezultati dokazujejo, da so dražljajnim kategorijam specifične mape v možganih pogoste in da se najdejo dražljajem specifični kardinalni ("zmagovalni") nevroni.

## 22.4. Poti razvoja oziroma uporabe, ki utegnejo teorijo umetnih nevronske mreže bolj približati možganom

Pričakovati je, da bo razvoj bolj možganom podobnih umetnih nevronske mreže pospešeno uporabljaj naslednje načine procesiranja:

### 1. Časovne sekvence

Pri časovnih sekvencah se nevronske atraktor oz. njegovo dno (minimum) v konfiguracijskem prostoru seli od enega vzorca, ki izgubi stabilnost, k drugemu. Sredstvi za reguliranje prehoda stabilnih vzorcev v nestabilne ter obratno sta:  *uvedba asimetričnih sinaps in/ali uvedba časovnih zakasnitev*. (Podrobnosti glej v Dodatku C.)

### 2. Modularne mreže

Imamo dva izvora modularnosti:

1. Povežemo mreže istega tipa (module) v mrežo mreže.
2. Enovita prvotna mreža razpade z notranjim zlomom simetrije v podmreže (module), tako da je znotraj podmreže stopnja interaktivnosti velika (vsak nevron z vsakim), med podmrežami pa poteka prek kardinalnih (zmagovalnih) nevronov, ki zastopajo vso podmrežo. Izvor razpada mreže na module je najprej izoblikovanje sobivajočih *ortogonalnih* vzorcev oz. linearno neodvisnih stanj. Vsak ortogonalni vzorec dobi ("izbere") svoj kardinalni nevron, ki nato organizira diferencirano izoblikovanje lastne lokalizirane in fizično razločljive podmreže – modula. Modularizacija mreže je lahko posledica prehoda od nelokalnega k lokalnemu procesiranju, kjer lokalne centre regulira kardinalni nevron ali domena. To obravnava naslednja točka.

### 3. Izmenjava nelokalnega (paralelno-distribuiranega) in lokalnega procesiranja

Za te namene so najbolj koristni:

1. Kohonenov model z "Mexican-hat" (ali Gaussovo) aktivacijsko funkcijo okoli kardinalnega nevrona ("winner takes all")
2. Mreže z RBF-funkcijami
3. Zlom simetrije mreže v smislu statistične fizike

### 4. Uporaba matematičnih modelov nevronske mreže pri študiju in izvajanju procesiranja na nanoskopski ravni

Kaže, da možgani vsebujejo "nevronske" mreže (takšne s sorodno kolektivno dinamiko, opisljivo s podobno matematiko, ki omogoča obdelavo informacij) na raznih velikostnih skalah ter imajo nekakšno fraktalno strukturo. Kandidati za biofizikalne kompleksne sisteme oz. mreže, ki jih je moč matematično modelirati oz. simulirati kot z umetnimi nevronske mreže so:

1. sinapto-dendritske mreže
2. mikrotubularne in druge proteinske mreže
3. spinska stekla oz. mreže spinov (Isingov model)
4. kvantne oz. kvantno-optične mreže

5. subkvantne "mreže" – "kvantni vakuum" (Bohmov implikatni red)

6. kvantna nevroholografija

Kvantne mreže imajo informacijsko-procesne zmožnosti nevronske mreže ter še nekaj dodatnih specifičnosti. Navajam specifične dodatne sposobnosti, v oklepaju pa komputacijske prednosti:

- zlivanje delcev v koherentna stanja oz. Bose-Einsteinove kondenzate (intergracija informacijskih vzorcev v enotne vzorce višjega reda – v enotno zavestno sliko),
- kvantne superpozicije (bolj subtilno vzporedno procesiranje, večja hitrost),
- miniaturnost, fleksibilnost, celovitost ("kvantni vakuum" je ozadje, ki je onstran prostora-časa in je skupno vsemu vesolju).

Razvoj kvantnih računalnikov se je že začel, pomen nevro–kvantnih hibridnih računalnikov pa se bo kmalu izkazal, saj je nevronska mreža pripravna za nadzor in upravljanje kvantnega procesiranja oziroma kodiranja in dekodiranja informacij [9].

#### ČTIVO K DODATKU G:

1) S. Haykin: Neural Networks (A comprehensive foundation). MacMillan College Publ. Co., New York, 1994.

2) J. McClelland, D. Rumelhart, PDP group: Parallel-Distributed Processing. MIT Press, Cambridge (MA), 1986.

3) R. Linsker: Self-Organization in a Perceptual Network. Computer (March 1988) 105–117.

4) Machine Learning, vol. 8 (1992).

5) I. Aleksander: The Human Machine (A view of intelligent mechanisms). Georgi Publ. Co., St. Sphorin, 1978.

6) K. Pribram (ured.): Rethinking Neural Networks (Quantum fields and biological data). Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, 1993.

7) M.F. Bear: Proc. Natl Acad. Sci. USA 9 (1996) 13453–13459.

8) W. Schultz in sodel.: Science 275 (1997) 1593–1598.

9) M. Peruš: Informatica 20 (1996) 173–183.

Pomožne knjige: Wasserman, Beale & Jackson, Peretto, Amit, Domany in sodel., Dobnikar, Ritter in sodel., Hecht-Nielsen, Haken, Kohonen, Palmer in sodel., Anderson & Rosenfeld (ured.), Arbib (ured.), Zupan, Geszti, Peruš idr.

## 23. DODATEK H: ZNANSTVENE RAZISKAVE TRANSCENDENTALNE MEDITACIJE

Številne znanstvene raziskave Maharishijeve TRANSCENDENTALNE MEDITACIJE (več kot 500 objavljenih študij na 160 znanstvenih ustanovah po vsem svetu: [1–11] ) zanesljivo dokazujejo mnoge zelo ugodne fiziološke in psihološke posledice, ki MOČNO KREPIJO TELESNO IN DUŠEVNO ZDRAVJE na vseh ravneh. Posebno značilni so tudi povečanje ustvarjalnosti in inteligence, duhovno-telesna integracija in zaviranje biološkega staranja, deloma celo biološko pomlajevanje. Višjim stanjem zavesti torej zvesto sledijo zelo ugodne psihofiziološke, biokemijske in hormonalne spremembe. Tako kot sproščena glasba lahko deluje edinole ugodno, tudi neintencionalna meditacija omogoča telesu, ne le duhu, optimalno koordinirano delovanje. O tem je na voljo obsežna medicinska literatura ( [2,4] v spisku na koncu tega dodatka).

Hkrati mnoge od teh fizioloških in statističnih študij namigujejo, da pride tudi do SKLOPITVE S (SUB)KVANTNIM "VAKUUMOM", torej s FUNDAMENTALNIMI FIZIKALNIMI PROCESI, ki so NELOKALNI (presejajo omejitve prostora in časa). To po mnenju avtorjev posebno močno potrjuje 44 obsežnih statističnih raziskav globalnih družbenih posledic Maharishijeve transcendentalne meditacije (TM) ali še bolj naprednega programa TM-Sidhi [5]. Peščica meditantov (približno odstotek ali pri TM-Sidhi koren enega odstotka ciljne populacije: to je sto meditantov na milijon nemeditantov) namreč po teh študijah ZNATNO ZMANJŠA STOPNJO KRIMINALA, NESREČ, NASILNOSTI in t. i. ŽIVČNOSTI ter ZNATNO POVEČA SPLOŠNO KAKOVOST ŽIVLJENJA V SVOJI OKOLICI, ne da bi okolica zanje sploh vedela.

Transcendentalna meditacija ima izjemno ugodne učinke na meditanta samega in zelo verjetno tudi na druge ljudi. Ker sam nisem delal teh raziskav, zanje žal ne morem jamčiti, vendar dopuščam možnost njihove vsaj delne upravičenosti. Pravzaprav za nas ni toliko pomembno, ali gre za učinke neke določene vrste (skupinske) meditacije, temveč je pomembnejši izčrpen prispevek k potrjevanju hipotez o globalnih učinkih zavesti. Zanesljivo je vsaj, da ima umirjen in sproščen človek ugoden vpliv nase in na okolje.

Poglejmo rezultate omenjenih raziskav družbenih sprememb. Če je presežen domnevni prag koherence (če meditira omenjeni odstotek ali koren odstotka izbrane populacije), so v obdobju skupinskega meditiranja izmerjeni tile učinki na tej populaciji:

- zmanjšanje kriminala vseh vrst;
- zmanjšanje nasilnega vedenja vseh vrst, vključno s samomori in jakosti bojev v vojnih območjih;
- zmanjšanje števila nesreč raznih vrst;
- padanje t. i. indeksa revščine in nezaposlenosti, padanje števila sodnih procesov in ločitev (v daljšem obdobju);
- zmanjšanje porabe cigaret in alkohola;
- zmanjšanje stopnje obolevanja za nalezljivimi boleznimi;
- rast indeksa splošne kakovosti življenja;

in še mnoge druge pozitivne posledice [1–11].

Omenjeni padci oziroma rasti znesejo navadno nekaj odstotkov do nekaj deset odstotkov razlike v primerjavi z običajnimi trendi. Avtorji raziskav dokazujejo, da takšna odstopanja niso posledica drugih vzrokov (vremena, političnih sprememb idr.), vsaj ne v tolikšni meri. Ob eni od raziskav vpliva TM v Libanonu so neodvisni opazovalci, ki niso vedeli o skupinski meditaciji, izmerili približno 70% padec števila mrtvih in ranjenih v vojni v času meditacije. Verjetnost, da bi se tak padec zgodil slučajno, je manj kot milijoninka odstotka [8].

Raziskave, ki so bojda neposredno preverljive in ponovljive ter jih delajo že 30 let, potekajo navadno tako: Znanstveniki, ki spremljajo meditante, zberejo statistične podatke v ustreznih neodvisnih državnih uradih. Nato postavijo napovedi, ki temeljijo na (morda površni) posplošitvi teorije laserjev, ki so primer proizvajalcev kvantno-optičnih koherentnih stanj. Po obdobju meditacije pa na statistikah istih uradov ugotavljajo znaten padec negativnih in povečanje pozitivnih družbenih gibanj, kar je v glavnem v skladu z napovedmi.

Kakšen bi bil "mehanizem" globalnega delovanja neintencionalne zavesti? Transcendentalni meditant naj bi PRED NELOKALNEGA (SUB)KVANTNEGA POLJA UMIRJAJOČE DELOVALI NA ŽIVČNE SISTEME MNOŽICE ODDALJENIH LJUDI, torej brez neposrednega stika (eksperimentalni dokaz intersubjektivne koherence EEG: [11] ). Pojav razlagajo s pojavom MNOGONIVOJSKE KVANTNE KOHERENCE, ki zmanjšuje fluktuacije (nenadzorovana odstopanja od ravnovesja, šum, t. i. "nervozo") v možganih in širše.

Če je vzpostavitev takšne koherence mnogonivojska, lahko globalni proces umirjanja deluje na zvezi možgani – (sub)kvantno polje – drugi možgani. (Sub)kvantni "vakuum" pa je osnova vsega stvarstva, zato umirjanje oziroma usklajevanje poteka globalno brez meja. Kaže se tudi v popolni koordinaciji ter sinhronizaciji telesa in duha.

## ČTIVO K DODATKU H:

- 1) The Maharishi Effect (results of scientific research 1974–1990), Maharishi Int. Univ. Press, Fairfield, 1991 (rezultati 38 od 430 študij, opravljenih na 160 univerzah in neodvisnih institutih v 27 državah v 20 letih).
- 2) H. H. Bloomfield, M. P. Cain, D. T. Jaffe: Transcendentalna meditacija; Prosvjeta, Zagreb, 1990.
- 3) R. A. Chalmers idr. (ured.): Scientific Research on Maharishi's Transcendental Meditation and TH-Sidhi Program: Collected Papers; 6 knjig, ok. 4500 strani (zbirka prek 500 znanstvenih člankov o psihofizioloških in psihosocioloških posledicah transcendentalne meditacije – vključno ponatise iz Science, Sci. Amer., Am. J. Physiol., Lancet, Int. J. Neurosci. idr.).
- 4) R. K. Wallace: The Neurophysiology of Enlightenment; Maharishi Int. Univ. Press, Fairfield, 1991.
- 5) D. Orme-Johnson: Beneficial Social Effects of the Applied Aspect of Maharishi's Vedic Science: Results of 44 Studies on Quality of Life and International Conflicts; preprint, Tucson II Conf., 1996.
- 6) Modern Science and Vedic Science (strokovni časopis).
- 7) P. D. Assimakis, M. C. Dillbeck: Time Series Analysis of Improved Quality of life...; Psychol. Reports 76 (1995) 1171–1193.
- 8) D. Orme-Johnson, C. Alexander, J. Davies, H. Chandler, W. Larimore: International Peace Project in the Middle East; J. Conflict Resol. 32 (1988) 776–812.
- 9) M. C. Dillbeck: Test of a Field Theory of Consciousness and Social Change:...; Social Indicators Research 22 (1990) 399–418.
- 10) G. Hatchard, A. Deans, K. Cavanaugh, D. Orme-Johnson: The Maharishi Effect: ... Phase Transition To Reduced Crime in Merseyside Metropolitan Area; v: C. R. Hollin idr. (Eds.): Psychology Crime & Law, 165–175.
- 11) D. Orme-Johnson, M. Dillbeck, R. K. Wallace, G. Landrith: Intersubject EEG Coherence: Is Consciousness a Field? Int. J. Neurosci. 16 (1982) 203–209.
- 12) F. Travis & D. W. Orme-Johnson: EEG coherence and power during yogic flying; Int. J. Neuroscience 54 (1990) 1–12 (povz. v lit. 3)

Povzetke večine objav znanstvenih raziskav transcendentalne meditacije najdete na spletnih straneh

**[http://www.tm.org/research/508\\_studies.html](http://www.tm.org/research/508_studies.html)**

oziroma na

**[http://www.mum.edu/a\\_TM\\_Research/TM\\_Biblio/Biblio.html](http://www.mum.edu/a_TM_Research/TM_Biblio/Biblio.html)**

**<http://www.mum.edu/CHAS>**

**<http://www.mum.edu/MSVS>**



## 24. DODATEK I: SLOVAR STROKOVNIH POJMOV

**AKCIJSKI POTENCIAL:** elektrokemijska napetostna razlika, ki se prenaša vzdolž živčnega vlakna in predstavlja živčni signal.

**ABSTRAHIRANJE:** izluščenje najpomembnejšega, najznačilnejšega.

**ENTROPIJA:** grobo povedano je entropija merilo za nered v sistemu. V naravi se entropija načeloma pri vsakem procesu večja, v bioloških sistemih pa se z izmenjavo informacije, materije in energije lahko lokalno manjša (**NEGENTROPIJA**).

**ENVELOPA:** matematična funkcija – ovojnica, ki pokriva močno nagubano funkcijo (npr. povezuje vrhove neke oscilirajoče funkcije), tako kot denimo širok prst pokriva množico predmetov, ki so naloženi drug poleg drugega na mizi. Envelopa je lahko prisposoba za okvir, znotraj katerega se dogajajo številni procesi in ki vsebuje številne stvari, vendar je obenem tudi odvisen od te vsebine, saj je napet na njo.

**FAZNI PREHOD:** prehod iz enega načina vedenja sistema v drug način (fazo). Vretje vode je na primer fazni prehod.

**INVARIANTNOST** (na neko dejstvo): nespremenljivost ob nekem dejstvu; navadno stalnost ene količine ob spremembi druge.

**IZOTROPNOST:** v vseh smereh enake fizikalne lastnosti.

**KOLAPS VALOVNE FUNKCIJE** ali **REDUKCIJA VALOVNEGA PAKETA:** kvantni sistem preide iz stanja, ki ga opisuje superpozicija lastnih valovnih funkcij (kvantnih "vzorcev") v eno izmed lastnih valovnih funkcij. "Iz mešanice se izlušči eno čisto lastno stanje."

**LAMINAREN:** miren tok (tekočine) brez vrtincev in brzic.

**LATENTNO:** prikrito, pritajeno, skrito, brez vidnih znamenj.

**MOTORIKA:** gibanje.

**POLJE:** prostor delovanja sile. Na vsako točko tega prostora deluje sila, katere jakost in smer navadno opišemo s pripadajočim vektorjem (usmerjeno daljico). Izvor sile je lahko zunanji ali notranji.

**POTENCIAL:** možnost, skrita sila. Pri kompleksnih sistemih (nevronskih mrežah) vplivanje drugih elementov (nevronov) na določen element (nevron) tako, da ga silijo v njim ustrezno ravnovesno stanje. Pravzaprav nevroni drug drugega silijo v medsebojno usklajeno in uravnoteženo stanje. Deli sistema, ki so v stanju medsebojnega neravnovesja oziroma so si nehomogeni, občutijo potencial, ki ga povzročajo drug drugemu. Potencialna razlika se imenuje napetost. Potencialu ustreza potencialna energija.

**REKURZIJA:** samonanašanje (npr. misli o lastnih mislih, zavest o zavesti), samoponavlanje. V računalništvu: ko program med izvajanjem znova pokliče samega sebe.

**SEKVENČNO:** po vrstnem redu, zaporedno.

**SUPERPOZICIJA:** nekakšna mešanica, seštevek. Sorodno: **LINEARNA KOMBINACIJA**;  $Q$  v formuli (5) v razdelku 4.4.2. je linearna kombinacija lastnih stanj – vzorcev  $V_k$ .

**TRANSCENDENCA:** tukaj je ta beseda uporabljena predvsem v smislu **PRESEGANJA** določenih stanj zavesti oziroma prehoda iz intencionalne v neintencionalno zavest. Izraz je torej uporabljen v sodobnem multidisciplinarnem smislu, ne kot pri Kantu. Pri Kantu transcendentalna zavest pomeni pogoj možnosti zavesti. **TRANSCENDENTNO** pa (pri Kantu) pomeni onstran (določenega) stanja zavesti in ustreznega miselnega modela; gre torej za stvari same na sebi (Dinge an sich), za onkraj zavesti, Boga...

Izraz **TRANSCENDENTALNA MEDITATIVNA** oziroma **MISTIČNA STANJA** ali **DOŽIVETJA** uporabljam za označevanje neintencionalnih stanj zavesti z vseobsegajočo implicitno (!) "informacijsko vsebino" onkraj zavedanja konkretnih predmetov ali misli. Izraz transcendentalna meditacija (TM) v smislu Maharishijevega sistema uporabljam samo v Dodatku H.

## 25. DODATEK J: LITERATURA

Literatura je navedena v dveh delih: v prvem delu je pomožno čtivo naravoslovne vsebine ali iz informatike, v drugem delu pa je glavno čtivo iz humanističnih ved in kognitivnih znanosti.

### 25.1. J.1. LITERATURA IZ NARAVOSLOVJA IN INFORMATIKE

- 1) S. V. B. Aiyer, M. Niranjan, F. Fallside: A theoretical investigation into the performance of the Hopfield model; *IEEE Transactions on Neural Networks* 1 (1990) 204.
- 2) D. Z. Albert: Bohm's Alternative to Quantum Mechanics; *Scientific American* (maj 1994) 34.
- 3) B. Alberts idr.: *Molecular Biology of the Cell*; Garland, New York, 1983.
- 4) I. Aleksander: *The Human Machine (A view of intelligent mechanisms)*; Georgi Publ. Co., St. Sphorin, 1978.
- 5) I. Aleksander (Ed.): *Neural Computing Architectures (The Design of Brain-like Machines)*; North Oxford Academic, 1989.
- 6) S. Amari, K. Maginu: *Statistical Neurodynamics of Associative Memory*; *Neural Networks* 1 (1988) 63–73.
- 7) D. Amit: *Modeling Brain Functions (The world of attractor neural nets)*; Cambridge University Press, 1989.
- 8) R. L. Amoroso: *Extracellular Containment of Natural Intelligence*; *Informatika* 19 (1995) 585–590.
- 9) R. Amoroso, E. Martin: *Modeling the Heisenberg Matrix: Quantum Coherence and Thought at the Holographic Manifold and Deeper Complementarity*; In: K. Pribram (Ed.): *Scale in Conscious Experience: Is the Brain too Important to Be Left to Biologists to Study?* Lawrence Erlbaum A., 1995.
- 10) J. A. Anderson, E. Rosenfeld (Eds.): *Neurocomputing – Foundations of Research*; MIT Press, Cambridge (Mass.), London, 1988.
- 11) Y. V. Andreyev, A. S. Dmitriev, L. O. Chua, C. W. Wu: *Associative and random access memory using 1D maps*; *Int. J. Bifurcation & Chaos* 2 (1992) 483–504.
- 12) Y. V. Andreyev, Y. L. Belsky, A. S. Dmitriev, D. A. Kuminov: *Information processing using dynamical chaos: neural network implementation*; *IEEE Transactions on Neural Networks* 7 (1996) 290–299.
- 13) J. Androsiuk, L. Kulak, K. Sienicki: *Neural network solution of the Schrödinger equation for 2D harmonic oscillator*; *Chem. Phys.* 173 (1993) 377.
- 14) M. A. Arbib: *Brains, Machines and Mathematics*; Springer, Berlin etc., 1987.
- 15) M. A. Arbib (Ed.): *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*; MIT Press, Cambridge (MA), 1995.
- 16) W. R. Ashby: *Design for a Brain*; Chapman and Hall, London, 1978.
- 17) B. Baird: *Bifurcation and category learning in network models of oscillating cortex*; *Physica D* 42 (1990) 365–384.
- 18) P. Baldi, K. Hornik: *Neural Networks and Principal Component Analysis: Learning from Examples Without Local Minima*; *Neural Networks* 2 (1989) 53.
- 19) W. Banzhaf, H. Haken: *An energy function for specialization*; *Physica D* 42 (1990) 257–264.
- 20) R. Beale, T. Jackson: *Neural Computing (An Introduction)*; Adam Hilger, Bristol etc., 1990.
- 21) M. F. Bear: *How do memories leave their mark?* *Nature* 385 (1997) 481–482.
- 22) R. H. Berg, S. Hvilsted, P. S. Ramanujam: *Peptide oligomers for holographic data storage*; *Nature Lett.* 383 (1996) 505–508.
- 23) S. Y. Berkovich: *On the Information Processing Capabilities of the Brain: Shifting the Paradigm*; *Nanobiology* 2 (1993) 99.
- 24) R. M. Berne, M. N. Levy: *Physiology*; Mosby YB, St. Louis, 1993.
- 25) R. A. Bertlmann: *Bell's theorem and the nature of reality*; *Foundations of Physics* 20 (1990) 1191–1208.
- 26) J. D. Bjorken, S. D. Drell: *Relativistic Quantum Fields*; 6. pogl.: *Propagator Theory*; McGraw-Hill, New York, 1965.
- 27) G. Blomkestijn: *A theory on the relation between quantum mechanical reduction process and consciousness*; Tucson II, 1996 (preprint)
- 28) D. Bohm: *Quantum Theory*; Constable & Co., London, 1954.
- 29) D. Bohm: *Wholeness and Implicate Order*; Routledge & Paul Kegan, London, 1980.
- 30) D. Bohm, B. Hiley: *The Undivided Universe (An ontological interpretation of quantum theory)*; Routledge, London, 1993.
- 31) D. Bohm: *Thought as a System*; D. Bohm Seminars, Ojai (CA), 1992.
- 32) D. Bohm: *The Implicate Order and Prigogine's Notions of Irreversibility*; *Foundations of Physics* 17 (1987) 667.
- 33) D. Bohm: *Imagined worlds: visions of theoretical physics...*; *Nature* 314 (1985) 689.
- 34) D. Bohm, B. J. Hiley: *Nonlocality in Quantum Theory Understood in Terms of Einstein's Nonlinear Field Approach*; *Foundations of Physics* 11 (1981) 529.
- 35) D. Bolle, R. Cools, P. Dupont, J. Huyghebaert: *Mean-field theory for the Q-state Potts-glass neural network with biased patterns*; *J. Physics A* 26 (1993) 549–562.
- 36) H. Bourlard, Y. Kamp: *Auto-Association by Multilayer Perceptrons and Singular Value Decomposition*; *Biol. Cybern.* 59 (1988) 291.
- 37) B. H. Branden, D. Evans, J. V. Major: *The Fundamental Particles*, Van Nostrand Reinhold Co., London, 1973.
- 38) D. Bray: *Protein molecules as computational elements in living cells*. *Nature* 376 (1995) 307–312.
- 39) Y. Burnod: *An Adaptive Neural Network: the Cerebral Cortex*; Prentice Hall, London, 1990.
- 40) T. M. Caelli: *The Prediction of Interaction Between Visual Forms by Products of Lie Operators*; *Mathem. Biosci.* 30 (1976) 191.
- 41) E. R. Caianiello (Ed.): *Physics of Cognitive Processes*; World Scientific, Singapore etc., 1987.
- 42) F. Capra: *The Tao of Physics (An Exploration of the Parallels Between Modern Physics and Eastern Mysticism)*, Fontana/Collins, 1982.
- 43) G. F. Chew: *The Bootstrap idea and the foundations of quantum theory / v: T. Bastin (Ed.): Quantum Theory and Beyond*; Cambridge Univ. Press, 1971.
- 44) J. W. Clark: *Statistical Mechanics of Neural Networks*; *Physics Reports* 158 (1988) 91–157.
- 45) J. W. Clark, J. Rafelski, J. W. Winston: *Brain Without Mind: Computer Simulation of Neural Networks With Modifiable Neuronal Interactions*; *Physics Reports* 123 (1985) 215–273.
- 46) J. G. Daugman: *Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency, and orientation optimized by 2-D visual cortical filters*; *J. Optical Soc. Amer. A* 2 (1985) 1160.
- 47) J. G. Daugman: *Complete Discrete 2-D Gabor Transforms by Neural Networks for Image Analysis and Compression*; *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing* 36 (1988) 1169.
- 48) P. C. W. Davies, J. R. Brown (Eds.): *The Ghost in the Atom*; Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
- 49) D. DeMers, G. Cottrell: *Non-Linear Dimensionality Reduction* (preprint).
- 50) J. S. Denker: *Neural network models of learning and adaptation*; *Physica D* 22 (1986) 216.
- 51) D. Deutsch: *Quantum computation*; *Phys. World* (June 1992) 57–61.
- 52) D. Deutsch: *Quantum mechanics near closed timelike lines*; *Phys. Rev. D* 44 (1991) 3197–3217.
- 53) D. Deutsch, A. Barenco, A. Ekert: *Universality in quantum computation* (preprint).
- 54) B. S. DeWitt, H. Graham (Eds.): *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*; Princeton Univ. Press, Princeton, 1973.
- 55) C. Dewdney, P. R. Holland, A. Kyrianiadis, J. P. Vigi: *Spin and nonlocality in quantum mechanics*; *Nature* 336 (1988) 536–544.
- 56) A. Dobnikar: *Nevronske mreže (teorija in aplikacije)*; Didakta, Radovljica, 1990.
- 57) E. Domany, J. L. van Hemmen, K. Schulten (Eds.): *Models of Neural Networks*; Springer, Berlin etc.
- 58) A. M. Fedorec, P. Marcer (Eds.): *Living computers*; Greenwich Univ. Press, Dartford, 1996.
- 59) R. P. Feynman: *Simulating physics with computers*; *Int. J. Theor. Physics* 21 (1982) 467–488.
- 60) J. C. Fort: *Solving a Combinatorial Problem via Self-Organizing Process: An Application of the Kohonen Algorithm to the Traveling Salesman Problem*; *Biol. Cybern.* 59 (1988) 33–40.
- 61) H. Frauenfelder, E. M. Henley: *Teilchen und Kerne (Subatomare Physik)*, Oldenbourg, 1979.
- 62) F. A. M. Frescura, B. J. Hiley: *The Algebraization of Quantum Mechanics and the Implicate Order*; *Foundations of Physics* 10 (1980) 705.

- 63) F. A. M. Frescura, B. J. Hiley: The Implicate Order, Algebras and the Spinor; *Foundations of Physics* 10 (1980) 7–31.
- 64) F. A. M. Frescura, B. J. Hiley: Algebras, quantum theory and pre-space; *Brasil J. Physics* (?).
- 65) D. Gardner (Ed.): *The Neurobiology of Neural Networks*; MIT Press, Cambridge (MA), 1993.
- 66) H. Georgi: A Unified Theory of Elementary Particles and Forces; *Scientific American* (april 1981) 40.
- 67) W. Gerok (Hsg.): *Ordnung und Chaos*; Wissenschaft. Verlagsges., Stuttgart, 1990.
- 68) T. Geszti: *Physical Models of Neural Networks*; World Scientific, Singapore, 1990.
- 69) A. Gierer: Spatial Organization and Genetic Information in Brain Development; *Biol. Cybern.* 59 (1988) 13–21.
- 70) M. B. Gordon, P. Peretto, M. Rodrigues-Girones: Learning in feedforward neural network by improving the performance; *Physica A*, 185 (1992) 402.
- 71) A. Goswami: Consciousness in Quantum Physics and the Mind-Body Problem; *J. Mind and Behavior* 11 (1990) 75.
- 72) L. I. Gould: Connection between nonlocal equations of motion and their balance laws; *Hadronic J.* 9 (1986) 91–94.
- 73) L. I. Gould: Nonlocal conserved quantities, balance laws and equations of motion; *Int. J. Theor. Phys.* 28 (1989) 335–364.
- 74) L. I. Gould: Nonlocal generalized angular-momentum balance laws and equations of motion; *Int. J. Engng Sci.* 30 (1992) 1417–1432.
- 75) L. I. Gould: Toward a more causal interpretation of quantum mechanics: The ontological interpretation of David Bohm; *Arkhimedes* 2 (1993) 144–157.
- 76) L. I. Gould: Balance laws associated with nonlocal equations of motion for theories containing one dependent variable; *Int. J. Engng Sci.* 28 (1990) 459–468.
- 77) L. I. Gould, B. J. Hiley: Response to Mayants' Note on Bohm's Interpretation of Quantum Mechanics; *Physics Essays* 6 (1993) 129–132.
- 78) I. Grabec: Uporaba izsledkov o delovanju živčevja pri simuliranju nevronske mreže; *Raziskovalec* 3 (1992) 49.
- 79) I. Grabec: Self-Organization of Neurons Described by Maximum-Entropy Principle; *Biol. Cybern.* 63 (1990) 403.
- 80) I. Grabec, W. Sachse: Application of an intelligent signal processing system...; *J. Acoust. Soc. Am.* 85 (1989) 1226.
- 81) M. B. Green: Unification of forces and particles in superstring theory; *Nature* 314 (1985) 409.
- 82) H. Gutfreund: From Statistical Mechanics to Neural Networks and Back; *Physica A*, 163 (1990) 373.
- 83) J. S. Hagelin: Is consciousness a unified field? A field theorist's perspective; *Modern Sci. & Vedic Sci.* 1 (1987) 29–87.
- 84) J. S. Hagelin: Ali je zavest enotno polje fizike? Življenje in tehnika, junij 1990, str. 26 (priř. A. Rus) / A. Rus: Na poti k enotni sliki sveta; Življenje in tehnika, maj 1990, str. 21.
- 85) H. Haken: *Synergetic Computers and Cognition (A Top-Down Approach to Neural Nets)*; Springer, Berlin etc., 1991.
- 86) H. Haken, M. Stadler (Eds.): *Synergetics of Cognition*; Springer, Berlin etc., 1989.
- 87) H. Haken: *Synergetics, An Introduction*; Springer, Berlin etc., 1983.
- 88) H. Haken: *Advanced Synergetics (Instability Hierarchies of Self-Organizing Systems and Devices)*; Springer, Berlin etc., 1987.
- 89) H. Haken (Ed.): *Neural and Synergetic Computers*; Springer, Berlin etc., 1988.
- 90) H. Haken: *Principles of Brain Functioning*; Springer, Berlin, 1996.
- 91) J. B. S. Haldane: *Life and Mind as Physical Realities*; *Penguin Sci. Survey B* (1963) 224.
- 92) S. R. Hameroff: Quantum coherence in microtubules: a neural basis for emergent consciousness?; *Journal of Consciousness Studies* 1 (1994) 91–118.
- 93) S. R. Hameroff, R. Penrose: Conscious events as orchestrated spacetime selections; *Journal of Consciousness Studies* 3 (1996) 36–53.
- 94) S. R. Hameroff, R. Penrose: Orchestrated reduction of quantum coherence in brain microtubules: A model for consciousness; In: J. King, K. Pribram (Eds.): *Scale in Conscious Experience: Is the Brain Too Important To Be Left to Specialists to Study?* Lawrence Erlbaum Assoc., Mahwah (NJ), 1995 (pp. 243–275).
- 95) Y. Hayashi: Numerical bifurcation analysis of an oscillatory neural network with synchronous / asynchronous connections; *Neural Computation* 6 (1994) 658–667.
- 96) S. Haykin: *Neural Networks (A comprehensive foundation)*. MacMillan College Publ. Co., New York, 1994.
- 97) R. Hecht-Nielsen: *Neurocomputing*; Addison-Wesley, Reading etc., 1990.
- 98) A. V. M. Herz, C. M. Marcus: Distributed dynamics in neural networks; *Physical Rev. E* 47 (1993) 2155–2161.
- 99) B. J. Hiley, F. D. Peat (Eds.): *Quantum Implications (Essays in Honour of David Bohm)*; Routledge, London, NY, 1987.
- 100) B. J. Hiley: Towards an Algebraic Description of Reality; *Annales de la Fondation Louis de Broglie* 5 (1980) 75.
- 101) B. J. Hiley, N. Monk: Quantum Phase Space and the Discrete Weyl Algebra; *Modern Physics Lett. A* 8 (1993) 3625.
- 102) B. J. Hiley: Vacuum or holomovement; v: S. Saunders, H. Brown (Eds.): *The Philosophy of the Vacuum*; Oxford Univ. Press, 1991.
- 103) G. E. Hinton, J. A. Anderson (Eds.): *Parallel Models of Associative Memory*; Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale (NJ), London, 1989.
- 104) M. W. Ho: The biology of free will. *J. Consciousness Studies* 3 (1996) 231–244.
- 105) G. L. Hofacker, B. Borštnik, M. Schoeninger: Evolutionary Adaptation to a Real and an Artificial World; 229–253 / v: E. Clementi, S. Chin (Eds.): *Biological and Artificial Intelligence Systems*; ESCOM, Leiden, 1988.
- 106) W. C. Hoffman: The Lie Algebra of Visual Perception; *J. Math. Psychol.* 3 (1966) 65.
- 107) W. C. Hoffman: The neuron as a Lie group germ and a Lie product; *Quarterly J. Applied Math.* 25 (1968) 423.
- 108) J. J. Hopfield: Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities; *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 79 (1982) 2554.
- 109) J. J. Hopfield: Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons; *Proc. Nat. Acad. Science. USA* 81 (1984) 3088.
- 110) E. M. Insinna: Synchronicity and Coherent Excitations in Microtubules; *Nanobiology* 1 (1992) 191–208.
- 111) A. J. Ippa: *Physical Phenomena Modeling as Self-Teaching Process* (preprint).
- 112) I. Jerman: On some methodological problems concerning the holistic conception of life; *Acta Analytica* 7 (1991) 55.
- 113) I. Jerman: Osnove spoznavanja v luči nove biologije; *ČKZ* 176 (1995) 141.
- 114) I. Jerman, A. Štern: Gen v valovih (Porajanje nove biologije); *Znanst. in publ. središče, Ljubljana*, 1996.
- 115) M. Jibu, K. Yasue: *Quantum Brain Dynamics and Consciousness*; John Benjamins, Amsterdam / Philadelphia, 1995.
- 116) M. Jibu, K. Yasue: Quantum field theory of evanescent photons in brain as quantum theory of consciousness; *Informatica* 21 (1997) 471–490.
- 117) M. Jibu, K. H. Pribram, K. Yasue: From conscious experience to memory storage and retrieval: The role of quantum brain dynamics and boson condensation of evanescent photons; *Int. J. Modern Physics* 10 (1996) 1735–1754.
- 118) A. J. Jones: Genetic Algorithms and Their Applications to the Design of Neural Networks; *Neural Comp. & Applic.* 1 (1993) 32.
- 119) B. D. Josephson, F. Pallikari-Viras: Biological Utilization of Quantum Nonlocality; *Foundations of Physics* 21 (1991) 197.
- 120) S. C. Kak: On quantum neural computing; *Information Sci.* 83 (1995) 143–160.
- 121) S. C. Kak: Quantum neural computing; *Advances in Imaging and Electron Physics* 94 (1995) 259–313.
- 122) S. C. Kak: Does quantum information have relevance in neuroscience? In: *Proc. Intl Conf. on Info. Sci., North Carolina, 1997* (pp. 141–144).
- 123) S. C. Kak: The three languages of the brain: quantum, reorganizational, and associative. In: K. H. Pribram, J. King (Eds.): *Learning as Self-Organization*; Lawrence Erlbaum A., Mahwah (NJ), 1996.
- 124) S. C. Kak: Can We Build a Quantum Neural Computer?; *Tech. report ECE/LSE 92–13; 94–42/1994*.
- 125) S. C. Kak: Can we define levels of AI? *J. Intellig. Sys.* 6 (1996) 133–144.
- 126) S. C. Kak: Speed of computation and simulation; *Foundat. Physics* 26 (1996) 1375–1386.
- 127) S. C. Kak: On self-indexing of neural memories; *Physics Lett.* 143 (1990) 293–296.
- 128) V. V. Kapelko, A. D. Linkevich: Chaos and associative generation of information by networks of neuronal oscillators; *Physical Rev. E* 54 (1996) 2802–2806.
- 129) I. Kanter: Potts-glass models of neural networks; *Physical Rev. A* 37 (1988) 2739–2742.
- 130) H. P. Killackey: Neocortical Expansion: An Attempt toward Relating Phylogeny and Ontogeny; *J. Cognitive Neuroscience* 2 (1990) 1.
- 131) W. Kinzel: *Physics of Neural Networks*; *Europhysics News* 21/6 (1990) 108.
- 132) C. Koch: Computation and the single neuron; *Nature* 385 (1997) 207–210.
- 133) T. Kohonen: Adaptive, Associative, and Self-Organizing Functions in Neural Computing; *Applied Optics* 26 (1987) 23.
- 134) T. Kohonen: Self-organized formation of topologically correct feature maps; *Biol. Cybern.* 43 (1982) 59.

- 135) T. Kohonen: An Introduction to Neural Computing; Neural Networks 1 (1988) 3.
- 136) T. Kohonen: Self-Organization and Associative Memory; Springer, Berlin etc., 1984.
- 137) T. Kohonen: Self-Organizing Maps; Springer, Berlin, 1995.
- 138) I. Kononenko: On Bayesian Neural Networks; Informatica 18 (1994) 183–195.
- 139) S. M. Kosslyn, R. A. Andersen: Frontiers in Cognitive Neuroscience; MIT Press, Cambridge (MA), 1992.
- 140) R. Kuehn, B. Boes: Statistical mechanics for neural networks with continuous-time dynamics; J. Physics A 26 (1993) 831–858.
- 141) L. D. Landau, E. M. Lifšic, (V. B. Berestecki, L. P. Pitajevski): Lehrbuch der Theoretischen Physik, Band III: Quantenmechanik; BandIV: Relativistische Quantenmechanik; Akademie-Verlag, Berlin, 1967, 1970.
- 142) P. Lestienne: Four ideas of David Bohm on the relationship between quantum mechanics and relativity / v: J. Leite-Lopes, M. Paty (Eds.): Quantum Mechanics, a Half Century Later; D. Reidel, Dordrecht, 1977.
- 143) R. Linsker: Self-Organization in a Perceptual Network; Computer (March 1988) 105–117.
- 144) Y. Liu, H. Shouval: Localized Principal Components of Natural Images – an Analytic Solution; Network: Computat. in Neural Syst.
- 145) S. Lloyd: Universal quantum simulators; Science 273 (1996) 1073–1078.
- 146) S. Lloyd: Universal quantum computers; Scien. American (Oct. 1995) 44–50.
- 147) M. Lockwood: Mind, Brain and the Quantum; Blackwell, Oxford, 1989
- 148) Yu-g. Ma, Y. Zhang, Yu-q. Ma, C. Gong: Phys. Rev. E 47 (1993) 3985.
- 149) R. J. MacGregor: Neural and Brain Modeling; Academic Press, San Diego etc., 1987.
- 150) B. MacLennan: Gabor Representations of Spatiotemporal Visual Images; Tech. report CS-91–144, 1991.
- 151) B. MacLennan: Field Computation: A Theoretical Framework for Massively Parallel Analog Computation (Parts I-IV); Tech. report CS-90–100, 1990.
- 152) B. MacLennan: Field Computation in the Brain; Report Appalach. Conf. on Neurodyn., 1992.
- 153) B. MacLennan: Information Processing in the Dendritic Net; Report 2nd Ann. Behav. & Comp. Neuroscience Workshop, Washington 1992.
- 154) C. L. T. Mannion, J. G. Taylor: Information Processing by Oscillating Neurons / v: J. G. Taylor, C. L. T. Mannion (Eds.): Coupled Oscillating Neurons; Springer, London etc., 1992.
- 155) P. Marcer: Getting quantum theory off the rocks: Nature as we consciously perceive it, is quantum reality; Proceed. 14th Int. Congress on Cybernetics, Namur, 1995 (pp. 435–440).
- 156) P. Marcer: A quantum-mechanical model of evolution and consciousness; Proceed. 14th Int. Congress on Cybernetics, Namur, 1995 (pp. 429–434).
- 157) P. Marcer: A proposal for a mathematical specification for evolution and the psi field; World Futures: J. General Evol. 44 (1995) 149–159.
- 158) P. Marcer, W. Schempp: A model of neuron working by quantum holography; Informatica 21 (1997) 517–532.
- 159) P. Marcer, W. Schempp: The brain as a conscious system; to be publ. in J. General Systems (1997).
- 160) M. Marin-Padilla: The Pyramidal Cell and Its Local-Circuit Interneurons: A Hypothetical Unit of Mammalian Cerebral Cortex; J. Cognitive Neurosci. 2 (1980) 180.
- 161) J. L. McClelland, D. E. Rumelhart, PDP research group: Parallel distributed processing – Explorations in the Microstructure of Cognition: Vol. 1: Foundations / Vol. 2: Psychological and Biological Models; Bradford book, MIT Press, London, 1986.
- 162) T. Menneer: Quantum-inspired two-layer neural networks; Tech. rep., Univ. of Exeter (Comp. Sci Dept.), 1996 (& Tucson II Conf.)
- 163) A. Messiah: Quantum Mechanics I., II.; North-Holland, Amsterdam, 1965.
- 164) M. Mezard, G. Parisi, M. A. Virasoro: Spin Glass Theory and Beyond; World Scientific, Singapore, 1987.
- 165) M. E. Nelson, J. M. Bower: Brain maps and parallel computers; Trends in Neurosci. 13 (1990) 403.
- 166) H. Nishimori, T. Ozeki: Retrieval dynamics of associative memory of the Hopfield net; J. Physics A 26 (1993) 859–871.
- 167) H. Nishimori, Y. Nonomura: Quantum effects in neural networks; J. Physical Soc. Japan 65 (1996) 3780–3796.
- 168) R. Nobili: Schrödinger wave holography and brain cortex; Physical Rev. A 32 (1985) 3618–3626.
- 169) M. Ohya: On compound state and mutual information in quantum information theory; IEEE Transac. Inform. Theor. 29 (1983) 770–774.
- 170) M. Ohya: Some aspects of quantum information theory and their applications to irreversible processes; Reports Math. Physics 27 (1989) 19–46.
- 171) M. Ohya: J. Math. Anal. & Appl. 100 (1984) 222–235.
- 172) R. G. Palmer, J. Hertz, A. Krogh: Introduction to the Theory of Neural Computation; Addison-Wesley, Redwood City etc., 1991.
- 173) M. Pavšič: The Embedding Model of Induced Gravity with Bosonic Sources; Foundations of Physics 24 (1994) 1495–1518.
- 174) M. Pavšič: On the Interpretation of the Relativistic Quantum Mechanics with Invariant Evolution Parameter; Foundations of Physics 21 (1991) 1005–1019.
- 175) M. Pavšič: Towards Understanding Quantum Mechanics, General Relativity and the Tachionic Causality Paradoxes; Lett. Nuovo Cimento 30 (1981) 111–115.
- 176) R. Penrose: The Emperor's New Mind (Concerning Computers, Minds, and Laws of Physics); Oxford Univ. Press, London, 1989.
- 177) R. Penrose: Shadows of the Mind (A Search for the Missing Science of Consciousness); Oxford Univ. Press, Oxford, 1994.
- 178) P. Peretto: An Introduction to the Modeling of Neural Networks; Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1992.
- 179) M. Peruš: Uporaba asociativnih nevronske mreže; Programer 21 (1994a) 40 / 2. del: Programer 22 (1994a) 32.
- 180) M. Peruš (ured.): a) Intervju z dr. Basilom J. Hileyem o Bohm-Hileyevi ontološki interpretaciji kvantne fizike in zvezah z duševnimi procesi; ČKZ 174 (1995f) 33–49 / b) An interview with Dr. Basil J. Hiley: On quantum mechanics and the implicate order; Dynamical Psychology (1997k) <http://goertzel.org/dynapsyc>
- 181) M. Peruš: Nevrofizikalne osnove kognitivne znanosti; zbornik neobjavljenih člankov, Ljubljana, 1996a.
- 182) M. Peruš: Convergent Approaches to Synergetic Information Processing in Neural and Quantum Networks; 1996b (v tisku v: Nonlinear Phenomena in Complex Systems).
- 183) M. Peruš: a) Towards a Science of Consciousness II, report; Informatica 20 (1996c) 258–261 / b) New Directions in Cognitive Science, report; Informatica 20 (1996c) 262–263 / c) Consciousness at the Crossroads of Philosophy and Cognitive Science, report; Network 57 (1995) 27–29.
- 184) M. Peruš, B. Borštnik: Computer simulation of biological evolution of hard-wired neural nets; Internat. Conf. "Toward a Science of Consciousness" (Tucson II) + Consciousness Research Abstracts, 1996h (str 103).
- 185) M. Peruš: Multi-Level Synergetic Computation in Brain (1. del: uvod v atraktorske nevronske mreže; 2. del: zaznavanje; 3. del: o nevro-quantnih osnovah zavesti); 1997a (v tisku v: Nonlinear Phenomena in Complex Systems).
- 186) M. Peruš: Common Mathematical Foundations of Neural and Quantum Informatics; Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik 78 (1998a) S1, 23-26.
- 187) M. Peruš: A quantum information-processing algorithm based on neural nets; v: P. P. Wang idr. (Eds.): Proceedings Joint Conf. on Information Sciences '98, AIM, RTP (USA), 1998f; vol. 2: Proceed. 3rd Int. Conf. on Computat. Intellig. & Neurosci., str. 197-200
- 188) M. Peruš: From neural to quantum associative networks: A new quantum "algorithm"; American Institute of Physics Conf. Proceedings (D. Dubois (ed.); CASYS'99, Liege, B), 2000, v tisku.
- 189) M. Peruš, S.K. Dey: Quantum systems can realize content-addressable associative memory; Applied Mathematics Letters (2000) v tisku.
- 190) Z. Pirtošek: Elektrofiziološki korelati intencionalnosti in pozornosti; Zbornik 2. foruma o kogn. znanostih; SZF, Ljubljana, 1996 (v tisku).
- 191) I. Pitowsky: Bohm's Quantum Potentials and Quantum Gravity; Foundations of Physics 21 (1991) 343.
- 192) M. Plumley: Information Theory and Neural Networks; skripta istoimenskega tečaja na King's College London, 1994.
- 193) J. Polkinghorne: The Quantum World; Princeton Univ. Press, Princeton (NJ), 1984.
- 194) K. H. Pribram (Ed.): Rethinking Neural Networks (Quantum Fields and Biological Data); Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, 1993.
- 195) I. Prigogine: Why irreversibility? The formulation of classical and quantum mechanics for non-integrable systems; Int. J. Quant. Chem. 53 (1995) 105–118.
- 196) S. Protič: Molekularna i funkcionalna interakcija neurona i glije; Dječje novine, G. Milanovac, 1990.
- 197) N. J. Radcliffe: Genetic Set Recombination and Its Application to Neural Networks Topology Optimisation; Neural Comp. & Applic. 1 (1993) 67.
- 198) M. C. Raff, B. A. Barres, J. F. Burne, H. S. Coles, Y. Ishizaki, M. D. Jacobson: Programmed Cell Death and the Control of Cell Survival: Lessons from the Nervous System; Science 262 (1993) 695–700.
- 199) P. Rakić, W. Singer (Eds.): Neurobiology of Neocortex. John Wiley & Sons, Chichester etc., 1988.
- 200) D. Raković: Osnovi biofizike; Grosknjiga, Beograd, 1995.
- 201) M. M. Rakočević: Geni, molekuli, jezik; Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- 202) H. Ritter, T. Martinez, K. Schulten: Neural Computation and Self-Organizing Maps; Addison-Wesley, 1992.

- 203) J. G. Roederer: *The Physics and Psychophysics of Music*; Springer, New York, 1995 (posebno Appendix II).
- 204) R. Rosen: *Life itself (Nature, Origin and Fabrication of Life)*; Columbia Univ. Press, New York, 1991.
- 205) M. Rosina: *Višja kvantna mehanika*; DFMA, Ljubljana, 1995.
- 206) G. G. Ross: A "theory of everything?"; *Contemporary Physics* 34, (1993) 79.
- 207) D. E. Rumelhart, G. E. Hinton, R. J. Williams: Learning representations by back-propagating errors; *Nature* 323 (1986) 533.
- 208) A. Samsonovich, A. Scott, S. Hameroff: Acousto-conformational Transitions in Cytoskeletal Microtubules: Implications for Intra-cellular Information Processing; *Nanobiology* 1 (1992) 457–468.
- 209) T. D. Sanger: Optimal Unsupervised Learning in a Single-Layer Linear Feedforward Neural Network; *Neural Networks* 2 (1989) 459.
- 210) M. V. Satarić, R. B. Žakula, J. A. Tuszyński: A Model of the Energy Transfer Mechanism in Microtubules Involving a Single Soliton; *Nanobiology* 1 (1992) 445–456.
- 211) A. B. Scheibel, A. F. Wechsler (Eds.): *Neurobiology of Higher Cognitive Functions*; Guilford Press, London, New York, 1990.
- 212) W. Schempp: Bohr's Indeterminacy Principle in Quantum Holography, Self-adaptive Neural Network Architectures, Cortical Self-Organization, Molecular Computers, Magnetic Resonance Imaging and Solitonic Nanotechnology; *Nanobiology* 2 (1993) 109.
- 213) W. Schempp: Analog VLSI network models, cortical linking neural network models, and quantum holographic neural technology / v. J. S. Byrnes idr. (Eds.): *Wavelets and Their Applications*; Kluwer, Amsterdam, 1994 (213–260).
- 214) W. Schempp: Phase Coherent Wavelets, Fourier Transform Resonance Imaging, and Synchronized Time-Domain Neural Networks; *Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics* 3 (1995) 323–351.
- 215) W. Schempp: Quantum holography and magnetic resonance tomography: an ensemble quantum computing approach to human brain mapping; *Informatica* 21 (1997) 541–562.
- 216) R. F. Schmidt, G. Thews: *Human Physiology*; Springer, Berlin etc., 1983.
- 217) M. Schmiede: *Das Lebensfeld*; INES, Lauterstein, 1997.
- 218) W. Schultz, P. Dayan, P. Read Montague: A neural substrate for prediction and reward. *Science* 275 (1997) 1593–1598.
- 219) A. Scott: On quantum theories of the mind; *J. Consciousness Studies* 3 (1996) 484–491.
- 220) J. Shawe-Taylor, D. A. Cohen: The Linear Programming Algorithm for Neural Networks; *Neural Networks* 3 (1990) 575.
- 221) J. Shawe-Taylor: Mean Field Annealing as a Barrier Function Optimization and Alternative Solution Strategies; Tech. Report CSD-TR-92-36 / 1992.
- 222) M. P. Silverman: More than one mystery: Quantum interference with correlated charged particles in magnetic fields; *Amer. J. Physics* 61 (1993) 514–523.
- 223) H. Sompolinsky: *Statistical Mechanics of Neural Networks*; *Physics Today* (dec. 1988) 70.
- 224) H. Sompolinsky, M. Tsodyks: Segmentation by a Network of Oscillators with Stored Memories; *Neural Computation* 6 (1994) 642–657.
- 225) E. J. Squires: How long does it take to make a (quantum) measurement?; *Physics Lett. A* 148 (1990) 381.
- 226) E. J. Squires: History and Many-Worlds Quantum Theory; *Foundations of Physics Lett.* 5 (1992) 279.
- 227) E. J. Squires: A local hidden-variable theory that, FAPP, agrees with quantum theory; *Physics Lett. A* 178 (1993b) 22.
- 228) E. J. Squires: Beyond Complementarity; DTP-93/21, april 1993c.
- 229) E. J. Squires: To be or to decohere?; DTP-93/3, april 1993d.
- 230) E. J. Squires: Quantum theory and the relation between the conscious mind and the physical world; *Synthese* 97 (1993a) 109.
- 231) H. P. Stapp: S-Matrix Interpretation of Quantum Theory; *Physical Rev. D* 3 (1971) 1303.
- 232) H. P. Stapp: EPR and Bell's Theorem: A Critical Review; *Foundations of Physics* 21 (1991a) 1.
- 233) H. P. Stapp: Einstein Time and Process Time /v. D. R. Griffin (Ed.): *Physics and the Ultimate Significance of Time*; State Univ. Press, New York, 1986.
- 234) H. P. Stapp: Quantum Propensities and the Brain-Mind Connection; *Foundations of Physics* 21 (1991b) 1451.
- 235) H. P. Stapp: *Mind, Brain and Quantum Mechanics*; Springer, Berlin, 1993.
- 236) H. P. Stapp: Why classical mechanics cannot naturally accommodate consciousness but quantum mechanics can? *Psyche* 2(5) (1995) Internet.
- 237) A. Stefanovska: *Self-Organization of Biological Systems Influenced by Electric Current*; disertacija FER, Ljubljana, 1992.
- 238) A. Stern: *The Quantum Brain (Theory and Implications)*; North Holland / Elsevier, Amsterdam, 1994.
- 239) J. Strnad: Iz take so snovi kot sanje: od atomov do kvarkov; *Mladinska knjiga*, Ljubljana, 1988.
- 240) J. Strnad: Kaj v fiziki obstaja?; *Anthropos* 1–2 (1993) 324.
- 241) N. V. Swindale: The development of topography in the visual cortex; *Network: Computation in Neural Systems* 7 (1996) 161–247
- 242) G. I. Šipov: *A Theory of Physical Vacuum (predvsem pogl. 2.4 in 2.5)*. Rokopis knjige (v tisku), Moskva, 1995.
- 243) J. Šlecht: On a Quantum-Statistical Theory of Pair Interaction Between Memory Traces in the Brain; *Informatica* 17 (1993) 109–115
- 244) J. Šlecht: On quantum-statistical theory of the brain – brain as a generalized laser / v. J. Rose (Ed.): *Cybernetics and Systems*; Thales, Lytham St. Annes, 1987.
- 245) F. Šoti: *Uvod u kibernetiku*, RURJ, Novi Sad, 1978.
- 246) A. Štern, I. Jerman: Altruizem v luči paradigme sebičnega gena in kvantno mehanske biologije; *Anthropos* 3–4 (1993) 253 (pogl. III, IV).
- 247) M. Štruel: *Fiziologija živečevja*; *Medicinski Razgledi*, Ljubljana, 1989.
- 248) C. Tart: An integral theory of consciousness; *J. Consciousness Studies* 4 (1997) 71–92.
- 249) J. G. Taylor, F. N. Alavi: *Mathematical Analysis of a Competitive Network for Attention* / v. J. G. Taylor (Ed.): *Mathematical Approaches to Neural Networks*, Elsevier, Amsterdam, 1993.
- 250) R. L. Thompson: *Mechanistic and Nonmechanistic Science*; Bhaktivedanta, Los Angeles etc., 1981.
- 251) G. Toulouse: Understanding physicists' brain; *Nature* 327 (1987) 662–662.
- 252) T. R. Tsao, H. J. Shyu, J. M. Libert, V. C. Chen: A Lie Group Approach to a Neural System for 3D Interpretation of Visual Motion; *IEEE Transactions on Neural Networks* 2 (1991) 149.
- 253) J. A. Tuszyński, R. Paul, R. Chatterjee, S. R. Sreenivasan: Relationship between Fröhlich and Davydov models of biological order; *Physical Rev. A* 30 (1984) 2666–2674.
- 254) J. A. Tuszyński, H. Bolterauer, M. V. Satarić: Self-organization in Biological Membranes and the Relationship Between Fröhlich and Davydov Theories; *Nanobiology* 1 (1992) 177–190.
- 255) M. Tušar, J. Zupan, J. Gasteiger: Neural networks modelling in chemistry; *J. Chem. Phys.* 89 (1992) 1517.
- 256) J. D. Valentine: Towards a Physics of Consciousness; *Psychoenergetics* 4 (1982) 257.
- 257) F. J. Varela: *Principles of Biological Autonomy*; North Holland, New York, London, 1979.
- 258) G. Vitiello: Coherence and Electromagnetic Fields in Living Matter; *Nanobiology* 1 (1992) 221–228.
- 259) G. Vitiello: Living matter physics and the quantum brain model; *Physics Essays* 9 (1996) 548–555.
- 260) L. Vodovnik: *Nevrokibernetika*; ZAFER, Ljubljana, 1991.
- 261) H. Vogt, A. Zippelius: Invariant Recognition in Potts glass neural networks; *J. Physics A* 25 (1992) 2209–2226.
- 262) W. von Seelen, G. Shaw, U. M. Leinhos (Eds.): *Organization of Neural Networks (Structures and Models)*; VCH, 1988.
- 263) P. D. Wasserman: *Neural Computing (Theory and Practice)*; Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.
- 264) Weigend, Huberman, Rumelhart: Predicting the Future: A Connectionist Approach; *Intern. J. Neural Syst.* 1 (1990) 193.
- 265) F. A. Wolf: *Mind and the New Physics*; Heinemann, London, 1985.
- 266) K. Y. M. Wong, D. Sherrington: Neural Networks optimally trained with noisy data; *Phys. Rev. E* 47 (1993) 4465–4482.
- 267) J. Wood, J. Shawe-Taylor: Linear Transformation Invariance in Feedforward Neural Networks; 1993 (dva preprinta).
- 268) M. J. Wright: Training and testing of neural net window operators on spatiotemporal image sequences (preprint).
- 269) M. Wynne-Jones: Node splitting: A Constructive Algorithm for Feed-Forward Neural Networks; *Neural Comp. & Applic.* 1 (1993) 17.
- 270) A. Zippelius: Statistical mechanics of neural networks; *Physica A* 194 (1993) 471–481.
- 271) S. F. Zornetzer, J. L. Davis, C. Lau (Eds.): *An Introduction to Neural and Electronic Networks*; Academic Press, San Diego, 1990.
- 272) G. Zukav: *The Dancing Wu-Li Masters (An Overview of the New Physics)*; Bantham

- Books, Toronto etc., 1980.
- 273) J. Zupan: *Neural Networks for Chemists*; VCH, Weinheim, 1993.
- 274) Yu-q. Ma, Yue-m. Zhang, Yu-g. Ma, C. -de Gong: Statistical mechanics of a Hopfield neural-network model in a transverse field; *Phys. Rev. E* 47 (1993) 3985–3987.
- 275) *Advances in Synergetics* 5 (1995), 7 (1996).
- 276) *Artificial Neural Networks, Proceed. Intern. Workshop IWANN 91*: P. A. Ligomenides: Cooperative Computing And Neural Networks; V. Tryba, K. Goser: A Modified Algorithm for Self-Organizing Maps based on Schrödinger Equation; C. Campbell: Dynamic Thresholds and Attractor Neural Nets; F. J. Vico, F. Sandoval: Use of Genetic Algorithms in Neural Network Definition; idr.
- 277) *Machine Learning*, vol. 8 (1992).
- 278) *Memory: Recording Experience in Cells and Circuits*, symposium – collec. papers; *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93 (1996) 13435–13551.
- 279) *Neural Network World*, vol. 4, no. 3 (1994), ((241–392)); issue devoted to Fröhlich coherent systems.
- 280) *Network (The Scientific and Medical Network Newsletters)*  
in  
Aleksander, Morton (Eds.) / Caianiello (Ed.) / Khanna / Kohonen (Associative Memory) / Mueller, Reinhardt / Pao / Souček / Taylor, Mannion (Eds.) / Hawking (Kratka zgodovina časa) / Weinberg (Prve tri minute) / mnogi klasični učbeniki teoretične oziroma matematične fizike: npr. Morse & Feshbach, Schiff, Loudon, Landau & Lifšic (Statist. Physics), Feynman & Hibbs (Quantum Mechanics and Path Integrals), ter razni Feynmanovi članki te vrste / razni zborniki iz Springerjeve serije o sinergetiki / članki o bootstrap-teoriji / učbeniki splošne, organske in biokemije (npr. Lehninger).

## 25.2. J.2. LITERATURA IZ FILOZOFIJE, PSIHOLOGIJE IN KOGNITIVNE ZNANOSTI

- 1) M. T. Alkire, R. J. Hayer, J. H. Fallon, S. J. Barker: PET imaging of conscious and nonconscious verbal memory; *J. Consciousness Studies* 3 (1996) 448–462.
- 2) D. Angluin: *Computational Learning Theory: Survey and Selected Bibliography*; 24th Annual ACM STOC–5/92/Victoria, 1992.
- 3) A. J. Arberry: *Sufism*; George Allen & Unwin, London, 1950 (al-Junaid, al-Ghazali, Ibn 'Arabi, Jalal al-Din Rumi).
- 4) J. H. Austin: *Zen and the Brain (Toward an Understanding of Meditation and Consciousness)*; MIT Press, Cambridge (MA), 1998.
- 5) Aristotel: *O duši*; Slov. matica, Ljubljana, 1993.
- 6) B. J. Baars: *In the Theater of Consciousness*; Oxford Univ. Press, New York, 1997.
- 7) G. P. Baker, P. M. S. Hacker: *Wittgenstein – Meaning and Understanding*; Essays on the Phil. Invest., vol. 1; Basil Blackwell, Oxford, 1988.
- 8) J. J. Bambeck, A. Wolters: *Moč možganov*; Sledi, Žalec, 1995.
- 9) W. P. Banks: How much work can a quale do? *Consciousness & Cognition* 5 (1996) 368–380.
- 10) I. Barušs: Beliefs about consciousness and reality; *Consciousness Bulletin* (1997) p. 5–6.
- 11) W. Baumgartner, P. Simons: Brentanos Mereologie; *Brentano Studien* 4 (1992/93) 53.
- 12) W. Bechtel: *Philosophy of Science (An Overview for Cognitive Science)*; Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale (NJ), 1988.
- 13) K. Berka, M. Mleziva: *Kaj je logika*; Cankarjeva založba, Ljubljana, 1971.
- 14) S. Blackmore: *Consciousness: science tackles the self*; *New Scientist* (april 1989) 38.
- 15) S. Blackmore: Where am I?: Perspectives in Imagery and the Out-of-Body Experience; *J. Mental Imagery* 11 (1987) 53.
- 16) H. H. Bloomfield, M. P. Cain, D. T. Jaffe: *Transcendentalna meditacija*; Prosvjeta, Zagreb, 1990.
- 17) L. Š. Bohinc: *Psihologija zavesti skozi prostor in čas*, dipl. delo, FF, Ljubljana, 1990.
- 18) L. Š. Bohinc: *Razgovor o razgovoru (kibernetika drugega reda)*, mag. delo, FF, Ljubljana, 1996.
- 19) D. Bojadžiev: *Mehanizem samoreference pri Goedlu*; *Nova revija* 43/ 44 (1985) 1562–1568.
- 20) D. Bojadžiev: *Geodel's Theorems for Minds and Computers*; *Informatica* 19 (1995) 627–634.
- 21) F. Brentano: *Psychology from an Empirical Standpoint*; Routledge & Kegan Paul, London, 1973 (nem. orig. 1874).
- 22) F. Brentano: *Vom Ursprung sittlicher Erkenntnis*. Verlag von Felix Meiner, Leipzig, 1921.
- 23) F. Brentano: *The Truth and the Evident*; Routledge, London, 1966.
- 24) F. Brentano: *Die Psychologie des Aristoteles*; Wissenschaft. Buchgesellschaft; Darmstadt, 1967.
- 25) D. P. Brown: A Model for the Levels of Concentrative Meditation; *Internat. J. of Clinical and Exper. Hypnosis* 25 (1977) 236.
- 26) P. Carrington, H. S. Ephron: *Meditation as an Adjunct to Psychotherapy* / v: S. Arieti, G. Chrzanowski (Eds.): *New Dimension in Psychotherapy: A World View*; Wiley, 1975.
- 27) D. J. Chalmers: The puzzle of conscious experience; *Scientific American* (dec. 1995) 62–68.
- 28) D. J. Chalmers: *The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory*; Oxford Univ. Press, Oxford, 1996 (in ocene ter debate v JCS, na Internetu in v Informatici – A. P. Železnikar).
- 29) R. A. Chalmers, G. Clements, H. Schenkluhn, M. Weinless (Eds.): *Scientific Research on the Transcendental Meditation Program: Collected Papers – vols. 1–5*. MVU & MIU Press.
- 30) N. Chomsky, J. Piaget, (J. Monod), (J. Fodor), (F. Jacob), (A. Danchin), (R. Thom): *Teorije jezika, teorije učenja*; Izd. k. Z. Stojanovića, Sremski Karlovci, 1990 (debata 1975).
- 31) P. S. Churchland, T. J. Sejnowski: *The Computational Brain*; MIT Press, Cambridge (MA), 1992.
- 32) J. H. Clark: *A Map of Mental States*; Routledge & Kegan Paul, London, 1983.
- 33) J. D. Cohen, D. Servan-Schreiber: Context, Cortex, and Dopamine: A Connectionist Approach to Behavior and Biology in Schizophrenia; *Psychol. Rev.* 99 (1992) 45–77.
- 34) E. G. d'Aquili, A. B. Newberg: *Religious and Mystical States: A Neuropsychological Model*; *Zygon* 28 (1993) 177.
- 35) M. Davies, G. W. Humphreys (Eds.): *Consciousness*; Blackwell, Oxford, 1993.
- 36) A. J. Deikman: Deautomatization and the Mystic Experience; *Psychiatry* 29 (1966) 324.
- 37) A. J. Deikman: "I" = awareness. *J. Consciousness Studies* 3 (1996) 350–356.
- 38) D. C. Dennett: *Content and Consciousness*; Routledge & Kegan Paul, London, 1969.
- 39) S. K. Dey: *Mathematical analysis of consciousness in Vedanta philosophy*; *Informatica* 21 (1997) 405–420.
- 40) P. C. Dodwell: The Lie transformation group for visual perception; *Perception & Psychophysics* 34 (1983) 1.
- 41) R. H. Drummond: *Gautama the Buddha*; W.B. Eerdmans, Grand Rapids (MI), 1974.
- 42) M. Eckhart: *Knjiga božanske utjehe*; Naprijed, Zagreb, 1989.
- 43) M. Ebdon: Is the Cerebral Neocortex a Uniform Cognitive Architecture?; *Mind & Language* 8 (1993) 368.
- 44) A. W. Ellis, A. W. Young: *Human Cognitive Neuropsychology*; Lawrence Erlbaum Assoc., Hove, London, 1988.
- 45) G. Farre: Some remarks on information and consciousness; *Informatica* 21 (1997) 533–540.
- 46) O. Flanagan: *Consciousness Reconsidered*; MIT Press, Cambridge (MA), 1992.
- 47) A. Flew: *A Dictionary of Philosophy*; Pan Books, London, 1979.
- 48) J. Fodor: *A Theory of Content*; MIT Press, Cambridge (MA), 1990.
- 49) S. Freud: *Metapsihološki spisi*; Studia Humanitatis, Ljubljana, 1987.
- 50) F. Friškovec: *Osnove logike*; DDU Univerzum, Ljubljana, 1980.
- 51) G. H. Fromm: Neurophysiological Speculations on Zen Enlightenment; *J. Mind & Behavior* 13 (1992) 163.
- 52) M. Gams: *The Emperor's Real Mind* / v: B. Zajc, F. Solina (ured.): *Zbornik 3. elektroteh. in rač. konf. ERK'94* (119–122).
- 53) M. Gams: *Kaj lahko izračunajo stroji?* Zbornik 2. foruma o kog. zn. (1997) v tisku.
- 54) R. J. Gennaro: *Consciousness and Self-consciousness (A Defence of the Higher-Order Thought Theory of Consciousness)*; John Benjamins Publ. Co., Amsterdam / Philadelphia, 1995.
- 55) E. J. Gibson: How to think about perceptual learning / v: H. Pick, P. van den Broek, D. Knill (Eds.): *Cognition*; APA, Washington, 1992 (tam tudi M. Turvey, U. Neisser).
- 56) V. Glavič-Tretnjak: *Prispevek nevropsihologije pri obravnavi nevrološko bolnih otrok* / v: *Zbornik 11. Derčevih pediatr. dnevov*, Ljubljana, 1989 (323–332).
- 57) G. Globus: Towards a Noncomputational Cognitive Neuroscience; *J. Cognitive Neurosci.* 4 (1992) 299.

- 58) M. A. Gluck, D. E. Rumelhart (Eds.): *Neuroscience and Connectionist Theory*; Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale (NJ), 1990.
- 59) C. Green, G. Gillet: Are mental events preceded by their physical causes? *Philos. Psychol.* 8 (1995) 333–340.
- 60) D. W. Hamlyn: *Perception and Sensation*; Routledge, London, 1961.
- 61) I. M. Havel: Scale Dimensions in Nature; CTS–93–03 (March 1993), (1–43).
- 62) I. M. Havel: Artificial Thought and Emergent Mind; CTS–93–04 (Apr. 1993), (1–11).
- 63) G. W. F. Hegel: *The Phenomenology of Mind*; George Allen & Unwin, London, 1971.
- 64) M. Heidegger: *Gesamtausgabe / II. Abteilung: Vorlesungen 1919–1944 / Band 58: Grundprobleme der Phaenomenologie*; Vittorio Klostermann, Frankfurt/Main, 1993.
- 65) H. Hendriks-Jansen: Information and the Dynamics of Phenomenal Consciousness; *Informatica* 21 (1997) 389–404.
- 66) D. Hestenes: A cardinal principle for neuropsychology, with implications for schizophrenia and mania; *Behavioral & Brain Sci.* 14 (1991) 31–32.
- 67) W. D. Hillis: *The Connection Machine*; MIT Press, Cambridge (MA), London, 1985.
- 68) W. C. Hoffman: Higher visual perception; *Mathem. Biosci.* 6 (1970) 437.
- 69) W. C. Hoffman: Subjective Geometry and Subjective Psychology; *Math. Modeling* 1 (1980) 349.
- 70) D. R. Hoffstadter: Gödel, Escher, Bach; Harvester Press, 1979.
- 71) T. Honderich: *Mind and Brain (A Theory of Determinism)*, vol. 1 / pogl. 5: Neuroscience and Quantum Theory; Clarendon Press, Oxford, 1988.
- 72) M. Hribar: *Antična filozofija*; DZS, Ljubljana, 1987.
- 73) T. L. Hubbard: The importance of a consideration of qualia to imagery and cognition; *Consciousness & Cognition* 5 (1996) 327–358.
- 74) P. Hut, R. N. Shepard: Turning "the hard problem" upside down and sideways; *J. Consciousness Studies* 3 (1996) 313–329.
- 75) F. Jerman: Oris analitične filozofije; *Anthropos* 1–2 (1993) 306.
- 76) C. G. Jung: *Psihologija in alkemija*; Naprijed, Zagreb, 1984.
- 77) C. G. Jung: Arhetipi, kolektivno nezavedno, sinhroniciteta; Katedra, Maribor, 1995.
- 78) M. Kafatos, R. Nadeau: *The Conscious Universe*; Springer, New York, 1990.
- 79) I. Kant: *Prolegomena*; Cankarjeva založba, Ljubljana, 1963.
- 80) J. F. Kihlstrom: The continuum of consciousness; *Cognition & Consciousness* 2 (1993) 334.
- 81) D. Y. Kimberg, M. J. Farah: A Unified Account of Cognitive Impairments Following Frontal Lobe Damage: The Role of Working Memory in Complex, Organized Behavior; *J. Exper. Psychol.: Gen.* 122 (1993) 411–428.
- 82) D. Kobal-Palčič: Kognitivna psihologija skozi teorijo samopodobe; *ČKZ* 176 (1995) 89.
- 83) M. Kokot: Sistemska družbena teorija?; *ČKZ* 140/141 (1991) 9.
- 84) J. J. Kupperman: An anti-essential view of the emotions; *Philos. Psychol.* 8 (1995) 341–351.
- 85) B. L. Lancaster: On the stages of perception: Towards a synthesis of cognitive neuroscience and the Buddhist Abhidharma tradition; *J. Consciousness Studies* 4 (1997) 122–142.
- 86) B. Libet: The neural time factor in conscious and unconscious events / v: *Experimental and Theoretical Studies of Consciousness*, John Wiley & Sons, Chichester etc., 1993 (pp. 123).
- 87) A. D. Linkevich: Anticipation, Perception, Language, Mind and Nonlinear Dynamics; *Informatica* 21 (1997) 435–464.
- 88) J. Locke: *Essays Concerning Human Understanding*; Clarendon, Oxford, 1975 (orig. 1694).
- 89) R. Luccio: Gestalt Problems in Cognitive Psychology: Field Theory, Invariance, and Auto-Organisation / v: V. Roberto (Ed.): *Advances in Computational Perception*; Springer, Heidelberg etc., 1993.
- 90) K. Ludwig: Why the difference between quantum and classical physics is irrelevant to the mind/body problem; *Psyche* 2 (1995) Internet J.
- 91) N. Luhmann: Avtopoezis socialnih sistemov; *ČKZ* 140/141 (1991) 21.
- 92) A. R. Lurija: *Osnovi neuropsihologije*; Nolit, Beograd, 1983.
- 93) A. R. Lurija: *Osnovi neurolingvistike*; Nolit, Beograd, 1982.
- 94) W. G. Lycan (Ed.): *Mind and Cognition (A Reader)*; Blackwell, Oxford, Cambridge (MA), 1992.
- 95) P. S. Maheshwarananda: *The Path of Consciousness*; Yoga-Vedanta Soc., Dunaj, 1987.
- 96) A. J. Marcel, E. Bisiach (Eds.): *Consciousness in Contemporary Science*; Clarendon Press, Oxford, 1988.
- 97) O. Markič, G. Tenze (ured.): *Prispevki iz analitične filozofije*; DAF in RS III, Ljubljana, 1994.
- 98) O. Markič: Konekcionizem in zdravorazumska psihologija; *Slov. fil. zvezki* 1 (1992).
- 99) O. Markič: Kognitivizem in konekcionizem – dva pristopa h kognitivni znanosti; *ČKZ* 176 (1995) 101.
- 100) O. Markič: Explanation and connectionism; simpozij "Filozofija in kognitivni izzivi", Ljubljana, junij 1992 (rokopis).
- 101) J. L. McClelland, D. E. Rumelhart, PDP research group: *Parallel distributed processing – Explorations in the Microstructure of Cognition / Vol. 2: Psychological and Biological Models*; MIT Press, Cambridge (MA), 1986.
- 102) M. Merleau-Ponty: *Phenomenology of Perception*, Routledge & Kegan Paul, London, 1992 (franc. orig. 1962).
- 103) M. Milčinski (ured.): *Klasiki daoizma (Dao de jing, Zhuang Zi, Lie Zi)*; Slov. matica, Ljubljana, 1992.
- 104) N. Mišević: *Uvod u filozofiju psihologije*; Graf. zavod Hrvatske, Zagreb, 1990.
- 105) J. Musek: *Psihologija osebnosti*; DDU Univerzum, Ljubljana, 1977.
- 106) J. Musek: *Znanstvena podoba osebnosti*; Educy, Ljubljana, 1993a.
- 107) J. Musek: *Neznanke duha*; Educy, Ljubljana, 1995.
- 108) J. Musek: Prispevek psihologije k razvoju kognitivne znanosti; *ČKZ* 176 (1995) 73.
- 109) J. Musek: Duhovni jaz v psihologiji; *Skaleras* 3 (1993b) 1.
- 110) J. Musek: Psihološka pojmovanja in razlage metaforične simbolike; *Anthropos* 5–6 (1977) 45.
- 111) T. Nagel (Ed.): *Experimental and Theoretical Studies of Consciousness*; John Wiley & Sons, Chichester etc., 1993 / posebej čl. na str. 45: M. Kinsbourne: Integrated cortical field model of consciousness.
- 112) N. Nelkin: *Consciousness and the Origins of Thought*; Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1996.
- 113) A. Newell: *Unified Theories of Cognition*; Harvard Univ. Press, Cambridge (MA), 1987.
- 114) J. Newman: Toward a general theory of the neural correlates of consciousness; *J. Consciousness Studies* 4 (1997) 47–66 (del I), 4 (1997) 100–121 (del II).
- 115) J. Nolt, D. Rohatyn: *Logic (Schaum's Outline Series)*; McGraw-Hill, New York, 1988.
- 116) D. A. Oakley (Ed.): *Brain and Mind*; Methuen, London, New York, 1985.
- 117) M. Omerzel-Terlep: Razglašeno in uglašeno v ljudski glasbi (Kvantna fizika – izziv sodobni etnologiji in etnomuzikologiji) / v: *Zbornik slov. etnol. kongresa*, Ljubljana, 1995.
- 118) G. A. Orban, W. Singer, N. O. Bernsen (Eds.): *Cognitive Neuroscience (Research Directions in Cognitive Science, European Perspectives) / posebej poglavje 4 (str. 73): W. Singer: The Brain as a Coherent Self-organizing System: Perspective in European Neurobiology*.
- 119) D. W. Orme-Johnson, C. T. Haynes: EEG phase coherence, pure consciousness, creativity, and TM-Sidhi experiences; *Neuroscience* 13 (1981) 211.
- 120) D. Pajin, M. Gaspari (ured.): *Mistika istoka i zapada*; Dečje Novine, Gor. Milanovac, 1989.
- 121) W. Pauli, C. G. Jung: *Naturerklärung und Psyche (Einfluss Archetypischer Vorstellungen... / Synchronizität als ein Prinzip akausaler Zusammenhänge*.
- 122) A. Peacocke: *Theology for a Scientific Age*; SCM, London, 1993.
- 123) M. Peruš: Nevronske mreže kot model možganskih procesov; *Anthropos* 5–6 (1993) 146–177.
- 124) M. Peruš: With Neural Models Towards Phenomenology; TEMPUS-conference Phenomenology and Cognitive Science, London (april 1994b).
- 125) M. Peruš: Vse v enem, eno v vsem (Možgani in duševnost v analizi in sintezi); DZS, Ljubljana, 1995a.
- 126) M. Peruš: Synergetic Approach to Cognition-Modeling with Neural Networks / v: K. Sachs-Hombach (Ed.): *Bilder im Geiste*; Rodopi, Amsterdam/Atlanta, 1995b (str. 183–194).
- 127) M. Peruš: Analogies between quantum and neural processing – consequences for cognitive science / v: P. Pykkänen, P. Pykkö (Eds.): *New Directions in Cognitive Science*; Finnish AI Soc., Helsinki, 1995c (str. 115–123).
- 128) M. Peruš: Zasnove holističnih "modelov" zavesti (Bohmove kvantne implikacije, hologrami in nevronske mreže); *ČKZ* 174 (1995d) 11–22.
- 129) M. Peruš: Teorije kompleksnih sistemov kot osnova kognitivne znanosti; *ČKZ* 176 (1995e) 155–172.
- 130) M. Peruš: Neuro-Quantum Parallelism in Mind-Brain and Computers; *Informatica* 20 (1996d) 173–183.
- 131) M. Peruš: Koherentni izomorfizmi; *Anthropos* 1–2 (1996e) 84–89.
- 132) M. Peruš: Hipoteze o fizikalnem ozadju zavesti; *Psihološka obzorja* 4 (1996f) 73–84.
- 133) M. Peruš: System-Processual Backgrounds of Consciousness; *Informatica* 21 (1997c)

- 491-506.
- 134) M. Peruš: Vsenavzočnost zavesti; DZS, Ljubljana, 1997č.
- 135) M. Peruš: System-Theoretical Backgrounds of Meditational and Mystical Experiences; *World Futures: Journal of General Evolution* (1997d) 95-110.
- 136) M. Peruš: Neuro-quantum coherence and consciousness; *Noetic J. 1* (1997e) 108-113.
- 137) M. Peruš: a) Sodobna kognitivna znanost / b) Prispevek naravoslovja h kognitivni znanosti; zbornik 2. foruma o kognitivni znanosti (1997f) v tisku.
- 138) M. Peruš: Neural Networks, Quantum Systems and Consciousness; *Science Tribune* (1997g) <http://www.iway.fr/sc/tribune/articles/peru1.htm>
- 139) M. Peruš: Primerjava nevropsiholoških modelov učenja in umetnih učnih pravil v okviru teorije nevronskih mrež; *Elektroteh. vestnik* 64 (1997h) 136-141.
- 140) M. Peruš: Mind: neural computing plus quantum consciousness / v: M. Gams, X. Wu, M. Paprzycki (Eds.): *Mind Versus Computer*; IOS Press, Amsterdam, 1997i (str. 156-170).
- 141) M. Peruš: Duhovni Univerzum; *Poligrafi* 7-8 (1997i) 115-124.
- 142) M. Peruš: Consciousness: network-dynamical, informational, and phenomenal aspects; *Noetic J. 1* (1998b) 183-197. *Elektron. objava: Dynamical Psychology* (1997j) <http://goertzel.org/dynapsyc>
- 143) M. Peruš: Takšnosti (kvalije) fenomenalne zavesti; *Analiza* 2-3 (1998c) 16-29.
- 144) M. Peruš: Nevrofiziološke raziskave ozadja zavesti; *ČKZ* 188 (1998d) 225-232.
- 145) M. Peruš: Conscious representations, intentionality, judgements, (self)awareness and qualia; *Informatica* 22 (1998e) 95-102.
- 146) M. Peruš: On neurocomputers...; *Neural Network World* 1-2 (1999) 132-134.
- 147) M. Peruš, P. Ečimovič: Memory and pattern recognition in associative neural networks; *Internat. J. Applied Science & Computations* 4 (1998) 283-310.
- 148) E. Petek: *Bildung und Psychotherapie*; Alano Rader, Aachen, 1991.
- 149) T. Petković: Timej i moderna kozmologija; *Filozof. istraživanja* 51 (1993) 851-877.
- 150) H. L. Pick, P. van den Broek, D. C. Knill (Eds.): *Cognition*; APA, Washington (DC), 1992.
- 151) A. Pinter: Potovanje do simbolov in še dlje; *Anthropos* (1997) v tisku.
- 152) D. C. Plaut, T. Shallice: Deep Dyslexia: A Case of Connectionist Neuropsychology; *Cognit. Neuropsychol.*, ves vol. 10, no. 5, 377.
- 153) K. Popper, J. C. Eccles: *The Self and its Brain*; Springer, London, 1976.
- 154) M. I. Posner (Ed.): *Foundations of Cognitive Science*; MIT Press, Cambridge (MA), 1989.
- 155) M. Potrč: Jezik, misel in predmet; DZS, Ljubljana, 1988.
- 156) M. Potrč: Pojavoslovje (fenomenologija), organska enotnost in povnanjeni Husserl; *Anthropos* 1-2 (1993) 280.
- 157) M. Potrč: Folk psychology naturalized; 1991 (preprint).
- 158) M. Potrč: Dve predavanji o spoznanju in fenomenologiji; *Anthropos* 3-4 (1993) 47.
- 159) M. Potrč: Fenomenologija ali pojavoslovje, organska enotnost in učenje; *Anthropos* 5-6 (1993) 323.
- 160) K. H. Pribram: *Languages of the Brain (Experimental Paradoxes and Principles in Neuropsychology)*; orig. Prentice-Hall (5. izd.: Brandon, New York), 1971.
- 161) K. H. Pribram, E. H. Carlton: Holonomic brain theory in imaging and object perception; *Acta Psychologica* 63 (1984) 175-210.
- 162) K. H. Pribram: *Brain and Perception (Holonomy and Structure in Figural Processing)*; Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, 1991.
- 163) K. H. Pribram: What is mind that the brain may order it? *Proceed. Symp. Appld Math.* 52 (1997) 301-329.
- 164) A. Prince, P. Smolensky: Optimality: from neural networks to universal grammar; *Science* 275 (1997) 1604-1610.
- 165) P. Pylykkänen, P. Pylykkö (Eds.): *New Directions in Cognitive Science*; Finnish AI Soc., Helsinki, 1995.
- 166) Lj. Rakić, D. Raković, Đ. Koruga, A. Marjanović (ed.): *Svest*; ECPD, Beograd, 1996.
- 167) D. Raković, Đ. Koruga (Eds.): *Consciousness*; ECPD, Beograd, 1996.
- 168) D. Raković, M. Tomašević, E. Jovanov, V. Radivojević, P. Šuković, Ž. Martinović, M. Car, D. Radenović, Z. Jovanović-Ignjatić, L. Škarić: EEG correlates of some activities which may alter consciousness: the transcendental meditation technique, musicogenic states, microwave resonance relaxation, healer/heelee interaction, and alertness/drowsiness; *Informatica* 23 (1999) 399-412.
- 169) B. Rauter Kosić: Predlog za rešitev problema duša-telo; *Revija* 2000, 71-72 (1993) 90-119.
- 170) B. Rauter Kosić: *Zavest pod gnoseološko lupo*; 1997 (rokopis).
- 171) J. B. Rhine: *Novi svijet duha*; Globus/Prosveta, Zagreb, 1989.
- 172) P. Russel: *Knjiga o možganih*; DZS, Ljubljana, 1987.
- 173) S. Sajama, M. Kamppinen, S. Vihjanen: *Misel in smisel*. *Znanst. in publicist. sred.*, Ljubljana, 1994.
- 174) M. Schmieke: *Das letzte Geheimnis (Naturwissenschaft und Bewusstsein)*; INES-Verlag, Frankfurt/Main, 1995.
- 175) A. Schopenhauer: *Svet kao volja i predstava*; Matica srpska, Novi Sad, 1986.
- 176) J. Schorstein: *The Present State of Consciousness*; *Penguin Sci. Survey B* (1963) 202.
- 177) J. R. Searle: *The problem of consciousness*; *Cognition & Consciousness* 2 (1993) 310.
- 178) M. S. Seidenberg: *Visual Word Recognition and Pronunciation: A Computational Model and Its Implications* / v: W. Marslen-Wilson (Ed.): *Lexical Representations and Processes*, MIT Press, Cambridge (MA), 1989.
- 179) J. Seppänen: *Synergy, emergence and complexity in mind, language and culture* / v: P. Saukonnen (Ed.): *What is Language Synergetics?* Univ. of Oulu, 1992.
- 180) L. Shastri, V. Ajanagadde: From simple associations to systematic reasoning: A connectionist representation of rules, variables and dynamic bindings using temporal synchrony; *Behavioral & Brain Sci.* 16 (1993) 417.
- 181) B. Smith: *The Soul and Its Parts*; *Brentano Studien* 4 (1992/93) 35.
- 182) P. Smolensky: On the proper treatment of connectionism; *Behavioral & Brain Sci.* 11 (1988) 1
- 183) J. R. Smythies, J. Beloff (Eds.): *The Case for Dualism*; Univ. Press of Virginia; Charlottesville, 1989.
- 184) J. Snapper: *The psychology of proof* (by L. J. Rips); *Philosophical Psychology* 8 (1995) 403-408.
- 185) S. Soltysiak: *Computational Simulation of Visual Word Recognition with the LOGOGEN model*; poster, JCI Brighton confer., 1994.
- 186) R. Sorabji: *Aristotle on Memory*; Duckworth, London.
- 187) H. P. Stapp: *Why classical mechanics cannot naturally accommodate consciousness but quantum mechanics can*; *Psyche* 2 (1995) Internet
- 188) A. Stern: *Matrix Logic and Mind (A probe into the unified theory of mind and matter)*; North-Holland / Elsevier, Amsterdam, 1992.
- 189) N. Stillingr idr.: *Cognitive Science*; MIT Press, Cambridge (MA), 1995.
- 190) I. Supek: *Neurološka osnovica čovjeka / Fizički i mentalni procesi* / v: *Filozofija, znanost i humanizam*; Hrv. AZU, Školska knjiga, Zagreb, 1995.
- 191) F. Tersegglav: *Kršćanski svetniki in svetnice – mistični teologi in učitelji duhovnega življenja*; v: F. V. Faber: *Duhovna rast kršćanskoga življenja* (orig. 1854); *Ljudska tiskarna*, Ljubljana, 1943 (str. 433-608).
- 192) A. Trstenjak: *Oris sodobne psihologije*, 1. del; *Zal. obzorja*, Maribor, 1974.
- 193) A. Ule: *Od filozofije k znanosti in nazaj*; DZS, Ljubljana, 1986.
- 194) A. Ule: *Filozofija Ludwiga Wittgensteina*; *Razprave FF*, Ljubljana, 1990.
- 195) A. Ule: *Sodobne teorije znanosti*. *Znanst. in publ. sred.*, Ljubljana, 1992.
- 196) A. Ule: *Zavest in fizična stvarnost*; *ČKZ* 176 (1995a) 117.
- 197) A. Ule: *Popper med empirizmom in tejskim holizmom*; *ČKZ* 166/167 (1995b) 175-184.
- 198) A. Ule: *Consciousness and process*; *Informatica* 21 (1997a) v tisku
- 199) A. Ule: *Collective and common knowledge* / v: *Phenomenology and Cognitive Science*, Roell Verlag, Wuerzburg, 1997b (319-328).
- 200) A. Ule: *Možnosti in protislovja teorij družbene celote, ki temeljijo na teorijah informacij. sistemov*; *Anthropos* 5-6 (1977) 101.
- 201) T. Urbančič, I. Bratko: *Reconstructing Human Skill with Machine Learning*; *ECAI 1994*, 11th European Conf. on AI.
- 202) T. Urbančič, I. Bratko: *Vedenjsko kloniranje z metodami strojnega učenja*; *ČKZ* 176 (1995) 149.
- 203) M. Uršič: *Enivetok; Založba Obzorja*, Maribor, 1981.
- 204) M. Uršič: *Gnostični eseji; Hieron/Nova revija*, Ljubljana, 1994.
- 205) M. Uršič: *Meje izomorfizma (esej o GEB)* / v: M. Uršič: *Matrice logosa*; DZS, Ljubljana, 1987.
- 206) E. R. Valentine: *Perception and Action in East and West* / v: J. P. Forgas, J. M. Innes (Eds.): *Recent Advances in Social Psychology*; Elsevier Science Publ., 1989.
- 207) E. R. Valentine: *Orthodox Artificial Intelligence, Connectionism, and Phenomenology* / v: *Phenomenology and Cognitive Science*; Roell, Wuerzburg, 1997 / in drugi članki prav tam.
- 208) E. R. Valentine: *A cognitive-psychological analysis of meditation techniques and mystical experiences*; *Ethical Record* (april 1989).
- 209) M. Varga von Kibed, R. Matzka: *Motive und Grundgedanken von George Spencer Brown "Laws of Form"* (preprint).



- 210) K. Vorlaender: Zgodovina filozofije I, II; Slov. matica, 1970.
- 211) R. N. Walsh, F. Vaughan (Hrg.): Psychologie in der Wende (Grundlagen, Methoden und Ziele der Transpersonalen Psychologie); Rowohlt, Hamburg, 1987.
- 212) M. West: Meditation and Self-awareness: Physiological and Phenomenological Approaches / in drugi članki v: G. Underwood (Ed.): Aspects of Consciousness; vol. 3: Awareness and Self-awareness; Academic Press, London, New York, 1982.
- 213) L. Wittgenstein: Tractatus logico-philosophicus; Veselin Masleša, Sarajevo, 1960 (z nem. orig., 1921 + kolen. B. Russel, G. Petrović).
- 214) B. L. Whorf: Jezik, misao i stvarnost; Bibl. XX. vek, Beograd, 1979.
- 215) R. L. Woolfolk: Psychophysiological Correlates of Meditation; Arch. Gen. Psychiatry 32 (1975) 1326.
- 216) A. P. Železnikar: On the Way to Information; Slov. Soc. Informatika, Ljubljana, 1990.
- 217) A. P. Železnikar: Conceptualism of consciousness; Informatica 20 (1997) v tisku.
- 218) A. P. Železnikar: Polemos of consciousness; Informatica 20 (1996) 475–484.
- 219) A. P. Železnikar, M. Peruš (Eds.): Consciousness in Science and Philosophy '98, Conf. abstracts, Mathematics Dept., Eastern Illinois Univ., Charleston (IL), ZDA; Informatica 22 (1998) 373-403.
- 220) Acta Analytica 6 (1990) in 7 (1991).
- 221) Journal of Cognitive Neuroscience. Journal of Consciousness Studies. Trends in Cognitive Sciences. Vision Research.
- 222) Mind and Brain; Scientific American, sept. 1992 (special issue).
- 223) Mind <> Computer; Informatica, vol. 19, no. 4 (1995) (spec. is.).
- 224) The Creative Mind: Artificial Intelligence, vol. 79 (1995).
- 225) Towards a Science of Consciousness – "Tucson II"; Consciousness Research Abstracts, JCS (1996).
- 226) World Futures (Journal of General Evolution).
- in
- Meditacije (Descartes), Oko duha, Del in celota (Heisenberg) / filozofske enciklopedije in slovarji (Schmidt, Flew, Ritter & Gruender, Sruk), Encyclopaedia Britannica, psihološka enciklopedija (Edward, Ed.) / Vorlaender, Windelband & Heimsoeth, B. Russel (Modrost Zahoda) ter drugi pregledi zgodovine filozofije / Bhagavadgita / Dhammapada / Sv. Tereza Avilska, Sv. Janez od Križa in druga mistična literatura / osnovni učbeniki filozofije (Kos) in filozofije znanosti (F. Jerman) / idr.

## 26. DODATEK K: O AVTORJU

Od rojstva 29. 10. 1969 je živel v Vuzenici; nato je končal srednjo naravoslovno-matematično šolo na Ravnah na Koroškem. Diplomiral je leta 1993 na *Oddelku za fiziko Fakultete za naravoslovje in tehnologijo* v Ljubljani z delom "Raziskave asociativnih nevronske mreže s fizikalnega vidika", ki je vključevala računalniške simulacije in tehniške aplikacije.

Nadaljeval je z multidisciplinarnim podiplomskim študijem *kognitivnih znanosti* v okviru *Oddelka za filozofijo Filozofske fakultete* v Ljubljani. V tem okviru je leta 1994 en semester študiral nevronske mreže in kognitivne znanosti na *University of London*, in sicer na *Royal Holloway College* (Oddelek za računalništvo, Oddelek za psihologijo) in na *King's College* (Center za nevronske mreže). Od poletja 1994 do začetka 1999 je delal kot mladi raziskovalec-asistent na *Kemijskem inštitutu* v Ljubljani, v *Laboratoriju za molekularno modeliranje in NMR*, kjer je računalniško simuliral nevronske mreže. Hkrati je podiplomsko študiral tudi *fiziko* na *Fakulteti za matematiko in fiziko* v Ljubljani. Magistriral je leta 1998 s kognitivnoznanstveno temo "Nevronske mreže kot modeli duševnih procesov (Paralelizem modelov nevno-kvantnih mrež in modelov kognicije ter zavesti)". Vzporedno je na *Kemijskem inštitutu* za magistrsko delo iz fizike računalniško modeliral tridimenzionalne strukture proteinov z nevronskimi mrežami.

Od leta 1995 se je ukvarjal tudi z organizacijo in razvojem kognitivnih znanosti. Pripravil je ustanovitev društva z okoli sto akademskimi člani in (so)organiziral konference o kognitivnih znanostih (doslej pet).

Jeseni 1998 je tri mesece raziskovalno delal v ZDA – na *Oddelku za matematiko Eastern Illinois University* in na *Oddelkih za fiziko, matematiko in računalništvo University of Hartford (CT)*, na področju kvantnih asociativnih mrež. Soorganiziral je dve konferenci v ZDA. Prva je bila posvečena zavesti; v okviru druge ("Computational Intelligence and Neuroscience '98") pa je organiziral podkonferenco o nevno-kvantnem informacijskem procesiranju, prvo te vrste v svetu, ki ji sedaj sledijo mnoge v različnih državah. Kvantne asociativne mreže, izpeljane iz asociativnih nevronske mreže, so njegovo ožje raziskovalno področje in (po besedah nekaj tujih profesorjev) "pionirski prispevek", ki je bil v Belgiji tudi nagrajen.

Leta 1999 se je posvetil pripravi *doktorske disertacije o obdelavi vidnih vzorcev v možganih* pod mentorstvom vodilnega kognitivnega nevroznanstvenika Karla Pribrama (Univ. Stanford in Radford, ZDA) in prof. Janka Muska. Dela kot mladi raziskovalec-asistent na *BIONu, Inštitutu za bioelektromagnetiko in novo biologijo* v Ljubljani. Zvečer predava na *Visoki strokovni šoli slikarstva*, in sicer vidno zaznavanje, zavest in izbrana poglavja iz naravoslovja in humanizma. Veliko je objavljala (okoli 25 znanstvenih člankov), tudi v *SCI-revijah*, in bil vabljen predavatelj na mnogih simpozijih. Med drugim je član uredniškega odbora *Noetic Journala* (ZDA) in nekaj znanstvenih združenj, vključno z *Association for the Scientific Study of Consciousness*.

Podrobnosti najdete na spletu: <http://www.bion.si/mitja.htm>