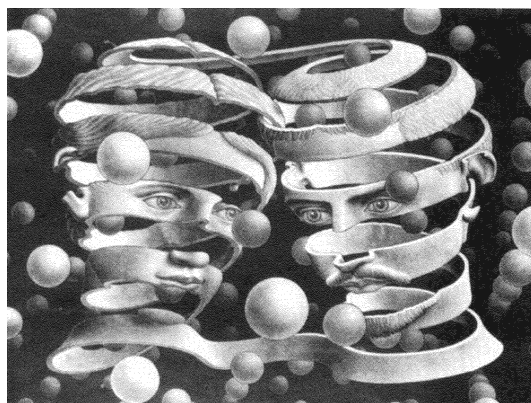


www.DZS.si

**Mitja Peruš**  
Biomreže, mišljenje in zavest



**Mitja Peruš: Biomreže, mišljenje in zavest**

Copyright © 2000, Mitja Peruš (izvirno besedilo)  
Copyright © 2000, DZS, d. d., Založništvo literature, Ljubljana  
(spletna, *on-line* različica v vseh izvedbah, ter slikovno gradivo)

Slika na naslovnici **M. C. Escher, *Bond of Union***©  
Ostalo slikovno gradivo **Nedžad Žujo**  
Urednik **Dimitrij Pucer**

Založila **DZS, d. d.**  
Za založbo **Bojan Petan**  
Gl. urednik **Branko Madžarevič**  
Za Založništvo literature **Irena Starman**

Knjiga izide tudi v standardni, vezani knjižni obliki pri založbi **SATJAM** iz Maribora.

*Besedilo spletne različice je na voljo vsem uporabnikom spleta zastonj (freeware). Dovoljeno je tiskanje na domačih ali službenih tiskalnikih in uporaba besedila za osebno rabo, prepovedano pa je spreminjanje oziroma kakršenkoli vsebinski poseg v besedilo; ter razširjanje besedila v javnost za komercialne in podobne namene. Prepovedano je tudi kopiranje in razširjanje slikovnega gradiva. Avtor in založba si pridržujeta vse ostale, avtorske in druge pravice.*

CIP – Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

159.95:616.831

PERUŠ, Mitja

Biomreže, mišljenje in zavest [Elektronski vir] / Mitja Peruš ; [slikovno gradivo Nedžad Žujo]. – Ljubljana : DZS, 2000

Način dostopa: <http://www.dzs.si>

ISBN 86-341-2372-3

106935808

# KAZALO

<b>1. UVOD V ASOCIATIVNE NEVRONSKE MREŽE</b> .....	<b>9</b>
1.1. KAJ RAZUMEM(O) KOT NEVRONSKE MREŽE .....	9
1.2. PRESLIKAVE IZ OKOLJA.....	10
1.3. NEVRONI, SINAPSE IN NJIHOVA DEJAVNOST .....	11
1.4. KONFIGURACIJSKI PROSTOR .....	12
1.5. UVOD V FORMALNE NEVRONSKE MREŽE KOT KORESPONDENČNI MODEL, KI SKLAPLJA FIZIOLOŠKO IN DUŠEVNO .....	12
1.6. PREGLED OSNOVNIH KONEKCIJSKIH POJMOV .....	14
<b>2. RAZPOZNAVANJE IN SPOMIN</b> .....	<b>16</b>
2.1. NEVRON KOT SEŠTEVALNIK; NEVRONSKI PRAG; SINAPSA KOT POSREDNIK .....	16
2.2. SISTEM IŠČE KONFIGURACIJE Z NAJMANJŠO ENERGIJO .....	16
2.3. RAZPOZNAVANJE IN POMNJENJE VZORCEV .....	18
2.4. SPOMIN V SINAPTIČNIH VEZEH .....	19
2.5. POVRATNE ZANKE IN "SAMODEJNA POGAJANJA" NEVRONOV .....	21
2.6. ENERGIJSKA RAZMERJA KONFIGURACIJ SO NOSILCI IMPLICITNIH STRUKTUR.....	22
2.7. PROCES PREPOZNAVANJA.....	24
2.8. PRIMERJAVA MREŽE NEVRONSKIH VZORCEV Z N-DIMENZIONALNO KRIŽANKO .....	25
<b>3. OBRAVNAVA DUŠEVNOSTI S STALIŠČA NEVRONSKIH MREŽ</b> .....	<b>27</b>
3.1. GLAVNE ZNAČILNOSTI KOGNITIVNIH PROCESOV V DUŠEVNOSTI.....	27
3.2. KONTEKSTUALNA ASOCIATIVNOST.....	29
3.3. GESTALT-PSIHOLOGIJA IN SINERGETIKA.....	30
3.4. RAZUM IN INTUICIJA .....	31
3.5. SOODVISNOST ZUNANJIH IN NOTRANJIH VZORCEV .....	31
<b>4. HIERARHIČNE STRUKTURE VZORCEV</b> .....	<b>34</b>
4.1. VZORCI DRUG V DRUGEM.....	34
4.2. ZDRUŽEVANJE VZORCEV V VZORCE VIŠJEGA REDA.....	35
4.3. VEZI IN ASOCIACIJE RAZLIČNIH REDOV IN MANIFESTACIJ .....	38
4.4. PARAMETRI UREJENOSTI IN KARDINALNI NEVRONI OZIROMA KARDINALNE DOMENE .....	39
4.5. KOGNITIVNA SINERGETIKA IN OSNOVE SEMANTIKE.....	40
4.6. SINERGETSKA OBRAVNAVA ZAMETKOV POZORNOSTI IN VIŠJIH OBLIK INTENCIONALNOSTI.....	42
4.7. NEVROSINERGETSKI VIDIK ZAVESTI.....	43
<b>5. SISTEMSKA KOGNITIVNA NEVROZANANOST</b> .....	<b>47</b>
5.1. FILOGENETSKI RAZVOJ BIOLOŠKIH STRUKTUR IN PREHOD K VIRTUALNIM STRUKTURAM .....	47
5.2. MOŽGANSKA SKORJA .....	48
5.3. SINTETIČNA DEJAVNOST SKORJE.....	49
5.4. VSEBINE RAZNIH PREDDELOV MOŽGANSKE SKORJE .....	50
5.5. NAVEZAVA NA NEVROFIZIOLOGIJO.....	51
5.6. STOLPCI V MOŽGANSKI SKORJI.....	53
<b>6. NEVROPSIHOLOGIJA DUŠEVNOSTI IN KOGNICIJE</b> .....	<b>55</b>
6.1. REFLEKSI, NAGONI, AVTOMATIZMI, (NE)UGODJE .....	55
6.2. NEVRONSKE OSNOVE OBČUTIJ IN ASOCIATIVNI SPLETI.....	55
6.3. ČUSTVA .....	56
6.4. PARALELISTIČNO MIŠLJENJE .....	56
6.5. OSEBNOST.....	57
6.6. MISELNO MODELIRANJE OKOLJA .....	58
6.7. SEKVENČNO (ZAPOVRSTNO) MIŠLJENJE IN GOVOR.....	59
6.8. RAZUM IN LOGIČNO SKLEPANJE .....	61
6.9. NAVEZAVA NA SIMBOLNO UMETNO INTELIGENCO.....	62
6.10. SINERGETSKE OSNOVE ODLOČANJA IN REGULACIJE VEDENJA.....	65
6.11. VIZUALNA KOGNICIJA.....	65
<b>7. HOLISTIČNA DINAMIKA KOMPLEKSNIH SISTEMOV: UVOD V PROCESUALNO OZADJE ZAVESTI</b> .....	<b>67</b>
7.1. VSE IMPLICITNO V ENEM; ENO IMPLICITNO V VSEM .....	67
7.2. ANALOGIJA S FIZIKO OSNOVNIH DELCEV .....	68
7.3. ANALOGIJA S KVANTNO MEHANIKO .....	70
<b>8. METODOLOŠKE OSNOVE PREUČEVANJA KOGNICIJE IN ZAVESTI</b> .....	<b>72</b>
8.1. ZGODOVINSKI RAZVOJ KOGNITIVNE NEVROZANANOSTI .....	72
8.2. NOVE SMERI NARAVOSLOVNEGA RAZISKOVANJA OZADJA KOGNICIJE IN ZAVESTI IN OCENA .....	73
8.3. DANAŠNJA NATURALISTIČNA GIBANJA IN VIDIKI: SINTEZA.....	74
8.4. OPREDELITEV T. I. NOVE KOGNITIVNE ZNANOSTI.....	75
8.5. "ZVEZE" MOŽGANSKIH IN DUŠEVNIH PROCESOV – JEDRO PROBLEMA KOGNITIVNE ZNANOSTI .....	76
8.6. PLASTOVITOST KOGNITIVNIH PROCESOV .....	77
8.7. PROBLEMI IN POMEN KOGNITIVNE ZNANOSTI; KOGNITIVNI OZIROMA ZAVESTNI IZVORI ZNANOSTI.....	78
8.8. METODOLOŠKI PROBLEMI ZNANSTVENE ANALIZE.....	79
8.9. KOGNITIVNE ZNANOSTI, SPECIFIČNE GLEDE NA STANJE ZAVESTI.....	80
<b>9. KOGNITIVNE IN NEVROZANANSTVENE TEORIJE ZAVESTI</b> .....	<b>82</b>
9.1. KLASIČNI KOGNITIVNO-FILOZOFSKI MODELI ZAVESTI.....	82
9.2. ZAVEST V KOGNITIVNI NEVROZANANOSTI.....	84
9.3. PRISPEVEK IZKUŠENJ Z NEVROLOŠKIMI MOTNJAMI K ŠTUDIJEJEM ZAVESTI.....	85
<b>10. SPLOŠNO O NARAVI ZAVESTI</b> .....	<b>87</b>
10.1. STOPNJE ZAVESTI.....	87
10.2. ZNAČILNOSTI ZAVESTI.....	88
10.3. NELOČLJIVOST ZAVESTI IN NARAVE.....	90
10.4. UVOD V BIOFIZIKALNO OZADJE ZAVESTI: NEVRONSKE, ZNOTRAJCELIČNE IN KVANTNE MREŽE .....	91
10.5. MNOGONIVOJSKA KOHERENCA IN KVANTNA INFORMATIKA.....	92
10.6. ZAVEST KOT PRVINA IN GLOBALNA SINTEZA DUŠEVNIH PROCESOV .....	93

<b>11. TEORIJE O FIZIKALNIH OSNOVAH ZAVESTI.....</b>	<b>96</b>
11.1. ZAVEST KOT IMPLICITNI, FRAKTALNI, EMERGENTNI PROCES Z NEVRO-KVANTNIM OZADJEM.....	96
11.2. HOLOGRAFSKI MODELI SISTEMSKO-PROCESUALNEGA OZADJA ZAVESTI.....	98
11.3. BOHMOV OPIS SUBKVANTNIH SISTEMOV.....	98
11.4. BOHMOV EKSPERIMENTALNI IN TEORETSKO-MATEMATIČNI OKVIR.....	99
11.5. BOHM-HILEYEVA ONTOLOŠKA INTERPRETACIJA KVANTNE TEORIJE.....	100
11.6. EVERETTOVA INTERPRETACIJA KVANTNE TEORIJE Z MNOGIMI VZPOREDNIMI UNIVERZUMI.....	102
11.7. PENROSEOVA KVANTNO-GRAVITACIJSKA TEORIJA.....	102
<b>12. PREGLED VPRAŠANJ IN ODGOVOROV NATURALISTIČNEGA PREUČEVANJA ZAVESTI.....</b>	<b>105</b>
12.1. FENOMENOLOŠKE KAKOVOSTI (KVALIJE) ZAVESTNEGA DOŽIVLJANJA.....	105
12.2. MANIFESTACIJA DINAMIČNOSTI, SAMOREFLEKSIVNOSTI IN CELOVITOSTI ZAVESTI NA RAZNIH RAVNEH.....	105
12.3. UPERJENOST ZAVESTI NA PREDMETE ZAVESTI (INTENCIONALNOST).....	106
12.4. SREDIŠČE INTENCIONALNE ZAVESTI – JAZ.....	106
12.5. CELOVITOST "PRAZAVESTI" ALI "ZAVESTNOSTI": EKSPERIMENTALNE POTRDIITVE.....	106
12.6. ENOTNOST ZAVESTI KLJUB MNOGOTERIM ZAZNAVAM.....	107
12.7. KANDIDATNE RAVNI ZA REALIZACIJO SISTEMSKEGA OZADJA ZAVESTI.....	107
12.8. OD POPOLNEGA HOLIZMA DO ZLOMLJENE SIMETRIJE.....	108
12.9. MNOGOTEROST IN KOZMOLOŠKO-DUHOVNE RAZSEŽNOSTI.....	109
<b>13. ZAVEST IZHAJA IZ KIBERNETIKE DRUGEGA REDA, VENDAR JO PRESEGA.....</b>	<b>110</b>
13.1. IREDUCIBILNI JAZ OZIROMA SEBSTVO.....	110
13.2. ŠPEKULACIJE O MOREBITNI ZAVESTI BODOČIH SUPERRAČUNALNIKOV.....	111
13.3. POSKUS KORESPONDENCE NATURALISTIČNIH IN PSIHOLOŠKIH MODELOV.....	112
<b>14. FENOMENALNA ZAVEST IN KVALIJE.....</b>	<b>115</b>
14.1. MNOGOPLASTNOST ZAVESTI PRIVEDE DO DELITEV.....	115
14.2. NARAVA FENOMENALNE ZAVESTI.....	116
14.3. KVALIJE.....	116
14.4. VPRAŠANJE KRITERIJEV ZA FENOMENALNO ZAVEST.....	117
14.5. VPRAŠANJE NUJNOSTI FENOMENALNE ZAVESTI.....	118
14.6. DENNETT O KVALIJAH.....	119
14.7. SAMOZAVEDANJE IN FENOMENALNA ZAVEST KOT MISELNA SAMOUSMERJENOST.....	120
14.8. NELKINOVA TEORIJA.....	121
14.9. IREDUCIBILNOST JAZA KOT OŽARIŠČEVALCA ZAVESTI.....	122
14.10. TEORIJA SAMOZAVEDANJA Z MISLIMI DRUGEGA REDA.....	124
14.11. NEKAJ NOVEJŠIH FILOZOFSKIH STALIŠČ O ZAVESTI.....	125
<b>15. FENOMENOLOGIJA DUHOVNIH STANJ ZAVESTI.....</b>	<b>127</b>
15.1. UVOD V FENOMENOLOGIJO (NEINTENCIONALNE) ZAVESTI.....	127
15.2. POSKUS KOGNITIVNO-NEVROPSIHOLOŠKE RAZLAGE MISTIKE.....	127
15.3. GLOBALNI UNIFORMNI "VZOREC" IN FENOMENOLOGIJA ZLITJA.....	128
15.4. ANALOGIJA PSIHOFIZIČNE SIMETRIJE IN FIZIKALNE SIMETRIJE.....	128
15.5. MEDITACIJA.....	129
15.6. GLOBALNO KOHERENTNO STANJE KOT IMPLICITNI NOTRANJE-DINAMIČNI GESTALT.....	130
15.7. V DUHU ONSTRAN PROSTORA IN ČASA.....	131
15.8. STIČNE TOČKE MISTIČNIH SPOZNAVANJ IN MODELA ASOCIATIVNIH NEVRONSKIH MREŽ.....	132
15.9. ZDRUŽITEV OPAZUJOČEGA IN OPAZOVANEGA.....	132
15.10. NEVROFIZIOLOŠKI POJAVI, KI SPREMLJAJO MEDITACIJO.....	133
<b>16. DODATEK A: MATEMATIČNE ANALOGIJE ASOCIATIVNIH NEVRONSKIH MREŽ, KVANTNE FIZIKE IN HOLOGRAFIJE.....</b>	<b>134</b>
16.1. A.1 MATEMATIČNE ANALOGIJE TEORIJE ASOCIATIVNIH NEVRONSKIH MREŽ IN KVANTNE FIZIKE.....	134
16.2. A.2 MATEMATIČNE ANALOGIJE TEORIJE ASOCIATIVNIH NEVRONSKIH MREŽ IN HOLOGRAFIJE.....	136
<b>17. DODATEK B: KRATEK PREGLED MOŽGANSKIH STRUKTUR.....</b>	<b>137</b>
<b>18. DODATEK C: NASTANEK SEKVENC VZORCEV V PARALELNO-DISTRIBUIRANI MREŽI.....</b>	<b>138</b>
<b>19. DODATEK D: UČENJE PRESLIKAV DRAŽLJAJ-ODZIV.....</b>	<b>139</b>
<b>20. DODATEK E: MREŽA FAZNO SKLOPLJENIH OSCILIRAJOČIH NEVRONOV UDEJANJA ASOCIATIVNI SPOMIN.....</b>	<b>140</b>
<b>21. DODATEK F: STATISTIČNA NEVROFIZIKA.....</b>	<b>142</b>
21.1. VRSTE MODELOV NEVRONSKIH MREŽ.....	142
21.2. UVOD V ATRAKTORSKE NEVRONSKE MREŽE.....	142
21.3. ZVEZE S STATISTIČNO MEHANIKO.....	145
21.4. POSPLOŠITVE HEBBOVEGA UČNEGA PRAVILA.....	147
21.5. ULTRAMETRIČNE HIERARHIJE VZORCEV.....	149
21.6. KAPACITETA IN FUNKCIONALNA MNOGOTEROST ANM.....	150
21.7. SIMULTANOST PROCESOV KOT POSLEDICA HEBBOVE KONSTRUKCIJE – PREGLED IN PRIMER.....	151
<b>22. DODATEK G: NEVROPSIHOLOŠKI MODELI IN UMETNE NEVRONSKE MREŽE: PRIMERJAVA.....</b>	<b>155</b>
22.1. SOODVISNI RAZVOJ KOGNITIVNEGA NEVROMODELIRANJA TER NEVRORAČUNALNIŠTVA.....	155
22.2. PRIMERJAVA NEVROPSIHOLOŠKIH IN NEVRORAČUNALNIŠKIH UČNIH PRAVIL.....	156
22.3. UMETNI UČNI ALGORITMI, KI VERJETNO IMAJO ŠE NAJVEČ ZVEZ Z NARAVNIM UČENJEM.....	158
22.4. POTI RAZVOJA OZIROMA UPORABE, KI UTEGNEJO TEORIJO UMETNIH NEVRONSKIH MREŽ BOLJ PribližATI MOŽGANOM.....	159
<b>23. DODATEK H: ZNANSTVENE RAZISKAVE TRANSCENDENTALNE MEDITACIJE.....</b>	<b>161</b>
<b>24. DODATEK I: SLOVAR STROKOVNIH POJMOV.....</b>	<b>163</b>
<b>25. DODATEK J: LITERATURA.....</b>	<b>164</b>
25.1. J.1. LITERATURA IZ NARAVOSLOVJA IN INFORMATIKE.....	164
25.2. J.2. LITERATURA IZ FILOZOFIJE, PSIHLOGIJE IN KOGNITIVNE ZNANOSTI.....	168
<b>26. DODATEK K: O AVTORJU.....</b>	<b>172</b>

# PREDGOVOR

## K SPLETNI IZDAJI PRI ZALOŽBI **DZS** IN HKRATNI KNJIŽNI IZDAJI PRI ZALOŽBI **SATJAM**

*prijatelju*

*dr. Alekseju Jurjeviču Ippi*

Pet let je od izida odmevne knjige "Vse v enem, eno v vsem (Možgani in duševnost v analizi in sintezi)". V tem času se je v znanosti zgodilo precej novega, ideje izpred petih let so se k sreči v veliki večini potrdile in utrdile, knjiga pa se je razprodala. Zato sem se z založbama **DZS** in **Satjam** dogovoril o izdaji nove, pričujoče knjige, ki je nekoliko predelana, razširjena in ažurirana različica mojega magistrskega dela. Ta knjiga, kot tudi magistrsko delo, v prvem delu vsebuje natančno predelano, posodobljeno in ažurirano besedilo prvega dela knjige "Vse v enem, eno v vsem". Zanimanje za modeliranje možganskih procesov z nevronskimi mrežami se je namreč zelo povečalo, teorija, ki sem jo predstavil, pa se je v svetu popolnoma uveljavila. Hkrati sem atraktorsko teorijo nevronskih vzorcev ponovno uspešno preveril z nekajletnimi računalniškimi simulacijami na *Kemijskem inštitutu* v Ljubljani, kar je prepričalo nekatere zadnje strokovne skeptike.

Drugi del pričujoče knjige povsem nadgrajuje prvo knjigo "Vse v enem, eno v vsem" z obširno multidisciplinarno obravnavo zavesti, kot se je uveljavila v zadnjih letih. To je prva knjiga na Slovenskem, ki sistematično zaobjema multidisciplinarna znanstvena raziskovanja zavesti in njihove končne ali začasne odgovore ter špekulacije glede tega vprašanja. Znanost o zavesti – z vzornim sodelovanjem mnogih ved, kot smo ga doživeli na konferencah v Tucsonu (Arizona, ZDA) – je gotovo uvod v znanstveno revolucijo. Kljub širokemu razponu od najkvalitetnejših udeležencev in prispevkov do dokaj špekulativnih in kljub dejstvu, da se bo "ločevalo zrno od plevela" še dalj časa, je prehod k širokemu raziskovalnemu sodelovanju mnogih disciplin velik korak naprej. Tucsonske dogajanje je privedlo do množice hčerinskih konferenc po vsem svetu ter novih raziskav in publikacij vse večje strokovnosti. "Uvoz" v Slovenijo je potekal prek novoustanovljenega *Slovenskega društva za kognitivne znanosti* z okoli sto akademskimi člani in letnimi konferencami od 1995 naprej. Ustanovitev tega gibanja je bila sprožena prav z izidom knjige "Vse v enem, eno v vsem".

Poleg teorij in hipotez o zavesti podajam pregled novejših fizikalnih in nevrobioloških teorij o ozadju duševnih procesov in zavesti, pregled razvoja kognitivnih znanosti in novosti o modeliranju mišljenja. Nova dodatka F in G nadgrajujeta magistrsko delo s fizikalno in računalniško-komparativno študijo. Velja opozoriti, da je fizika v zadnjih letih pripravila vrsto eksperimentalnih dokazov za kvantno nelokalnost, enotnost in soprežemanje (»vse v enem, eno v vsem«), začenjajoč z ERP-pojavom. V rekordnem času se znanstveni razvoj t. i. nove fizike preliva in tehnološko prakso, v prvi vrsti z razvojem kvantnega računalništva, komunikacij in teleportacije (»hipnega prenosa na daljavo«). Razvoj kvantnega računalništva, čigar teorija je osnovana na Everettovi interpretaciji kvantne teorije (podpoglavje 11.6), bo potekal v dveh smereh, vendar s skupnim jedrom – uporabo kvantnega »soprežemanja« oziroma »prepletanja« (»entanglement«). Prva smer poskuša umetno kvantno implementirati logična vrata in s tem klasično Turingovo računalništvo; druga smer pa bo temeljila na holografiji in na spinskih ter drugih mikrofizikalnih sistemih, ki so podobni asociativnim nevronskim mrežam. Druga smer, moja specialnost, je bolj naravna in fundamentalna ter v bolj tesni zvezi z možganskimi biomrežnimi procesi in zavestjo (o tem v člankih: Peruš, 1996d, 1997i, 1998a, 1998f, 2000; Peruš & Dey, 2000). Dobro bi bilo, če bi človeštvo čim prej upoštevalo dejstvo, da je svet celovit, tesno povezan in soodvisen tudi in predvsem v najglobljih temeljih, kar bo imelo ogromne družbene in psihološke posledice (te pa so lahko izrazito pozitivne, vendar le, če bodo naša dejanja primerna).

Ker je osnova za to knjigo, kot rečeno, magistrsko delo "Nevronske mreže kot modeli duševnih procesov (Paralelizem nevro-kvantnih mrež in modelov kognicije ter zavesti)", ki sem ga zagovarjal februarja 1998 na *Oddelku za filozofijo Filozofske fakultete* v Ljubljani, se najprej lepo zahvaljujem mentorju prof. dr. Andreju Uletu za njegovo kritično odprto in razgledano vodstvo, prav tako pa tudi članoma komisije prof. dr. Matjažu Potrču in prof. dr. Marku Uršiču. Hvaležen sem tudi številnim učiteljem, sogovornikom in sodelavcem, ki so na razne načine zaznamovali dele te knjige: akademikom prof. dr. Andreju O. Župančiču, prof. dr. Karlu H. Pribramu (z Univerz v Radfordu in Stanfordski, ZDA) in prof. dr. Dušanu Hadžiju, nadalje profesorjem dr. Laurenceu Gouldu, dr. Giuseppeju Vitiellu, dr. Antonu P. Železnikarju, dr. Alexandru Linkevichu, dr. Basilu Hileyu, dr. Suhritu Deyu, dr. Jamesu Glazebrooku, dr. Andreju Dobnikarju, dr. Dejanu Rakoviču, dr. Dobilasu Kirvelisu, številnim sočlanom *Društva za kognitivne znanosti* (in *Združenja za nevropsihologijo in kognitivno neurologijo* na Kliničnem centru), *Društva za analitično filozofijo in filozofijo znanosti* (ter *SFD*) in *Scientific and Medical Network*, ter drugim. Naj izpostavim doc. dr. Janeza Mlakarja in dr. Jožeta Jensterleta s Kliničnega centra, prof. dr. Jožeta Ranta z Univerze v Buenos Airesu (ki je obširno predstavil moje delo bralcem "Meddobij", glasila argentinskih Slovencev), priv. doc. dr. Rainerja Wolfa, dr. Petra Marcerja, dr. Tammy Menneer, dr. Dana Venturo, dr. Metoda Škarjo, Andreja Detelo, dr. Jeremyja Horneja, dr. Takashija Matsuoko, Matjuško Tejo Krašek, mag. Romana Zidariča, pa še dr. Vido Drame Orožim, dr. Miro Omerzel Terlep in Bojana Rauterja Kosiča. Za podporo še enkrat prisrčna hvala staršem in prof. dr. Manci Košir, bratu Borisu za pomoč, prav tako prof. dr. Walterju Schemppu in še nekaterim gostiteljem konferenc, založbi **DZS** in uredniku g. Dimitriju Pucerju pa za dobro sodelovanje.

Posamezni elementi besedila so bili predhodno objavljeni v nekaj slovenskih strokovnih časopisih in zbornikih (glejte bibliografijo), vendar so šele tukaj povezani v celoto. Spletna objava knjige je posvečena dr. Alekseju Jurjeviču Ippi, ki je prevajal in poskrbel za skorajšnjo izdajo skrajšanega ruskega prevoda knjige "Vse v enem, eno v vsem" v St. Petersburgu; implicitno pa tudi drugim prevajalcem nekaterih mojih del v štiri tuje jezike.

## OB RAČUNALNIŠKI SPLETNI IZDAJI

Bralcem priporočam, da prikaz besedila na zaslonu uporabljajo le za odločitev, ali bodo knjigo brali in sneli (*download*) iz spleta ali ne. Dolgotrajno branje zaslona namreč zaradi elektromagnetnega sevanja in motenj organizma ter zaradi trepetanja slike ne le utruja oči in njihove mišice ter vzbuja nemir, temveč škodi zdravju v širšem obsegu. V prvi vrsti, denimo, prihaja do pomanjkanja vitamina A. Posledice se lahko pokažejo šele mnogo kasneje. Branje spletnih izdaj knjig zaslona bo zdravstveno manj oporečno šele ob izpopolnjeni tehnologiji prihodnosti (začenjajoč s tekočimi kristali, denimo). Upajmo, da internetna ažurnost in učinkovitost brez papirja, pa tudi stranskih učinkov, ni preveč oddaljena.

Na drugi strani pa lahko razodenemo razlog, zakaj vam je spletna izdaja ponujena zastoj, čeprav denimo ni subvencionirana. Razlog je v zelo poenostavljenih medsebojnih razmerjih med založbama **DZS** in **Satjam**, avtorjem in bralci. Vi prispevate papir in poženate svoje "internetne mlinčke"; založba **DZS** in avtor pa sta zadovoljna, da berete njuno delo in jima s tem, recimo, raste ugled. Pridobitev je tudi v hitrosti razpošiljanja in ukinitvi potrebe po skladiščih, tisku in zapletenih finančnih procesih. In nenazadnje: v evoluciji zavesti, ki jo moramo najprej dodobra spoznati, je naša edina prihodnost (če bo le tudi dovolj etična). Za tiste, ki pa želite lepo knjižno obliko, mariborska založba **Satjam** prinaša natis po ugodni ceni.

*Mitja Peruš*

*V Ljubljani, 23. januarja 2000*

## POVZETEK

To besedilo spiralno prehaja od obravnave naturalističnih modelov mrež formalnih nevronov k opisu njihovih virtualnih struktur (vzorcev-atraktorjev) oziroma kognitivnih struktur (mentalnih reprezentacij, gestaltov) in nadalje k modelom kognicije ter zavesti. V prvem delu so opisani sinergetski informacijski procesi v nevronskih mrežah: razpoznavanje, pomnjenje in selektivni priklic vzorcev, nadalje osnove kategorizacije in abstrahiranja, zaznavanja, pozornosti ter systemske semantike. V drugem delu podajam zveze med procesi v možganskih mrežah in duševnimi procesi. Obravnava teh korelacij zaobsega tudi preglede razvoja kognitivnih znanosti, multidisciplinarnih in metodoloških obeležij sodobnih raziskav kognicije ter prikaze različnih zornih kotov oziroma vidikov problema telesa in duševnosti. Predstavljena so dognanja kognitivnih nevroznanosti, fizikalne teorije ozadja kognitivnih procesov in zavesti (Bohmova, Everettova, Penroseova) ter psihokibernetične teorije ozadja samorefleksivnosti, samozavedanja, intencionalnosti in ireducibilnega Jaza. Nakažem povezave konekcionističnih in simbolnih modelov, prehod od paralelno-distribuiranih k sekvenčnim kognitivnim procesom, kot so npr. govor, zapovrstno mišljenje oziroma sklepanje. V tretjem delu podajam pregled in kritiko kognitivno-filozofskih teorij kognicije ter zavesti, kjer nazadnje dodam še obravnavo vprašanja kvalij.

Zagovarjam tezo, da teorije kompleksnih sistemov lahko osvetljujejo systemsko-procesualno ozadje zavesti, ne pojasnijo pa niti njenih kvalitativnih fenomenalnih vsebin niti narave samozavedajočega Jaza. V zadnjem delu predstavljam fenomenologijo duhovnih stanj v neintencionalni zavesti. Nakažem zveze teh stanj z nevro-quantno koherenco. S tem se pregled mnogonivojskih procesov oziroma vidikov zavesti zaokroži.

Moja glavna in izvirna teza je, da mnogi kompleksni sistemi oziroma njihovi modeli – Hopfieldove asociativne nevronske mreže, kvantne mreže, holografija oziroma ustrezni kvantno-elektromagnetni sistemi in spinski sistemi (natančneje t. i. spinska stekla) realizirajo analogno kolektivno systemsko dinamiko, ki je sposobna obdelovati informacije. Te študije najnovejših modelov paralelno-distribuiranih informacijskih sistemov, ki implementirajo virtualne duševne procese, povežem s klasičnimi in sodobnimi filozofskimi ter (nevro)psihološkimi raziskavami kognicije in zavesti.

KLJUČNE BESEDE: kognicija, zavest, nevronske mreže, kognitivna znanost / filozofija, Bohmova kvantna teorija, sinergetika, kompleksni sistemi, kvalije

## I. UVODNE OPOMBE

Pričujoče delo ima več stopenj obravnave. Na prvi stopnji podajam nevronske mreže in njihovo vlogo sinergetskega modela možganskih oziroma duševnih procesov. V drugi stopnji dodajam posplošitve matematične teorije mrež na druge ravni, denimo na raven kvantnih mrež. Čeprav na prvih dveh stopnjah obravnavam zveze mrežnega modela z možganskimi oziroma duševnimi procesi, je obravnava navidez redukcionistična, vendar je zaradi znanstvene jasnosti to neizogibno. Šele na tretji stopnji presežem modele mrež in postavljam domneve o dejanski naravi duševnih procesov in zavesti. Dodam razpravo o problemih kvalij, ireducibilnega Jaza, zavesti oziroma samozavedanja. Iz tega sledi integralna slika z dvosmernim interakcijskim paralelizmom možganskih (mrežnih) in duševnih (celostnih, fenomenalnih) procesov ter seveda mnogimi nerešenimi vprašanji, ki pred uvedbo problema kvalij niso stopila v ospredje. Filozofski razpravi v tretjem delu sledi zaključno poglavje s fenomenološko obravnavo duhovnih stanj (v Heglovem smislu) oziroma natančneje transcendentalnih stanj zavesti.

Problem zvez bioinformatičskih mrež, mišljenja in zavesti torej podajam postopoma, z dodajanjem zahtevnejših in višjih lastnosti človekovega duha na sistemsko-procesualno ozadje, in ga tako predstavim z gradnjo SINTEZE RAZLIČNIH VIDIKOV oziroma MULTIDISCIPLINARNO. Zgradba pričujočega dela je torej "spiralna": k osrednjim temam se vračamo in jih osvetlimo z novega zornega kota oziroma širše ali globlje perspektive, postopoma dodajajoč zahtevnejše probleme (npr. zavest, Jaz in posebno kvalije) na bolj eksaktno opisljivo mehanicistično obravnavo biomrež.

Moram še poudariti, da ponekod uporabljam izraz transcendentalna (vseobsegajoča, mistična, meditativna izkustva), in sicer vselej v NEKANTOVSKEM smislu, temveč v skladu s sodobno multidisciplinarno prakso. Ta praksa uporablja izraz transcendentalna oziroma neintencionalna stanja zavesti za duhovna stanja zavesti onstran vsakdanjih ali spremenjenih intencionalnih stanj zavesti.

Opozoriti velja, da vse moje teze, zapisane kot trdilni stavki (posebno tisti, zapisani kot identitete), seveda izhajajo samo iz mojih prepričanj ali kvečjemu intersubjektivnih prepričanj, četudi večkrat eksperimentalno podprtih. Zapisane teze torej niso (vsaj ne nujno) "objektivna resnica", neobremenjena od osebnih ali kolektivnih interpretacij opazovane stvarnosti. Prosim, da to pri branju upoštevate in oprostite, da sem zaradi jedrnatosti opuščal povedi, ki bi to v stavkih samih vedno znova eksplicitno izražale. Kjer je potrebno jasno razločiti moje teze od intersubjektivnih (tez znotraj neke teorije ali discipline), to označujejo posebne povedi.

## II. DEFINICIJE OSNOVNIH POJMOV

Obravnava problema kognicije in zavesti je v filozofiji in znanosti odločilno odvisna od enolične opredelitve pojmov. Ker v zgodovini filozofije in med najnovejšimi multidisciplinarnimi prizadevanji za t. i. "znanost o zavesti" (tucsonske gibanje) ni konsenza pri definiciji pojmov, bom v začetku natančno opredelil, s kakšnim pomenom bom sam uporabljal pojme. Pri svoji odločitvi sem po najboljših možnostih poskušal najti najbolj kompromisno srednjo pot med različnimi filozofskimi pogledi in med pogledi novih kognitivnih znanosti (tucsonski krog). Menim namreč, da ne filozofska tradicija sama ne multidisciplinarna t. i. znanost o zavesti, ne zmoreta reševati problem zavesti (razen opisno) sama zase. Hkrati sem moral najti kompromis med slovensko opredelitvijo zavesti in uporabo (večkrat slabo) ustreznih pojmov v dominantnih tujih jezikih. Izraza "zavest" in "consciousness", denimo, se (vsak zase) le težko prevajata v druge jezike (Wilkes, 1988). V kitajskem jeziku nimajo primerne izraza za zavest ("yishi" bi približno ustrezal), v angleščini pa je "consciousness" razmeroma mlad izraz (Wilkes, 1988), ki nujno ne implicira samozavedanja in ki se pogosto meša s sorodnim izrazom "awareness". Kljub temu, da so definicije pojmov načeloma poljubne in imajo izrazito opisen pomen (nikakor ne ontološkega, morda pa niti epistemološkega ne dosti), moramo porabiti nekaj časa zanje.

**ZAVEST:** Ta izraz bom uporabljal v slovenskem pomenu, ki implicira tudi samozavedanje – zavedanje samega sebe in lastne zavesti. Takšna uporaba je domača ne le slovanskim jezikom, temveč tudi nemškemu izrazu "Bewusstsein". V angleščini mu mogoče najbolj ustreza dvojni izraz "conscious mind", ki malo bolj poudari "kibernetiko drugega reda" (samonanašanje zavesti) kot "consciousness", ki se v angleščini uporablja precej široko oziroma preveč "radodarno".

**SAMUZAVEDANJE:** Ta izraz bom uporabljal, kadar bom hotel posebno podkrepiti samonanašujočo naravo zavesti, torej v smislu zavedanja lastne zavesti. V angleščini mu ustrežata izraza "self-consciousness" (pa ne v smislu samozavesti – zavedanja lastnih sposobnosti) ali še bolje "self-awareness".

**DUH:** Ta izraz bom v nasprotju z analitično filozofijo rezerviral za uporabo v spiritualnem smislu. V angleščini mu ustreza "spirit", v nemščini "Geist" (npr. v Heglovem smislu). Duh nima le individualne narave, temveč v nekem smislu presega duševnost posameznika oziroma ga staplja v širše nelokalne razsežnosti – duhovne (spiritualne) dimenzije. Menim, da je "filozofija duha" neustrezen prevod za "philosophy of mind". Slednja se ukvarja predvsem s procesi, ki bi jih običajno klasificirali kot duševne

processe – gre torej za filozofijo duševnosti.

**DUŠEVNOST:** Ta pojem mi bo označeval običajne duševne procese (mišljenje, spoznavanje, sklepanje, vrednotenje, občutenje, čustva) v vsakdanjih okoliščinah. Čeprav je jasno, da niti iz običajnih duševnih procesov ni mogoče izločiti problematične zavesti, bom prisiljen uporabljati izraz duševnost v smislu obdelave informacij pri človeku. T. i. kvalije bom v tem kontekstu moral puščati v ozadju, čeprav seveda priznavam njihovo nenadomestljivo vlogo pri vseh duševnih procesih, vsaj zavestnih. Duševnost zaobjema zavestno, podzavedno in nezavedno obdelavo informacij pri človeku. V angleščini temu izrazu ustreza "mind" ali "mental processes", v nemščini pa navadno "Seele" ali tudi "Psyche" (duša).

**KOGNICIJA:** Ta izraz je soroden duševnosti, vendar morda bolj izpostavlja spoznavanje (dojemanje, razumevanje) in mišljenje (sklepanje, izpeljevanje, presojanje, predvidevanje) kot razumski (analitični, diskurzivni, propozicionalni) proces in njegovo jezikovno izražanje. Tudi kognicija vsebuje podzavestne mehanizme, vendar navadno s tem izrazom pridajamo več pozornosti zavestni obdelavi informacij in razkrivanju odnosov stvari. Pravega slovenskega izraza ni, latinskemu izvornemu pojmu pa v angleščini ustreza "cognition", v nemščini "Kognition".

**UM in RAZUM:** Za razliko od RAZUMA, ki ustreza vsakdanji obdelavi (zaznavnih, kognitivnih) informacij, UM ustreza višji, apercetivni ravni, ki vključuje uvid z globljim razumevanjem. Razum bi v nemščini prevajali "Verstand", v angleščini "reason". Um ima v nemščini lep prevod "Vernunft", v angleščini pa bi bil najbolj ustrezen "intellect", včasih pa tudi kar "mind", "reason".

Izraz **INTELIGENCA** (angl. intelligence, nem. Intelligenz) je podoben razumu. Posebno ustreza njegovi sposobnosti večje manipulacije s formalnimi simbolnimi sistemi oziroma pravili. **INTUICIJA** ali **UVID** (angl. intuition, nem. Intuition) je predpogoj ustvarjalnosti. Globlji uvid oziroma, še više, navdih (inspiracija) in **ZRENJE** (Kantov zor) pritičejo umu, onstran zaznavanja.

**JAZ in SEBSTVO:** JAZ uporabljam kot sopomenko Freudovega izraza EGO ali morda še nekoliko širše, vključujoč individualno **OSEBNOST** človeka. **SEBSTVO** uporabljam za označbo t. i. transpersonalne identitete, najbolj izražene v t. i. transcendentálnih in neintencionalnih stanjih zavesti, ki presega posameznikovega duha oziroma kjer se zliva z Bivanjem onstran individualnega obeležja. Angleška prevoda sta "I" in "Self", vendar se večkrat uporabljata drugače kot pri meni. Nemška prevoda sta "Ich" in "Selbst".

**INFORMACIJA:** V tem delu mislim predvsem na biološko informacijo, ki je aktivna, vsaj bolj kot Shannonova. Informacijo torej definiram v dinamično aktivnem (Bohmovem) smislu kot nadgradnjo Shannonovega pojma informacije. Za začetek bi le navedel jedrnato opredelitev tega zelo zapletenega pojma: informacija je razlika, ki nekaj pomeni (originalno po G. Batesonu: "information is a difference that makes difference"). Torej, gre za nehomogeno, pogosto dinamično in kompleksno, (bio)fizikalno stanje ali proces, ki ga nekdo **INTERPRETIRA** (npr. zavest).

Izraz **MENTALNA REPREZENTACIJA** je v prvem delu velikokrat nadomeščen z nevrosinergetskim izrazom **VZOREC-ATRAKTOR** ali ponekod s psihološkim izrazom **GESTALT**. Ti trije izrazi so sopomenke oziroma zastopajo pogled na isto duševno oziroma informacijsko strukturo z različnih zornih kotov. Nemško tujko "gestalt" uporabljam namesto slovenske besede "lik", ker označuje tudi zvočne, proprioceptivne in druge zaznavne vzorce, ne le vidnih oblik. Poleg tega je tujka primernejša, ker gestalt ni nujno "otipljiv", temveč je lahko abstrakten.

(**TRANSCENDENTALNO** stanje zavesti: nekantovska raba pojma razložena v Dodatku I na koncu.)



# 1. UVOD V ASOCIATIVNE NEVRONSKE MREŽE

## 1.1. KAJ RAZUMEM(O) KOT NEVRONSKE MREŽE

Nevronske mreže so splošno priznane najboljši model možganskih na mikroskopski stopnji. V posplošeni, funkcionalistični različici so tudi najuspešnejši model duševnih procesov, vsaj če zanemarimo zavest in kvalije.

V najbolj razširjenem pojmovanju izraz "nevronske mreže" ponazarja model nekega kompleksnega sistema, kjer je mnogo približno enakih elementov povezanih med seboj in interagirajo.

Izraz prihaja iz raziskovanj možganov. V možganih so nevroni ŽIVČNE CELICE, ki si med seboj pošiljajo živčne signale (akcijske potenciale). Vendar se da to idejo uporabiti tudi pri drugih kompleksnih sistemih, ki delujejo podobno. V takem primeru govorimo o MREŽAH FORMALNIH NEVRONOV. Formalni nevroni so lahko kakršnikoli elementi nekega kompleksnega sistema, ki izvajajo podobne kolektivne procese kot (biološka) nevronska mreža.

Odslej bom uporabljal naslednje pojme:

1. **BIOLOŠKA NEVRONSKA MREŽA:** mreža živčnih celic (pravih nevronov), ki si izmenjujejo signale prek sinaps.
2. **MREŽA FORMALNIH NEVRONOV** deluje po podobnih skupinskih dinamskih načelih kot biološka nevronska mreža, vendar je formalni nevron lahko neka druga informacijsko-procesna enota.

Ločil bom več vrst mrež formalnih nevronov:

**MODULARNA NEVRONSKA MREŽA:** Formalni nevron je skupek (modul) pravih nevronov.

- 2.1. **KVANTNA MREŽA:** Formalni nevron je nek kvantni element ("točka"), ni nujno kvantni delec. Kadar hočem posebno poudariti, da gre za mrežo kvantnih "točk" (matematičnih oziroma modelskih) globlje od kvantnih delcev, govorim o **SUBKVANTNI MREŽI**.
- 2.2. **VIRTUALNA MREŽA** ali **MREŽA POSPLOŠENIH NEVRONOV:** Formalni nevroni so višje organizacijske oblike (gestalti) bioloških nevronov ali drugih materialno udejanjenih formalnih nevronov.
- 2.3. **KONCEPTUALNA** oziroma **SEMANTIČNA MREŽA** bo označba za mreže konceptov, idej, duševnih vzorcev. Za monista je to podmnožica virtualne mreže, za dualista pa bi bila nekaj neodvisnega.
3. **MNOGONIVOJSKA "FRAKTALNA" MREŽA:** Ta izraz ne bo označeval hierarhično urejene mreže formalnih nevronov iste vrste, temveč sestavljeno mrežo formalnih nevronov različnih vrst oziroma velikosti. To je mreža formalnih nevronov, kjer na različnih ravneh oziroma velikostnih skalah nastopajo formalni nevroni različnih vrst.
- 3.1. **NEVRO-KVANTNA MREŽA** je mnogonivojska "fraktalna" mreža, kjer na makroskopski ravni nastopajo pravi nevroni (živčne celice), na mikroskopski ravni (denimo znotraj njihovih aksonov) pa kvantni formalni nevroni (delci, spini, kvantne "točke").

O mrežah formalnih nevronov torej govorimo takrat, ko obstaja **MNOŽICA NEKIH OSNOVNIH ELEMENTOV, TESNO POVEZANIH MED SEBOJ**, ki sodelujejo ali tekmujejo ter se čim bolj **USKLAJUJEJO DRUG Z DRUGIM**. S takšno **SKUPINSKO** dejavnostjo ti osnovni gradniki, ki jih imenujemo formalni nevroni, težijo k skupnemu **RAVNOVESJU**.

**SIMETRIČNA** ali **HOPFIELDOVA MREŽA (FORMALNIH) NEVRONOV** je tista, kjer (formalni) nevroni sodelujejo po načelu **"VSI ZA ENEGA, EDEN ZA VSE"**. Za globalno sistemsko modeliranje v kognitivni znanosti je ta najprimernejša.

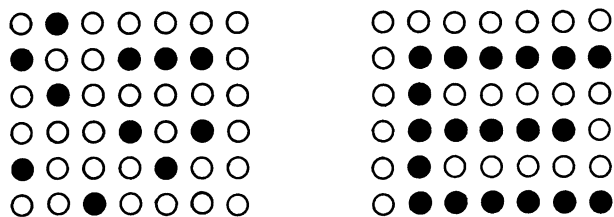
Nadalje bom govoril (dokler ne dam nove opredelitve) o modelski nevronske mreži v splošnem. Povedano bo veljalo tako za model biološke nevronske mreže kot tudi za mreže formalnih nevronov.

Predstavljajmo si veliko množico celic, ki so povezane v mrežo. Vendar posamezna celica (nevron) nima vezi le s sosednjimi celicami, temveč je vsaka povezana z vsako drugo. Najgloblji zakon narave pravi, da se v njej vse dogaja tako, da se razna neravnovesja izravnavajo ali razni načini med seboj usklajujejo. Tedaj se namreč energija sistema manjša. Tudi nevroni, nanizani v mrežo, si med seboj pošiljajo signale tako, da sklenejo najboljši možni kompromis. Tako optimalno uskladijo svoja stanja in vsebine.

Nevronska mreža prerazporeja predvsem informacije. Tam imenujemo podobo, v okviru katere imajo posamezni nevroni svojo vlogo in svoje mesto, nevronska konfiguracija. Na sliki 1 levo je primer nevronske konfiguracije, če so nevroni (krožci) razporejeni v ravnini in imajo lahko v grobem le dve vloge: lahko so aktivni (vzburjeni, "pozitivni") ali neaktivni (nevzburjeni, "negativni").

Nekatere nevronske konfiguracije so čisto posebne. To so tiste konfiguracije, ki nam nekaj **POMENIJO** (imajo v sistemu vplivno vlogo). Takšne konfiguracije imenujemo **VZOREC**. Na sliki 1 desno vidimo grobo shematsko prikazan nevronske (notranji) vzorec črke E (zunanjšega vzorca). Tak notranji vzorec, ki še ohranja obliko zunanjega vzorca (tistega, ki pride iz okolja), se pojavi npr. na očesni mrežnici.

Vzorec je na meji med materialnim in nadmaterialnim. Obe sliki 1 prikazujeta neko nevronska konfiguracijo, vendar ima druga konfiguracija (vzorec) povsem drugačne posledice. Vzorčna konfiguracija je posebno ugodna in stabilna. Zakaj? Ker najbolj ustreza dejanskemu stanju v okolju, ki ga človek opazuje (npr. ko bere). Ustrežanje okolju prinaša tako stabilnost kot sistemski pomen oziroma smisel vzorca. Stanje materije (nevronov) je eno, stabilnost, usklajenost in sistemski pomen (vsebina, informacija) pa je nekaj drugega. Vendar ima vzorec dvojno vlogo, ki združuje obe stvari.



Slika 1. Nevronska konfiguracija (levo) in vzorec "E" (desno).

Prav okolje je tisto, ki s svojimi vplivi neprestano "oživlja" dogajanja v mreži, ji daje vsebino in celo strukturo. Mislimo ne toliko na topološko zgradbo mreže (njeno obliko), temveč predvsem na skupinsko strukturo notranjih stanj nevronov in vezi. Nevron je torej materialno realizirana živčna celica, formalni nevron je neka druga materialno ali virtualno udeležena enota. Množica (formalnih) nevronov lahko sestavlja vzorec, ta vzorec pa kodira neko informacijo.

Vzorec je neka kvalitativno povsem nova celota, ki je ni mogoče razstaviti na stanja posameznih nevronov. Nevroni, ki skupaj sestavljajo vzorec, so povezani v "implicitno organizacijo".

Denimo, množica ljudi, ki organizirano počepajo in vstajajo, je nekaj povsem drugega kot množica ljudi, ki vsak zase tekajo sem ter tja po trgu. Neorganizirana množica ljudi je torej primerjava za nevronska konfiguracijo, usklajena množica pa oblikuje vzorec. Primer za vzorec je slika, ki jo sestavljajo nastopajoči na stadionu ob svečanih priložnostih (otvoritev olimpijade, prireditve za 25. maj v bivši Jugoslaviji ipd.). Ta vzorec je nekomu (gledalcem) nekaj pomenil in je zato imel dve manifestaciji: najprej objektivno-materialno, nato pa tudi subjektivno-nadmaterialno! Komu pa nevroni, ki sestavljajo vzorec, nekaj pomenijo? Drugim skupinam oziroma podmrežam nevronov, ki prejemajo signale od podmreže vzorčnih nevronov. NEVRONI DRUG DRUGEMU PREDSTAVLJAJO VSEBINO IN KONTEKST v skladu z načelom "vsi za enega, eden za vse"!

## 1.2. PRESLIKAVE IZ OKOLJA

Prehod od možganov k duševnosti je zapleten in POSTOPEN. Ni jasne razlike, vendar tudi ni enega brez drugega (razen v mrtvem organizmu). Možgani obstajajo oziroma živijo zaradi procesov v njih, procesi pa so možni le, če so za to dane materialne osnove.

Možgani in duševnost delujejo SOODVISNO in CELOVITO. Brez sintetičnega pogleda se navidezni analitični problem soodvisnosti materije in procesov ne bo nikoli približal rešitvi. Necelovitost prinaša vrsto nepotrebnih absurdov in paradoksov. V sintezo pa je nujno treba vključiti tudi okolje:

Nevronska mreža ne deluje le sama zase, temveč prejema dražljaje iz okolja. Svetloba pada v oko in vzburi nevrone na mrežnici, zvok – nihajoč zrak vzburi nevrone v ušesu. Mreža se na te motnje iz okolja odziva, saj se mora znova uravnovesiti. Nevroni, ki jih je okolje pravkar prisililo v spremenjeno stanje, se morajo znova usklajevati z drugimi – notranjimi nevroni, s tem pa prenesejo nanje svoj vpliv s svojimi signali.

Sprejemni nevroni (receptorni nevroni) so vzdraženi v takšnem vzorcu, kot je dejanski zunanji vzorec sam! Če gledamo sliko črke E, se bodo tudi receptorni nevroni na očesni mrežnici vzdražili tako, da bo vzorec njihovih vzdraženosti predstavljal črko E. Torej se zunanja slika ali zunanji objektivni vzorec PRESLIKA v notranjo sliko ali notranji vzorec. Če se npr. E preslika v E, rečemo, da je takšna preslikava topološko korektna. V čutilih je to običajno, pri preslikavah med podmrežami nevronov v notranjosti pa se začetni vzorci lahko preslikajo v nove, bolj abstraktne (navidezne oziroma virtualne) vzorce. Prostorski izomorfizmi ("ena-proti-ena" prostorske preslikave) so prva stopnja oziroma približek možganskega kodiranja; kasneje se ta topološka korektnost zabriše. Vendar vselej velja, da se bo DOLOČENI ZUNANJI VZOREC PRESLIKAL V TOČNO DOLOČENI NOTRANJI VZOREC. Prav to velja tudi v notranjosti možganov: Specifična začetna notranja slika se bo preslikala v specifično končno (navidezno – virtualno) notranjo sliko v nekem drugem predelu možganov.

Nevroni v mreži torej POSNEMAJO zunanje slike tako, da tvorijo ustrezne specifične konfiguracije, ki ponazarjajo notranje vzorce. Notranji nevronske vzorci s tem odražajo dejanske zunanje vzorce. Vedno, ko se bo v okolju pojavil določen vzorec (npr. žival, avtomobil, črka, melodija, vonj), se bo oblikoval določen virtualni vzorec v nevronske mreži, ki bo ponazarjal tisto žival, avtomobil itd.

Možgani nadalje analizirajo, razporejajo (klasificirajo) te vzorce in ugotavljajo ODNOSE med njimi. Lahko oblikujejo drug vzorec na osnovi prvega ("dobijo" ASOCIACIJO iz enega na drugi vzorec). Potem pa sintetizirajo vzorce v posplošene vzorce. O tem več kasneje; sedaj le ugotovitev, da naši možgani vzpostavijo

neke asociativne zveze med notranjimi vzorci prek zvez med posameznimi nevroni, ki sestavljajo te vzorce. Te zveze potem razumemo kot realne zveze med zunanji objekti.

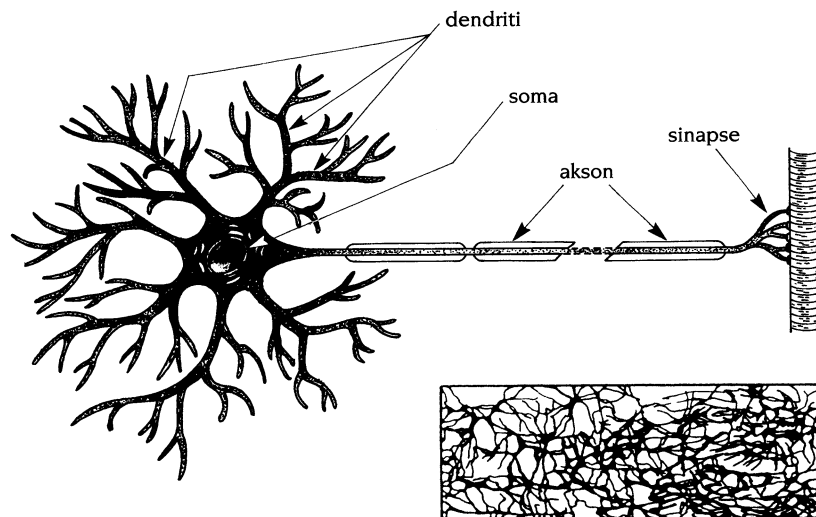
### 1.3. NEVRONI, SINAPSE IN NJIHOVA DEJAVNOST

Sedaj se bomo posvetili biološki nevronske mreži – mreži pravih nevronov.

Nevronov je veliko različnih vrst. Običajno imajo en dolg izrastek (AKSON) in več krajših izrastkov (DENDRITOV). Med aksonom enega nevrona in dendritom drugega nevrona je stik, ki se imenuje SINAPSA. Signal se prenaša iz enega nevrona na drugi nevron prek sinaptične špranje s pomočjo posebnih kemičnih snovi – neurotransmiterjev. MOČ oziroma prepustnost sinaptične vezi ima odločilno vlogo pri SPOMINU, saj se v vezeh "nalagajo" vzorci.

Med sistemom nevronov in sistemom sinaps neprestano poteka izmenjava vzorcev. Tisti vzorec, ki je trenutno "v prvem planu", je zastopan v trenutni konfiguraciji nevronske aktivnosti. Vzorci, ki trenutno niso aktualni in jim oseba ne posveča pozornosti, pa ostanejo zakodirani v sinaptičnih vezeh (v spominu), od koder se po potrebi lahko prikličejo.

Posebna nenavadnost in čar nevronske mreže je v dejstvu, da lahko ena mreža nevronov, povezanih prek sinaps, SHRANI VELIKO VZORCEV HKRATI. Tako lahko en nevron oziroma ena sinapsa sodelujeta pri oblikovanju oziroma shranjevanju množice vzorcev. Vzorci so namreč zapisani PARALELNO-DISTRIBUIRANO (v dobesednem prevodu: vzporedno-razpršeno). To pomeni, da je vsak vzorec zastopan v vseh sinaptičnih vezeh: v eni sinaptični vezi so ohranjene sledi vseh vzorcev, hkrati pa je en vzorec zakodiran v močeh vseh sinaps.



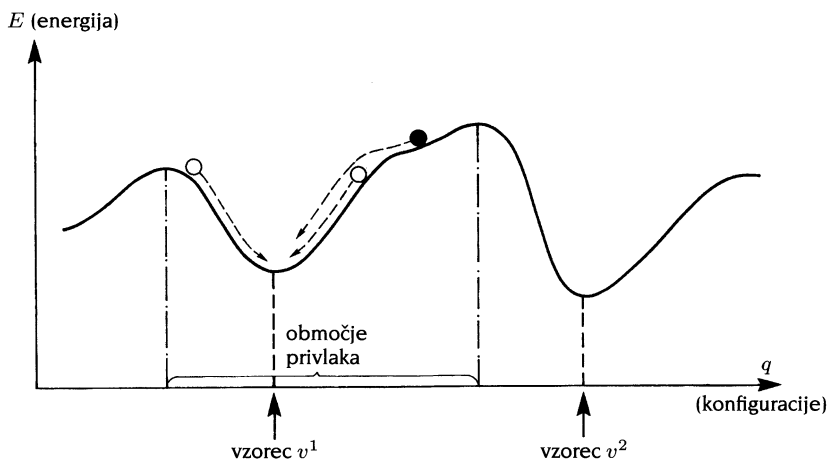
Slika 2. Nevron (zgoraj) in naravna nevronska mreža (spodaj)

Uporabimo primerjavo nevronske mreže s človeško družbo. V oklepaju vselej navajam nevronske analogije: Posamezen medčloveški odnos (vez) je določen z množico okoliščin in dejavnikov ter je v skladu s poklicem ali določenimi vlogami (nevronska stanja) obeh oseb. Obenem pa je določen poklic ali vloga (nevronske stanje), denimo biti oče, prijatelj, policist, razpeta prek množice medsebojnih zvez in odnosov med posameznimi ljudmi. Tako se udejanja po vsej družbi vzporedno razpršen (paralelno-distribuiran) vzorec, denimo očetovstvo, prijateljstvo, policija, ki pa izhaja iz posameznih lokalnih stanj (posameznih vlog očeta, policista). Uporabimo še bolj nazoren primer, ki velja na višji ravni: Namreč, prej so nevroni (npr. kulturniki) sestavljali vzorec (kulturno sceno države), sedaj pa vzorci sestavljajo vzorec višjega reda (svetovno kulturno skupnost). Če se srečata dva državnik (vez), razpravljata o sodelovanju na gospodarskem, političnem, znanstvenem, kulturnem področju idr. (vzorci). Gospodarstvo določene države, znanost in kultura določene države idr. so družbene dejavnosti, ki se vsaka zase sestavljajo v širše svetovne strukture (vzorci višjega reda) tudi prek mnogovsebinskih stikov (vezi) med svojimi državniki.

Bistvo nevronske mreže je, da so nevroni speti s sinaptičnimi vezmi, ki niso za stalno določene, temveč se njihova moč nenehno spreminja. Prav v nepretrganem PROCESU preklapljanja stanj nevronov in izmenjave signalov prek vezi ter spreminjanju prepustnosti vezi pa tiči sposobnost mreže za modeliranje in nadzorovanje spremenljivega zunanjega sveta. Določeno stanje imajo torej tako nevroni kot tudi sinaptične vezi. Pri nevronih je to stanje vzbujenosti: nevron je lahko VZBURJEN (aktiven, "prižgan" – oddaja signale) ali NEVZBURJEN (neaktiven, "ugasnjen" – ne oddaja signalov). Sinapsa pa lahko deluje z večjo ali manjšo MOČJO oziroma PREPUSTNOSTJO za impulze, in sicer VZPODBUJEVALNO ali ZAVIRALNO. Nevron deluje kot seštevalnik: sešteje prispevke vseh drugih nevronov prek njihovih dendritov, pomnoženih z močjo sinaptičnih vezi. Če seštevek preseže določeno vrednost (prag), se nevron prižge in odda svoj signal po aksonu. Če pa prag ni presežen, nevron ostane ugasnjen in ne razpošilja svojih impulzov. Gledano globalno je ta proces "obstreljevanja s signali, medsebojnega merjenja moči in dogovarjanja" čisto statistično-"naključne" narave.

## 1.4. KONFIGURACIJSKI PROSTOR

Konfiguracijski prostor je abstraktni matematični prostor. Po domače lahko rečemo, da je to diagram, s pomočjo katerega naslikamo, kaj se v nevronske mreži dogaja. Ob tem diagramu fiziki zgradimo nize matematičnih enačb, ki opisujejo vedenje sistemov in njihove prehode od enega stanja (konfiguracije) k drugemu stanju (konfiguraciji). Konfiguracijski prostor je okvir, v katerem se to dogaja.



Slika 3. Konfiguracijsko-energijski prostor. Kroglica označuje trenutno konfiguracijo sistema, minimumi pa vzorce-atraktorje.

Konfiguracija je, kot je bilo prikazano že na sliki 1, množica stanj posameznih elementov nekega sistema, recimo nevronske mreže. Sistem lahko oblikuje mnogo različnih konfiguracij, vendar so ene bolj energijsko ugodne, druge pa manj. Konfiguracija je bolj energijsko ugodna, če so nevroni med seboj bolj usklajeni. Pa ne le nevroni, temveč tudi sinaptične vezi! Sicer bi bilo zelo enostavno: najbolj so nevroni usklajeni, če so vsi hkrati prižgani ali vsi hkrati ugasnjeni. V praksi pa se v veliki mreži to ne zgodi tako zlahka; če zaradi drugega ne, pa zaradi dražljajev iz okolja ali nezmožnosti "sporazumne" uskladitve. Tudi v človeški družbi bi bilo "najbolje", če bi bili vsi istega mnenja, pa ni tako in ne more biti.

V konfiguracijskem prostoru nanašamo na vodoravno os (absciso) razne konfiguracije. Posamezne točke na vodoravni osi zaznamujejo posamezne konfiguracije, ki jih označimo s  $Q$ . Na navpično črto (ordinato) pa nanašamo energijo ali potencial te konfiguracije  $Q$ .

Ta diagram, ki ga vidimo na sliki 3, bi morali pravzaprav natančneje imenovati KONFIGURACIJSKO-ENERGIJSKI PROSTOR, saj prikazuje odvisnost energije sistema od posameznih konfiguracij sistema. Včasih imenujemo to, kar ponazarja diagram 3, kar konfiguracijski prostor, včasih pa kar energijski prostor. Kot vidimo na sliki 3, imajo različne konfiguracije različne energije. Vzorec je tista konfiguracija, kjer je energija minimalna. Trenutno stanje sistema je označeno s kroglico. Kroglica bo zdrknila proti dnu potencialne vrtače. Točka na dnu predstavlja vzorčno konfiguracijo. Ker privlači druge točke, jo imenujemo ATRAKTOR. Območje, od koder kroglica (trenutno stanje sistema) preide k določenemu atraktorju, imenujemo OBMOČJE PRIVLAKA atraktorja ali vzorca, ki ima vlogo atraktorja.

## 1.5. UVOD V FORMALNE NEVRONSKE MREŽE KOT KORESPONDENČNI MODEL, KI SKLAPLJA FIZIOLOŠKO IN DUŠEVNO

### 1.5.1. Sinaptične vezi kodirajo odnose med nevronskimi stanji

Človeka sestavlja njegovo telo, torej funkcionalni sistem celic in organov, ter življenje oziroma dogajanje v tem telesu. Zgradba telesa je že precej dobro raziskana, marsikaj pa je še skrito glede delovanja. Organizem je dinamičen odprt sistem, ker je v neprestani izmenjavi energije, materije in informacije z okoljem. Posamezni organi nimajo le ločene lokalizirane funkcije, temveč sodelujejo v delovanju telesa kot celote, v njegovih skupinskih regulatornih mehanizmi. Za organizem so značilni zapleteni sinhronizirani, samostabilizirajoči, samoorganizacijski in samoregulatorni procesi, ki se hierarhično razporejajo v komplekse raznih redov.

Možgani so obsežen sistem pravih in formalnih oziroma posplošenih nevronov, ki so med seboj zelo gosto prepleteni v mreže. Glavne značilnosti nevronske mreže so tesna medsebojna povezanost, soodvisnost in samozaokroženost skupnosti ogromnega števila nevronov. Prav raznolika DINAMIKA nevronov (njihovih stanj in prejemnih oziroma oddajnih signalov) ter moči njihovih vezi (sinaptičnih stičišč) ustvarja materialno ozadje za duševne procese.

Treba je jasno ločiti dva vidika nevronskega procesa. Med nevroni in v nevronih potekajo BIOFIZIKALNI oziroma biokemijski PROCESI, hkrati pa so ti fizikalni procesi NOSILCI neke INFORMACIJSKE VSEBINE. Prvi vidik so nevroni, sinapse in signali, drugi pa njihov sistemski pomen. Eno je vzorec kot konfiguracija

nevronov, drugo pa, kakšno informacijo ta vzorec predstavlja.

Kot osnovo imamo torej statično strukturo – sistem živčnih celic in njihovih povezav. V živem organizmu ta sistem deluje: nevroni ne samo obstajajo, temveč imajo svoje notranje stanje. Lahko so aktivni (vzbujeni oziroma prižgani) ali pa ne. Vsak nevron sešteje signale drugih nevronov. Če ta seštevek preseže določen prag, se nevron vzbudi in odda dražljaj drugim, sicer ostane nevbujen. Sinaptična vez lahko vzbujevalno ali zaviralno deluje na izmenjavo signalov med nevronoma, ki ju veže. Če sta oba nevrona istočasno vzburjena, tedaj se sinaptična vez med njima jača, sicer vez postopoma slabi.

Prek senzornih nevronov v čutilih (npr. na očesni mrežnici), ki se vzburijo ob raznih zunanjih dražljajih, se vpliv okolja prenese v nevronska omrežja senzornih predelov možganov. Tam nastajajo vzorci nevronske aktivnosti, kjer stanje posameznega nevrona predstavlja posamezno točko vzorca. Na nevronske vzorce vplivajo tako novi zunanji vplivi kot tudi stari vzorci, ki so že shranjeni v sistemu sinaps. Tako se optimalno kombinirajo rezultirajoči vzorci. Ti se nadalje lahko hierarhično organizirajo, grupirajo in medsebojno preoblikujejo. Nastajajo abstraktni in posplošeni višji vzorci ter odnosi med njimi...

Taki procesi so fiziološka osnova ali ozadje za prave "nadmaterialne" duševne procese. Poglejmo najprej, v čem so zastopana "nadmaterialna" duševna stanja in kaj to pomeni? Materialno fiziološko osnovo tvorijo ne samo živčne celice (biološki nevroni) ter sinapse, temveč predvsem njihova STANJA – njihove AKTIVNOSTI, ki se neprestano spreminjajo. Ta dejavnost pa je določena z medsebojno primerjavo, izmenjavo in medsebojnimi ODNOSI. Imamo torej dva pojma: stanje in odnos; oba pa se prepletata na več ravneh. Trenutni signal se prenaša boljše ali slabše glede na prejšnji stanji nevronov oziroma glede na prejšnje stopnje njune (ne)sočasne vzbujenosti. STANJE (MOČ) SINAPTICNE VEZI ODRAŽA ODNOS, oziroma natančneje zgodovino odnosov, med stanjema dveh nevronov.

Nevroni in sinapse so torej materialna osnova, ki pa živi – oblikuje vzorce aktivnosti. Ti vzorci aktivnosti množice nevronov (kot svetlosti množice točk na televizijski sliki) ponazarjajo NOTRANJE VIRTUALNE SLIKE. Informacijsko predelovanje vzorcev poteka z upoštevanjem odnosov (podobnostjo ali nepodobnostjo) med vsebinami njihovih konstitutivnih nevronov, primerjanje in iskanje sorodnosti pa se izvaja prek sinaptičnih vezi.

### 1.5.2. Virtualni vzorec materialnih nevronske stanj z informacijsko vsebino

Vzorci oziroma notranje slike so sami seveda neka stanja višjega reda in oblikujejo tudi medsebojne odnose višjega reda. Vendar je zelo zanimivo in pomembno, da lahko ista nevronska mreža tvori VEČ VZORCEV HKRATI. V aktivnostih (formalnih) nevronov je (vsaj v našem modelu) zakodiran predmet, ki se ga trenutno zavedamo. V sistemu nevronov je lahko naenkrat le en vzorec, v sinapsah (v spominu) pa je naloženih več vzorcev obenem. Vzorce torej sestavlja množica nevronov – tako kot sliko sestavlja množica točk. Nevronska mreža pa tvori množico nevronov in množico povezav prek sinaps med nevroni. Ta struktura omogoča, da imamo lahko eno sliko "v prvem planu" (predmet "v zavesti"), več drugih pa "v ozadju" (v spominu), a jih lahko priklicujemo iz spomina v "zavest". Tukaj sem seveda govoril o kodiranju predmeta, ki se ga zavedamo, v sistemu (formalnih) nevronov, ne pa o zavesti sami! V grobem približku zaenkrat rečem le, da zavest še "osvetli" vzorec sistema formalnih nevronov (ga poveže s celoto in "ga obogati s kvalitami")...

Vzorci torej temeljijo na stanjih bioloških ali formalnih nevronov in sinaps, vendar zasnujejo neke nove strukture višjega reda. Prav tako ODNOSI med vzorci temeljijo na močeh množice sinaps, vendar prinašajo nekaj kvalitativno novega. To je analogno človeški družbi. Razne organizacije, na primer države, so "vzorci", ki temeljijo na množici posameznih ljudi. Odnos dveh držav temelji na odnosih med ljudmi, vendar oblikuje neko novo kvaliteto. Stik dveh državnikov ni le zasebni stik dveh oseb, temveč je tudi stik dveh držav, ki ima čisto novo razsežnost in pomen. Strukture, ki niso le neusklajene množice posameznih osnovnih elementov, temveč predstavljajo na podlagi osnovnih elementov oblikovane KVALITATIVNO NOVE elemente višjega reda, se v psihologiji imenujejo GESTALTI. Npr. melodija je gestalt posameznih tonov; stavek je gestalt posameznih besed ipd. "Sreda grm med njihov" ni stavek (ni gestalt), marveč le niz besed, saj ne prinaša kvalitativno nove vsebine, torej vsebine višje stopnje, kot so vsebine posameznih štirih besed.

Treba je torej ločiti možgane (sistem bioloških in formalnih nevronov in sinaps), ki dajejo materialno osnovo, in njihovo VSEBINO (množico stanj nevronov), ki je osnova DUŠEVNEGA STANJA! To so neke notranje virtualne slike, pogojene z zunanjimi dražljaji. Stanja sistema (formalnih) nevronov so lahko poljubna "brezpomenska" stanja ali pa vzorci, ki so stanja z nekim "pomenom" (gestalti). To so stanja, ki se nanašajo na nekaj pogosto videnega, na kar smo se že navadili. Stanja (formalnih) nevronov so navadno mešanice vzorcev, ki se lahko "zjasnijo" v en sam vzorec.

Ker imajo vzorci posebne avtonomne lastnosti, jih lahko iz analitičnih razlogov označimo kot "nadmaterialne", vendar je to čisto stvar okusa. Vzorec ni lokalizirano shranjen na enem mestu, temveč po vsej mreži (formalnih) nevronov. Vendar je tisto, kar šele opravičuje tako označbo, asociativnost in kontekstualnost informacij, ki ustrezajo vzorcem. Odnos med stanjema je nekaj, kar se loči od stanja samega. Tak razsežen nabor odnosov pa prinaša posebnosti in tvori nove strukture, ki samo koreninijo v materialni biološki osnovi, same pa so nekaj več. Spomin sestavljajo korelacije med posameznimi nevroni oziroma korelacije med posameznimi točkami virtualne slike. Vrednost teh korelacij je zakodirana v močeh posameznih sinaptičnih vezi. Vzorci v sinapsah torej predstavljajo spomin. Relacije (odnosi) oziroma korelacije (vsebovanje skupnih značilnosti) se lahko razumejo kot medsebojni odnosi med stanji materije, ne pa kot materija sama. V tem smislu je mišljen pojem "nadmaterialnosti".

Dennet je dal naslednjo prisposobo: Duševnost je podobna slavi človeka (kolektivno informacijsko stanje, v katerem se človek nahaja), ne človeku ali njegovemu okolju samemu. Slava je sicer zvezana s stanjem

nekega človeka, vendar ne njega samega, temveč njega v odnosu do drugih ljudi oziroma teh ljudi do njega. Podobno duševnost izrašača (emergentira – angl. "emerges") iz nevronske stanje oziroma odnosov med njimi. Duševnost je v individualnih možganih to, kar je slava v družbi – kolektivno stanje. Razlika je spet (le) v zavesti: družba se zaveda slave svojega člana samo skozi zavesti posameznih članov, možgani pa premorejo individualno, enotno zavest na ravni vseh možganov, ne na ravni nevronov.

Če povzamem: BIOLOŠKI NEVRONI (ŽIVČNE CELICE) OZIROMA DRUGI MATERIALNO UDEJANJENI FORMALNI NEVRONI TVORIJÓ FIZIOLOŠKO OSNOVO OZIROMA OZADJE DUŠEVNOSTI. STANJA NEVRONOV, KI JIH DOLOČAJÓ ZUNANJI DRAŽLJAJI IN NJIHOVE KORELACIJE S SPOMINOM, PA SOOBLIKUJEJO VZORCE, KI SO ZAMETEK DUŠEVNE VSEBINE.

## 1.6. PREGLED OSNOVNIH KONEKCIONISTIČNIH POJMOV

Pred nadaljevanjem se po abecedi seznanimo z osnovnimi pojmi teorije nevronske mreže (velja za vse vrste formalnih nevronov!) in konekcionistične filozofije.

**ASOCIATIVNOST:** Asociacija je priklic enega vzorca na osnovi drugega; "en vzorec nas spomni na drugega". Natančneje ločimo HETEROASOCIACIJE (prehod nevronske mreže od enega vzorca k drugemu) in AVTOASOCIACIJE (popolnitev nepopolnega vzorca, rekonstrukcija celega vzorca na osnovi znanega dela – tako imenovanega "ključa"). Asociativnost je glavna lastnost višjih možganov, posebno možganske skorje. To je, ko gre za součinkovanje množice vzorcev, tudi zmožnost povezovanja vzorcev v ZVEZE in nove smiselne strukture, višje, posplošene vzorce itd., sposobnost stapljanja vzorcev in s tem ustvarjanja sinestetičnih mešanic ter abstraktnih struktur.

**ATRAKTOR:** Privlačna točka v prostoru možnih stanj dinamskega sistema. Dno jame je atraktor za kroglico – tako je v običajnem prostoru, v katerem deluje gravitacija. Pri nevronske mreže je določena nevronska konfiguracija, ki se imenuje vzorec, atraktor v abstraktnem konfiguracijskem prostoru ali prostoru možnih stanj populacije nevronov. Dno potencialne vrtače v konfiguracijskem prostoru je atraktor nevronske dinamike.

**EKSPPLICITNO:** Razvito, udejanjeno, manifestirano.

**EMERGENTNO** (iz. angl. "emergent"): nov izraz, ki podobno kot "gestalt" ali "virtualno" poudarja, da iz materialnih (sistemskih) procesov zaradi interakcij med elementi sistema izhajajo ali izražajo (se pojavijo) kolektivne, ireducibilne, kvalitativno nove, paralelno-distribuirane, celostne strukture (vzorci-atraktorji), to so duševne strukture in celo zavest. Emergentizem presega materializem, vendar je prej paralelistično monističen kot dualističen.

**GESTALT** (iz nem.: lik, podoba, oblika): Kvalitativno nova oblika oziroma vzorec, ki nastane na osnovi množice enostavnejših elementov in njihovega medsebojnega delovanja. Primeri: stavek je gestalt posameznih besed; beseda je gestalt posameznih zlogov in glasov; slika-mozaike je gestalt posameznih obarvanih kamenčkov; melodija je gestalt posameznih tonov.

**IMPLICITNO:** Vključeno, zajeto v nečem (drugem); zavito, skrito; latentno, obstaja kot možnost, virtualno.

**INTENCIONALNOST:** Naravnost, usmerjena pozornost človeka ali višjih živali na določen vzorec. V fenomenologiji je duševno stanje (vzorec-atraktor) intencionalno, če je nosilec določene informacijske vsebine. Torej gre pri filozofski rabi pojma intencionalnost za uperjenost na predmet oziroma pojav, ne za namensko usmerjenost k nekemu cilju naše dejavnosti. Intencionalnost je ponesrečen pojem, ki ga nekateri v angleščini nadomeščajo s primernejšim "aboutness". Intencionalno stanje ima podstat v mreži formalnih nevronov in njihove dinamike iskanja kolektivnega ravnovesja, in sicer v podzavesti ali v zavesti. Vendar intencionalnega stanja ni mogoče zreducirati na nevronske težnje po nižji energiji, vsaj ne več takrat, ko govorimo o volji oziroma voljni motivaciji ali pozornosti oziroma zavedanju prve osebe (Jaza).

**ITERACIJA:** Ciklični matematični postopek, ki se naposled lahko stabilizira v neki vrednosti – limiti. Če imamo srečo, da se to zgodi, rečemo, da iteracija KONVERGIRA. Nevronske mreže delujejo iterativno in konvergirajo k vzorčni konfiguraciji, če je trenutna konfiguracija mreže znotraj območja privlaka vzorca.

**KARDINALNI nevron (celica):** 1. V fizioloških funkcionalno-hierarhiziranih nevronske mreže poseben nevron v višji plasti, ki zastopa določen vzorec v nižji plasti. 2. V virtualno hierarhiziranih mreže na BIOLOŠKI stopnji posebno dominanten nevron ali skupina nevronov (KARDINALNA DOMENA), ki predstavlja določen vzorec. Na VIŠJI stopnji pa čisto podobno vlogo igra POSPLOŠENI kardinalni nevron, ki pa ni celica, temveč virtualni element, ki zastopa določen višji vzorec. Sorodno vlogo kot kardinalna domena ima parameter urejenosti, ki pa je tudi virtualen. (Sopomenke v posebnih primerih: skrita enota; "babičina celica" – angl. "grandmother cell" bi bil kardinalni nevron visokega reda.)

Čim višje smo na hierarhični lestvici vzorcev, tem bolj prevzemajo kodirno vlogo kardinalnim oziroma integrativnim nevronom vse širše kardinalne domene, ki so neke vrste oligarhija!

**KONFIGURACIJA (nevronska):** Vsak nevron, kot element v sistemu, ima določeno stanje (aktiven ali neaktiven). Množica vseh stanj posameznih nevronov sestavlja določeno stanje cele nevronske mreže, ki se imenuje konfiguracija. Opisujemo jo navadno z vektorjem (vrstico števil), katere posamezna komponenta opisuje stanje posameznega nevróna v mreži. Npr.: (1, 0, 0, 1, 0, ...) = (prvi nevron prižgan, drugi ugasnjen, tretji tudi, četrti prižgan itd.). Spomnimo se na sliko 1.

**KONFIGURACIJSKI PROSTOR:** Abstraktni prostor, ki ga sestavljajo posamezne točke, katerih koordinate ustrezajo posamezni nevronske konfiguraciji. Konfiguracijski prostor je  $N$ -dimenzionalen, če je  $N$  število nevronov v mreži. Obsega pa toliko točk, kolikor je možnih konfiguracij. Zelo soroden je tudi pojem **PROSTOR STANJ**, saj je njegova posamezna točka ustrezna posameznemu stanju sistema. **KONFIGURACIJSKO-ENERGIJSKI PROSTOR:** Poleg  $N$  osi dodamo še eno os za energijo, ki ustreza določeni konfiguraciji.

**KONTEKSTUALNOST:** V nevronske mreže so vsi nevroni med seboj tesno povezani in prepleteni, zato so odločilno odvisni drug od drugega in drug drugega sodoločajo. To se posredno prenaša tudi na vzorce raznih redov. Za stanje nevrna in za vzorec je torej vedno usodno pomembno, v kakšni zvezi in kakšnem odnosu je z drugimi, saj vsebino in njen pomen sooblikujejo skupaj. Kontekstualnost in asociativnost sta neposredno povezana.

**PARALELNO-DISTRIBUIRANO:** Porazdeljeno po prostoru in delujoče hkrati, vzporedno po raznih delih prostora. **PARALELNO-DISTRIBUIRAN PROCES** je dogajanje, ki ga sestavlja množica lokalnejših dogajanj. Takšni kompleksni sistemi, kot je nevronska mreža, navadno delujejo paralelno-distribuirano, saj množica primerno porazdeljenih elementov hkrati opravlja določene procese, ki se zaobjamejo v širše **KOLEKTIVNE** procese (skupinske pojave). Elementi paralelno-distribuiranega sistema delujejo po principu "vsi za enega, eden za vse"; v smislu shranjevanja informacij pa to pomeni "vse v enem, eno v vsem".

**PARAMETRI UREJENOSTI:** Matematične spremenljivke, ki opisujejo pomen vzorcev na različnih ravneh. Sorodni pojmi: (posplošeni) kardinalni nevroni ali domene, ki so realizacija parametra urejenosti v sistemu samem.

**SIMETRIJA:** Pri nevronske mreže je to stanje maksimalne usklajenosti nevronov. Na primer, vsi nevroni v neki podmreži so aktivni ali vsi neaktivni – to sta možni **UNIFORMNI KONFIGURACIJI**.

**ZLOM SIMETRIJE** pomeni, da tak uniformni vzorec razpade (npr. na dve ali več manjših domen).

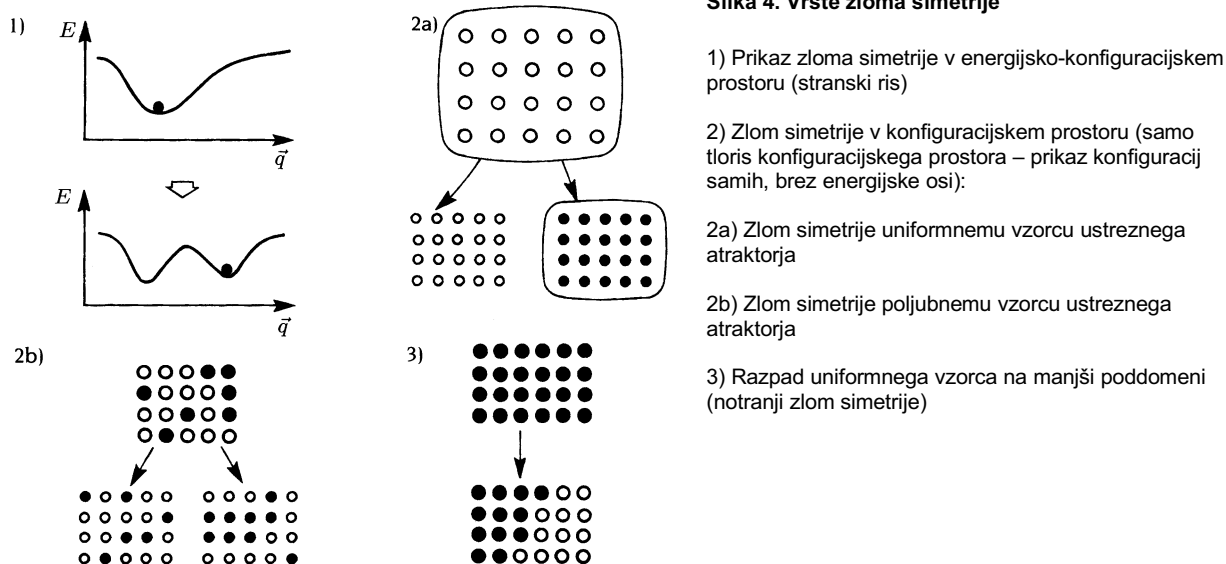
V posebnih primerih lahko v širšem smislu govorimo o simetriji, če nevroni oblikujejo določen vzorec ali strukturo. Tedaj zlom simetrije pomeni razpad tega vzorca, tako da nastaneta dva nova vzorca, obenem pa iz ene potencialne vrtače nastaneta dve novi in s tem dva nova atraktorja. To je prikazano na sliki 4.

Ko pa govorimo o **SIMETRIČNI NEVRONSKI MREŽI**, mislimo na globalno strukturno simetrijo: uniformnost oziroma homogenost (enakost, enoličnost) strukture in izotropnost (če gledamo iz kateregakoli dela mreže, vidimo v vseh smereh enako zgradbo).

Najgloblji znak simetrije je funkcionalno načelo delovanja nevronov v mreži – "vsi za enega, eden za vse". Tako delovanje vodi v informacijsko in celo ontološko simetrijo, ki jo izraža težko razložljivo načelo "vse v enem, eno v vsem".

**VZOREC:** Neka značilna oblika, ki se pogosto ponavlja v okolju, ki jo zaznamo kot edinstveno, specifično, in ki izstopa iz ozadja kot zaokrožena celota. V teoriji nevronske mreže je vzorec posebna konfiguracija nevronske stanja, ki je atraktor v konfiguracijskem prostoru in ki minimizira energijo sistema nevronov. Ločimo zunanje vzorce (realne predmete, slike, oblike) in njim ustrezne notranje nevronske vzorce (virtualne slike in strukture). **VIRTUALNO** pomeni možno, skrito, potencialno, navidezno. Virtualna notranja slika ali notranji vzorec je v splošnem le neka nevronska konfiguracija, ki ustreza pravi zunanji sliki, in ki se ustvari v možganih vedno takrat, ko čutila zaznajo določeno pravo sliko ali stvar. Poseben primer je **TOPOLOŠKO KOREKTNA** virtualna slika, kjer nevroni kot kamenčki mozaika ali žarnice na svetlobni oglasni plošči sestavljajo sliko v pravih medsebojnih razmerjih.

Opomba: Če se uporablja izraz vzorec brez pridevnika, je mišljen notranji vzorec. Tak vzorec ima vlogo atraktorja, zato je vzorec-atraktor njegova natančnejša opredelitev.



## 2. RAZPOZNAVANJE IN SPOMIN

### 2.1. NEVRON KOT SEŠTEVALNIK; NEVRONSKI PRAG; SINAPSA KOT POSREDNIK

Naslednji opis velja za modele bioloških nevronske mreže.

Telo nevrona (soma) deluje kot SEŠTEVALNIK: prejme signale od vseh drugih nevronov in jih sešteje. Prispevek vsakega nevrona pa se mora pred seštevanjem v somi še pomnožiti z močjo sinaptične vezi. Narava sinaptične vezi (njena prepustnost in "predznak") namreč odloča o tem, kako velik bo vpliv določenega oddajnega nevrona na sprejemni nevron. Sinaptična vez lahko zavira prenos signalov (negativen predznak) ali pa ga vzpodbuja (pozitiven predznak).

MATEMATIČNI ZAPIS: Stanje nevrona z indeksom  $i$ , ki ga označimo s spremenljivko  $Q_i$ , se določa po naslednjem obrazcu:

$$Q_i = \text{SGN} \sum_{j=1}^N (J_{ij} Q_j - T_i) \quad (1).$$

$Q_j$  opisuje stanje  $j$ -tega oddajnega nevrona,  $J_{ij}$  pa moč sinaptične vezi med oddajnim nevronom z indeksom  $j$  in prejemnim nevronom z indeksom  $i$ .  $N$  je število nevronov. Oznaka  $\Sigma$  pomeni vsoto izraza, ki stoji za znakom.

Obrazec  $Q_i = \sum_{j=1}^N J_{ij} Q_j$  pomeni:  $Q_i = J_{i1} Q_1 + J_{i2} Q_2 + J_{i3} Q_3 + \dots + J_{iN} Q_N$ .

Indeks vsote  $j$  je tekel od 1 do  $N$ . Znak  $\text{SGN}$  pomeni, da je rezultat, pri nas  $Q_i$ , enak  $+1$ , če je zgornja vsota večja od določenega praga, ali je enak  $-1$ , če je zgornja vsota manjša od praga. PRAG  $T_i$  nevrona  $i$  je določena mejna vrednost, ki mora biti presežena, da se nevron vzburi. Funkcija  $\text{SGN}$  (signum = (pred)znak) torej prejemnemu nevronu dredi predznak vsote signalov oddajnih nevronov.

Takšna enačba velja za vse neurone, za vsakega posebej. Stanje nevrona je torej določeno z vsoto signalov vseh drugih nevronov, "uteženih" z jakostmi sinaptičnih vezi.  $Q_i$  ima vrednost  $+1$ , če je nevron aktiven (vzbujen); vrednost  $-1$  pa ima, če je neaktiven (nevzbujen). Stanje vezi  $J_{ij}$  ima lahko različne celoštevilčne vrednosti: pozitivne do  $+P$  in negativne do  $-P$ , če je  $P$  število hkrati shranjenih vzorcev v mreži.

Nevroni si torej pošiljajo elektrokemične signale po načelu "vsi za enega, eden za vse", pozitivni in negativni smisel oziroma pomen tega signala ter njegovo moč pa daje vrednost vezi. Vez "obarva" signal tako, da prvi nevron lahko drugega podpira pri njegovem trenutnem stanju (če pozitivna vez) ali poskuša aktivirati nevron, če je bil prej neaktiven, ali obratno – deaktivirati aktivnega (če negativna vez). Če namreč seštevek prispevkov, ki jih prejme nevron od drugih, preseže določeno vrednost, ki se imenuje PRAG nevrona, bo nevron aktiven. Če pa vsota impulzov ne preseže praga, bo nevron neaktiven. Če je nevron aktiven oziroma vzbujen, bo oddajal signale.

Posamezni signali (konice) so razvrščeni v zaporedja ("glavnik"). Frekvenca ali pogostost sunkov (konic) nosi kvantitativno informacijsko vrednost (frekvenčna modulacija). Moč signala je namreč zakodirana v frekvenci: čim gostejši je "glavnik", tem bolj vpliven je signal (Haken, 1991). Povprečna frekvenca signalov je okoli 50 Hz (50 signalov na sekundo). Dolžina serije impulzov je omejena s trajanjem določenega stanja oddajnega nevrona: če bo nevron prižgan dalj časa, bo tudi serija sunkov daljša in s tem bo moč nevronovega vpliva na druge sorazmerno večja. Informacijska vrednost v frekvenci signalov je torej v stalnem potrjevanju tekočega stanja nevrona. Nevron najprej pošlje en sunek, potem pa še druge, če je v tem času ostal vzbujen. Ko pa se mora zaradi pomanjkanja vhodnih impulzov ugasiti, preneha razpošiljati svoje izhodne impulze.

Spet si pomagajmo s primerjavo z vlogo človeka v družbi. Človek tako kot nevron širi svoj vpliv na vse druge, dokler ima za to podporo velikega števila ljudi. Vpliva z vrsto zaporednih akcij. Če podporo izgubi, mora za nekaj časa utihniti. Od narave medčloveškega odnosa (vezi) pa je odvisno, ali deluje vpliv človeka na sočloveka vzpodbujevalno ali zaviralno.

MATEMATIČNI ZAPIS: Stanje posameznega nevrona opišemo z  $Q_i$ . To je  $i$ -ta komponenta vektorja stanja  $Q$ . Vektor stanja opisuje trenutno nevronske konfiguracije. Vektor je vrstica števil, komponenta vektorja pa je posamezno število v tej vrstici. S celo vrstico  $Q$  opišemo stanje vse mreže (celotne nevronske konfiguracije), s posamezno komponento  $Q_i$  pa zaznamujemo stanje posameznega nevrona, ki sestavlja to konfiguracijo. Torej je  $Q = (Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_N) = \text{npr. } (+1, -1, -1, \dots, +1)$ .

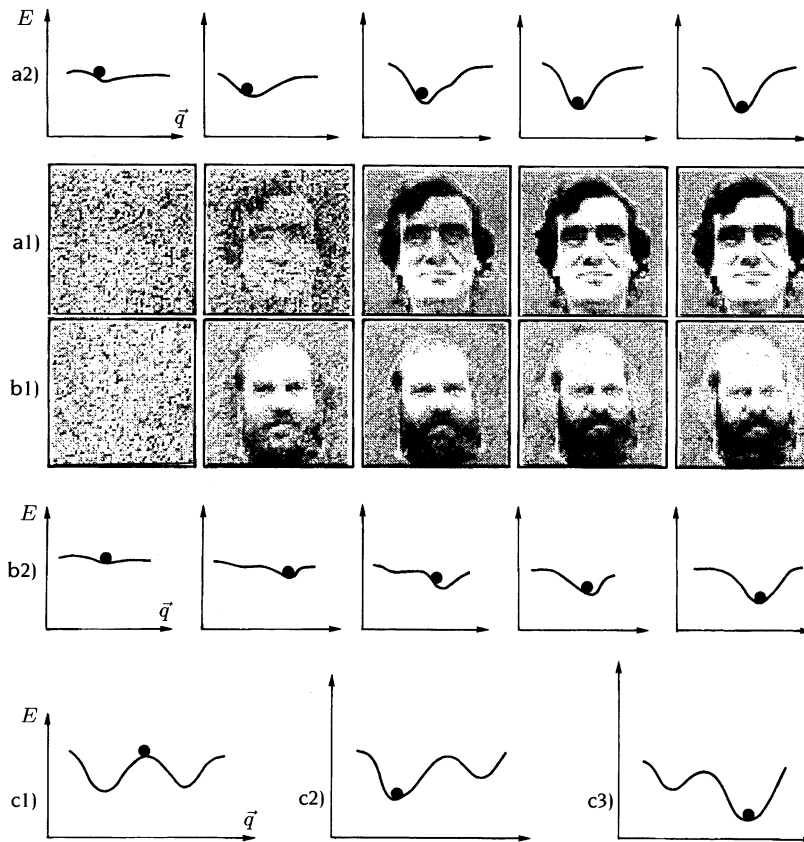
(Opomba: oznake, kot npr.  $Q$  in  $V_k$ , so enakovredne oznakam npr.  $\vec{q}$  oz.  $\vec{v}_k$ , kot v slikah in matematičnih dodatkih.)

### 2.2. SISTEM IŠČE KONFIGURACIJE Z NAJMANJŠO ENERGIJO

Odslej bomo obravnavali sistem nevronov po Hopfieldovem modelu (Hopfield, 1982), ki predvideva, da so vsi nevroni med seboj dvosmerno povezani v skladu s pravilom "vsi za enega, eden za vse". Ta model ni



pripraven le kot model bioloških nevronske mreže, temveč je precej podoben tudi modelom kvantnih mrež (kar bom obravnaval kasneje). V pravih nevronske mreže sicer ni vsak nevron neposredno povezan z vsakim drugim, vendar se tudi razredčena mreža vede skoraj tako, kot da bi bila vsepovezana. To je matematično-fizikalno dokazano (Palmer idr., 1991, str. 45–48; Peretto, 1992). Veliko število nevronov je gosto povezanih z velikim številom drugih nevronov. Kjer pa ni neposredne vezi, se povezava vzpostavlja prek posrednika. Bistveno je le to, da z vezmi tesno prepleten sistem nevronov tvori skupinsko organizirana stanja, ki so atraktorji oziroma potencialne vrtače v konfiguracijskem prostoru. Take konfiguracije, imenovane vzorci, pa so šele tiste strukture, od katerih so najbolj odvisni duševni procesi.



**Slika 5. Pomnjenje in razpoznavanje vzorcev**

- a1) Oblikovanje vzorca obraza (po učenju novega vzorca)
- a2) Podoba energijsko-konfiguracijskega prostora
- b1) Učenje oz. pomnjenje drugega obraza
- b2) Sistem preide k drugemu atraktorju
- c1) Podoba energijsko-konfiguracijskega prostora, ko sta shranjena dva vzorca
- c2) Razpoznavanje prvega vzorca (že nekoč oblikovanega)
- c3) Razpoznavanje (rekonstrukcija) drugega vzorca

Denimo, da mreža sprejemnih nevronov (senzorjev ali receptorjev) v očesu sprejme dražljaje iz okolja. Tako vzburjeni nevroni se prično usklajevati med seboj, vzburjenost pa se prenese v višje predele možganov, najprej v perceptorno (zaznavno) plast vidnega dela možganske skorje. Nastali vzorci v možganski skorji asociativno sodelujejo z drugimi vzorci... Proces usklajevanja med nevroni spremlja množično preklapljanje nevronov iz aktivnega v neaktivno stanje in obratno. Obenem se polnijo sinaptične vezi.

MATEMATIČNO to opišemo s spreminjanjem vektorja stanja  $Q$  in spreminjanjem matrike  $J$ , katere elementi pomenijo moči posamezne sinaptične vezi  $J_{ij}$ . Matrika je tabela števil velikosti  $N \times N$ , ki vsebuje moč vseh vezi ( $N$  je število nevronov).

Proces spreminjanja moči vezi pri medsebojnem usklajevanju nevronov, ko dodajamo nove dražljaje, imenujemo UČENJE. Takrat se nevronske konfiguracije spreminjajo in sinaptične vezi, ki predstavljajo SPOMIN, se polnijo. To pa se dogaja vedno tako, da se ENERGIJA SISTEMA MANJŠA. Vzorec je tista konfiguracija, kjer ima energija vsaj lokalni minimum. Vzorec ustreza DNU potencialne vrtače, ki privlači vse druge sorodne konfiguracije z višjo energijo. Točka v konfiguracijskem prostoru, kjer je dno vrtače, se zato imenuje ATRAKTOR (privlačevalec). Torej se vse druge konfiguracije do ROBA potencialne vrtače v konfiguracijskem prostoru stekajo v vzorčno konfiguracijo. To pomeni, da se nevroni prižigajo in ugašajo tako, da bodo sčasoma oblikovali vzorčno konfiguracijo. Iz ene konfiguracije mreža prehaja v drugo konfiguracijo, dokler ne doseže vzorčne konfiguracije. Tam se proces ustavi, dokler nov dražljaj znova ne vzburi mreže. Pomembno je, da mreža po vrsti preleti konfiguracije, ki so si v konfiguracijskem prostoru sosednje. V konfiguracijskem prostoru pa večja stopnja bližine pomeni večjo stopnjo sorodnosti.

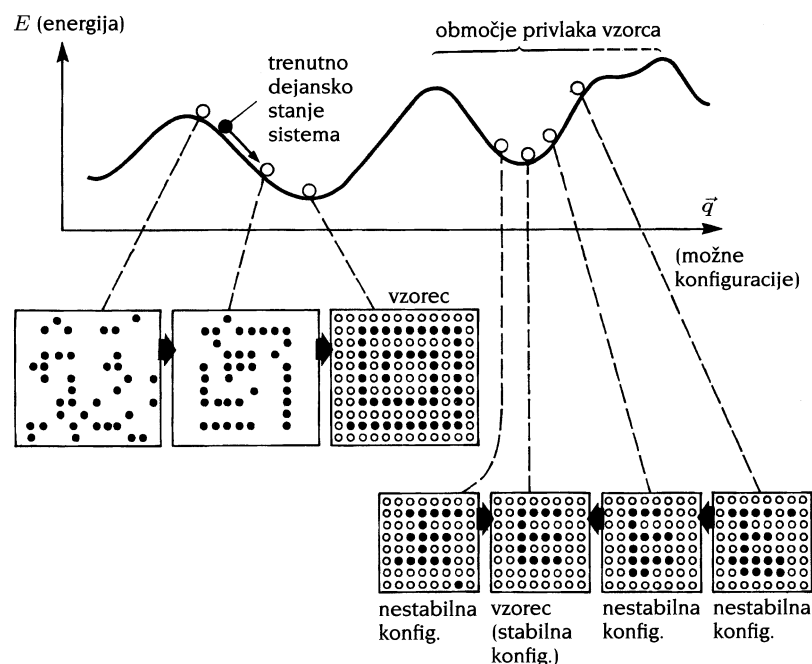
Oglejmo si proces na sliki 5. Stanje posameznega nevrona ponazarja posamezna točka ("piksel") na sliki. Lepo je vidno, kako sistem nevronov "preliva" neko konfiguracijo na levi, ki ne pomeni nič, v vzorčno konfiguracijo, ki predstavlja obraz. Spodaj lahko spremljamo dogajanje v konfiguracijsko-energijskem prostoru. Na naslednji vrsti slik in njim ustreznim diagramom konfiguracijskega prostora pa vidimo, da priklicu drugega obraza (drugega vzorca) iz spomina, ustreza spust v drugi atraktor. Zelo pomembno je, da se je medtem spremenila energijska površina! Nevronska mreža je zelo dinamičen sistem in prav stalno preoblikovanje stanja v konfiguracijsko-energijskem prostoru (spreminjanje konfiguracij in s tem energije sistema) daje možnost za oblikovanje in shranjevanje vedno novih vzorcev-atraktorjev.

## 2.3. RAZPOZNAVANJE IN POMNENJE VZORCEV

Na sliki 5 smo videli, kako se ALI OBLIKUJE ALI REKONSTRUIRA VZOREC. Potencialni (energijski) prostor si lahko predstavljamo kot mehko blazino, ki ima plitke jame, trenutno nevronske konfiguracije pa kot težko kroglico, ki leži na tej blazini. Kroglica tam, kjer se nahaja, potencialno vrtačo še dodatno poglobi! Kaj pa je tisto, kar stanje sistema (kroglico) postavi v določeno konfiguracijo, torej v določeno točko v konfiguracijskem prostoru. To so ZUNANJI DRAŽLJAJI! Oni vsilijo prejemnim nevronom neko konfiguracijo vzburljenj, ki se potem širi v notranjost možganske nevronske mreže.

Lahko se pod vplivom okolja nek vzorec OBLIKUJE (KONSTRUIRA) NA NOVO tako, da nastane nova potencialna jama, če je ni bilo že prej, ker nekega predmeta še nikoli nismo videli. Če pa je bil vzorec že nekoč oblikovan in shranjen, pa se sedaj ASOCIATIVNO OBNOVI (REKONSTRUIRA). Vzburljenje, ki je nastalo ob vnovičnem zaznavanju nekega predmeta, je namreč enako ali vsaj zelo podobno vzburljenju, ki se je sprožilo takrat, ko je bil ta objekt prvič viden! Predmet je enak, zato na enak način vzburi neurone. In ker je vse enako kot nekoč, se bo tudi vzorec nevronske aktivnosti obnovil v tako obliko kot kdaj prej.

Za zaznavanje istega objekta v različnih časih (prvič, drugič, stotič) se torej OBLIKUJE ali OBNOVI ISTA potencialna jama – isti atraktor – isti vzorec! Tako zaznamo identičnost. Vsakokrat, ko vzorec zaznamo ali razpoznamo, pa si ga HKRATI tudi ZAPOMNIMO.



Slika 6. Podobne konfiguracije se zlivajo v isto potencialno jamo

To pomeni, da se vzorec iz sistema nevronov, kjer je začasno zastopan, prenese in trajneje SHRANI v sistem sinaptičnih vezi. O tem bomo obširneje govorili kasneje. Sedaj le poudarimo, da je KONSTRUKCIJA, REKONSTRUKCIJA IN KRATKOTRAJNO POMNENJE VZORCEV-ATRAKTORJEV IDENTIČEN PROCES (Haken, 1991)!

Nevronska mreža PRESLIKA SPECIFIČEN ZUNANJI DRAŽLJAJ V SPECIFIČEN VZOREC. To pomeni, da bo točno določen zunanji vzorec povzročil oblikovanje točno določene potencialne vrtače in da se bo nevronskega sistema stabiliziral v dnu te specifične vrtače. Vendar pa v določeni potencialni vrtači pristanejo mnoge konfiguracije, ČE SO DOVOLJ PODOBNE VZORČNI. Biti dovolj podoben pomeni biti v območju privlaka vzorčnega atraktorja, ki je kot nekakšen lijak, v katerega se stekajo vse podobne konfiguracije! Torej sistem poišče NAJBLIŽJI atraktor konfiguracijskega prostora. Primer zlivanja v isto potencialno vrtačo vidimo na sliki 6.

Na tak način nevronska mreža RAZPOREJA STVARI V RAZREDE (klasificira). S tem tudi omogoča, da RAZPOZNAMO nek predmet tudi v malo DRUGAČNIH OKOLIŠČINAH, kot smo ga videvali dotlej. Tako lahko ugotovimo, da je torba, ki je obrnjena za določen kot ali pa drugače postavljena kot ponavadi, še vedno ista torba. Ponavljanje določenega vzorca pogloblja njegovo potencialno vrtačo. Ob pogostem potrjevanju je vedno bolj močna in stabilna. Vendar pa zaznavanje zunanjega vzorca v novih okoliščinah spremlja tudi rahlo predrugačenje ustreznih notranjih vzorčnih konfiguracij. Vedno se notranji vzorec tvori skladno z optimalnim kompromisom in stopitvijo vseh možnih variant objekta ter okoliščin, v katerih se lahko pojavlja. Stari vzorec nekega objekta (izkušnja in PRIČAKOVANJE) se torej asociativno stopi in optimalno uskladi z novo informacijo o novem stanju tega objekta, ki jo prinašajo čutila. Nevronskega vzorca se (pre)oblikuje na osnovi vplivov iz okolja, iz spomina (sistema vezi) in iz drugih centrov ter se tako obnovljen in popravljen znova shrani. RAZPOZNAVANJE vzorca je tako tudi identično z oblikovanjem, obnovitvijo in kratkotrajnim pomnjenjem v sistemu nevronov. DOLGOTRAJNO POMNENJE pa zagotavlja sistem sinaptičnih VEZI. Za kratkotrajno pomnjenje so odgovorni predvsem nevronske bioelektrične procese, za dolgotrajni spomin pa biokemične spremembe v sinapsah.

RAZUMEVANJE je v bistvu podobno RAZPOZNAVANJU. Pri razpoznavanju gre za proces na prvi ravni, ko se ZAZNAVA primerja z ožjim kontekstom in ko se zaznano opredeli in razloči. Razumevanje pa je enak proces na višji ravni, ko se razpoznani vzorec uvaja v širši kontekst in se usklajuje z vzorci višjega reda. Tako nov vzorec najprej še ni povezan z ničemer znanim, zato ga le "vzamemo na znanje". Potem pa najdemo zveze z drugimi vzorci in, če ti vzorci potrjujejo novega, rečemo, da smo (ga) razumeli. Proces razumevanja ali učenje je torej pogojen z usklajevanjem in preprosto navajanjem na nove informacije, "usedanjem" v potencialno vrtačo. Doživetje je poleg tega še čustveno-afektiven odziv na ozaveščenje. Predstava pa ima v nasprotju z zaznavo notranji izvor.

Posebno velja poudariti, da pojmi razpoznavanje vzorcev (uveljavljen pojem v teoriji nevronske mreže), pričakovanje in razumevanje NE označujejo nujno ZAVESTNEGA razpoznavanja, pričakovanja, razumevanja (vsaj v računalniških simulacijah mrež ni zavesti v mreži sami). Ti pojmi zastopajo zgolj nevronske mehanizme, ki so v ozadju zavestnega kvalitativnega razpoznavanja, pričakovanja, razumevanja. Prav gotovo so v možganih mehanizmi, ki delujejo na zgoraj navedeni način, in tvorijo nujno procesualno osnovo zavestnemu razpoznavanju vzorcev ipd. Zavestno naravo tega procesiranja pa ni mogoče razložiti le z dinamiko (formalnih) nevronske mreže. Opisana dinamika (formalne) nevronske mreže je na ravni podzavestnih mehanizmov. Navedeni mehanizmi so seveda izvedljivi z računalniškimi simulacijami, tudi avtorjevimi (Peruš, 1993).

## 2.4. SPOMIN V SINAPTIČNIH VEZEH

### 2.4.1. Hebbovo učenje korelacij med vzorčnimi nevroni

Še naprej ostajamo pri Hopfieldovi mreži, za katero se je izkazalo, da ni dober model le za nevronske mreže, temveč je v precejšnji analogiji tudi s kvantnimi in drugimi mrežami formalnih nevronov.

Poglejmo, kako nevroni najdejo energijsko najbolj ugodno stanje. To je konfiguracija, kjer so med seboj optimalno usklajeni. Energija je namreč sorazmerna s stopnjo neravnovesja oziroma neusklajenosti nevronske populacije. Optimalno stanje lahko poiščemo edino s stalnimi TRANSAKCIJAMI PREK VEZI.

ISTA NEVRONSKA MREŽA LAHKO OBLIKUJE VEČ RAZLIČNIH VZORCEV HKRATI. Vsak nevron in vsaka sinapsa imata torej lahko VEČKRATNO VLOGO, saj sodelujeta v mnogih vzorcih. Vrtač v konfiguracijsko-potencialnem prostoru, kamor konvergira dinamika sistema, je lahko več.

Moči sinaptičnih vezi se določajo po Hebbovem "učnem pravilu", ki je empirično nefiziološko dejstvo:

ČE STA NEVRONA V NAVEZI AKTIVNA V ENAKEM SMISLU, SE SINAPTIČNA VEZ OJAČI. ČE PA STA AKTIVNA V NASPROTNEM SMISLU, VEZ SLABI.

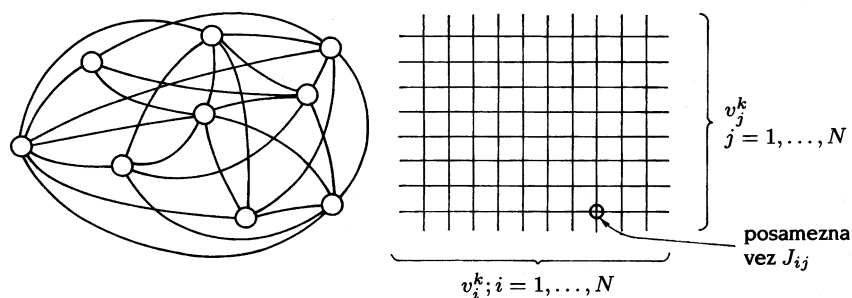
Torej: Če nevrona potrjujeta drug drugega, se njuna vez krepi. Če pa si nasprotujeta, se njuna vez krha. Tudi to dejstvo nas spominja na medčloveške odnose.

MATEMATIČNA OBRAVNAVA: Označimo vzorec s spremenljivko  $V$ , v oklepaju pa na drugem mestu dodamo njegovo vrstno število:  $V_i^k$  podaja vlogo  $i$ -tega nevrona pri oblikovanju  $k$ -tega vzorca. Sedaj poskušajmo matematično zapisati Hebbovo pravilo.

Če gorita oba nevrona ( $V_i^k = 1$  in  $V_j^k = 1$ ) ali če sta oba ugasnjena ( $-1, -1$ ), se njuna vez  $J_{ij}$  ojači. Če pa en nevron gori, drugi pa ne ( $1, -1$  oziroma  $-1, 1$ ), vez slabi! To pravilo udejanja naslednja Hebbova formula:

$$J_{ij} = \sum_{k=1}^P V_i^k V_j^k \quad (2).$$

Vzorčni nevroni so tisti nevroni, ki trenutno sodelujejo v oblikovanju enega samega vzorca. Vzorčna so taka nevronska stanja, ki minimizirajo energijo. Za vzorčni nevron velja enakost:  $V_i^k = Q_i$ .



Slika 7. Shema nevronske mreže po Hopfieldovem modelu (levo) in shema spominske matrike (desno)

Ojačenje vezi nastopi takrat, ko je prispevek sklopitve posameznega para vzorčnih nevronov pozitiven. Sklopitev je predstavljena s posameznim produktom v formuli (2). Do slabitve vezi pa pride takrat, ko je posamezni produkt negativen. Moč vezi  $J_{ij}$  je določena z vsoto takih sklopitev po vseh vzorcih, ki so hkrati

spravljeni v sistemu. Število takih vzorcev je  $P$ .

Če sta stanji vezanih nevronov  $V_i^k$  in  $V_j^k$  v "službi"  $k$ -tega vzorca enakega predznaka, bosta prispevala k ojačenju stabilnosti tega vzorca v mreži. Če je njun predznak nasproten, pa ga bosta oslabilila.

Vzorci se v sinaptičnih vezeh nalagajo drug na drugega. Vezi so določene lokalno s to (ne)usklajenostjo nevronov med seboj, globalno pa narekujejo (ne)stabilnost vse nevrnske (vzorčne) konfiguracije. Lokalno torej nevroni tekmujejo med seboj; vsak bi rad prevladal in preklopil ostale. To mu uspe, če je najbolj usklajen z vsemi ostalimi in ima največ podpore preostalega sistema. Tedaj ima z ostalimi vzpodbujevalne vezi.

Lahko si spet ponazorimo to dejstvo z medčloveškimi odnosi: nevroni ustrezajo posameznim ljudem, moč vezi kvaliteti njihovih medsebojnih odnosov, različni vzorci pa različnim dogovorom, zavezništvom, skupnostim ali organizacijam. Navadne konfiguracije ustrezajo le skupini ljudi, ki nimajo nič skupnega.

Sinaptične vezi v bistvu nosijo KORELACIJE MED STANJI RAZLIČNIH NEVRONOV V OKVIRU ISTEGA VZORCA-ATRAKTORJA.

Globalno se prek nevronov posredno sklapljajo in tekmujejo celi vzorci. Tako se tudi prek posameznih dvobojev dveh športnikov ali ekip (dveh nevronov) "srečujeta dve državi" (dva vzorca).

MATEMATIČNA SHEMA: Slika 7 prikazuje na levi strani "naravno" podobo Hopfieldove nevrnske mreže, desno pa funkcionalno shemo izgradnje spominske ali korelacijske matrike  $J$  po Hebbovem obrazcu (2). Njeni posamezni elementi  $J_{ij}$  predstavljajo sklopitev  $i$ -tega nevrona  $V_i^k$  in  $j$ -tega nevrona  $V_j^k$  znotraj določenega ( $k$ -tega) vzorca.

#### 2.4.2. Vsebinsko naslovljivo pomnjenje

Razložili smo že, da je oblikovanje vzorcev-atraktorjev obenem shranjevanje oziroma pomnjenje. Vezi se med učenjem po obrazcu (2) polnijo s prispevki različnih vzorcev, medtem ko se nevroni usklajujejo. Tako se INFORMACIJA VZORCEV PARALELNO-DISTRIBUIRANO SHRANI V VREDNOSTIH VEZI. Vzorci so namreč razporejeni po vsem sistemu vezi – tako kot je, denimo, tudi vzorec 'Slovenec' ali bolje 'slovenska kultura' zastopan v vseh posameznih Slovencih oziroma razpet nanje.

Hkrati pa je isti član enega vzorca (Slovenec) lahko tudi član mnogih drugih vzorcev (šahovskega društva, sveta staršev, socialno-demokratske stranke, orkestra, delniške družbe X itd.). Skupnost članov (nevronov) osnuje neko kvalitativno novo organizacijo (vzorec) s posebnimi značilnostmi. Ta organizacija sodeluje z drugimi organizacijami in se z njimi povezuje v krovne organizacije (vzorci višjega reda). Človek (nevron) zastopa V RAZLIČNIH OKOLIŠČINAH (KONTEKSTIH) RAZLIČNE VLOGE (vzorci). Med šahisti šahira, med člani orkestra igra svoj instrument, na volitvah voli svojo stranko. Skupaj z drugimi ljudmi (drugimi nevroni) soodloča, kaj bo delal in kako se bo opredelil.

Pomnjenje v nevrnski mreži je VSEBINSKO NASLOVLJIVO. Vsebinska naslovljivost pomeni v prisposodbi, da bo človek, ko bo prišel med šahiste, igral šah, ker ga bo igra pritegnila. Cela vsebina se priklicuje z delno vsebino: tiste komponente vzorca, ki vzorec že udejanjajo, vlečejo tudi druge komponente vzorca, da bi ga začele udejanjati. Človeka, ki pride med šahiste, prav ti šahisti pritegnejo, da tudi sam prične šahirati.

Vsebinsko naslovljiv spomin je povsem drugačen od spomina v klasičnih računalnikih, ki nima med seboj neposredno povezanih pomnilnih elementov. Tam je dostop do vsebine možen le prek neke kode (adreše). V naši primerjavi to pomeni, da bo človek šel šahirati samo takrat, ko bo dobil pisno povabilo ali ukaz iz predsedstva društva.

Pri vsebinsko naslovljivem spominu so poudarjene povezave med nevroni. Brez povezav se ne dogaja nič. Človeka, ki ostaja sam doma, ne more nihče pritegniti k šahiranju, razen če se bo namislil sam.

Vsaka spominska enota oziroma njen priklic je delo celotne konfiguracije nevronov in vezi: vezi jih hranijo, nevroni pa skrbijo za ozaveščanje. T. i. SPOMINSKE SLEDI vzorcev ostanejo v sistemu vezi tudi, ko sistem nevronov preide k naslednjemu vzorcu. V nevronih ("v ZAVESTI", točneje v manifestalni zavesti) imamo lahko le en vzorec naenkrat, v vezeh (v SPOMINU ali v latentni zavesti) pa imamo lahko veliko vzorcev hkrati, vendar jih moramo PRIKLICATI IZ SPOMINA. S priklicem potegnemo shranjeni vzorec iz sistema vezi v sistem nevronov. Povod za to je navadno podoben zunanji dražljaj, ki vzburi receptorne nevrone, ki potem potegnemo še druge nevrone v svoj od zunaj vsiljeni vzorec. Lahko pa povod pride iz drugih možganskih pod mrež (torej iz notranjosti, vendar iz zunanosti glede na opazovano pod mrežo).

Ponazorimo še s primerjavo s kroglico in blazino: Kroglica (nevrnska konfiguracija) se nahaja lahko le na enem mestu na blazini (v potencialnem prostoru). Jam, ki jih je vse doslej že pustila v blazini (vzorci, "vtisov"), pa je več. Zavedamo se in doživljamo trenutno le tisti vzorec, ki je v nevronih (takrat je  $V_k = Q$ ).

INFORMACIJA je zakodirana v STANJU SISTEMA samega. Priklicati vsebino pomeni pripeljati sistem v določeno stanje (v določen vzorec). Do informacijske vsebine torej pridemo z rekonstrukcijo vzorca, torej informacijske "vsebine" same. Informacijska vsebina, stanje sistema in vzorec sovpadajo – so ena in ista stvar, videna z različnih zornih kotov oziroma v različnih kontekstih. (Pogoj za to je zavestna interpretacija stanja sistema, ki jo na tej stopnji še ne bom vključeval, kakor tudi ne propozicionalne vsebine, ki izhaja iz informacijske vsebine ob vključevanju interpretacij, kot jih pridaja osebni Jaz.)

Obraten proces od priklica je POMNJENJE, kjer s procesom učenja informacija preide "iz manifestalne zavesti" (nevronov) v "latentno" hrambo v vezeh. Pomnjenje je torej enolična PRESLIKAVA npr. neke slike zunanjega predmeta v NOTRANJO VIRTUALNO SLIKO najprej v mreži nevronov samih (kratkotrajno pomnjenje, kot nekateri definirajo), nato pa se slika preseli v sinaptične vezi (dolgotrajno pomnjenje).

Vzorec se POZABI, če se ustrezna potencialna vrtača zabriše. Razlogi so novi dražljaji, motnje, neujemanje z drugimi vzorci ali neuskkljenost med nevroni iste konfiguracije. Tedaj vezi izgubljajo svojo moč in vzorci slabijo. Nasprotno se vzorci vedno bolj krepijo, če so pogosto potrjevani in obnavljani. Pri učenju za to poskrbi ponavljanje. Vzrok za pozabljanje pa je lahko tudi intervencija višjih nadzornih središč. Primera sta potlačitev in naravnost k drugim vzorcem. Sorodni vzorci se lahko zmešajo (interferirajo) ali stapljajo. Vendar je najpogostejši razlog, da se vzorca ne moremo spomniti, nezmožnost njegove rekonstrukcije zaradi pomanjkljivega "ključa" – delne vsebine, ki je potrebna kot povod za obnovitev vse vsebine. Kot pozabljanje je torej treba razumeti nezmožnost priklica iz spomina (obnovitve atraktorja), ne pa dejanskega popolnega zabrisa atraktorja.

## 2.5. POVRATNE ZANKE IN "SAMODEJNA POGAJANJA" NEVRONOV

Oblikovanje vzorcev je seveda izredno kompleksen, relativno makroskopski proces, v katerem navadno sodelujejo ogromne množice nevronov in sinaps. Mikroskopsko ga omogočajo številne izmenjave impulzov, preklopi množice nevronov in spreminjanje vezi med njimi. Stanje se vedno znova uravnoveša s pomočjo nenehnih popravkov prek povratnih zank. Vse poteka po čisto določenih pravilih. POVRATNE ZANKE se pojavljajo v več smislih:

### 2.5.1. Lokalna povratna zanka

Nevron št. 1, ki odda svoj signal vsem drugim v mreži (št. 2 –  $N$ ), s tem vpliva na njihovo stanje. Oni pa mu potem, ko so njegovo "voljo" vsak zase upoštevali skupaj z "voljami" vseh drugih nevronov, pošljejo vsak svoj signal nazaj. V tem impulzu je zastopano tako prejšnje stanje nevronov od št. 2 do  $N$  kot tudi njihovo upoštevanje vsebine nevrona št. 1. Začetni nevron potem sešteje te prispevke in ohrani svoje stanje, če ima dovolj podpore, sicer ga spremeni in odpošlje informacijo o novem stanju. Pravzaprav biološki nevroni lahko širijo svoj vpliv, če zberejo toliko pozitivnih prispevkov, da je presežena določena meja (prag), sicer morajo "biti tiho" in "zbirati točke". Ko nevron spet odda signal, se ves postopek ponovi in se tako nenehno ponavlja. Tukaj opisan krožni proces je le eden izmed mnogih; umetno je izvzet iz nerazdružljivega spleta.

Taka pravila veljajo za vsak nevron posebej. Vsi so v asociativni mreži enakopravni, ločijo se le glede na stopnjo usklajenosti z drugimi. Vsak nevron zase seznanen s svojim stanjem vse druge, nazaj pa dobi odgovore. To je lokalna povratna zanka.

Komur je ta nevrnska kibernetika tuja, naj se spet spomni na družbene procese, posebno politične. Z nevrnskim mrežami so že modelirali volitve: Pri volitvah ali bolje REFERENDUMU lahko vsak državljan odda svoj glas (za ali proti). V modelu je zastopan z nevrom, ki je prižgan (za) ali ugasnjen (proti). Če nek politik oziroma nek predlog dobi dovolj glasov (vsota preseže prag), je ta predlog sprejet in se prične izvajati, sicer mora čakati na novo priložnost. Razlika je le v tem, da je tak režim v nevrnski mreži zelo strog in "nesvoboden" za nevrne. V družbi pa imajo ljudje svojo notranjo vsebino in zavest, veliko več maneverskega prostora in s tem tudi svobodno voljo, ki je nevrnske celice nimajo.

Nevronska mreža deluje ITERATIVNO. Izhodni signal iz enega nevrona je vhodni signal za drugega. Ciklični vhod – izhod – nov vhod – ... gosto prepletajo vso mrežo. Vidimo torej, da je VZROČNI PROCES (en nevron odda signal, drugi ga sprejme) v kompleksnem nevrnskem sistemu le MAJHEN LOKALNI IZSEK IZ GLOBALNEGA PARALELNO-DISTRIBUIRANEGA PROCESA. Kako izraste ta globalni paralelno-distribuirani proces na osnovi množice manjših vzročnih procesov, bomo preučili v naslednjem razdelku.

### 2.5.2. Globalna povratna zanka

Na osnovi množičnega "dogovarjanja" med nevroni (nenehnega pošiljanja signalov, seštevanja teh signalov, primerjanja in prilagojevanja drug drugemu) se sčasoma izoblikujejo določeni vzorci. Izkaže se, da nekatere konfiguracije nevrnskih stanj omogočajo večjo usklajenost. To pomeni, da se takrat, ko se ji sistem bliža (konvergira), energija sistema niža. Tako stabilno in dominantno konfiguracijo imenujemo vzorec. Sistem se uravnoveša tako, da poišče energijsko najbolj ugodne konfiguracije (vzorci) in se izmenično "poseda" po njih. En vzorec je aktualen (tisti v sistemu nevronov, ki sprejemajo tudi dražljaje iz okolja), drugi pa so spravljani v sistemu sinaps (v spominu).

Globalni proces oblikovanja vzorcev se prav tako izvaja CIKLIČNO in medsebojno usklajevalno. V naši primerjavi z družbo, bi lahko dejali, da se globalno izoblikuje nekaj političnih idej, programov, doktrin (vzorcev!), ki jih njihovi nosilci (stranke, podprte s svojimi pristaši – nevroni) propagirajo in usklajujejo z drugimi programi (drugimi vzorci). Namen tega usklajevanja je doseči optimalno rešitev v splošno družbeno korist (minimizacija energije sistema), ki bo omogočala najbolj primeren in ugoden razvoj.

Poglejmo sedaj ves proces po vrsti: Nevroni prejemajo vplive od zunaj (REALNOST) in od vseh notranjih vzorcev (PRİČAKOVANJE). V skladu z zahtevo po manjšanju energije sistema se izoblikujejo vzorci. Korelacije vzorcev določajo moč vezi (v primerjavi: strinjanje krepi medsebojni odnos). To dejstvo upošteva Hebbova učna formula (2). Stanja posameznih vezi in nevronov, ki jih te naveze vežejo, pa določajo energijo

sistema.

O energiji sistema odločajo usklajenosti posameznih nevronov v parih in predznak vezi. Obenem pa na energijo vpliva tudi usklajenost posameznih nevronov z nevronskim poljem. V prisposodbi bi to bila prevladujoča družbena ureditev (javno mnenje, uradna paradigma, splošno prepričanje).

MATEMATIČNI ZAPIS: Te zahteve so zajete v naslednji formuli:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N J_{ij} Q_i Q_j - \sum_{i=1}^N T_i Q_i \quad (3).$$

$T_i$  označuje vpliv nevronskega polja na  $i$ -ti nevron (vpliv družbe na posameznika ali pa tudi obratno). V drugi interpretaciji pa lahko  $T_i$  ponazarja prag nevrna, in sicer lasten prag ali takšen, kot mu ga dopuščajo drugi. To je v prisposodbi meja, "do koder lahko posameznik gre", ne da bi nasprotoval družbi oziroma se ji moral ukloniti (ali pa bi se družba uklonila njemu).

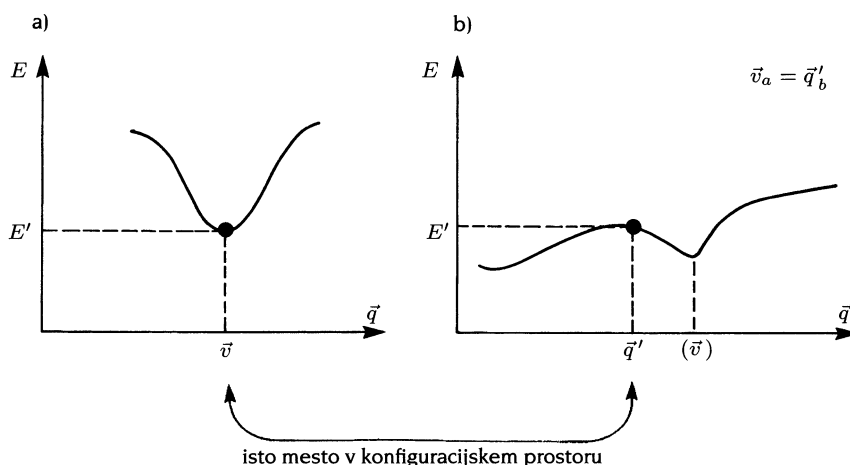
Sekvenčni vzročni in paralelno-distribuirani procesi se v kompleksnih sistemih prepletajo oziroma IZMENIČNO VSEBUJEJO DRUG DRUGEGA. Lokalni vzročni procesi sestavljajo globalnega paralelno-distribuiranega, paralelno-distribuirani procesi pa se lahko spet sekvečno organizirajo. Primer za to so DINAMIČNA VZORČNA ZAPOREDJA, ko se vzorčne konfiguracije prelivajo iz ene v drugo. Tak zapovrstni proces je osnova za TOK MISLI. Zavesti seveda v tem modelu mikrostrukture mišljenja še vedno nimamo.

Paralelno-distribuiran sistem teži k vzorčni konfiguraciji. Najprej poskuša zasesti dno globlje potencialne vrtače. Če pa take ni v bližini, se zadovolji z bolj plitko, morebiti le začasno. Če ima nevronska mreža simetrične vezi (sinapsa je v obe smeri enako prepustna:  $J_{ij} = J_{ji}$ ), tedaj bo sistem zmožni oblikovati stabilne atraktorje. Če pa so vezi asimetrične, vzorci ne bodo stabilni in se bodo lahko celo gibali po konfiguracijskem prostoru. To pomeni, da se potencialna vrtača premika, oziroma da se (kar je v bistvu isto) vali po konfiguracijskem prostoru iz enega v drugi vzorec: en vzorec izgine, drugi nastane. Sistem lahko opiše periodične poti (po določenem času se sistem vrača v izhodiščno konfiguracijo), kvaziperiodične ali pa povsem kaotične poti.

## 2.6. ENERGIJSKA RAZMERJA KONFIGURACIJ SO NOSILCI IMPLICITNIH STRUKTUR

### 2.6.1. Konfiguracija ima v različnih kontekstih različne vloge

Vzorčne konfiguracije same nosijo informacijski zapis, ki je ustrezen nekemu zunanemu realnemu vzorcu. Vendar vzorci ne bi mogli nastajati na osnovi enostavnejših podatkov, ki jih večkrat razdrobljeno prejemajo posamezni (senzorni) nevroni, če se ne bi ti med seboj povezali in usklajevali. Prav tako vzorec ne bi mogel sodelovati pri oblikovanju kompleksnejših vzorcev, če ne bi bil v primerjalni zvezi z drugimi vzorci. Sam zase bi bil brez (sistemskega) pomena. Posebno moram poudariti, da na tej prvi stopnji govorim izključno o SISTEMSKEM pomenu – o pomenu stanja posameznega nevrna za dinamiko celotne mreže in obratno.



Slika 8. Isto mesto v konfiguracijskem prostoru (kroglica) ima v različnih kontekstih različen pomen: levo predstavlja vzorec, desno pa navadno konfiguracijo

Vzorec-atraktor ima svojo vlogo le v ODNOSU DO DRUGIH VZORCEV-ATRAKTORJEV in navadnih konfiguracij. Njegovo mesto v tem naboru odnosov je razvidno iz energijsko-konfiguracijskega prostora. Vzorec ima večji sistemski pomen kot običajna konfiguracija, ker je BOLJ STABILEN. Bolj stabilen pa je zato, ker bolj VERNO ODSLIKAVA NEKO DEJANSKO SITUACIJO – v zunanem svetu ali na bolj abstraktni notranji ravni. Ali povedano drugače: bolj je stabilen, ker je bolj usklajen z realnimi zunanjimi vzorci in z drugimi notranjimi vzorci! To pa se izraža v dejstvu, da je energija sistema nevronov manjša takrat, ko udejanja ta vzorec, zato mreža vselej teži k temu. Še enkrat poudarimo, da informacijsko vsebino vzorcem vtisne preslikava iz okolja, njihov sistemski pomen pa izhaja iz medsebojnih razmerij med vzorci in do okolja. Zunanji vzorci iz okolja imajo pravzaprav tako vlogo kot notranji vzorci-atraktorji, le da imajo večjo

težo. Kajti če organizem ne bi upošteval zunanjih vzorcev, bi verjetno imel več škode, kot če ne bi upošteval notranjih.

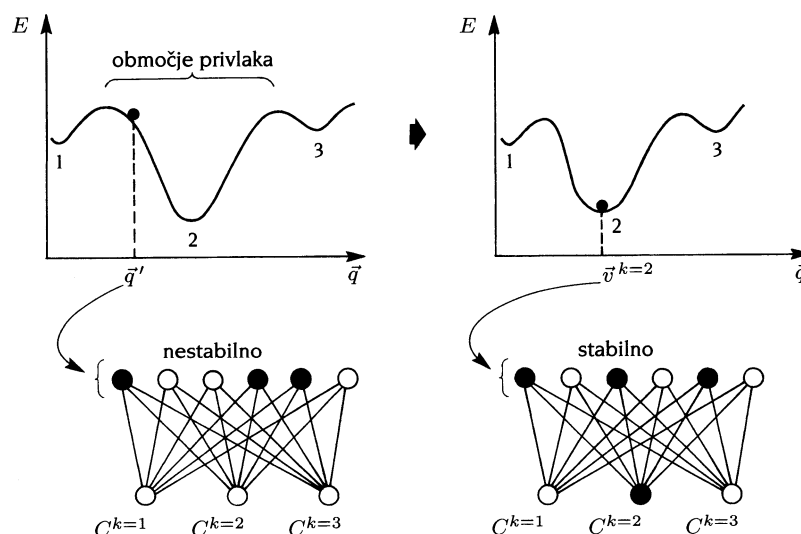
Na sliki 8 sta naslikani dve konfiguraciji (označeni s kroglico), ki sta v RAZLIČNIH RAZMERNOSTI do drugih konfiguracij (drugih točk na vodoravni osi). Leva ni stabilna in jo sistem zavzame le prehodno, ker se je relief slučajno ravnokar preoblikoval in se sistem še ni uspel prilagoditi tej spremembi. V desni pa se sistem uravnovesi, zato je takšna konfiguracija posebno pomembna (vzorec). O tem pa odločajo druge konfiguracije (kot pri nekakšnih stalnih samodejnih volitvah).

## 2.6.2. Implicitni atraktor in eksplicitni vzorec s kardinalnim nevronom

O sistemskem pomenu vzorcev odloča torej z upoštevanjem (ne)usklajenosti nastali POTENCIALNI RELIEF (hrbi in doline) v energijsko-konfiguracijskem prostoru. Taki minimumi ustanovljajo IMPLICITNI RED v nevronske mreži in ta je odgovoren za nadaljno izgradnjo virtualnih duševnih struktur. Podajmo implicitnost še natančneje: Na sliki 9 vidimo levo, da je sistem že v območju asociativnega privlaka in da se bo gotovo spuščal proti minimumu konfiguracijskega prostora, razen če bi se površina reliefa zaradi drugih vplivov medtem bistveno spremenila. V tem primeru je vzorec latentno (prikrito) že prisoten v sistemu nevronov: IMPLICITNO je vsebovan v vektorju stanja ( $Q$ ), vendar je še pomešan s sledovi drugih vzorcev. Potem pa, ko sistem preide na dno potencialne vrtače (slika 9 desno), se določen vzorec razločno in jasno pojavi v zavesti. Tedaj je vzorec EKSPPLICITNO manifestiran. Ta eksplicitna manifestacija pa je še posebno očitna, če se ob tem PRIŽGE PRIPADAJOČ KARDINALNI NEVRON. Tak kardinalni nevron kodira in predstavlja vzorec na NASLEDNJI HIERARHIČNI STOPNJI.

Ko je sistem V OBMOČJU PRIVLAKA ATRAKTORJA, ki ustreza vzorcu, tedaj je vzorec že IMPLICITNO zastopan v sistemu nevronov, ne le v spominu (v sistemu sinaptičnih vezi). Ko pa sistem nevronov doseže svoj atraktor in s tem realizira ta vzorec, tedaj se OBENEM OJAČA NA MAKSIMUM VREDNOST NJEGOVEGA KARDINALNEGA NEVRONA, če ima kardinalni nevron lahko več stopenj jakosti oziroma intenzitete aktivnosti. Če pa je lahko le aktiven ali neaktiven, potem se bo prav tedaj prižgal. S tem OZNAČUJE, da je v zavesti njemu ustrezni vzorec. Ko pošilja signale po možganih, NAZNANJA prisotnost svojega vzorca in ga s tem ZASTOPA. V aktivnosti kardinalnega nevrona je torej vzorec (ki je paralelno-distribuiran po mreži na nižji stopnji njene hierarhične strukture) EKSPPLICITNO ZAKODIRAN v konkretnem materialnem stanju ene biološke celice.

Uporaba kardinalnih nevronov je le poseben način organizacije delovanja mreže. Videli bomo, da se ta princip podobno ponovi tudi na VIRTUALNEM nivoju, kjer kardinalne nevrone IMPLICITNO nadomeščajo parametri urejenosti.



**Slika 9. Vzorec je implicitno zastopan, ko je sistem v območju njegovega privlaka (levo). Ko sistem doseže dno (desno), je v vzorec (črno-belo-črno-belo-črno-belo) v njem eksplicitno zastopan. To pa je lahko pospremljeno z vžigom kardinalnega nevrona  $C^{k=2}$ .**

Zgoraj opisani proces se lahko interpretira uporabljajoč analogije oziroma posplošitve konceptov substance in akcidence v aristotelovskem smislu (tudi Brentano, 1973/1874). SUBSTANCA ustreza eksplicitno udejanjenemu vzorcu-atriktorju, ki je lahko zastopan tudi z aktivnostjo svojega kardinalnega nevrona. AKCIDENCA pa ustreza vzorcu, ki je implicitno prisoten znotraj območja privlaka drugega vzorca-atriktorja, imenovanega substanca. Navadno je akcidenca vzorec na višji ravni, ki zaobjema tudi substančni vzorec, denimo tako, da vsebuje njegov kardinalni nevron kot element svoje konfiguracije. Vendar pa akcidenčni vzorci temeljijo in obstajajo na osnovi substančnih vzorcev in ne obratno (Potrč, 1993b; podrobnosti o tej analogiji v: Peruš, 1994).

Za duševne procese je torej pomembno stalno prehajanje konfiguracij iz implicitne zastopanosti v sistemu sinaptičnih vezi (spomina) v eksplicitno udejanjenje v sistemu nevronov ("v zavest") ali obratno. Implicitnost pomeni NABOR VSEH MOŽNOSTI, iz katerega okolje selektivno poudarja tisto, kar je trenutno aktualno, ter to vsebino "povleče" v eksplicitno "doživetje". Implicitno ozadje vselej vpliva na zavest, saj prav implicitni

kontekst določa OBLIKO POTENCIALNE VRTAČE in konfiguracijo, v kateri je trenutno njeno TEŽIŠČE. Spet moram poudariti, da so omenjeni procesi nujno procesualno ozadje za pojav intencionalne zavesti oziroma doživljanja, vendar slednja pojava vsebujeta še precej več kot le opisane nevronske procese, in ta več je še neznanka. Zato uporabljam narekovaje pri omembi kvalitativnih pojavov za prvo osebo.

Nabor vseh možnosti ne pomeni dobesedno, da imamo v možganih že vnaprej pripravljene vse možne slike in situacije, v vseh detajlih. V spominu imamo le ABSTRAKTNI MODEL, zgrajen na najosnovnejših značilnostih preteklih izkušenj. V njem je vsaka stvar zastopana samo enkrat. Stvari, ki se ponavljajo ali so si podobne, so avtomatično zakodirane z "idealnimi" skupnimi lastnostmi teh stvari ter z dodatno informacijo o specifičnostih. Za konkretno "doživetje" pa ni dovolj le priklic vzorcev iz tega spominskega modela in tudi ne samo vpliv okolja, temveč SUPERPOZICIJA OBOJEGA!

Iz tega podpoglavja je tudi razvidna zveza in "prehajanje" med nelokaliziranimi paralelno-distribuiranimi vzorci in lokaliziranimi kardinalnimi nevroni (če obstajajo). Če kdo trdi, da je odkril celice, ki nosijo določeno informacijo, tedaj gre za kardinalne nevrone. Vendar pa ti nikakor ne morejo operirati s to informacijo sami, temveč le v DINAMIČNEM SODELOVANJU s svojimi baznimi vzorci. Samo ti mu namreč s svojo podporo omogočajo, da presega prag aktivnosti.

Jasno je, da "nevroni za lakoto", "nevroni za zavest", "nevroni za ugodje" ipd. (v kolikor sploh lahko rečemo, da obstajajo) niso lakota ali zavest sama, sam občutek ugodja ipd., temveč le kodirajo širši, po možganih razpršen kompleks vzorcev in njegov vpliv – prav tako kot signalna lučka označuje, da je nek stroj prižgan.

Kardinalnih nevronov torej ne smemo jemati preveč resno v smislu njihove avtonomnosti, saj nimajo točno opredeljene vloge. Vlogo dobijo glede na aktualno sistemsko dinamiko, tako da je spremenljiva in različna v različnih okoliščinah. Kardinalni nevroni so bolj jasno definirani na nižjih ravneh (integrativni nevroni), na višjih pa njihovo kodirno funkcijo prevzamejo kardinalne domene in virtualni parametri urejenosti.

## 2.7. PROCES PREPOZNAVANJA

Opišimo procesualno ozadje prepoznavnega procesa človeka, kot si ga preprosto predstavljamo v skladu z modelom formalne oziroma posplošene nevronske mreže. Vsak dogodek v zunanjem svetu bo v oklepaju pospremljen s pripadajočim nevronskega dogodka.

Nekdo se sprehaja po veleblagovnici. Na polici opazi sadež. (Oblikuje se specifična konfiguracija v nevronih.) Pomišlja, kaj je to, ali ga ni že nekoč videl. (Konfiguracija, ki jo trenutno oblikuje sistem nevronov, se poskuša uskladiti s spominskimi vzorci. Relief konfiguracijsko-potencialnega prostora se spreminja.) Ugotovi, da tega sadeža še ni videl. (Sistem ne zasade nobene potencialne vrtače. Rahlo se zasnuje nova plitka potencialna vdolbina.) Neznani sadež ga spominja na breskev. (Sistem za hip preskoči iz prejšnje konfiguracije v najbližji, pravkar asociativno obnovljeni vzorec, ki je ustrezen breskvi.) Vendar je površina sadeža nenavadno gladka, kar ni značilno za breskev. (Vzorec ustrezen gladkosti, ki je nastal v podmreži nevronov pristojnih za tip v primarni projekcijski plasti možganske skorje, s svojim vplivom prispeva k zabrisu vzorca ustreznega breskvi v sekundarni plasti skorje.) Ali je neke vrste breskev ali nekakšna velika marelica. (Sistem zaniha med dvema enako globokima atraktorjema.) Verjetno je križanec med breskvijo in marelico. (Prejšnja atraktorja se rahlo stopita v nov skupni atraktor, ki še ni preveč globok.)

Sedaj se kupec odloči, da bo vprašal prodajalko. (Konfiguracija, ki je linearna kombinacija dveh breskvi oziroma marelici ustreznih konfiguracij, se iz sistema nevronov prenese v sistem sinaptičnih vezi, kjer se nov vzorec shrani. Sistem nevronov nato hitro preleti množico vzorcev v različnih predelih in na različnih stopnjah, ki so ustrezni prodajalki, govorni artikulaciji itd.) Prodajalka mu odgovori: "To je nektarina, križanec med marelico in breskvijo." (Drugi del stavka povzroči, da se prej nastali atraktor, ki je ustrezen linearni kombinaciji marelica-breskev zelo poglobi. Prvi del odgovora pa zasnuje nov vzorec v predelu skorje, ki pripada slušni oziroma posredno govorni dejavnosti. Takoj zatem se oba vzorca v terciarnih asociativnih predelih skorje, imenovanih področja prekrivanja, integrirata v nov vzorec višjega reda, ki predstavlja naslednji asociativni kompleks: breskev-marelica – videz nektarine – beseda "nektarina" – razni drugi pripadajoči vzorci.)

Zadnji korak moramo obravnavati malo natančneje. Kupec (oziroma njegovi možgani) je vidni vzorec nektarine in slušni vzorec besede "nektarina" asociativno povezal v nov vzorec višjega reda. Odslej bosta vizualni vzorec za nektarino in verbalni vzorec za besedo "nektarina" pogojevala drug drugega. Vedno, ko bo kupec slišal besedo "nektarina", se bo hkrati priklical tudi vidni vzorec – lik nektarine. In obratno. Morebiti pa se bodo ob tem asociativno rekonstruirali tudi drugi spremljajoči vzorci (npr. slika veleblagovnice; epizodni spominski vzorec: film, kako tipa sadež, kako mu prodajalka odgovarja itd.). Zato bo mogoče nekdanji kupec nekoč, ko bo slišal besedo "nektarina", zbrani družbi povedal svojo zgodbo seznanjenja z nektarinami, ker se bo "spomnil nanjo" – asociativno bo obnovil ves niz vzorcev, potem ko bo spominsko informacijo pretvoril v propozicionalno (in predikatno) obliko.

Seveda je bila ta ponazoritev prepoznavnega procesa, ki je osnova bolj zapletenega procesa spoznavanja, zelo skopa in omejena le na najosnovnejše dogodke. V resnici se poleg osrednjih vzorcev prestrukturirajo množice prelivajočih vzorcev, ki jih pozornost selekcionira: loči ozadje od osrednjega lika itd.



## 2.8. PRIMERJAVA MREŽE NEVRONSKIH VZORCEV Z N-DIMENZIONALNO KRIŽANKO

### 2.8.1. Vzorci si delijo nevrone tako, kot si besede delijo polja križanke

Poskušali bomo poljudno in nazorno prikazati princip asociativnega delovanja nevronske mreže na prostem primeru "nižjega reda". Zamislimo si naše vzorce povezane v nekem vsebinskem okolju: na primer v križanki (slika 10). Denimo, da naše vzorce (črke) v tem primeru predstavljajo posplošeni nevroni. Kasneje bomo opravičili to potezo, ko bomo pokazali, da lahko modeliramo vzorce nižjega reda kot posplošene nevrone, ki sestavljajo vzorec naslednjega višjega reda sestavljenosti in abstrakcije. Odslej s to posplošitvijo pomeni nevron mesto v križanki, vzorec pa celo linijo v križanki.

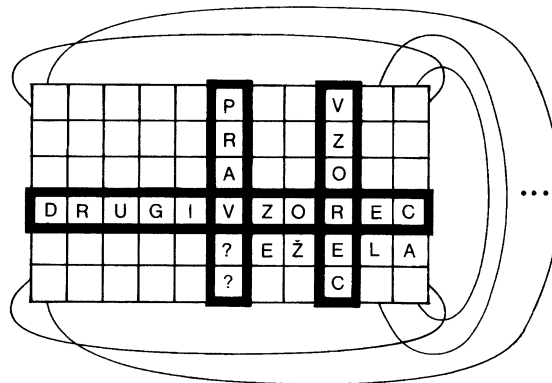
Ista črka (posplošeni nevron) je sestavni del dveh različnih besed (vzorcev). Če bi imeli tridimenzionalno (kockasto) križanko, bi bila ista črka del treh besed, v  $N$ -dimenzionalni (hiperkockasti) križanki pa del  $N$ -tih besed. Tudi simetrična asociativna nevronska mreža je takšna "hiperkocka", ki pa se tam, ko se konča, pravzaprav nadaljuje – znova začenja. Ker je torej topološko sama vase zaokrožena kot "hipersfera" ali "hiperprostor", nima roba.

V običajni dvodimenzionalni križanki je vsako polje del dveh linij. V vsako polje lahko vpišemo vsebino (črko), ki je glede na kontekst (sosednja polja) sestavni del dveh različnih vsebin višjega reda – dveh besed: smiselnih ali takih brez pomena. Uporabimo sedaj križanko kot analogijo za nevronske mreže: V dvodimenzionalni križanki je vsako polje (posplošeni nevron) za posamezno črko (vsebinsko nevronske stanje) sestavni del dveh linij (konfiguracij), ki lahko predstavljata smiselno vsebino (vzorec) ali pa ne (kakršnakoli druga konfiguracija nevronov).

Prenesimo sedaj to v  $N$ -dimenzionalno križanko in dodajmo zahtevo, naj se robovi sklapljajo in besede nadaljujejo (npr. najvišja črka šestega stolpca je sosednja črka najnižji črki šestega stolpca; enako velja za vse linije, tudi vrstice). Tedaj imamo nekakšno nevronske mreže – prvi približek, ki mu še nekaj manjka.

Delovanje nevronske mreže si seveda ne moremo predstavljati kot križanko samo, temveč le kot reševanje te križanke – kot živ proces! Vedno, ko zapolnimo določeno mesto in s tem dopolnimo eno besedo, hkrati dopolnimo tudi drugo besedo. Seveda rešitev ni pravilna, če črka ne ustreza obema besedama. Vendar ko križanko rešujemo, vedno popolnimo najprej eno besedo in šele potem ugotovljamo smiselnost popolnitve tudi za drugo besedo, ki je pravokotna na prvo. Tak način pa nam omogoča še nekaj več: Če poznamo le eno besedo, druge pa ne, lahko na podlagi prve besede deloma (v eni črki) popolnimo drugo besedo. Seveda, če nam določena beseda sploh ni znana, potrebujemo za njeno razkritje po tej metodi znanje o večini drugih besed po vsej križanki, najbolj pa v okolici iskane besede.

Reševanje križanke je lep, nazoren prikaz asociativnega delovanja nevronske mreže! Iz nepopolnega znanja asociativno rekonstruiramo celotno vsebino. Iz znanih vsebin dobimo asociacijo na še neznanne informacije tako, da zapolnimo skupna polja. Značilno je, da križanko vedno rešujemo postopoma in besede izpopolnjujemo vedno iz ene smeri. Tako tudi nevronska mreža sprejema informacije postopoma po delih in jih sčasoma združi v celovito sliko. Ko celovite slike še nimamo, vsebino dojemamo le v določeni smeri – z določenega zornega kota! Potem pa se naenkrat sintetizira ves mozaik, ki vsebuje vse posamezne lokalne vsebine.



Slika 10. Sama vase zaokrožena križanka

Vendar pa nevronska mreža pomeni še precej več. Primerjava s križanko velja le za LOKALNE simetrične asociativne nevronske mreže, kjer so nevroni (polja s črkami) povezani dvosmerno le s svojimi najbližjimi SOSEDI. Prava GLOBALNA simetrična asociativna nevronska mreža z načelom "vsi za enega, eden za vse" pa je  $N$ -DIMENZIONALNA, SAMA VASE ZAOKROŽENA KRIŽANKA, kjer  $N$  ni dimenzija križanke (število druga na drugo pravokotnih linij), temveč je  $N$  število nevronov. To pomeni, da je VSAKO polje sosednje vsakemu drugemu polju (vsak nevron je povezan z vsakim). Vsaka črka mora torej biti del vseh ostalih besed v križanki (vsak nevron sodeluje pri oblikovanju vseh ostalih vzorcev v mreži). To bi bil idealen primer shranjevanja informacij, ki se mu v praksi lahko bolj ali manj približamo.

Z našo primerjavo lahko sledimo prehodu iz nižjega (dvo-/tridimenzionalnega) realnega prostora v višji ( $N$ -dimenzionalni) abstraktni prostor. Pri križanki je  $N$  število vrstic ali stolpcev (besed), pri pravi globalni nevronske mreži pa je  $N$  število nevronov (ne vzorcev). To pomeni, da v nekem smislu nevron v taki mreži

nadomešča VES VZOREC, vendar nikoli sam zase, temveč le, če je povezan v mrežo z vsemi drugimi nevroni. To dejstvo je zajeto v geslu "vse v enem, eno v vsem". Prvi del stavka zase ali drugi del stavka zase sta absurdna, le skupaj sta smiselna. Neuron, ki ga v naši "lokalni" primerjavi zastopa vsa linija križanke, je v bistvu neuron z vsem svojim kontekstom (s stanji drugih neuronov). Neuron sam zase namreč ni niti en del, temveč je nič. V mreži pa s svojim konkretnim stanjem, ki je v relaciji konteksta z vsemi drugimi nevroni, sooblikuje vso informacijo (celo več vzorcev hkrati).

Primerjava s križanko lepo kaže pomen dvojnosti nevronske mreže: v križanki so pomembna polja in ODNOS sosednosti med polji; podobno ima nevronska mreža neurone in sinaptične vezi med nevroni. V nasprotju s križanko imajo vezi prave nevronske mreže lastne KVANTITATIVNE vrednosti, tako da so v bistvu vezi tiste, ki hranijo informacijo. Nevronska mreža ima tudi v nevronih številске vrednosti, nima pa celih vzorcev (denimo črk). Zato pa primerjava s križanko vzdrži na višjem nivoju, kjer imajo VZORCI, ki že sami nosijo vsebino, STATUS POSPLOŠENIH NEVRONOV (ustrezajo črkam križanke). Posplošene vezi pa navadno nimajo svoje lastne (intencionalne) informacijske vsebine, temveč kvečjemu polarne kvantitativne "vsebine" ("kodirajo" npr. stopnjo ujemanja ali podobnosti oziroma neujemanja ipd.).

## 2.8.2. Pravokotnost vrstic in stolpcev križanke in ortogonalnost vzorcev v mreži

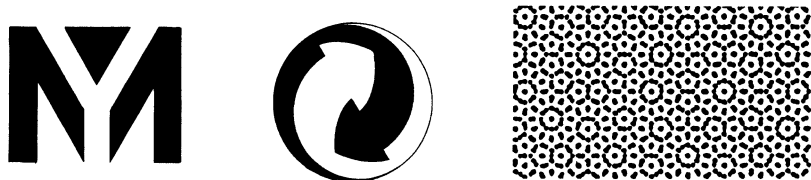
Kot smo že opozorili, imamo še eno zelo pomembno razliko med pravo nevronske mreže in našim modelom-križanko: mreža je "živa", procesualna. Prava globalna nevronska mreža je torej precej bolj kompleksna kot vase zaokrožena  $N$ -dimenzionalna križanka, vendar je primerjava z križanko zelo nazorna in koristna še za razlago mnogih lastnosti nevronskega sistema. Zato bomo obravnavo še gradili na tej analogiji.

Najprej ORTOGONALNOST. To je pravokotnost v abstraktnem prostoru.  $N$ -dimenzionalna križanka ima pravokotne linije, ki ustrezajo besedam (vzorcem). V naši primerjavi različne kombinacije črk v poljih križanke predstavljajo različne konfiguracije neuronov v mreži. Vsaka takšna kombinacija črk (nevronskih stanj) ponazarja točko v konfiguracijskem prostoru. Imenujmo vsebino vse mreže ali križanke vzorec, posamezno besedo v tem širšem okviru (kot je označena na sliki 10) pa lokalni podvzorec. Dva pravokotna podvzorca v križanki delita skupno črko (neuron), vendar se tedaj NE MOTITA, ker lahko razberemo vsakega zase glede na SMER BRANJA (glede na izbiro konteksta). Podobno kot z geometrično pravokotnostjo v križanki lahko v mreži NEODVISNO razločujemo ORTOGONALNE (POD)VZORCE. Ortogonalni (pod)vzorci so takšni, ki so si pravokotni v konfiguracijskem prostoru. Njim ustrezni vektorji so si namreč pravokotni: skalarni produkt je enak nič.

Tako kot lahko besede v križanki posebne vrste sestavimo v stavek (iskano skrito misel čez vso križanko), tako lahko tudi podvzorci (vzorci nižjega reda) v mreži sestavljamo v vzorce višjega reda. Kar naenkrat je informacij dovolj, da lahko asociativno popolnimo vzorec višjega reda.

Naša primerjava je temeljila na poistovetenju polj križanke s posplošenimi nevroni (črkami, ki so sicer vzorci nižjega reda). Vendar pa primerjava ne velja le za takšne mreže vzorcev oziroma posplošenih neuronov na malo višji ravni, ki že nosijo sami neko lastno samostojno vsebino (črke). Primerjavo lahko razširimo tudi na biološko nevronske mreže, kjer pa bi polja križanke poistovetili z močmi sinaptičnih vezi. Vezi namreč vsebujejo posamezne korelacije nevronskih stanj. V vezi se nalagajo vzorci spomina eden na drugega tako, da posamezna vez sodeluje pri oblikovanju več spominskih vzorcev hkrati. To je tako kot pri križanki, kjer polje (vez) sodeluje pri sestavi dveh besed hkrati. Vsako polje korelira eno črko iz obeh besed: tista črka, ki zapolni polje križanke, torej odraža korelacijo obeh besed, ker je skupna obema besedama.

Vidimo, da je asociativna nevronska mreža zelo mnogoterost. Oblikuje mnogo vzorcev hkrati, in sicer v več plasteh. Polja križanke smo prvič lahko poistovetili z vzorci (črkami) kot posplošenimi nevroni malo višjega reda, ki že nosijo lastno vsebino. Drugič pa smo mesta v križanki poistovetili z močmi sinaptičnih vezi, ki same resda ne nosijo lastne vsebine (kjer primerjava ne drži več), temveč sooblikuje določen spominski vzorec šele ves sistem posameznih sinaps.



Slika 11. Dvopomenski vzorci: M / Y, puščici, arabeska

To nekoliko težko razumljivo mnogoterost in večstranskost ponazarjajo slike dvovalentnih vzorcev (slika 11). Na sliki levo lahko zaznamo črki M in Y, ki ustvarjata druga drugo, na srednji sliki pa belo in črno puščico, ki se sodoločata. V "arabeski" desno lahko zaznamo množico različnih vzorcev (peterokotniki različnih orientacij, koncentrični krogi, križci itd.), ki omejujejo drug drugega. Naš prepoznavni aparat preskakuje od enega vzorca do drugega. Na tak zgoščen in "ekonomičen" način tudi nevronska mreža shranjuje vzorce, da sodoločajo drug drugega.

### 3. OBRAVNAVA DUŠEVNOSTI S STALIŠČA NEVRONSKIH MREŽ

#### 3.1. GLAVNE ZNAČILNOSTI KOGNITIVNIH PROCESOV V DUŠEVNOSTI

Duševnost ima kognitivne lastnosti, ki jih bom sedaj opisal.

Najprej navajam tiste značilnosti, ki jih modeli mrež formalnih nevronov vsaj do neke mere udejanjajo oziroma zadovoljivo razlagajo. Že na začetku moram ponoviti, da so navedene lastnosti psihofizičnega sistema navadno povezane z bolj ali manj zavestnim doživljanjem. Kadar je vključeno kvalitativno zavestno doživljanje, je posplošeni nevronske model seveda takoj nezadosten model duševnosti. Vendar je dovolj dober, dokler nimamo boljšega – in boljšega (še) ni. V tem poglavju se bomo zaenkrat večidel posvetili le sinergetskemu pogledu na mentalno procesiranje, pri čemer se moramo zavedati nekompatibilnosti tega modela s fenomenalnimi vsebinami.

##### a) KATEGORIZACIJA

Osrednja značilnost miselnih procesov je razvrščanje vtisov v vzorce-atraktorje, kategorije, sheme, ki so hierarhično organizirani. (Zaradi tega so vse delitve in vsi analitični pojmi vsaj do neke mere pretirani in umetni, skratka subjektivni. Namenjeni so samo našemu spoznavanju in predvsem sporazumevanju.)

Vzorci so med seboj asociativno in pomensko povezani (npr. sopomenke). Lahko se posplošujejo (GENERALIZIRAJO) v nadpomenke in družijo v skupke. Kategorizacijo srečujemo na mnogih različnih ravneh, začeni pri preprosti perceptivni kategorizaciji.

##### b) INFORMACIJSKO ZGOŠČANJE, IZLUŠČEVANJE OZIROMA ABSTRAHIRANJE

Ob kategorizaciji se obenem ABSTRAHIRAJO samo najbolj specifične lastnosti in posebnosti. To pomeni, da se izluščijo od vse vsebine samo tiste informacije, ki so najpomembnejše in nove nasproti prejšnjim. Tako se informacije optimalno zgoščeno shranijo. Posebnost, podana v izrazu "SUBJEKTIVNOST" se nanaša na dejstvo, da imajo taki zgoščeni notranji vzorci bolj ali manj enakovredno vlogo pri oblikovanju višjih vzorcev kot zunanji objektivni vzorci. Novi vtisi objektivnih dražljajev se torej pod vplivom spomina predručajijo v novo notranjo sliko – subjektivno sliko. Ta slika je kompromisna sestavljanka vseh zapomnjenih virtualnih slik in dejanske zunanje slike. Odraža nekakšno "zlato sredino". Najbolj vplivajo na to superpozicijo tisti notranji vzorci, ki so najbolj podobni tekočemu zunanjemu vzorcu, ki ga zaznavajo naša čutila.

Vzorci, ki jih zbere subjekt, so vedno tisti, ki se nanašajo nanj. Gre torej za SPECIFIČNO SELEKCIJO in nadalje za VREDNOTENJE vplivov iz okolja. Subjektivnost je torej posledica notranjih nevronske mehanizmov in konkretne narave človeka. Človek se nahaja na določenem mestu v določenem času in v določenih okoliščinah. Zbere le tiste podatke, ki so mu v teh okoliščinah na razpolago in so zanj najbolj pereči. Tem so ustrezni tudi njegovi notranji modeli sveta.

##### c) INTENCIONALNOST

Vsako duševno stanje se NA NEKAJ NANAŠA: ne le mislimo, temveč vselej mislimo na nekaj ali želimo nekaj ali se veselimo nečesa (Brentano, 1973/1874). Vzorci so namreč vedno povezani in informacijsko vsebujejo drug drugega. Določen vzorec (misel) je lahko nosilec drugega vzorca (vsebine). Nadalje je lahko vzorec povod ali pogoj za rekonstrukcijo posledičnega vzorca. Dejavnost subjekta je zunanje in notranje usmerjena oziroma naravnana. Poleg informacijskega nanašanja ima lahko namen, cilj, pa celo voljo (to pa presega razlago z nevronske mrežami in tudi filozofsko rabo pojma intencionalnost).

Intencionalnost (vendar le kolikor gre za neko uperjenost, ki ni zavestna in ni posledica "svobodne volje sistema"), je tudi bistvena značilnost procesov v psihofizičnih kompleksnih sistemih, ki jih razlikuje od procesov v fizikalnih kompleksnih sistemih. V slednjih se dogajajo podobne transformacije kot v prvih, vendar niso intencionalne, torej niso NOSILKE INFORMACIJ (ampak se le dogajajo same zase, ker ni zavesti, ki bi pridajala interpretacije). Pri psihofizičnem sistemu pa imajo transformacije vlogo asociacij, saj imajo stanja in dinamika sistema neko informacijsko vsebino in (sistemski) pomen. Sistem je povezan in koreliran z okoljem: določeno notranje stanje ustreza določenemu zunanjemu stanju.

Naša pozornost je osredotočena na nek izsek zunanjega ali notranjega okolja oziroma informacijske vsebine. Mi kot osebe se identificiramo (poistovetimo) z nečim, navezani smo na nekaj.

(To – prava, zavestna intencionalnost – pa se tudi že nanaša na naslednjo točko.)

Zavestno bitje seveda premore intencionalna stanja, ki so hkrati predmet lastnega zavedanja. Slednje, torej intencionalno ZAVEST, nevronska mreža sama seveda ne zmore.

##### č) KONTEKSTUALNA ASOCIATIVNOST IN POMEN DUŠEVNIH VSEBIN

V možganih so vzorci shranjeni zelo aktivno in soodvisno – tako da se vselej samodejno upoštevajo okoliščine oziroma kontekst. Nevronske mreže omogočajo asociativne efekte: iz enega vzorca preidemo k drugemu vzorcu, če nas kontekst (drugi vzorci) navede k temu. V tej zvezi se sistemsko osnuje POMEN vzorcev in pojmov.

Pravkar navedene značilnosti duševnosti model mrež (formalnih) nevronov lahko v grobem zadovoljivo razloži. Sledi navajanje lastnosti, ki jih posplošeni nevronske model lahko deloma razloži, deloma pa ne. Tisti odprti del je povezan z nerešenim vprašanjem ireducibilne narave prve osebe (jaza) in iz tega izhajajoče t. i. subjektivnosti.

#### **d) KVALITATIVNOST IN POLARNO VREDNOTENJE**

Subjekt preslika kvantitativni kontinuum v kvalitativno diskretne podprostore, najprej v dva. Izhodiščni kvantitativni prostor je fizikalen, rezultirajoči kvalitativni dvoprostor pa subjektiven, vendar je lahko tako že na predpsihološki oziroma na biološki stopnji. Tako subjekt preslika npr. zvezno temperaturno skalo najprej v dve območji: npr. pod 25 stopinj Celzija (ko je še prijetno) in nad 25 stopinj Celzija (ko je že neprijetno). Temu ustrezno se obnaša: V prvem primeru ostane tam, kjer je bil, v drugem primeru pa se umakne v senco.

Drugi bolj psihološki primer je odziv na nek objektivni dogodek. Subjekt se bo nanj odzval ali z zavračanjem ali s sprejetjem. Dal bo svojo SODBO (Brentano, 1973/1874). V prvem primeru nov vzorec ruši staro strukturo v spominu, v drugem pa se primerno vključuje vanjo. V prvem primeru se bo neuskklajenost med nevroni povečala in potencialne jame se bodo malo zabrisale, v drugem primeru pa se bo neuskklajenost zmanjšala in potencialna vrtača zunanjemu vzorcu ustrezne notranje reprezentacije se bo poglobila.

Za ljudi so torej značilni POLI. To so lahko vzorčne grupacije, v katere se zbirajo nasprotujoči si prispevki informacij o trenutnih okoliščinah in potrebnih reakcijah nanje. Izgrajujejo se na osnovi dvovalentnosti posplošenih nevronov (aktiven / neaktiven – da / ne), od nasprotujočih si vzorcev nižjega reda (več / manj, za / proti) do vzorcev višjega reda (dobro / slabo).

#### **e) MISELNO MODELIRANJE**

Človek si ustvarja notranji model sveta, zgoščeni duplikat. Nadgrajuje ga z lastnimi abstraktnimi virtualnimi strukturami, ki mu omogočajo asociativno manipulacijo z vzorci. Abstraktne strukture (višji vzorci) nastajajo kot rezultat medsebojnega usklajevanja zaznavnih vzorcev. Z abstraktnimi shemami si človek zgradi cele modele, s katerimi lahko bolj ali manj uspešno predvideva razvoj dogodkov. Osnova za zmožnost predvidevanja je sposobnost asociativne dopolnitve višjih vzorcev.

Sam mehanizem modeliranja, pričakovanja in predvidevanja je v osnovi razložljiv z mnogonivojskimi mrežami formalnih nevronov in njihovimi kompleksnimi sistemi samopopolnjujočih se vzorcev-atraktorjev. Kjer biološke in modularne nevronske mreže niso dovolj, lahko (kot bomo videli) vskočijo še kvantne mreže in njihovo otipavanje potencialnosti – veje v Bohmov implikatni red.

Če pa od nevro-kvantnega modela zahtevamo še, da nosilec modela sam z lastno voljo in zavedanjem izbira vsebino za svoj notranji model sveta, potem mnogonivojske mreže formalnih nevronov niso dovolj. Vprašanje izhodišča modeliranja, to je samozavedajoče prve osebe, ostaja odprto; prav tako tudi kvalitativne razsežnosti samograjnega modela sveta.

#### **f) SAMONANAŠANJE oziroma AVTOREFLEKSIVNOST**

Nevronske mreže so sposobne ustvarjati samoponavljajoče se in SAMOVSEBUJOČE SE strukture, ki spominjajo na samopodobne FRAKTALNE vzorce npr. pri Mandelbrotovi množici ali na sliki 12). Ta zmožnost se prenaša tudi na posplošene nevrone – vzorce.

Mreža formalnih nevronov interagira sama s seboj, tudi vsi njeni vzorci-atraktorji posebej samointeragirajo, ker interagirajo njihovi konstitutivni nevroni. Delovanje nevronske mreže od nevronske ravni do raznih ravni njenih virtualnih vzorcev je zaznamovano z iterativnimi procesi, s povratnimi zankami različnih obsegov in stopenj ter z REKURZIJO. Tako se ustvarja zmožnost duševnega SAMONANAŠANJA in duševnih iteracij. To je zametek AVTOREFLEKSIVNOSTI (misli o lastnih mislih).

#### **g) JAZ**

S sinergetskega zornega kota (torej, če zaenkrat zanemarimo njegov kvalitativen značaj) človekov Jaz ni nič drugega kot zelo globalen, obsežen in zakoreninjen vzorec-atraktor, ki tvori njegovo identiteto – samoidentiteto. Oblikoval se je kot rezultat množice vplivov iz okolice, ki so uperjeni proti človeku kot fizičnemu telesu in duševnemu bitju ter ga kot takega upoštevajo. Človek iz vseh teh vplivov razbere neko skupno obeležje, nek skupni imenovalec, to je sodelovanje nečesa v tem odnosu, kar mu pomeni lastno identiteto oziroma mu asociativno oblikuje nek vzorec – lastni Jaz. Seveda ta identifikacija poteka večidel nezavedno in samodejno po principih nastajanja vzorcev-atraktorjev v asociativnih nevronske mrežah. Pomembni neposredni dejavniki pa so seveda tudi podoba v zrcalu, ki še izkustveno potrди in zapečati vzorec samoidentifikacije, in mnogi sociološki vplivi.

Vsak vzorec je atraktor za druge vzorce. Tako globalen in dominanten vzorec, kot je Jaz, pa asociativno preprede vse konkretne vzorce, ki se tičejo človeka. Tako se tudi misli razumejo kot naše misli, s katerimi se poistovetimo, dokler ustrezajo močnim in vplivnim vzorcem – potencialnim vrtačam oziroma atraktorjem, ki asociativno vežejo druge vzorce. Ko pa ti kompleksi potencialnih jam izginejo ali se izravnajo, ostaja neintencionalna zavest.

#### **h) ZAVEST IN SAMOZAVEDANJE**

Zavest je širok paralelno-distribuiran proces in dinamični gestalt visokega reda, vendar je tudi še precej več

kot le to. Ta pojav, najbolj duševen med duševnimi pojavi, skriva še veliko skrivnosti. Treba ga je dojemati zelo široko in večplastno. Procesualno izhaja iz avtorefleksivnosti, vendar je za razliko od mehničnega samonanašanja pospremljen ne le s široko asociativno vsebino, temveč tudi s celostnimi, relativno stabilnimi in enotnimi kvalitativnimi doživetji. Zavest torej implicira samozavedanje in hkrati kvalije.

Sploh SAMOZAVEDANJE (zavest o lastni zavesti, zavedanje samega sebe – lastnega Jaza in sebstva) se analizi redno izmuzne.

### **i) FENOMENOLOŠKE KAKOVOSTI (KVALIJE)**

Ostaja še povsem filozofsko vprašanje, ali se da duševne vsebine reducirati zgolj na nevronske procese na biološki in virtualni ravni ali ustanavljajo nov lasten nivo. Večina nevroznanstvenikov odgovarja: Duševni procesi so le nevronske procesi, ki jih mi pač doživljamo tako kot jih. Ta pristop ima naziv redukcionizem in posebej velja za tiste, ki ne priznavajo niti virtualnih struktur. Večina filozofov in psihologov pa daje duševnim procesom posebno bitnost, ki ni le zunanje izražanje nevronskega procesa. Navedimo primer: Ali je barva oziroma DOŽIVETJE barve le specifična reakcija živčnega sistema na objektivno fizikalno stanje (valovna dolžina svetlobe, ki se odbija od predmeta) ali možgani na osnovi dražljaja tvorijo povsem nove kakovosti – fenomenološke kvalije. Ali je rdeč predmet sam zase ali pa je rdeče fenomenološka kakovost, ki jo ustvarijo možgani na osnovi svetlobnega dražljaja določene valovne dolžine. V drugem primeru (ki ga zastopam tudi jaz) je za fenomenološke kakovosti (barva, zvok, hrapavost ipd. oziroma natančneje njihovo doživetje, občutje) potrebna specifična SKLOPITEV OBJEKTA IN SUBJEKTA. Nevronski sistem mora biti v KORELATIVNEM procesu skupaj z dogajanjem v okolju in oba procesa (notranji in zunanji) tvorita specifično dinamično VIRTUALNO ENOTNOST (Peruš, 1994).

## **3.2. KONTEKSTUALNA ASOCIATIVNOST**

Iz zgornjega pregleda velja posebej izpostaviti asociativnost, ki je bistvena osnova duševnosti. Vse duševne vsebine so namreč vselej v medsebojnih zvezah in prehajajo ena v drugo: iz enega vzorca dobimo asociacijo na drugega.

Če nekemu rečete "Ljubljana", bo zagotovo razumel "Ljubljana", posebno če se npr. odpravlja v Ljubljano ali je kako drugače Ljubljana v KONTEKSTU njegovega razmišljanja.

Primeri iz vsakdanjega življenja, ki ponazarjajo pomen konteksta pri oblikovanju notranjih slik:

Prvi: Poleti vstopim v restavracijo, polno okrasnih cvetlic in zelenja. Šele potem ugotovim, da je vso rastlinje umetno. Občutek svežine, čistosti in hlada brž izgine, čeprav prostor izgleda tako kot prej. Šlo je za širšo asociacijo, ki je v novem kontekstu povsem izgubila pomen. Pričakovanje, ki ga je vzbudila asociacija "gozdne atmosfere", se je izjalovilo in gestalt naravnega počutja je izginil.

Drugi: Ljudje "jedo" tudi z očmi, z nosom ali celo tipom. Ob neustrezni osvetlitvi in barvi hrane izgubijo tek.

Tretji: Če se pogovarjam brez očal, znatno slabše razumem, kaj mi govorijo. To lahko komentiramo takole: Malodane vsi možganski centri so povezani med sabo, zato nejasnost enih vzorcev moti druge vzorce in skupno tvorbo sintetičnih vzorcev.

Vsaj prva dva primera nazorno kažeta poleg pomena asociativnega konteksta tudi pomen kvalij.

Kontekstualna asociativnost je osrednja značilnost subjekta. Znale so ilustracije te lastnosti. Pojma "jutranje" in "večerno" sonce ponazarjata isti objekt, ki pa ga subjekt doživlja v različnih okoliščinah. Okoliščine so KONTEKST, ki ga človek neizbežno sodoživlja hkrati z opazovanjem objekta. Razlog je v zgradbi njegovih višjih možganskih centrov, ki jo modelirajo asociativne nevronske mreže. Človek vselej ASOCIIRA nek vzorec (denimo zunanji) z vsemi drugimi vzorci, da ga lahko primerja z njimi, abstrahira (izloči najbolj posebne in specifične lastnosti) ter da si ga zapomni.

Naslednji primer, ki kaže pomen asociativnih odnosov v duševnosti: Stavka "Kozarec je napol poln" in "Kozarec je napol prazen" poročata o istem objektivnem dejstvu, vendar opazimo veliko razliko. Odkriva globalni predznak cele skupnosti vzorčnih struktur oziroma razpoloženje kot njeno envelopo. V prvem primeru ustreza optimističnemu (pozitivno naravnemu) ozadju, v drugem pa pesimističnemu (negativno naravnemu) kontekstu.

Človek ne samo absorbira zunanje vzorce, temveč jih takoj psihofiziološko (informacijsko) poveže z vsemi drugimi ter ustvari razdvojitve po VREDNOSTI.

Asociativna vpetost v atraktorju se kaže tudi v vztrajnosti – "nekaj nas vleče". Vlečejo nas vplivi vseh drugih vzorcev, posebno navade, stereotipi, ustaljeni načini dela in razmišljanja. To so višji skupki medsebojno povezanih statičnih in dinamičnih vzorcev, ki so se najpogosteje pojavljali skupaj in se tako asociativno povezali. Tako lahko razumemo tudi pojav FIKSACIJE (miselne neprilagodljivosti in okostenelosti): Če smo vselej postopali na en način, ne moremo postopati drugače, četudi bi bilo to nujno. To pomeni, da ne moremo zapustiti potencialne vrtače vzorca.

Isto prejeta vsebino nekdo RAZUME, ker ima že ustvarjene vzorce, s katerimi se lahko sintetizira ta vsebina, drugi pa ne razume, ker tega asociativnega ozadja nima. Razvidno je, da sta kontekst vzorca in njegove asociativne zveze z drugimi vzorci tisto bistvo, ki prežema vso duševnost. To se bo vedno znova potrjevalo.

### 3.3. GESTALT-PSIHOLOGIJA IN SINERGETIKA

Sinergetika je nova interdisciplinarna veda, ki proučuje tvorbe makroskopskih, hierarhično urejenih struktur na osnovi mikroskopske dinamike kompleksnega sistema (fizikalnega, biološkega, kemijskega, sociološkega, makroekonomskega idr.) (Haken, 1983, 1987). Njen ustanovitelj je priznan fizik Hermann Haken, ki je na te probleme naletel najprej v kvantni teoriji polja. Posebna veja je KOGNITIVNA SINERGETIKA, kjer gre za uporabo sinergetskih modelov v kognitivni znanosti.

Posebno sožitje se vzpostavlja med kognitivno sinergetiko in gestalt-psihologijo. Gestalt je nemška beseda za lik, obliko. Že v slovarčku smo definirali gestalt kot kvalitativno novo strukturo, ki nastane na osnovi med seboj sodelujočih osnovnih elementov. Likovna psihologija trdi, da zaznavni procesi oziroma njihove vsebine spontano težijo k neki obliki, organizaciji, strukturi. Zametki likov se pretvarjajo v popolne like. Nepopolne, malo popačene oblike označimo kot popolne. Izstopajo simetrične, sklenjene, dodelane forme; prav take idealne oblike pa so nosilci pomena oziroma smisla. Popolnost se ohranja tudi ob zasuku, premiku, spremembi oddaljenosti, barve ipd., deloma celo ob deformaciji. Gestalt-psihologija torej kot vodilo zaznavnih procesov najde v težnji k dobroti oziroma tako imenovani PREGNANCI (nem. Pränanz), ki je lahko fenomenološka značilnost ali rezultat samoorganizacijskega procesa (Luccio, 1993; Trstenjak, 1974).

Te ugotovitve gestaltistov se povsem ujemajo s Hopfieldovim in Hakenovim nevronskega modelom. Težnja k pregnanci je pravzaprav natančneje težnja k stabilnosti, maksimalni medsebojni usklajenosti in ravnovesju, maksimalni odpornosti do sprememb, skratka – k minimumu potenciala oziroma energije sistema (Haken, 1989). Vedno ko opazujemo množico naključno izbranih predmetov, se bo naš nevronskega sistem stabiliziral v določeni konfiguraciji, ki ji pripada potencialni minimum in je atraktor (vse druge konfiguracije se zlivajo vanj). Tista konfiguracija nevronov (ali posplošenih nevronov), ki realizira takšno pregnantno obliko ali gestalt, v teoriji nevronskega mrež imenovano vzorec, vsebuje ravno najznačilnejše lastnosti začetnih predmetov oziroma vse tisto, kar je tem naključnim objektom skupnega!

Zakaj gestalt oziroma vzorec ustreza ravno "idealni, dobri, popolni" stvari? Zato ker se vsa odstopanja pri realnih stvareh, ki npr. vzbujajo receptorne celice čutil, izpovprečijo tako, da je "povprečje" ravno idealna stvar. "Povprečje" oziroma "kompromisna sredina" množice realnih krožnih oblik je ravno idealen krog. Konfiguracija, ustreza idealnemu krogu, je torej v povprečju v nevronskega mreži najpogostejše vzbujena, potem ko smo opazovali mnogo raznih krogov, vedno rahlo popačenih oziroma neidealnih.

Asociativna nevronskega mreža ima sposobnost dopolniti nepopoln vzorec ali pa ga razpoznati ne glede na to, da je pretvorjen (premaknjen, obrnjen, deformiran, povečan ali pomanjšan itd.) (Haken, 1991). Za matematike oziroma fizike navajamo pomenljivo dejstvo, da je kvadrat absolutnih vrednosti Fourierovih transformacij originalnega vektorja stanja in vektorjev stanj, na katerih so bile izvedene posamezne izmed naštetih preslikav, invarianten. Pri učenju in razpoznavanju vzorcev se uporabijo prav Fourierove transformacije (podane v k-prostoru) kot novi vzorci, ki so enaki ne glede na našete pretvorbe (Haken, 1991, 1996).

Poglejmo še, kaj kognitivna sinergetika lahko prispeva k obravnavi problema UNIVERZALIJ, to je problema narave splošnih pojmov.

Ker se bomo morali izogniti ontološki razsežnosti problema univerzalij (!), se bomo omejili na vprašanje splošnih pojmov ne v smislu ontološke narave, marveč kognitivne narave. Možni odgovori so:

Splošni pojmi zaobjemajo podobnosti v domeni posameznih pojmov v novo besedo oziroma idejo (nominalizem). (Sinergetska analogija: KARDINALNE CELICE ali PARAMETRI UREJENOSTI, ki na nevronskega ravni simbolno zastopajo vzorec.)

Za splošnimi pojmi stoji neko splošno bistvo, ki je različno od konkretnosti, iz katerih izhaja (platonizem). (Sinergetska analogija: VZORCI VIŠJEGA REDA abstrakcije, ki nastajajo na osnovi temeljnih vzorcev.)

Splošni pojmi imajo objektivni obstoj, saj so nosilci bistva kot svoje vsebine (konceptualizem). (Sinergetska analogija bi bila: princip GESTALTA, ki ga privzema tudi kognitivna sinergetika. Sistemski pomen in bistvo sta zajeta v asociativni povezanosti z drugimi vzorci. Vzorec-atraktor je ireducibilen; atraktor je virtualna komponenta vzorca in ustreza gestaltu. ATRAKTOR ali GESTALT deluje "od zgoraj navzdol").

Zdi se, da kognitivna sinergetika s svojim matematičnim modelom omogoča prispevek k novemu soočenju tez filozofskega spora o univerzalijah. Kognitivna sinergetika opisuje sistemski asociativni proces z matematičnimi pojmi vzorca-gestalta (ki vselej sintetizira konfiguracijo vzorcev nižjega reda), parametra urejenosti (koeficienta) in kardinalne celice (individualne manifestacije vzorca). Poudarimo razlike med temi pojmi: Vzorec je konfiguracija, parameter urejenosti kodira moč asociativnega vpliva vzorca (kvantificira pomen vzorca), kardinalna celica pa je nevron (ali posplošeni nevron), ki je predstavnik vzorca. Tak nevron je na primer aktiven, če je pripadajoči vzorec prisoten.

Problema univerzalij torej sinergetika ne reši (vsekakor glede vprašanja o dejanskem obstoju splošnih pojmov, idej oziroma njim ustreznih objektov ne), ampak omogoča sintetično razumevanje njegovega ozadja skozi opis sistemskega PROCESA in njegovih matematično opisljivih gonilnih dejavnikov.

## 3.4. RAZUM IN INTUICIJA

Vsakodnevno razumsko razmišljanje zahteva hitro, prožno, prilagodljivo operiranje in manipuliranje z vzorci predvsem nižjega reda abstrakcije. Vzorci so natančno opredeljeni in detajlirani, korelacije zunanji vzorec – notranja virtualna slika so stalne in nedvoumne. Pri abstraktnejšem razumskem razmišljanju v znanosti so zahtevane stroge definicije pojmov oziroma nedvoumnost njim ustreznih vzorcev. Sposobnost takšnega urejenega in natančnega procesiranja, ki omogoča prilagajanje in svobodno odločanje, imenujemo INTELIGENTNOST. Objektivni in diskurzivni razum je več operiranja z množico manjših finih vzorcev, ki jim pripadajo ožje potencialne jame. Sposoben jih je razločevati in prehajati med njimi po ustaljenih pravilih. Odzivi so hitri. Razum namenoma izloča asociativne zveze, ker so subjektivne. V analitičnem razmišljanju prevladuje sistematična kategorizacija, asociativnost in sintetičnost pa je v ozadju. Na tak način sta zagotavljeni natančnost in objektivnost. Preprečena je zmeda, nejasnost in večpomenskost, vendar se je s tem treba odreči širšemu asociativnemu kontekstu in kvaliteti zavesti.

Drugače je pri USTVARJALNOSTI. Umetnik je sposoben večje asociativno stapljati vzorce. Vzorcem ustrezne potencialne vrtače niso fiksne kot pri razumskem razmišljanju, temveč se temeljito spreminjajo in "gnetejo". Rečemo, da je ustvarjalno mišljenje bolj globoko, saj izhaja iz korenitih sprememb vse kategorizacijske zgradbe, ne le ostro lokaliziranih delov strukturnega drevesa pojmov kot pri razumu. Duhovno usmerjen um operira s širšimi vzorci z globljimi potencialnimi vrtačami, zato pa jih je precej manj. Odzivi so počasni, vendar temeljiti. Klasifikacija v vzorce je mehka, morebitna pravila niso konkretna, temveč kvečjemu globalna. Poudarek ni na kategorizaciji, temveč na asociativnih zvezah, splošnosti, širših vzorčnih skupkih, ki zastopajo kvalitativno in panoramsko občutenje in vzdušje. Taki vzorci so minljivi, in krhki, saj so stkani na osnovi velike množice mehkih, spremenljivih, bežnih vtisov.

## 3.5. SOODVISNOST ZUNANJIH IN NOTRANJIH VZORCEV

### 3.5.1. Razlikovanje in obstoj

Prvi – zunanji objektivni svet, drugi – notranji duševni in duhovni (subjektivni) svet in hipotetični tretji – zunanji (intersubjektivni, nadindividualni) duhovni svet se često prepletajo. Menim, da obstajata samo dva svetova – prvi in drugi, tretji je poseben primer drugega. V naravi sta tudi prva dva svetova poenotena, le naše doživljanje ju umetno loči. Sicer nekateri (Popper) posebej izpostavijo še svet človeške kulture, znanosti oziroma znanja in družbenih struktur.

Pred razvojem znanosti so ljudje vedeli o naravi fizikalnega sveta zelo malo. "Raziskovali" so ga prek svojih metaforičnih notranjih modelov in niso razlikovali subjektivnih vzorcev od objektov. To je na primer obravnaval Jung (1984, str. 238): "... raziskovalna zavest (alkimikov se je) soočala z mračnim prostorom neznanega, verujoč, da v njem vidi like in zakone, ki pa niso izhajali iz narave, temveč iz duše. Vse neznano in prazno je izpolnjeno s psihološko projekcijo; kot da se v mraku izraža duševno zaledje opazovalca. To, kar vidi in misli, da vidi v snovi, so bržkone njegove lastne nezavestne dejavnosti, ki jih vanjo projicira..."

Nevarnost projekcije subjektivnih struktur v objektivno stvarnost vendarle obstaja tudi še danes, celo v fiziki. Kaj so objekti? Ali delci niso le tiste strukture v polju, s katerimi naše merilne naprave lahko interagirajo in jih tako zaznavajo? Za nas obstaja tisto, kar lahko ustvarja notranje vzorce v naši duševnosti. Kaj pa ostalo; ali tudi obstaja? Fizika in nevropsihologija bosta imeli še veliko skupnega dela. Doslej so se s tem ukvarjali le filozofsko.

"Protologik" Spencer Brown v knjigi "Laws of Form" (po von Kibed & Matzka) pravi, da je izvor obstoja stvari v distinkciji (razločitvi). Razlike so osnovnejše od stvari, saj stvari konstruiramo, ko uvedemo z motivom vodeno razlikovanje. Tako hkrati nastanejo: meja, notranjost, zunanost in kontekst (stvari). Šele tako se torej iz "vakuuma" oziroma uniformnega kontinuuma ustvari objekt, razmejen od ostalega (od tega, kar ima sedaj status njegovega komplementa). To se povsem ujema z nastankom vzorca iz uniformne nevronske konfiguracije, torej z zlomom simetrije, pa tudi z nastankom delca (in antidelca) iz vakuuma. Obstaja torej tisto, kar lahko razločimo od ozadja oziroma okolice. Za vakuum se je do nedavnega trdilo, da je Nič; danes pa prevladuje ocena, da gre v nekem smislu za Nič in Vse hkrati. Vakuum je neka prvobitnost, "iz katere vse izhaja": v tej homogeni, izotropni, simetrični prvobitnosti nastajajo nehomogenosti – obstajajoči delci. Mnenje, da vakuum ni le Nič, se je sprejelo šele takrat, ko so v vakuumu "odkrili" (soustvarili?) zelo pestro, četudi zelo fino dejavnost – vakuumske fluktuacije. Prav tako je tudi z nastankom vzorcev (virtualnih "objektov") v simetrično delujoči nevronske mreži.

Zgodovinska analiza t. i. magičnih znanosti, npr. alkimije, nam kaže, da so ljudje najprej oblikovali notranje vzorce na osnovi zunanjih vplivov. Ti vzorci so se nato sintetizirali v abstraktnejše vzorce. Potem pa so ljudje novonastale abstraktnejše vzorce projicirali nazaj v naravo. Včasih so bili abstraktnejši vzorci bolj antropomorfne narave (poosebitve, alegorije, duhovi, bogovi), danes pa so sistematizirani v filozofske ter znanstvene pojme in matematični formalizem. To sta poudarila tudi C. G. Jung (1995) in W. Pauli v primeru astrologije in zgodnje znanosti. Naš (pasivni ali aktivni) odnos do narave bistveno temelji na našem modelu narave.

Naš aktivni odnos do narave (npr. opazovanje, merjenje) zlomi simetrijo v objektivni naravi, tako da jo zmoti in lahko deloma prestrukturira; tako dobljena slika narave pa je subjektivizirana in zreducirana. Narava ni več takšna, kot je bila prej, temveč je za nas le tisto, čemur trenutno posvečamo pozornost. Ontologijo pretvorimo v epistemologijo: stvarnost zamenja NAŠA stvarnost. Objekt razgradimo na mešanico

vzorcev oziroma matematično na linearno kombinacijo lastnih stanj. Potem operiramo s temi vzorci: grupiramo jih v vzorce višjega reda (kategorije), ugotavljamo zveze med njimi itd. V različnih okoliščinah se nam narava odziva na različne načine, ki jih analiziramo kot fizikalne zakone (formalizirane intersubjektivne vzorce oziroma ideje). Fizikalni zakoni pravijo, da se bo ob natančno določenih pogojih zgodil določen (pogosto natančno predvidljiv) naravni pojav.

Vendar je določanje pogojev subjektivno in že v začetku zlomi naravno simetrijo oziroma ontološko naravo. Naravni procesi so namreč celostni in potekajo soodvisno na vseh ravneh hkrati. Naravni procesi so nerazdružljivo Eno in s tem, ko jih analiziramo, se vtikamo v njih ter jih spreminjamo. Iz njihove celote namreč hote ali nehote poberemo le dele. Ko zlomimo simetrijo, hkrati "(so)ustvarjamo" takšen svet, kot ga vidimo. Podatke iz okolja dobivamo selektivno in po delih. Naša pozornost loči opazovani predmet od ozadja, dojema pa ta predmet razstavljenega v različne čutne kvalitete: videz, barva, odtenki; zvočni in tipni občutki; okus; različni zorni koti; gibanje; odnosi s sosednjimi predmeti itd. Te in še globlje detajle možganska skorja sintetizira v zaznavo enovitega predmeta (Potrč, 1988). Ali je ta sinteza senzornih vtisov objektivna ali pa vnaša v naše dožemanje sveta povsem nove kvalitete, zveze ter enote, in v kolikšni meri?

A. Schopenhauer trdi v svojem delu "Svet kot volja in predstava" (1986, str. 25): "Svet, ki obkroža (človeka), obstaja samo kot (njegova) predstava, vedno samo v odnosu do nečesa drugega, do onega, ki to predstavo ima, do njega samega." Svet oziroma njegova predstava je "objekt za subjekt". Dalje pravi: "Svet je moja volja." Vsekakor je svet, kot ga doživljamo, tak kot nam ga predstavljajo čutila in strukturirajo višji virtualni vzorci, pri tem pa ta svoj svet sooblikujemo.

Vemo, da sta zunanji svet in notranji svet nekako vzporedna. Okolje ima odločilen vpliv na način in samo strukturo duševnih procesov. Vzemimo primer vrhunskih alpinistov. Iz njihovih potopisnih sporočil razberemo, da se hkrati s fizičnim vzponom v zaledenelih stenah vzpenjajo tudi v svoji notranjosti. Prav tako je bila kontemplativna naravnost puščavnikov ali votlinskih menihov podobna pustemu okolju njihovega bivanja.

### 3.5.2. Svetovi, pojavi in njim prilagojene preslikave

Lahko razločujemo SINTETIČNO OBJEKTIVNO naravo-samo-na-sebi, o kateri ne vemo čisto nič zanesljivega (pravzaprav niti to ne, ali sploh obstaja); nadalje naš ANALITIČNO-"OBJEKTIVEN" MODEL narave (npr. naravoslovno-znanstven), ki lahko povsem natančno predvideva dogodke in pojave pri natančno določenih pogojih; in SUBJEKTIVNI MODEL narave (laičen). Organizem (možgani in zavest) je tista neopredeljena stična točka oziroma izhodišče teh treh "svetov"... Možgani znajo delati OKOLJU PRILAGOJENE PRESLIKAVE: Na določen pojav so se naučili odzvati na določen ustrezen način, sicer bi organizem propadel ali vsaj zaostajal za svojimi tekmeci. O pravi naravi sveta pa organizem ne ve nič, zna le manipulirati s pojavi. Okolni svet najverjetneje obstaja, vendar ga dojemamo samo skozi sebe, ne moremo ga drugače. Ideja o enotnosti organizma-okolja se ujema s konstruktivističnimi tezami Varele (1979) in Maturane, tisto o nespoznavnosti narave-same-na-sebi pa seveda s Kantom (1963).

Neki predmeti za nas obstajajo, ker se svetloba odbija od njih proti našim očem, ker jih lahko otipljemo, ker jih zaznajo naše merilne naprave in ker to velja za večino ljudi enako. Če pa bi bile neke stvari sestavljene iz nevtrinov, ki zelo redko interagirajo, jih za nas sploh ne bi bilo. Vprašanje ostaja, ali jih le za nas ne bi bilo ali jih celo dejansko sploh ne bi bilo. Ali "obstajajo" samo kot neke neuresničene možnosti v uniformni supersimetriji (sintetični objektivni naravi)?

Pred nadaljevanjem moram ponoviti, da je v pričujočem delu izraz vzorci-atraktorji (nevrosinergetski pogled) sopomenka izrazu koncepti (kognitivno-psihološki pogled).

Drugi analitični model narave je zgrajen na splošnem konsenzu in ustvarja INTERSUBJEKTIVNO-FORMALIZIRANE SISTEME NOTRANJIH VZORCEV (matematika, fizika, logika idr.). Z njimi delamo večidel tako, da razum v duševnosti (notranjosti) vzporedno sledi manipulaciji s simboli na papirju ali na tabli (zunanosti). Notranji vzorci so tako intersubjektivno nadzorovani z zahtevo po upoštevanju dogovorjenih predpisov, pravil in definicij. Fiksirani so tudi s pomočjo zunanjega zapisa, ki deluje kot vizualni "robni pogoj", ki mu mora mreža posredno zadostiti. Tako so intersubjektivno-formalizirani sistemi vzorcev povsem enolični in jih zato imenujemo "objektivni". Tako kot narava pri eksperimentu bodo namreč v točno določenih okoliščinah odigrali točno določeno vlogo. Dane okoliščine so prav tako intersubjektivno-formalizirani vzorci, torej brez njih ne gre. Kakršenkoli vzorec pa ni nekaj objektivnega, temveč je subjektiven, kolikor je nek del, izvzet iz celote z zlomljeno simetrijo. Vendar so obče priznani intersubjektivno-formalizirani sistemi vzorcev največji možni dosežek analitičnega spoznanja, ki se lahko le še kvantitativno širi.

Tretji subjektivni model narave so vsakdanje izkušnje in intuicija. Intuicija pride v poštev le takrat, ko enoličen analitični model ni mogoč (zaradi kontroverznosti in konfuznosti vzorcev, nezmožnosti natančnih definicij, ki so nenazadnje tudi vzorci) in takrat, ko je prvotnih vzorcev daleč preveč in so preveč spremenljivi, da bi jih lahko zaobjeli v enolične, fiksne intersubjektivno-formalizirane vzorce.

Slednje se zgodi takrat, ko se objektivna narava ne da enolično razstaviti na posamezne dele in vzorce. To pomeni, da narava deluje sintetično, in da bi z vsako analizo sintezo pokvarili. Sintezo kvarimo pri čisto vsakem spoznavnem procesu (tudi v klasični fiziki itd.), vendar z njim šele v kvantni fiziki oziroma pri preučevanju kompleksnih sistemov sintezo pokvarimo tako zelo, da zaenkrat ne moremo ustvariti zadovoljivih intersubjektivno-formaliziranih vzorcev. Tedaj preostane le še sintetični, HOLISTIČNI pristop. Pri preučevanju t. i. zunanje narave si ga ne moremo privoščiti, pri raziskovanju možganov pa s previdnostjo lahko. S tem se šele za posebne primere opravičijo introspekcija, intuicija in mistični



neposredni uvid kot predstavniki tretjega subjektivnega modela.

Vprašanje narave duševnega sveta je neločljivo povezano z vprašanjem ontologije fizikalnega sveta. S čimer se človek ukvarja in kar mu ustvarja notranje virtualne slike, temu bo priznal obstoj. Danes se ljudje ukvarjajo predvsem z materialnim svetom, ker so ga že sposobni obvladati; v evropskem srednjem veku in vseskozi na Vzhodu pa so bolje obvladovali duhovni svet kot materialnega. Potrebna je sinteza obeh skrajnosti.

V bistvu je "materialno" in analitično bolj povezano s stanjem, "duševno" in sintetično pa s procesom in notranjimi odnosi v sistemu. Ali je potemtakem vsak sintetični pojav tudi "duševen"? Tako trdijo nekateri idealisti.

Povzemimo: Sveta ne spoznavamo takšnega, kot je "sam na sebi", temveč spoznavamo njegove pojavne vzorce in obvladamo okolju ustrezne preslikave (reakcije, odnose ipd.) med njimi. Živčni sistem in možgani interagirajo z okoljem diferencirano. Selektivno poberejo iz naravne simetrije določene vzorce. Materialisti so vseskozi trdili, da so notranji virtualni vzorci imitacija zunanjih realnih, idealisti pa prisegajo, da so zunanji vzorci imitacija notranjih vzorcev oziroma idej v Božjem umu. Agnostiki pravijo, da objektivno spoznanje sploh ni mogoče. Rezultat je odvisen izključno od definicije, doktrine in nivoja naše pozornosti. Podobno lahko organizem dojemamo kot eno telo, kot množico organov ali celic, kot nepregledno meglo atomov ali kot del neke skupnosti ter nenazadnje vesolja. Izbrali bomo skalo in temu primerno prilagodili vzorce. Nikoli ne moremo biti povsem objektivni in nikoli čisto subjektivni, če smo omejeni, konkretni in umeščeni v okolje.