

O RITMOVIMA I SVESTI, MODEL SVESNOG PROCESIRANJA

Emil Jovanov

Institut "Mihajlo Pupin", Beograd,
& Elektrotehnički fakultet, Beograd
e-mail: ejovanoe@ubbg.etf.bg.ac.yu

*The Kingdom of Heaven is not a Place,
but a State of Mind*

Rezime. U radu su predstavljeni ritmički uticaji okruženja na čoveka i karakteristični ritmovi nervnog sistema. Razumevanjem hijerarhije ovih ritmova i njihove interakcije lakše ćemo pronaći u mehanizme svesnog procesiranja. Predstavljen je model svesnog procesiranja kao paralelnog, distribuiranog multiprocesorskog sistema, sa ritmičnim skeniranjem skupa aktivnih modula. Dominirajući "gestalt" aktivnosti se zatim kreira izlaskom selektovanog modula na zajedničku magistralu radi globalne razmene informacija, kao i formiranjem elektromagnetnog polja moždanih talasa. Prioritet modula je određen vremenom kontrole sistemske magistrale, srednjim električnim potencijalom i metabolizmom modula. Osnovna strategija normalne aktivnosti sistema je minimiziranje energetskog bilansa. Na osnovu predstavljenog modela analizirani su mogući mehanizmi nastajanja stanja proširene svesnosti (supersvesti).

UVOD

Čovek funkcioniše u harmoniji spoljnih i unutrašnjih ritmova. U standardnom režimu rada ovi uticaji nisu esencijalni, dok je za analizu suptilnijih aspekata postojanja neophodno imati u vidu interakciju unutrašnjih i spoljnih ritmova.

Osnovni ritam čovekovog okruženja je dnevni ritam, ciklus promene dana i noći (24 h). Ritmovi koji su u vezi sa dnevnim ritmom se nazivaju cirkadijalni (primer je lučenje melatonina pinealne žlezde). Sličan period ima i lunarni dan (24h 50min), odnosno polovina ovog ciklusa (12h 25min) [1]. Najvažniji spori ritmovi u okruženju su ciklus rotacije Meseca (29.5 dana), godišnji ciklus Zemlje (365.25 dana), ciklus Sunčevih pega (11 odnosno 22 godine), ciklus nutacije (18.6 godina), ciklusi

električnih polja planeta (vreme rotacije oko Sunca od 88 dana do 247.7 godina) [2], precesije (26.000 godina), sve do ciklusa rotacije galaksije (250.000.000 godina) [1].

Ritmovi brži od dnevnog kod čoveka predstavljaju cikluse lučenja hormona i promena aktivnosti moždanih hemisfera koji su reda sati (značajni su ritmovi perioda oko 90 min). Elektromagnetno polje Sunca ima frekvenciju 10 Hz [1], (upadljivo nalik alfa ritmu EEG signala), dok u jonosferi postoje pored dnevnih ritmova talasi na karakterističnim frekvencijama ("Šumanovim rezonancama") u θ , α , β_1 i β_2 frekventnom opsegu EEG signala. Navedene astrološke i elektromagnetne pojave menjaju gravitaciono i elektromagnetne polje Zemlje, a samim tim utiču i na sva živa bića na Zemlji.

Živi organizmi najčešće poseduju interne generatore sa istom periodom kao ritmovi koji postoje u okruženju. Ovi generatori mogu da budu izuzetno precizni, do 1×10^{-4} [3]. Karakteristična frekvencija ovih ritmova se razlikuje od prirodnih, ali se sa njima sinhronišu po fazi (PLL sinhronizacija). Najčešći izvor signala za sinhronizaciju ("zeitgeber") predstavljaju promene svetlosti i mraka. Pokazano je da se optička sinhronizacija vrši preko retine i suprahijazmičnog jedra hipotalamusa, jer se njegovim uništenjem kod zamoraca remete osnovni fiziološki ritmovi [1, 4]. Suptilna sinhronizacija se verovatno vrši preko promene Zemljinog magnetnog polja i sporih talasa u sistemu Zemlja-jonosfera.

Ovde su predstavljeni karakteristični endogeni i egzogeni ritmovi, kako bi kroz njihovu reakciju i predloženi model lakše okarakterisali modalitete svesnog procesiranja. Što se neurofiziološke osnove svesti tiče, trenutno preovlađuje talamo-kortikalni model sa nizom modaliteta (pogledati sve radove elektronskog seminara "*Thalamocortical Foundations of Conscious Experience*" - <http://www.phil.vt.edu/assc/esem.html> od kojih su neki i direktno citirani u ovom radu).

Značaj retikularnih jedara talamusa za svest prvi je naglasio Crick 1984-te godine. On naglašava specifičnu strukturu retikularnih jedara, jer većina neurona ima dendrite razastrte širom jedara što omogućava intenzivnu međusobnu komunikaciju. LaBerge naglašava da se pažnja izražava kao relativno povećanje protoka informacija pojedinim putevima u odnosu na ostale, pri čemu se pretpostavlja da u tome odlučujuću ulogu igraju talamo-kortikalna kola.

Baars je razvio model globalnog radnog prostora (GW - Global Workspace [5]). Po ovom modelu pažnju, odnosno kontrolu globalnog radnog prostora, u svakom trenutku dobija najaktivnija koalicija modula. Osnov funkcionisanja u ovom modelu predstavlja prošireni retikularno-talamički sistem ("ERTAS - Extended Reticular Thalamic System"), koji pored retikularno aktivacionog sistema naglašava ulogu talamusa sa projekcijama na korteks.

U ovom radu je predložen model svesnog procesiranja po analogiji sa kontrolnim višeprocorskim sistemima za rad u realnom vremenu. Iako je u osnovi teorijski,

ovaj model ima i praktičnu vrednost jer omogućava simulaciju aktivnosti sistema u nespecifičnim situacijama, kao što su stanja izmenjene svesti.

RITMOVI ELEKTROMAGNETNE AKTIVNOSTI CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA

Priroda svesnog procesiranja je nužno dinamična i uključuje niz promenljivih prostorno-vremenskih uzoraka aktivnosti. William James je još 1890-te godine pisao o "toku svesti" i "centralnosti pažnje". Shvatanje moždanih ritmova je evoluiralo od epifenomena (shvatanje EEG-a kao moždane buke pedesetih) do korelata uspešnosti kognitivnih zadataka [6]. Standardne karakteristike moždanih ritmova su date u [4,6,7].

Različite frekvencije električne aktivnosti mozga mogu predstavljati različite nivoe hijerarhijskog procesiranja, odnosno integracije informacija (v. Jovanov [8], str. 224). Pretpostavlja se da se integracija senzornih informacija vrši mehanizmom sinhronih oscilacija (skaniranjem) na frekvenciji od 40 Hz [7,9]. MEG studije kognitivnih zadataka pokazuju postojanje paketa impulsa od 1000 Hz na svakih 12.5 ms, pri čemu svest o pojedinačnim stimulusima postoji samo ako je vreme između dva stimulusa duže od 13.7 ms [9]. Interesantno je primetiti da pojedine vrste riba skaniraju svoju okolinu kontinualnim signalom učestanosti 50-1000 Hz, ili impulsima trajanja 1ms na svakih 25 ms (40 Hz) [3].

Percepcija elektromagnetnog polja kod čoveka još uvek nije dokazana, iako postoje modeli mogućih mehanizama (v. Adey [6], str. 157 i Raković [8,10]). Novim istraživanjima kod životinja razjašnjeni su neki od mehanizama percepcije EM polja [3]. Pokazano je i da u mozgu čoveka postoje kristali magnetita [3], mada njihova uloga nije razjašnjena. Ipak, prekomerno izlaganje elektromagnetnim poljima remeti funkciju pinealne žlezde, i to baš u domenu kontrole cirkadijalnih ritmova [11]. Ostaje otvoreno pitanje da li i kako promene elektromagnetnog polja utiču na moždane ritmove, posebno ako se ima u vidu sličnost frekvencija (aktivnost Sunca na 10 Hz i sistema Zemlja-jonosfera sa "Šumanovim rezonancama"). Logično je pretpostaviti da su ovi ritmovi nastali kao rezultat adaptacije na okruženje, pa bi razjašnjenje suptilnih aspekata funkcionisanja trebalo tražiti u interakciji internih i eksternih ritmova. Rakovićev biofizički model stanja izmenjene svesti upravo ukazuje na značaj ovih interakcija [8,10].

MODEL SVESNOG PROCESIRANJA

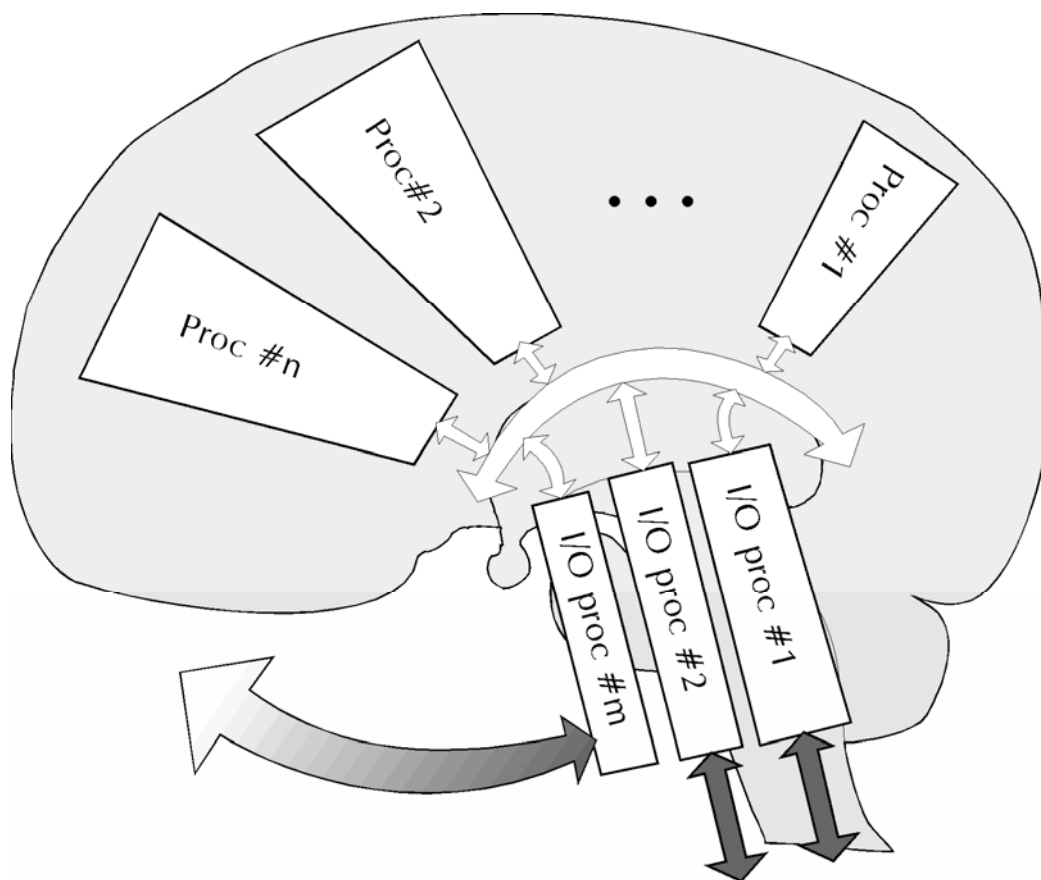
Imajući u vidu anatomiju i fiziologiju centralnog nervnog sistema, predstavimo hipotetički model svesnog procesiranja pomoću distribuiranog, paralelnog proce-

sorskog sistema sa zajedničkom magistralom, koji radi u realnom vremenu, kao što je to prikazano na Slici 1.

Procesiranje pojedinačnih senzornih signala obavlja funkcionalna celina specifičnih jedara talamusa sa pripadajućim područjima u kori velikog mozga (specifični talamokortikalni sistem [4]). Svaki takav modul možemo predstaviti procesorskim modulom na zajedničkoj magistrali više-procesorskog sistema. Po funkciji procesore možemo podeliti na *ulazno-izlazne procesore* i *procesore opšte namene*. Ulazno-izlaznim procesorima fiziološki odgovaraju specijalizovani moduli nervnog sistema (moduli u audio, vizuelnim, motornim i drugim specijalizovanim regijama), dok procesorima opšte namene odgovaraju asocijativni moduli (regije) korteksa. Modul karakteriše procesor (CPU), trajna memorija kao genetski nasleđena anatomska organizacija (ROM), radna memorija (RAM), kao i lokalne veze sa ostalim modulima. Asocijativni moduli čuvaju dinamičke slike radnog prostora. Možemo ih predstaviti kao provereno dobre kopije radnih programa, ili memorisana iskustva. U poznatim situacijama ovi moduli su nosioci aktivnosti ("automatizama"), dok u novim situacijama aktivno sarađuju sa ostalim regijama radi kreiranja novih (ili modifikovanih) programa koji će biti efikasni u datoj situaciji.

Globalna razmena informacija se vrši na dva načina:

- a) razmenom podataka preko systemske magistrale,
- b) formiranjem jedinstvenog EM polja moždanih talasa.



Slika 1. Model nervnog sistema kao distribuiranog, paralelnog procesorskog sistema.

Ulogu sistemske magistrale prema za sada poznatim istraživanjima najverovatnije igraju retikularna jedra talamusa. Postavlja se pitanje kontrole izlaska modula na sistemske magistralu i globalne razmene informacija. Globalna koordinacija se mora obaviti na dva nivoa: I) detekcija sinhronizacije u različitim modulima, II) razmena informacija između modula sa sinhrono aktiviranim populacijama neurona. Prvi mehanizam je predstavlja akviziciju podataka o okruženju, i realizuje se verovatno mehanizmom sinhronih 40 Hz oscilacija [9]. Treba naglasiti da se neuronski "gestalt" formira tek 100-200 ms posle stimulusa, iako se u međuvremenu paralelno odvija analiza stimulusa, kognitivno procesiranje i priprema akcije. Gray pretpostavlja da je sadržaj svesti izlaz komparatora koji poredi da li posledice "plana akcije" odgovaraju predviđenom planu [12].

Većina modela pretpostavlja stalno postavljanje zahteva za globalni radni prostor i njegovo dodeljivanje najaktivnijoj koaliciji modula (neuronska mreža tipa WTA - "Winner Take All") [5]. Naša hipoteza je da se izlazak na sistemske magistralu može modelirati *serijskim skeniranjem skupa aktivnih modula*, pri čemu svaki modul ima određeno vreme zauzimanja sistemske magistrale (vremenski slot). Sam ciklus

skaniranja stvara interni generator ("pacemaker") sinhronisan sa nekim od spoljnih taktova okruženja. Globalna sinhronizacija se vrši najverovatnije na elektromagnetno polje Sunca i Zemlje. Ovu funkciju bi mogla da imaju *intralaminarna jedra talamusa* [9]. Pokazano je da oštećenje ove male grupe neurona ukida svesno stanje. Ovo je u potpunoj saglasnosti sa našim modelom jer bi gubitak sinhronizacije onemogućio globalnu razmenu informacija bez koje svesno stanje više ne postoji.

Trenutno stanje sistema je karakterisano skupom aktivnih procesa i procesora sa definisanim vremenima izlaska na magistralu. U vreme izlaska procesora na magistralu njegovi lokalni procesi postaju globalni, i vrši se razmena podataka sa ostalim modulima. Skup aktivnih procesora predstavlja sve neinhibirane module sa pristupom magistrali, odnosno globalnom radnom prostoru. Vreme obrade u pojedinačnom ciklusu se tada može predstaviti kao zbir vremena obrada aktivnih modula.

Značaj pojedinih procesora u računarskom sistemu se određuje dinamičkom promenom prioriteta modula, tako da modul najvišeg prioriteta prvi dobija resurse koji su mu neophodni. Promena prioriteta modula u našem modelu se može predstaviti sledećim mehanizmima:

- *Proširenje vremena kontrole sistemske magistrale* (dobijanje dužeg vremenskog slot-a na magistrali),
- *Promena karakteristike procesiranja modula*, što se može realizovati na sledeći način:
 - ◇ *Lokalna promena potencijala regije* (primer CNV kod evociranih potencijala ili integral aktivnosti u dužem vremenskom periodu [6,13,14]).
 - ◇ *Povećanje metabolizma regije od interesa*, što se realizuje kontrolom prokrvljenosti preko limbičkog sistema. Promena metabolizma se može detektovati PET snimcima, a manifestuje se i modulacijom, odnosno sporo promenljivom komponentom EEG signala [15,16].

Raspodela prioritete po modulima je dinamička i zavisi od situacije. Mehanizam dinamičke raspodele prioriteta po modulima se evoluciono razvija, favorizujući jedinke sa bolje adaptiranom raspodelom. Karakterističan primer dinamičke promene raspodele prioriteta je životinja koja se na potencijalno opasni zvuk "pretvori u uvo", suspendujući sve ostale module da bi se ostvarila maksimalna energija modulima za procesiranje zvuka i trenutna globalna raspoloživost rezultata obrade. Uvid u mehanizme aktivacije regija se može dobiti praćenjem prostorno-vremenskih promena EEG signala [17].

Treba imati u vidu da svaka aktivnost određene regije povećava metabolizam te regije, pa je neophodno globalno angažovanje kontrolnog sistema za regulaciju povećanog metabolizma (na nivou vegetativnog nervnog sistema). Rad kontrolnog sistema za povećanje metabolizma uključuje čitav niz biohemijskih i nervnih mehanizama, čija aktivnost sa gledišta svesnog procesiranja predstavlja šum. Skup biohemijskih i elektromagnetnih uticaja koji nastaju kao rezultat promene metabolizma ćemo zvati *metabolički šum* sistema.

Dakle, procesiranje menja uslove procesiranja i povratno utiče na sam proces (tok svesti)! Istovremeno, korisni signal (sadržaj svesti) je okružen šumom sistema koji generiše aktivnost modula za "održavanje sistema". Stoga se u normalnom stanju ne može dozvoliti istovremena raznorodna aktivnost velikog broja regija, jer bi to dovelo do smanjenja odnosa "signal/šum". Kao ekstremni primer možemo pretpostaviti da klinička smrt prekidom fizioloških ritmova ukida šum sistema, i omogućuje kratkotrajno super-svesno stanje o suptilnim sadržajima koji normalnoj svesnosti nisu dostupni.

Osnovna strategija normalne aktivnosti sistema je **minimiziranje energetskeg bilansa** za rešavanje datog problema, što se može ostvariti sledećim mehanizmima:

- ⇒ *smanjenje frekvencije skaniranja sistema po modulima,*
- ⇒ *smanjenje broja aktivnih modula,*
- ⇒ *minimiziranje utroška energije po aktivnom modulu.*

MODELIRANJE STANJA SVESTI

Tipičan primer primene svih ovih mehanizama imamo u snu. Smanjenje srednje frekvencije EEG aktivnosti može da predstavlja rezultat smanjenja frekvencija skaniranja po modulima u toku tonjenja u sve dublji san. Brza aktivnost (σ vretena) u toku uspostavljanja sna se mogu protumačiti kao kratke "check-out" procedure za proveru stanja sistema i okruženja pre spuštanja nivoa spremnosti. Zatim se smanjuje broj aktivnih modula (deaktiviranje nekih čula) i aktivnost po modulima (do nivoa spremnosti da se detektuje potencijalno opasna situacija). Može se zamisliti da se u toku sna modifikuje model stvarnosti u procesorima opšte namene (asocijativnim regijama), poređenjem prethodnog stanja modela sa preživljenim iskustvom prethodnog dana. Poboljšani model bi, naravno, trebalo da poveća prilagođenost jedinke okruženju.

Drugo karakteristično stanje svesti predstavlja meditacija [18]. Ona dovodi do svesnog smanjenja fizičke svesnosti, pa se na taj način smanjuje skup aktivnih modula. Kao posledicu imamo mogućnost smanjenja frekvencije skaniranja po modulima (što se može videti kao usporavanje EEG aktivnosti [19,20]). Osim toga, smanjena aktivnost modula fizičke svesnosti stavlja na raspolaganje sistemu dodatnu energiju u okviru istog energetskeg bilansa. Ova energija se može iskoristiti za dodatnu aktivaciju trenutno aktivnih modula, ili za uključenje većeg broja asocijativnih modula.

U stanjima normalne svesnosti procesori opšte namene (asocijativni moduli) omogućavaju centralizovano upravljanje sa minimalnim utroškom energije. U izmenjenim ili novim situacijama dodatno se energizuju senzorni i asocijativni moduli radi modifikacije dinamičke slike prostorno-vremenske bihevioralne matrice. Ovo bi

bilo ekvivalentno modifikaciji zapamćenog programa aktivnosti za određenu situaciju. Nasuprot tome, ponavljanje mehaničkih radnji deenergizira nervni sistem do granice tonjenja u san.

Uloga limbičkog sistema

U predloženom modelu limbički sistem nije običan modul kao što je predstavljeno na Slici 1. Njegova uloga se ogleda u povratnoj sprezi preko vegetativnog nervnog sistema. Evoluciono, ovakva uloga poboljšava šanse za preživljavanje jedinke. U slučaju opasnosti ovaj sistem po visokom prioritetu aktivira skup modula koji su neophodni u datoj situaciji.

Ukoliko ne postoji realna opasnost već je akcija izazvana samo sadržajem svesti, intervencija limbičkog sistema će definitivno promeniti tok svesti i samo procesiranje. Kako limbički sistem nije moguće svesno kontrolisati, mi najčešće nismo u stanju da kontrolišemo tok sopstvene svesti. Na taj način se može shvatiti Patañjali-jeva izreka ("yogah cittavrtti nirodhah") da je joga prestanak modifikacija svesti, odnosno postizanje stabilnog toka svesti.

Stanja proširene svesnosti - supersvesno stanje

Predloženi model može modelirati proširenje svesti do supersvesnog stanja karakterističnog za neka stanja izmenjene svesti [17]. Može se činiti da ovakva stanja nemaju svoje fiziološke korelate, ali verujemo da postoji neuro-fiziološka osnova kao preduslov za nastajanje ovih stanja. Pokazano je naprimer, da uvidima koji se subjektivno karakterišu kao trenutni i iznenadni, prethodi karakteristična promena električnih potencijala mozga koja priprema uvid [21].

Na osnovu predloženog modela stanja proširene svesnosti se mogu modelirati, između ostalog, i sledećim mehanizmima:

- *Inhibicija senzornih i motornih sistema koji nisu od značaja za predmet fokusa svesti*, kao što je naprimer koncentracija na melodiju, sa inhibiranim ostalim čulima i fizičkom svesnošću. Smanjenje priliva senzornih informacija i motornog izlaza dovodi do sledećih efekata: maksimiziranje performansi sistema, raspolaganje dodatnom energijom u okviru postojećeg bilansa, oslobađanje systemske magistrale na račun aktivnih procesa, i smanjenje metaboličkog šuma sistema.
- *Stabilizacija fokusa pažnje nezavisno od sadržaja svesnog procesiranja*. Ponovljeni napor za stabilizaciju fokusa pažnje znači jačanje svesne regulacije, odnosno slabljenje povratne sprege limbičkog sistema na tok svesnog procesi-

ranja. Na taj način je sadržaj svesnog procesiranja neometen samim procesiranjem. Normalna svesnost ima svoj subjektivno postavljeni cilj ("fighter for ends"), dok je proširena svesnost objektivni posmatrač ("detached observer" kako je to James definisao [5]).

- *Stabilizacija osnovnih fizioloških ritmova.* Deaktivacija sistema za kontrolu stalno promenljivih fizioloških ritmova (ritam i dubina disanja, rad srca, itd.) smanjuje metabolički šum, a povećava ciklus globalne razmene podataka na račun vremena kontrole ovih ritmova. Ako posmatramo spektar metaboličkog šuma, stabilizacijom fizioloških ritmova metabolički šum umesto širokopojsnog (zbog promenljivosti ritmova i mehanizama za njihovu kontrolu) postaje diskretan na stabilnim učestanostima koje odgovaraju fiziološkim ritmovima. Pokazano je da stabilizacija fizioloških ritmova ima za posledicu stabilizaciju moždanih ritmova [16].

Ovo se može uporediti sa pokušajem da se u čamcu na nemirnom jezeru koncentrišemo na prizor na udaljenoj obali. Ako su talasi neregularni, biće teško održati pažnju i razaznati detalje. U slučaju regularanih talasa (bez obzira na njihov intenzitet) može se apstrahovati kretanje čamca i održati stabilan fokus pažnje. Može se pretpostaviti da je stabilnost osnovnih fizioloških ritmova vegetativnog nervnog sistema osnova na kojoj nastaju stanja proširene svesnosti.

- *Smanjenje energije sistema.* Smanjenje energije sistema uz održanu svesnost smanjuje se metabolički šum, a svest otvara za percepciju suptilnijih sadržaja.

ZAKLJUČAK

Predloženi model je pogodan za istraživanje svesnog procesiranja i omogućuje drugačiji ugao posmatranja svesnih procesa. Prema modelu, sistem ima maksimalne performanse u uslovima smanjenog metaboličkog šuma i maksimalne raspoloživosti globalnog radnog prostora za procesore opšte namene (asocijativne module). Nije zato čudno da je veliki broj otkrića začet u snu kada je metabolički šum minimalan, a motorne i senzorne zone neaktivne. Gledano iz te perspektive čini se da je Rodenova skulptura "Mislilac" pogrešan simbol, jer se intenzivnim fizičkim naporom povećava metabolički šum sistema, pa se smanjuje energetska potencijal i raspoloživi vremenski interval za svesno procesiranje višeg nivoa. Fizički napor u toku svesnog procesiranja je koristan samo kao asocijacija na situacije u kojima je takva aktivnost (bila) neophodna.

Ovakav model može ličiti na isforsiranu analogiju sa trenutno aktuelnom kompjuterskom tehnologijom, ali je bitno obratiti pažnju na principe organizacije koji su arhetipski i univerzalno upotrebljivi, nezavisno od vrste sistema ili upotrebljene tehnologije.

Zahvalnosti: Autor se zahvaljuje prof. Dejanu Rakoviću, Veselinu Vračaru i prof. Dušanu Starčeviću na inspirativnim diskusijama, koje su pomogle kristalizaciji ideja iznesenih u ovom radu.

LITERATURA

- [1] *Britannica CD 2.0* (Encyclopaedia Britannica, Inc., 1995).
- [2] N.Tesla, Kako kosmičke sile utiču na našu sudbinu, *Dijalektika*, No 1-4, 1975 (prema članku u "*New York American*" od 7.2.1915.).
- [3] I.Wickelgren, The strange senses of other species, *IEEE Spectrum*, March 1996, pp. 32-37.
- [4] A.C.Guyton, *Medicinska fiziologija* (Medicinska knjiga, Beograd, 1978).
- [5] J.Newman, Thalamocortical Foundations of Conscious Experience, <http://www.phil.vt.edu/assc/newman/default.html>, 1996
- [6] E.Başar, ed., *Dynamics of Sensory and Cognitive Processing by the Brain* (Springer, Berlin, 1988).
- [7] F.Crick, *The Astonishing Hypothesis. The Scientific Search for Soul* (Charles Scribner's Sons & Maxwell Macmillan International, New York, 1994).
- [8] D.Raković i Đ.Koruga, eds., *Svest: naučni izazov 21. Veka* (ECPD & Čigoja, Beograd, 1996).
- [9] K.Sauve, Time in thalamocortical processing, <http://www.phil.vt.edu/assc/newman/sauve.html>, 1996.
- [10] D.Raković, *Osnovi biofizike* (Grosknjiga, Beograd, 1994).
- [11] B.W.Wilson, R.G.Stevens, and L.E.Anderson, Neuroendocrine mediated effects of electromagnetic-field exposure: possible role of the pineal gland, *Life Sciences* 45 (1989), pp. 1319-1332.
- [12] J.A.Gray, On binding and timing, <http://www.phil.vt.edu/assc/newman/gray.html>, 1996
- [13] S.H.Curry and C.Pleydell-Pearce, Use of DC recording in the demonstration of functional specialization, *Journal of Medical Engineering & Technology* 19 (1995), pp. 42-51.
- [14] N.Konttinen and H.Lyytinen, Brain slow waves preceding time-locked visuo-motor performance, *J. Sports Sci.* 11 (1993), pp. 257-266.
- [15] J.G.Okyere, P.Y.Ktonas, and J.S.Meyer, Quantification of the alpha EEG modulation and its relation to cerebral blood flow, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* BME-33 (1986), pp. 690-696.

- [16] E.Jovanov, D.Raković, V.Radivojević, and D.Kušić, Band power envelope analysis - a new method in quantitative EEG, *Proc. IEEE Eng. Med. Biol.* (1995).
- [17] E.Jovanov, D.Raković, V.Radivojević, D.Kušić, P.Šuković, M.Car, Evaluation of state of consciousness using software support for monitoring spatio-temporal EEG changes, *Proc. ISCA Int. Conf. Comp. Appl. Eng. Med.* (1995).
- [18] C.Tart, ed., *Altered states of consciousness* (Academic, New York, 1972).
- [19] G.C.Ray, Higher stages of rajayoga and its possible correlation with process of evolution, *J. IEE (India)*, ID 68 (1988), pp. 37-42.
- [20] M.Satyanarayana, K.R.Rajeswari, N.J.Rani, C.S.Krishna, and P.V.Rao, Effect of Santhi Kriya on certain psychophysiological parameters: a preliminary study, *Indian J. Physiol. Pharmacol.* 36 (1992), pp. 88-92.
- [21] T.A.Vorobieva and Tcheremouchkin, "Insight" phenomenon: Neurophysiological and psychological characteristics", *The Meeting of European Neuroscience, Abstract Book* (1995), p. 183.