

Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu

**EVOLUCIJA INTELIGENCIJE  
ČOVJEKA**

Nermin Đapo

Sarajevo, 2017.

Nermin Đapo  
EVOLUCIJA INTELIGENCIJE ČOVJEKA

Urednik  
prof.dr. Salih Fočo

Recenzenti  
prof.dr. Ismet Dizdarević  
prof.dr. Igor Kardum

Lektor  
Amra Huseinbegović

Tehničko uređenje i računarska obrada  
Nermin Đapo

Izdanje  
Prvo

Izdavač  
Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu

Sarajevo, 2017. godine

Elektronsko izdanje  
<http://www.ff-eizdavastvo.ba/Knjige.aspx>

-----  
CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Nacionalna i univerzitetska biblioteka Bosne i Hercegovine, Sarajevo

159.9.015.7(075.8)

ĐAPO, Nermin

Evolucija inteligencije čovjeka [Elektronski izvor] / Nermin Đapo. - E1.  
knjiga. - Sarajevo : Filozofski fakultet, 2017. - 115 str.

Način dostupa (URL): <http://www.ff-eizdavastvo.ba/Knjige/.aspx>. - Nasl. s nasl.  
ekrana. - Opis izvora dana 13. 10. 2017. - Bibliografija: str. 100-113. - Registar

ISBN 978-9958-625-66-4

COBISS.BH-ID [24458758](#)

<-----

## Zahvale

Zahvaljujem se supruzi i kolegici Jadranki Kolenović Đapo i prijateljici i kolegici Indiri Fako, koje su prve pročitale rukopis i dale vrijedne sugestije. Posebnu zahvalnost izražavam kolegi Asmiru Gračaninu na vremenu i znanju koje je uložio u čitanje rukopisa, detaljnim komentarima te korisnim sugestijama i savjetima.

## Predgovor

Trećeg marta 1972. godine iz Cape Canaverala započela je svemirska odiseja *Pioneera 10*, prvog objekta kreiranog ljudskom rukom, upućenog prema velikim vanjskim planetama i dalje, izvan našeg Sunčevog sistema. Nakon tri decenije putovanja i pređenih 12 milijardi kilometara, sa letjelicom je izgubljena radioveza. *Pioneer 10* nastavio je svoje putovanje prema Aldebaranu, crvenoj zvijezdi iz sazviježđa Bika, udaljenoj od naše planete 68 svjetlosnih godina. Putovanje do odredišta moglo bi potrajati oko dva miliona godina. Na prijedlog Carla Sagana, *Pioneer 10* je opremljen pločom na kojoj se nalaze informacije o položaju u prostoru, epohi i prirodi njenih konstruktora (Sagan, Sagan, Drake, 1972). U gornjem lijevom dijelu ploče nalazi se shematska reprezentacija hiperfine tranzicije atoma vodika zasnovane na razlikama u statusu spina. Ova shema služi kao univerzalna bazna referenca za diskretnu mjernu jedinicu. Hiperfina pomak proizvodi distinktnu spektralnu liniju od 1420 MHz, što odgovara jedinici dužine od 21 cm. Na desnoj strani ploče prikazan je binarni ekvivalent decimalnog broja 8, figure muškarca i žene i crtež letjelice prikazane u razmjeru sa stvarnim dimenzijama. Na ploči se nalaze i prikazi Sunčevog sistema sa binarnim relativnim udaljenostima između planeta i Sunca i pozicije Sunca u odnosu na 14 pulsara i centar Mliječnog puta. Putujući prostorom, koji je u okvirima našeg svakodnevnog poimanja nezamislivo velik i prazan, pripadnike ljudske vrste ispunjava ponosom na vlastito dostignuće. Ploča sa svojim sadržajem, uostalom kao i sama letjelica, predstavlja poruku koju ljudska vrsta šalje vanzemaljskoj: *Intelligentni smo!* Šta bi arheolozi ili paleontolozi hipotetske vanzemaljske civilizacije mogli zaključiti o nama? Da li će prepoznati da nas odlikuju naučna, tehnička i tehnološka dostignuća, kreativnost, introspekcija, sposobnost kreiranja i manipulacije simbolima? Možda će za njih letjelica predstavljati muzejski

primjerak primitivne, veoma davno korištene tehnologije i reprezentacije realiteta, kao što današnji ljudi zaključuju o kamenim oruđima naših davnih predaka.

Inteligencija čovjeka koja, između ostalog, uključuje sposobnost rezonovanja, planiranja, rješavanja problema, apstraktnog mišljenja, razumijevanja kompleksnih ideja, učenje iz iskustva, definirajuća je karakteristika ljudske vrste. Povijest ljudske civilizacije gradili su vješti lovci, istaknute vođe, glasnici novog vremena, mudri državnici, hrabri ratnici, lukavi pregovarači, veliki učitelji, inventivni naučnici – ljudi nadareni izuzetnom inteligencijom. Sve kulture, od lovaca-sakupljača i nomadskih zajednica do virtualnih društava na internetu, svoj opstanak i napredak duguju inteligenciji.

Kako i zašto su ljudi postali inteligentni? Šta je ljudski rod vodilo od oldovanskog kamenog oruđa koje je *Homo habilis* koristio prije 2,5 miliona godina do *Pioneera 10* ili CERN-ovog Velikog hadronskog sudarača čestica, naučnih i tehničkih dostignuća *Homo sapiensa sapiensa*? Intelektualna radoznalost, kao distinktivna karakteristika ljudskog roda, pokreće nas na put koji vodi prema razumijevanju izuzetno složenih mehanizama koji su doveli do inteligencije savremenog čovjeka. Rezultat jednog takvog putovanja je i knjiga koja je ispred čitaoca. Pisana je bez pretenzije da ponudi sveobuhvatan prikaz evolucije inteligencije. Predstavlja svojevrsnu kognitivnu mapu kreiranu u traženju odgovora na pitanje evolucijskog razvoja ljudske inteligencije.

Knjiga je organizovana u četiri poglavlja. U prvom poglavlju prikazani su neki od osnovnih koncepata evolucijske teorije i genetike, bez čijeg poznavanja je razumijevanje evolucije bilo koje osobine nemoguće. Slijedi poglavlje u kojem su date konceptualne i operacionalne definicije inteligencije. U trećem poglavlju ukratko je prikaz evolucije roda *Homo*, sa fokusom na evolucijske promjene mozga, ponašanja i kulture. U četvrtom poglavlju prezentovane su danas dominantne teorijske konceptualizacije evolucije ljudske inteligencije. Najprije, prikazana je teorija neuropsihologa Donalda Merlina, koji evoluciju uma rekonstruiše kroz tri glavne tranzicije, od epizodičke, karakteristične za primata, do teorijske ekskluzivne samo za savremenog čovjeka. Arheolog Steven Mithen objasnio je evoluciju inteligencije koristeći metaforu povijesnog razvoja arhitekture katedrale. Slično kao što je dizajn katedrale evoluirao od jednostavne građevine sa jednom centralnom prostorijom u kojoj su se odvijale sve procesije, do kompleksnih i raskošnih građevina sa više kapela u kojima se odvijaju različite službe, um je evoluirao od jednostavne i unitarne strukture opšte namjene do kompleksne i modularne organizacije koju odlikuje kognitivna fleksibilnost. U nastavku je data teorijska konceptualizacija evolucije inteligencije glavnih predstavnika tzv. Santa Barbara tradicije u evolucijskoj psihologiji, psihologinje Lede Cosmides i antropologa Johna Toobyja. Evolucijskom psihologijom dominira tzv. model švicarskog noža, prema kojem je um sastavljen od velikog broja evoluiranih modula, specijalizovanih za određeni domen. Međutim, masivna modularnost ne može objasniti određene aspekte inteligencije, prije svega snalaženje u novim situacijama ili rješavanje

problema na novi način. Stoga je evoluirala opšta inteligencija. U nastavku su predstavljene teorijske konceptualizacije evolucije opšte inteligencije. Četvrto poglavlje završava prikazom evolucije inteligencije u okviru evolucijske edukacijske psihologije, nove discipline, koja primjenjujući načela evolucijske teorije nudi teorijska objašnjenja ne samo evolucije inteligencije nego i savremenog obrazovanja.

## Sadržaj

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Osnovni koncepti teorije evolucije .....                                | 1  |
| 1.1   | Sintetička teorija evolucije.....                                       | 2  |
| 1.2   | Ljudski genom .....   | 4  |
| 1.3   | Mutacije .....  | 5  |
| 1.4   | Genski pomak .....  | 6  |
| 1.5   | Prirodna selekcija.....   | 7  |
| 1.6   | Selekcijski pritisak.....   | 8  |
| 1.7   | Adaptacija .....  | 8  |
| 2     | Konceptualne definicije i procjena inteligencije .....                  | 10 |
| 2.1   | Konceptualne definicije .....   | 11 |
| 2.2   | Procjena inteligencije.....   | 12 |
| 3     | Evolucija inteligencije hominina .....                                  | 16 |
| 3.1   | Australopiteci.....   | 19 |
| 3.2   | Homo habilis.....   | 21 |
| 3.3   | Homo erectus/ergaster .....   | 24 |
| 3.4   | Arhaični sapiensi (praljudi).....                                       | 27 |
| 3.5   | Homo sapiens.....   | 31 |
| 3.6   | Koevolucija mozga i ponašanja .....                                     | 39 |
| 4     | Teorije evolucije inteligencije čovjeka.....                            | 41 |
| 4.1   | Merlin Donald: tri stadija u evoluciji kulture i kognicije.....         | 43 |
| 4.1.1 | Epizodička kultura.....   | 46 |
| 4.1.2 | Prva tranzicija: Od epizodičke ka mimetičkoj kulturi .....              | 46 |
| 4.1.3 | Druga tranzicija: od mimetičke ka mitskoj kulturi .....                 | 48 |
| 4.1.4 | Treća tranzicija: eksterni simbolički spremnik i teorijska kultura..... | 50 |
| 4.2   | Evolucija uma prema Stevenu Mithenu .....                               | 55 |
| 4.2.1 | Arhitektonske faze evolucije uma .....                                  | 56 |
| 4.2.2 | Ključne etape razvoja uma .....   | 59 |
| 4.3   | Evolucija inteligencija u okviru evolucijske psihologije .....          | 64 |
| 4.3.1 | Konceptualne osnove evolucijske psihologije.....                        | 66 |
| 4.3.2 | Adaptivni problemi, kognitivni programi i neurofiziološke osnove .....  | 67 |
| 4.3.3 | Okolina evolucijske adaptivnosti.....                                   | 69 |
| 4.3.4 | Dvije forme inteligencije .....   | 70 |
| 4.3.5 | Kognitivna niša.....  | 74 |
| 4.4   | Evolucija opšte inteligencije .....                                     | 76 |
| 4.4.1 | Motivacija – ključ rješenja „problema okvira“ .....                     | 78 |
| 4.4.2 | Hipoteza smrtonosnih inovacija .....                                    | 80 |
| 4.4.3 | Koevolucija opšte inteligencije i kulture .....                         | 82 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.5   | Evolucija inteligencije u okviru evolucijske edukacijske psihologije ..... | 84  |
| 4.5.1 | Hipoteza ekološke dominacije/socijalne kompeticije.....                    | 84  |
| 4.5.2 | Motivacija za kontrolom.....   | 85  |
| 4.5.3 | Biološki primarni domeni.....  | 88  |
| 4.5.4 | Evolucija opšte inteligencije.....   | 93  |
| 4.5.5 | Biološki sekundarno znanje.....  | 95  |
|       | Epilog.....  | 97  |
|       | Literatura.....  | 100 |
|       | Index pojmova.....   | 114 |



# **1 Osnovni koncepti teorije evolucije**

Od samog nastanka Svemira odvijaju se promjene koje vode ka sve većoj kompleksnosti, najprije energije, zatim materije, života, društva i na kraju kulture. Prema modernoj kozmologiji, Svemir je najprije bio singularnost energije (Gribbin, 1998), tačka beskonačnog pritiska i gustoće. Prije 13,8 milijardi godina dogodio se Veliki prasak, čin stvaranja i početak evolucije Svemira. Tokom Velikog praska kvanti čiste energije kroz lanac reakcija počeli su da se pretvaraju u grozdove materije – fermione (Ferris, 1997), fundamentalne jedinice materije. Kroz interakciju dva osnovna tipa fermiona, kvarkova i leptona, formirana je sva materija u Svemiru (Green, 1999). Pored energije i materije, Velikim praskom započeo je i kontinuum prostora i vremena. Tokom širenja i hlađenja Svemira, od subatomske čestice formirali su se atomski sistemi, od kojih se stvaraju veliki kondenzovani skupovi gasova, primordijalnih porodilišta zvijezda i galaksija. Postepeno, nastajali su sve složeniji hemijski elementi, a zatim i sve složeniji hemijski sistemi. Prije četiri milijarde godina ovi hemijski sistemi pokazivali su širok opseg različitih algoritamskih kompleksnih ponašanja (Maden, 1995), od kojih je od posebne važnosti bila samoreplikacija (Lifson, 1997). Kroz procese replikacije, varijacije i selekcije, samoreplicirajući hemijski sistemi postajali su sve kompleksniji i postepeno formirali velike lance ribonukleinskih kiselina (Maynard – Smith i Szathmary, 1999). Tokom nekoliko stotina miliona godina složeni samoreplicirajući hemijski sistemi transformisali su se u prokariote (primitivne ćelije bez jedra), potom u eukariote (ćelije sa jedrom), te u velike višćelijske organizme (Dennett, 1995).

Između približno 550 i 640 miliona godina od današnjice nastale su životinje, organizmi sa jedinstvenom sposobnosti kretanja u prostoru. Mogućnost kretanja rezultirala je evolucijom nervnog sistema, kompjutacijskog kontrolnog centra koji na osnovu informacija iz okoline usmjerava ponašanje organizma (Hoyle, 1964). Nervni sistem omogućio je životinjama generisanje novih ponašajnih reakcija kao odgovora na nove stimulse iz okoline, tako da ponašanje više nije u potpunosti ograničeno genetskim programom kodiranim u DNK strukturi.

Evolucija kompjutacijskog kontrolnog centra utjelovljenog u mozgu životinja dovela je do formiranja sve složenijih i sofisticiranijih struktura, koje su omogućile sve kompleksnije ponašanje. Formiraju se zajednice manje ili veće kompleksnosti. Kod samo jedne vrste, čovjeka, javlja se kultura zasnovana na simboličkom jeziku. Ključni događaji u evoluciji kulture su *bipedalno kretanje* (prije 3,5 miliona godina), *izrada oruđa* (prije 1,4 miliona godina) i *pojava jezika* (između 2 miliona godina i 50.000 godina). Period zadnjih 5 miliona godina karakterišu značajne promjene moždanih struktura i glasovnog aparata povezanog sa jezikom. Između 40.000 i 60.000 godina od današnjice dešava se eksplozija kulturalnih artefakata i širenje modernog čovjeka čitavim svijetom. Agrokultura se pojavila prije 12.000 godina, a potom i prve velike civilizacije. Formiraju se sistemi vjerovanja i znanja, koji pružaju okvir za razumijevanje svijeta i usmjeravaju ponašanje ljudi. Tako nastaju religija, filozofija, matematika, pravo, i na kraju nauka.

Evolucija kompleksnosti od Velikog praska do kulture dovela je do formiranja specifičnog sistema znanja, danas formaliziranog u okviru teorije evolucije. Teorija evolucije omogućava razumijevanje nastanka, evolucijskih promjena i razvoja čovjeka i njegovih karakteristika. Predstavlja osnovu na kojoj se grade sve teorije koje nastoje objasniti evoluciju inteligencije. Stoga su u nastavku prikazani osnovni koncepti moderne teorije evolucije: *sintetička teorija evolucije*, *ljudski genom*, *mutacije*, *genski pomak*, *prirodna selekcija*, *seleksijski pritisak* i *adaptacija*.

## 1.1 Sintetička teorija evolucije

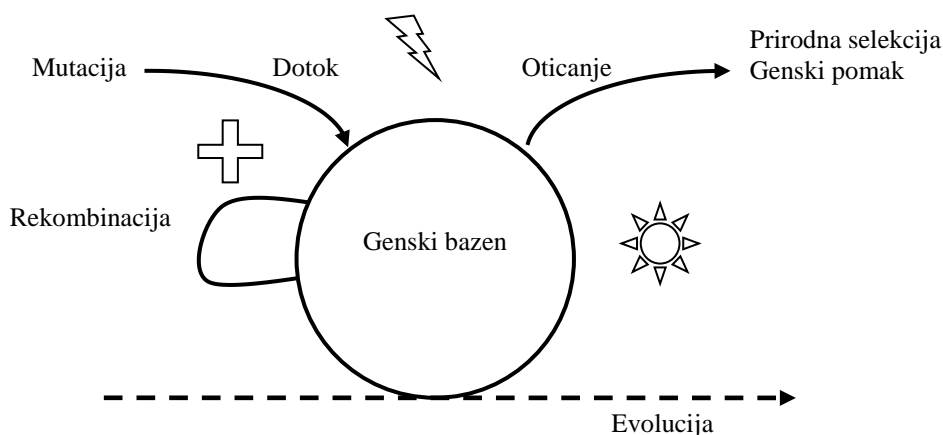
Teorija evolucije ključna je teorija kojom moderna biologija objašnjava gotovo sva pitanja živog svijeta. Kako navodi Theodosius Dobzhansky (1964, str. 449): *Ništa u biologiji nema smisla ako se ne pogleda u svjetlu evolucije*. Teorija evolucije doprinijela je unifikaciji biologije, jer je omogućila ujedinjavanje različitih područja (evolucijske biologije, biohemije, populacijske genetike, citologije, botanike, ekologije) u jedinstvenu cjelinu znanja. Teorija evolucije omogućila je zajednički jezik, misiju i konceptualne osnove nauke o životu, što je doprinijelo većoj konzistentnosti, novim otkrićima i većoj akumulaciji znanja (Henriques, 2003).

Danas je u biologiji najprihvaćenija tzv. sintetička teorija evolucije koja pored temeljnog koncepta prirodne selekcije objedinjuje saznanja iz svih bioloških disciplina

relevantnih za istraživanje evolucije, posebno saznanja iz klasične i molekularne genetike, populacijske genetike, ekologije i biohemije. Prirodna selekcija djeluje na pojedince, kako je tvrdio Darwin, ali se odvija i na nivou gena kao i na nivou vrste (Gould, 2002). Osnovna jedinica analize sintetičke teorije evolucije je populacija, ne jedinka. Evolucija se, pojednostavljeno rečeno, određuje kao promjene genskog bazena, odnosno ukupne količine gena populacije. Genski bazen čine svi geni i njihovi aleli unutar jedne populacije, odnosno vrste. Alel je jedan od dvaju ili više oblika DNK-sekvence gena. Pojedinačni gen sastavljen je od dva alela, pri čemu se jedan nalazi na homolognom hromozomu naslijeđenom od majke, a drugi na homolognom hromozomu naslijeđenom od oca. Pojednostavljeno, aleli su genske varijante, tj. komponente koje proizvode određenu crtu.

Shematski prikaz sintetičke teorije evolucije dat je na slici 1.

**Slika 1. Shematski prikaz sintetičke teorije evolucije**



Promjene sastava genskog bazena dešavaju se putem mutacija, prirodne selekcije i genskog pomaka. Dotok novih mutacija obogaćuje genski bazen, dok se prirodnom selekcijom i genskim pomakom dešava oticanje iz genskog bazena. Prirodna selekcija filtrira genski bazen izbacivanjem nepovoljnih varijanti, dok genski pomak izaziva osiromašenje genskog bazena. Rekombinacijom (kombinovanje roditeljskog genskog materijala) iznova dolazi do novih genskih kombinacija, koje zapravo nemaju efekta na evoluciju. Pozitivne mutacije vremenom postaju zastupljenije u genskom bazenu. Evolucija je promjena genskog bazena povezana sa promjenama jedinki vrste. Promjenama uslova u populaciji jedinki ili okolini (naprimjer, bolesti ili ekstremne vremenske prilike) narušava se genska ravnoteža i započinje proces evolucije.

Evolucijske promjene odvijaju se kroz različite procese, od kojih su za razumijevanje evolucije čovjeka najvažniji mutacije, prirodna selekcija i genski pomak. Mutacije, koje proizvode slučajnu nasljednu raznolikost, doprinose stalnom obogaćivanju genskog bazena. S druge strane, prirodna selekcija proizvodi usmjerene promjene genskog bazena tako što nekim alelima povećava, dok drugima smanjuje učestalost u populaciji. Neke mutacije omogućavaju

bolju adaptaciju na uslove u okolini. S obzirom da nosioci pozitivnih mutacija imaju u prosjeku više potomaka u poređenju sa nosiocima negativnih mutacija, vremenom postaju zastupljenije u genskom bazenu. Prirodnom selekcijom mijenja se učestalost alela u populaciji, zavisno od toga da li određeni alel povećava ili smanjuje broj potomaka. Aleli koji doprinose prilagođavanju, organizmu daju selektivnu prednost i posljedično bolju adaptaciju na okolinu u odnosu na organizam koji ne nosi takav alel. Evolucija bi se zapravo mogla definisati kao promjena učestalosti različitih alela u populaciji.

## 1.2 Ljudski genom

DNK (deoksiribonukleinska kiselina) sadrži uputstva za razvoj i funkcionisanje svih živih organizama. Sekvenca DNK koja prenosi ova uputstva naziva se gen. Osnovni strukturalni elementi DNK su četiri nukleotida: citozin, guanin, adenin i timin. Nukleotidi formiraju dva komplementarna para (bazni parovi). Guanin se veže sa citozinom (G – C), a adenin sa timinom (A – T). Parovi nukleotida grade dvostruki heliks DNK. Neke gene gradi mali broj, a neke veliki broj nukleotida. Nukleotidi su kao slova jezika, dok je jedan gen kao jedna riječ. Niz nukleotida koji ne grade gen nazivaju se ne-kodirajuća sekvenca DNK. Geni i ne-kodirajuće sekvence DNK čine genom, spremnik svih nasljednih podataka organizma. Pojedinačni gen, često tek kroz interakciju sa susjednim genima ostvaruje svoju funkciju. Sekvence nukleotida koje čine gen, čitaju se i prevode kako bi proizveli lance aminokiselina, čija je glavna biološka uloga izgradnja proteina, najvažnijih faktora u izgradnji, rastu i razvoju svih tjelesnih tkiva, uključujući i mozak. S obzirom da su sastavni dio svake stanice, predstavljaju osnovu života na Zemlji. Redoslijed aminokiselina u proteinu korespondira sa redoslijedom nukleotida u genu. Ova relacija između sekvenci nukleotida i aminokiselina naziva se genetski kod.

Genomi sadrže univerzalno ljudsko naslijeđe koje osigurava reinkarnaciju dizajna, odnosno ontogenetsko ponavljanje kompleksnih funkcija čovjeka, dizajniranih kroz veliki broj prethodnih generacija (Tooby, Cosmides i Barrett, 2005). Ljudski genom sastoji se od približno 3,2 milijarde baznih parova raspoređenih kroz 24 hromozoma. Tek 2,3% ovih baznih parova organizovani su u približno 25.000 gena, tj. područja koja učestvuju u kodiranju aktuelnih struktura proteina, dok ostatak (tzv. „*junk* DNK“) ne učestvuje, ali mogu imati važnu ulogu u regulisanju ekspresije gena (Shapiro i von Sternberg, 2005). U prosjeku, između dvije osobe istog spola slučajno izvučene iz ukupne populacije ljudi, postoji 99,9% preklapanja s obzirom na bazne parove. Ljudski genom veoma je sličan genomu čimpanze (*Pan troglodytes*); DNK ljudi i čimpanzi dijeli 96% sekvenci (The Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium, 2005).

Kompleksne osobine, uključujući i inteligenciju, rezultat su mnogih gena, čiji uticaj je posredovan, u većoj ili manjoj mjeri okolinom. Stepenu u kojem geni organizma doprinose kompleksnoj osobini naziva se heritabilnost. Što je varijabilnost okoline veća, okolina ima veći uticaj na totalni varijabilitet osobine. Naprimjer, visina čovjeka je kompleksna osobina,

čija se heritabilnost u SAD-u procjenjuje na 89%. Međutim, u Nigeriji, gdje je varijabilnost okolinskih faktora relevantnih za visinu znatno veća, heritabilnost je znatno manja i iznosi 62% (Luke i sar., 2001).

Rezultati istraživanja iz bihevioralne genetike konzistentno ukazuju na značajan uticaj genetike na individualne razlike u inteligenciji. U funkciji dobi, heritabilnost inteligencije povećava se gotovo linearno od približno 20% u ranom djetinjstvu, 40% u adolescenciji do 60% u odrasloj dobi (Lee i sar., 2010). Dok je visoka heritabilnost individualnih razlika u inteligenciji jasno utvrđena, još uvijek nisu identificirani geni odgovorni za heritabilnost. Istraživanja iz molekularne genetike jasno ukazuju da ne postoji jedan gen odgovoran za inteligenciju. Zapravo, inteligencija je poligeneska kvantitativna osobina, tj. pod uticajem je mnogih mutacija na mnogim genskim lokusima (Plomin, Owen i McGuffin, 1994). Plomin i Deary (2015) navode kako je heritabilnost inteligencije uslovljena velikim brojem gena koji imaju male efekte. Osim toga, geni odgovorni za individualne razlike u sposobnostima često su generalni u svojim efektima, tj. mogu uticati na mnoge moždane sisteme, prije nego na jedan specifični kognitivni modul (Deary, Spinath i Bates, 2006).

### 1.3 Mutacije

Mutacije su greške u replikaciji genoma. Naime, kada se jedna ćelija podijeli na dvije, ili kada se formira novi organizam, genom sa majke-ćelije se kroz samoreplikaciju prenosi na kćerku-ćeliju. Međutim, replikacija genoma nije savršena. Greške u replikaciji dešavaju se kroz zamjenu jednog od četiri nukleotida u baznom paru drugim nukleotidom (polimorfizam jednog nukleotida), duplikacijom ili brisanjem sekvenci baznog para te preuređivanjem većih hromozomskih područja. Mutacije su neizbježne i jedini izvor genetske varijacije između individua. Svaki čovjek ima otprilike šezdeset novih mutacija koje nisu postojale kod njegovih roditelja. Mutacije mogu biti neutralne, kada promjene nemaju uticaja niti na jedan gen, a time niti na sam organizam. Ove mutacije dešavaju se u dijelovima genoma koji ne učestvuju u kodiranju proteina i regulaciji gena. Neutralne mutacije prenose se na sljedeću generaciju, ali se ne šire kroz populaciju. Međutim, neutralne mutacije, osim što mogu biti stvarno neutralne, mogu biti i slabo pozitivne ili slabo negativne. Kontinuirano nakupljanje slabo neutralnih mutacija dugoročno može biti štetno, pa čak dovesti i do izumiranja populacije. Mutacije u dijelovima genoma koji učestvuju u kodiranju najčešće su negativne. Kod negativnih mutacija promjene deaktiviraju ili oštećuju ključni gen potreban za normalan život jedinke, što može dovesti do smrti ili nemogućnosti ostvarivanja potomstva. Mutacije koje su štetne nestaju relativno brzo iz populacije, jer jedinke koje ih nose neće ostvariti potomstvo ili će ostaviti znatno manje potomaka od drugih jedinki. Nakon svojevrsnog filtriranja štetnih mutacija, do izražaja dolaze rijetke povoljne mutacije. Povoljne mutacije proizvode varijacije, tj. razlike i novitete u sposobnostima, izgledu i osobinama jedinki vrste. Mutacije koje proizvode varijaciju ključne su za evoluciju jer omogućavaju razvoj novih

osobina, a time i određeni stepen selektivne prednosti. Evolucijskom napretku doprinose samo mutacije koje svom nosiocu pružaju neku prednost jer povećavaju adaptivnu vrijednost<sup>1</sup> nekog organizma. Varijacije sa pozitivnim efektima prenosit će se na sljedeću generaciju, proširiti na ostale članove vrste i dovesti do većih promjena u biološkom funkcionisanju. Time se mijenja genetski sastav populacije, odnosno vrste.

## 1.4 Genski pomak

Genski pomak (engl. *genetic drift*) predstavlja slučajne promjene frekvencije alela u genskom bazenu. Genskim pomakom neka alela i s njom povezana biološka osobina može postati prisutnija ili rjeđa, pa čak i nestati u narednim generacijama: geni koji u genskom bazenu nisu bili istaknuti mogu postati istaknuti dok geni koji su prije toga bili istaknuti nestaju.

Genski pomak može biti značajno ubrzan nekim dešavanjima u okolini. Naprimjer, u slučajevima tzv. populacijskog „uskog grla“, kada se brojnost populacije značajno smanji, genski pomak može rezultirati iznenadnim i dramatičnim promjenama frekvencije alela, nezavisno od selekcije. Genske varijacije u populaciji mogu se značajno smanjiti, a time korisne adaptacije mogu biti trajno izgubljene (Futuyma, 1998). Genski pomak nalazimo u tzv. „efektu osnivača“ (engl. *founder effect*) kada se mala grupa odvoji od populacije iz koje potiče i formira novu. Kada je novoformirana kolonija malobrojna, njeni osnivači mogu značajno uticati na gene budućih generacija i biti odgovorni za visoku učestalost nekih genetskih oboljenja. Neki aleli mogu biti uništeni i slučajno, kao kada vuk, naprimjer, ulovi zeca koji je u svojoj populaciji bio nosilac veoma rijetkog alela. S obzirom da efekt genskog pomaka eksponencijalno opada u funkciji određenog vremenskog perioda, u evolucijskim razmjerima genski pomak može biti značajan kada se radi o malim populacijama. Efekt genskog pomaka je utoliko snažniji što je populacija manja.

Genski pomak važan je koncept neutralne teorije molekularne evolucije (Kimura, 1983). Prema neutralnoj teoriji evolucije, evolucijske promjene na molekularnom nivou nastaju uglavnom putem selektivno neutralnih ili gotovo neutralnih mutacija. Promjena frekvencija alela u genskom bazenu određena je isključivo mutacijama i genskim pomakom, a ne prirodnom selekcijom, kako tvrdi sintetička teorija. Zadatak prirodne selekcije uglavnom je eliminacija štetnih mutacija iz populacije.

---

<sup>1</sup> Adaptivna vrijednost neke jedinke je veća što je veći broj njenih potomaka u jedinici vremena u poređenju sa njenim direktnim konkurentima. U biologiji, jedino mjerilo evolucijskog uspjeha nekog fenotipa je brzina njegovog razmnožavanja.

## 1.5 Prirodna selekcija

Teoriju evolucije kroz prirodnu selekciju prvi je prikazao Charles Darwin u svom čuvenom djelu *Porijeklo vrsta*. Suština Darwinove teorije može se predstaviti u nekoliko rečenica: *Između organizama određene vrste postoje varijacije u različitim osobinama. Ove varijacije rezultat su slučaja; nastaju bez obzira da li pružaju određenu korist ili ne. Organizmi sa varijacijama koje donose prednosti u odnosu na druge jedinke opstaju duže i daju veći broj potomaka. Stoga će njihov broj rasti.* Thomas Henry Huxley (1825 – 1895), Darwinov prijatelj i naučni advokat, iznenađen jednostavnošću objašnjenja, izjavio je sljedeće: *Kako sam glup bio pa mi takvo nešto nije palo na um.*

Prirodna selekcija centralni je teorijski princip Darwinove teorije evolucije. Prirodnom selekcijom najsposobnije jedinke iz populacije preživljavaju i razmnožavanjem prenose poželjne osobine na svoje potomke. U prosjeku, broj potomaka uvijek je veći nego što je potrebno da nadomjeste svoje roditelje. S druge strane, resursi potrebni za preživljavanje su ograničeni, nekad i oskudni, a okolina može biti i neprijateljska. Stoga nastaje borba za opstanak u kojoj preživljavaju jedinke koje su najbolje prilagođene uslovima okoline. Kompeticija za preživljavanje se primarno vodi unutar pripadnika iste vrste, koji nastanjuju iste niše i koriste iste resurse. Oni organizmi koji se bolje prilagode prilikama koje vladaju u okolini, imat će više potomaka, na koje će se prenijeti osobine koje su omogućile opstanak. S druge strane, osobine koje ne doprinose opstanku neće se prenositi na potomke i postepeno će nestajati. Poseban slučaj prirodne selekcije je seksualna selekcija, koja predstavlja selekciju osobina koje dovode do povećanja uspjeha pronalaženja partnera kroz povećanje atraktivnosti jedinke.

Djelovanje selekcije može biti stabilizirajuće, transformirajuće i disruptivno. Stabilizirajuća selekcija dovodi do zadržavanja nekog određenog stanja i eliminacije mutanta koji mijenjaju to stanje. Djeluje ako su okolinski uslovi stabilni. Transformirajuća selekcija djeluje na ciljne promjene nekog obilježja, kada su nastupile promjene životnih uslova. Disruptivna selekcija je rijetka i djeluje kada postoji izražena potreba preživljavanja ekstremnih varijacija nekog obilježja.

Prema Hardy-Weinbergovom pravilu, u standardnim uslovima okoline genski bazen je u ravnoteži koja se stalno održava. Sa promjenama uslova u populaciji ili okolini narušava se genska ravnoteža i započinje proces evolucije. Faktori koji narušavaju ovu ravnotežu mogu biti različiti, od ekstremne temperature, sušnih perioda, hemijskih uslova, prirodnih neprijatelja, parazita i uzročnika bolesti, pa do natjecanja i borbe za prehrambene resurse i životni prostor. Navedeni i mnogi drugi faktori stvaraju selektivni pritisak koji kroz dugi vremenski period omogućava razvoj novih adaptacija u različitim uslovima života. Prirodna selekcija održava genski bazen u optimalnom sastavu kroz filtriranje djelimično štetnih mutacija i zadržavanje korisnih ili barem neutralnih mutacija.

## 1.6 Seleksijski pritisak

Varijacije obilježja vrste u stalnoj su interakciji sa različitim okolinskim faktorima. Ova interakcija proizvodi „pritisak“ koji usmjerava evoluciju prema većoj prevalenciji obilježja koja organizmu daju prednost u opstanku i reprodukciji. Sila koja uslovljava da organizam evoluiru u određenom pravcu naziva se seleksijski pritisak.

Klasičan primjer djelovanja seleksijskog pritiska je slučaj biberastog moljca (lat. *Biston betularia*). Sve do sredine 19. vijeka, gotovo svi primjerci ove vrste bili su svijetli sa crnim pjegama (tzv. tipična, nepigmentisana forma). Ovakav fenotip omogućavao je dobru kamuflažu od predatora jer se dobro uklapao u svoje najčešće stanište – kora stabala drveća i njihovih grana, najčešće obraslim lišajevima iste boje. Međutim, sa pojavom industrijske revolucije, u urbanim područjima do tada netaknuta prirodna staništa moljaca počinju se značajno mijenjati. Garež i čađ nastali sagorijevanjem fosilnih goriva u fabrikama taložili su se po drveću i njihovu koru činila tamnijom. Pri tome su i lišajevi iščezavali čineći boju kore još zagasitijom. Usljed nastalih promjena, biberasti moljac se morao prilagođavati. Seleksijski pritisak usmjerio je evoluciju moljca tako što je favorizovana druga, pigmentisana forma, koja se mogla dobro stopiti sa svojom podlogom. Tamnije forme moljca koje su bile dobro kamuflirane brzo su postale uobičajene, sve dok gotovo svi primjerci nisu postali tamni.

Seleksijski pritisci mogu biti različiti i uključuju klimatske prilike, dramatične promjene u okruženju, dostupnost hrane, prisustvo predatora, bolesti, kompeticija sa drugim vrstama, kompeticija između pripadnika iste vrste itd. Seleksijskim pritiscima mijenja se fenotip organizma u smjeru koji doprinosi njegovom preživljavanju i reprodukciji. Ilustrativan primjer je boja kože kod ljudi. Prije 10.000 godina boja kože Evropljana i Afrikanaca bila je gotovo ista. Međutim, s vremenom su ljudi u mračnijim sjevernim područjima razvili manje pigmentiranu kožu, što je doprinijelo efikasnijem upijanju sunčevih ultraljubičastih zraka i proizvodnji vitamina D. S druge strane klimatske prilike u vrelim ekvatorskim uslovima favorizovale su evoluciju drugačijih fenotipa tjelesne konstitucije ljudi (npr. crna boja kože) koje su omogućile efikasniju termoregulaciju.

## 1.7 Adaptacija

Adaptacija je osnovni i za mnoge biologe centralni koncept teorije evolucije. Odnosi se na proces kojim organizam postaje bolje adaptiran na određenu okolinu kao i na produkt ovog procesa. Proces adaptacije podrazumijeva morfološke, fiziološke ili ponašajne promjene koje se u formi slučajnih varijacija dešavaju prilikom tranzicije sa jedne na sljedeću generaciju. Varijacije za koje se pokaže da su korisne prenose se na sljedeću generaciju. Produkt adaptacije je adaptacijska osobina, fenotipska karakteristika organizma koja povećava vjerovatnoću preživljavanja i reprodukcije. Adaptacijske osobine mogu biti strukturalne



(fizičke odlike organizma), ponašajne (urođena ponašanja i/ili sposobnosti učenja) ili fiziološke (specijalne ili opšte fiziološke funkcije).

Za neke autore, između produkta adaptacije i selekcije postoji suštinska povezanost jer su produkti procesa adaptacije fenotipske karakteristike kojima je uzrok selekcija. Prema Soberu (2000), *karakteristika c je adaptacija [kao produkt] za izvođenje zadatka t ... ako i samo ako članovi populacije posjeduju c jer je prethodno djelovala selekcija koja je omogućila c, te c pruža prednost jer omogućava izvedbu zadatka t* (str. 85).

Prema modernoj teoriji evolucije, selekcija uvijek djeluje zajedno sa drugim faktorima, od kojih neki povećavaju a neki ograničavaju snagu selekcije. Stoga neka adaptivna osobina može biti povezana sa prirodnom selekcijom na tri načina: 1) prirodna selekcija ima neku kauzalnu ulogu u evoluciji osobine; 2) prirodna selekcija je bila važan uzrok evolucije osobine; i 3) prirodna selekcija bila je jedini uzrok evolucije osobine (Sober, 2000).

Međutim, adaptacije mogu biti osobine koje omogućavaju bolju prilagodbu bez obzira na koji način su nastale, prirodnom selekcijom ili na drugi način. Bolja prilagodba je jedini kriterij osobine koja se smatra adaptivnom. Neke karakteristike su produkt adaptacije *per se*, ali se ne mogu smatrati adaptivnom osobinom (npr. slijepo crijevo). Prema tzv. modelu optimalne adaptacije, karakteristike organizma su optimalne, odnosno rezultat prirodne selekcije za njenu aktuelnu funkciju. S druge strane, neke karakteristike su adaptivne osobine ali se ne mogu smatrati produktom adaptacije (npr. sposobnost čitanja).

Evolucijski razvoj ljudske vrste priča je o adaptacijama čovjeka na različite okolinske uslove života. Svaka adaptacija donosila je određene prednosti i otvarala vrata razvoju vrste u novim pravcima. Naprimjer, prvobitni preci današnjeg čovjeka vjerovatno su se prilagodili hodu na dvije noge kao efikasnom načinu putovanja na velike udaljenosti, što im je omogućilo pronalaženje nove vrste hrane. Nadalje, izrada alata, jedna od prvih kulturalnih adaptacija, proširila je mogućnost izbora hrane. Ovladavanje vatrom omogućilo je termičku obradu hrane i povećanje raznolikosti ishrane. Kvalitetnija ishrana omogućila je razvoj većeg i složenijeg mozga. Veći mozak se razvio u uslovima života u većim društvenim zajednicama i potrebe za složenijom komunikacijom i efikasnijem rješavanju problema. Pripitomljavanje životinja dovelo je do formiranja stalnih naselja, a kasnije do nastanka gradova i civilizacija. Život u sve gušće naseljenim zajednicama zahtijevao je razvoj veće prirodne otpornosti na zarazne bolesti. Trgovina i računanje doveli su do pojave prvog pisma koji je sa širenjem gradova i razvojem kulture prerastao u složeni jezik.

## **2 Konceptualne definicije i procjena inteligencije**

Naučna razmatranja i istraživanja evolucije inteligencije nije moguće započeti bez konceptualnih i operacionalnih definicija inteligencije, što nije nimalo jednostavan zadatak, čak i kada je u pitanju inteligencija savremenog čovjeka. Premda je predmetom istraživanja duže od jednog vijeka, heterogenost pogleda na ljudsku inteligenciju vremenom se ne smanjuje nego, naprotiv, povećava (Stanovich, 2009). Ova misterija, kako je nazivaju Davidson i Kemp (2011), razumljiva je jer se inteligencija definiše, procjenjuje i istražuje na najmanje tri nivoa: psihometrijskom, biološkom i socijalnom (Eysenck, 1988, Flynn, 2007). Na svakom nivou istraživači koriste različite koncepte, hipoteze, istraživačke metode i zaključke, što ograničava mogućnost poređenja i dolaženje do konsenzusa o ljudskoj inteligenciji (Davidson i Kemp, 2011). Poseban izazov predstavlja definisanje inteligencije koje uključuje bliže i dalje evolucijske prethodnike današnjeg čovjeka i različite životinjske vrste.

U ovom poglavlju prikazane su neke konceptualne i operacionalne definicije korištene u istraživanjima evolucije inteligencije.

## 2.1 Konceptualne definicije

Dva su pristupa u istraživanju evolucije inteligencije, koja se temelje na dvije različite, opšte konceptualne definicije inteligencije. Prvi polazi od antropocentričnog stava o jedinstvenosti čovjeka i njegovih sposobnosti među ostalim životinjskim vrstama. Ljudsku inteligenciju odlikuju sofisticirane vještine kao što su generativno rezonovanje, planiranje i jezik, koje čovjeku omogućavaju ne samo adaptaciju, nego i aktivno oblikovanje okoline. Ovakvi mentalni kapaciteti kod drugih vrsta ne postoje ili su prisutni u znatno manjoj mjeri i jednostavnijim formama. Dakle, inteligencija je izuzetak, karakteristična za čovjeka i možda još nekoliko vrsta primata.

Druga perspektiva polazi od stava da inteligencija u određenom stepenu postoji kod svih živih sistema, od bakterija i biljaka (Godfrey – Smith, 2002) do primata. U osnovi inteligencije su mehanizmi koji omogućavaju koordinaciju ponašanja organizma sa uslovima koji vladaju u okruženju. Ovakva konceptualizacija omogućava šire komparativne analize inteligencije, što, s druge strane, pruža bogatije podatke o evolucijskim uslovima koji su doveli do njenog nastanka. Zajednička karakteristika takvih konceptualnih definicija je naglašavanje adaptivne i fleksibilne prirode inteligentnog ponašanja.

Byrne (1994) smatra da inteligencija uključuje sposobnost usvajanja znanja iz interakcije sa okolinom kao i korištenja tog znanja kako bi se pomoću mišljenja, rezonovanja ili planiranja organizovalo efektivno ponašanje i rješavanje problema. Stenhouse, (1974) inteligenciju definiše kao fleksibilnost koja omogućava jedinki da prilagođava svoje ponašanje na relativno brze promjene okoline. Neki komparativni i evolucijski psiholozi, te kognitivni ekolozi smatraju da se inteligencija može definisati kao stepen mentalne ili ponašajne fleksibilnosti koja dovodi do novih rješenja koja nisu dio uobičajenog repertoara ponašanja (Byrne, 1995; Gibson, 2002; Gould, 2003). Ovakva ponašanja se mogu ispitivati u laboratorijskim uslovima ili posmatrajući stopu inovativnosti u prirodnom okruženju (Lefebvre i sar., 2004).

Jednu od najpoznatijih konceptualnih definicija inteligencije predložio je Harry Jerison. Prema Jerisonu (2001), osnova analize evolucije uma je pretpostavka o ekvivalentnosti ponašajnih i neuralnih informacija i njihova kvantitativna povezanost. Naime, kognitivna nauka ponašajne informacije definiše u okviru formalne teorije informacija i funkcija binarnih („da” ili „ne”) promjena stanja kanala kroz koji se prenose informacije. Na sličan način definisane su i neuralne informacije, kao digitalne informacije akcionih potencijala („sve” ili „ništa”). Protok ponašajnih i neuralnih informacija može se posmatrati kao dva paralelna događaja, pa ono što znamo o jednom, može poslužiti za razumijevanje drugog događaja. Korištenje tvrdnji o neuralnim događajima kao ekvivalentnim ponašajnim događajima analogno je klasičnoj naučnoj metodi reprezentacije fizičkog događaja preko simplificiranih logičkih struktura matematičkih operacija. Stoga se skup tvrdnji o nervnom sistemu može koristiti umjesto komparabilnih iskaza o umu. Prema Jerisonu (2000, str. 6), *Inteligencija je bihevioralna posljedica ukupnog kapaciteta neuralnog procesiranja informacija reprezentativne odrasle jedinke vrste, korigovane za kapacitet kontrole rutinskih tjelesnih*

*funkcija*. Teorijska definicija implicira i operacionalnu, a time i postupak procjene inteligencije u evolucijskim razmjerima. Veličina mozga (izražena preko ukupne mase ili zapremine) predstavlja procjenu ukupnog kapaciteta procesiranja informacija i stoga neuralnu, simplificiranu mjeru inteligentnog ponašanja. Treba napomenuti da se radi o osobini vrste, izmjerenoj kao prosječna vrijednost odraslih životinja.

## 2.2 Procjena inteligencije

Indirektne metode procjene inteligencije uključuju analizu materijalnih ostataka, najprije fosilnih skeletnih ostataka lubanje na osnovu kojih se utvrđuju promjene u veličini i organizaciji mozga, kao i arheološke građe koja služi za rekonstrukciju obrazaca ponašanja i zaključivanje o životnim navikama i kulturi. Arheološka građa *sensu stricto* pruža dokaze o materijalnoj kulturi i ponašanju. Najstariji pronađeni artefakti su kamena oruđa koja datiraju iz vremena od prije 2,5 miliona godina. Od posebne važnosti je građa koja ukazuje na simboličko ponašanje. Međutim, što se ide dalje u evolucijsku prošlost, arheološka građa sve je opskurnija. Stoga je uvid u davnu evolucijsku prošlost mozga ograničen na fosilne ostatke. Morfologija i organizacija mozga rekonstruiše se na osnovu često vrlo rijetkih prirodnih endokasta ili umjetnih odlijeva napravljenih pomoću očuvanih lubanja, na osnovu kojih se prate promjene u veličini i organizaciji mozga. Prirodne endokaste ili umjetni odljevi napravljeni pomoću očuvanih lubanja omogućavaju mjerenje različitih karakteristika mozga, od njegove veličine do pojave i promjene različitih moždanih struktura relevantnih za inteligentno ponašanje. Prirodne endokaste ponekad se zbog povoljnih geoloških uslova (kao onih koji su postojali u nekim dijelovima Južne Afrike) pronađu očuvane. Znatno češće endokaste se izrađuju iz očuvanih lubanja kao odljevi od tečnog lateksa. Danas se najčešće koristi trodimenzionalna kompjuterska tomografija (3DCT), relativno novija metoda rekonstrukcije i mjerenja endokasta. Na osnovu endokasta moguće je izmjeriti kranijalni kapacitet (npr. fizička endokasta se potopi u vodu), utvrditi položaje krvnih sudova i kranijalnih nerava, detalje o venskom sistemu, kortikalnoj asimetriji i obliku sulkusa (Falk, 2007), što omogućava kvantitativnu (koeficijent encefalizacije) i kvalitativnu (morfološke promjene tokom evolucijske povijesti vrste hominina) procjenu inteligencije vrste.

### *Koeficijent encefalizacije*

Kao što se veličina i morfologija želuca životinjskih vrsta može povezati sa njihovim navikama hranjenja, moglo bi se očekivati da su veličina i morfologija mozga povezani sa različitim odlikama inteligentnog ponašanja. Ovakva analogija implicira da bi veliki mozak trebao biti superiorniji u procesiranju informacija, njihovoj pohrani i kasnijem korištenju. S obzirom da čovjek ima veliki mozak, sasvim je razumljivo da zaključimo kako, u poređenju sa drugim primatima, čovjek posjeduje superiornu inteligenciju. Na sličan način je razmišljao Darwin, koji je u svom djelu *Porijeklo čovjeka* (2007; 1871) tvrdio da je velika proporcija mozga čovjeka u odnosu na njegovo tijelo blisko povezana sa visokom mentalnom snagom.

Međutim, ljudski mozak i nije toliko velik. U poređenju sa nekim sisarima, ljudski mozak bi se prije mogao opisati kao patuljast. Mozak nekoliko vrsta kitova težak je između 5 i 8 kg, a afričkih i indijskih slonova oko 5 kg, što je znatno više od 1,3 kg koliko iznosi prosječna težina ljudskog mozga. Zapravo, ako želimo porediti veličine mozgova različitih vrsta, moramo u obzir uzeti i tjelesnu težinu.

Kada se povezanost između težine mozga i tjelesne težine različitih vrsta kičmenjaka grafički predstavi skater dijagramom, uočava se da vrste koje pripadaju određenim grupama kičmenjaka (sisari, ptice, reptili itd) padaju u jasno definisan poligon. Za svaku grupu poligon je pozicioniran dijagonalno od lijeve prema desnoj strani koordinatnog sistema, što ukazuje na tendenciju da veličina mozga raste sa veličinom tijela.

Kod primata postoji tendencija da posjeduju veći mozak nego ostali sisari. Međutim, i među primatima postoje značajne varijacije u veličini mozga između različitih vrsta. Na primjer, čimpanze i ljudi su podjednake tjelesne težine, ali ljudski mozak je tri puta veći od mozga čimpanze. Jedan dio ovih varijacija može se objasniti veličinom tijela i drugim varijablama, kao što su energetska potrošnja tijela, brzina metabolizma, vrijeme potrebno za postizanje određenih razvojnih stadija, dužina životnog vijeka (Allman, 2000). Odnos između težine mozga i tjelesne težine može se opisati pomoću eksponencijalne jednačine:

$$Y=kX^a,$$

pri čemu je  $Y$  težina mozga,  $k$  konstanta faktora skaliranja,  $X$  tjelesna težina te  $a$  eksponent. S obzirom da vrijednosti  $Y$  i  $X$  značajno variraju između vrsta, uobičajeno je transformisati ih u logaritamske vrijednosti, čime se dolazi do izraza za pravac regresije:

$$\log Y = a \log X + \log k.$$

Za primata jednačina glasi:

$$\log Y = 0,75 \log X - 0,94.$$

Kako bi se izmjerile razlike relativnih veličina mozga za životinje različitih tjelesnih težina, neophodno je najprije odrediti linearnu regresijsku jednačinu kako bi se odredila varijabilnost težine mozga u funkciji tjelesne težine za cjelokupan uzorak primata. Pomoću ove jednačine može se procijeniti koliko bi trebala iznositi veličina mozga tipičnog primata određene tjelesne težine. Za svaku vrstu potom se određuje rezidualna vrijednost, tj. relativna veličina mozga vrste nakon što se isključi efekt tjelesne mase. Dobivena rezidualna vrijednost predstavlja procjenu inteligencije vrste i naziva se koeficijentom encefalizacije. Rezidualnom varijansom mjeri se razlika u evoluciji mozga između bliskih grupa životinja. Kada se uporede rezidualne vrijednosti između čovjeka i orangutana, uočava se znatna razlika, koja je i do dva puta veća kod čovjeka (Allman, 2000).

I pored opšteprihvaćenog nelinearnog skaliranja odnosa između veličine mozga i veličine tijela, među istraživačima ne postoji slaganje o vrijednosti eksponenta  $a$ . Procjene se kreću u rasponu od 0,2 do 0,77.

U literaturi je predloženo nekoliko alternativnih načina određivanja koeficijenta encefalizacije. Holloway i Post (1982) koeficijent encefalizacije određuju prema sljedećem izrazu:

$$EQ = m/1,0 \times t^{0,64},$$

pri čemu je  $m$  masa mozga, a  $t$  masa tijela. Navedeni izraz predstavlja „homocentričnu“ jednačinu jer izražava EQ kao direktan postotak vrijednosti karakteristične za čovjeka, određene kao 100%. Za čimpanze EQ iznosi 39,5%.

### *Morfološke promjene*

Ozbiljan nedostatak metode za određivanje koeficijenta encefalizacije je simplifikacija kojom se ignorišu detalji o organizaciji mozga. Međutim, neuroplastičnost je esencijalna komponenta ponašajne fleksibilnosti i kompleksnosti kod svih vrsta, pa prema tome i kod čovjeka. Prema Garlickovom (2002) modelu neuralne plastičnosti, inteligentna osoba posjeduje mozak koji se produktivno mijenja kao odgovor na svoju okolinu. Slično je tvrdio Hebb (1949), prema kojem neuralna plastičnost podrazumijeva da se sinaptičke veze između neurona razvijaju, mijenjaju i reorganizuju kao odgovor na stimulse iz okoline. Okolina oblikuje specijalizovane neuralne konekcije koje su potrebne za različite kognitivne sposobnosti (Garlick, 2002). Kapacitet kortikalnih krugova za reprezentaciju stimulusa (tj. neuralnu aktivnost evociranu senzornim receptorima, pokretima ili mislima) može snažno determinisati razlike u kognitivnoj plastičnosti koju uočavamo unutar i između vrsta (Mercadou, 2008)<sup>2</sup>.

U paleoneurološkim studijama registruju se i interpretiraju kvalitativne morfološke promjene mozгова izumrlih vrsta filogenetski bliskih ljudima, koje mogu ukazivati na kvalitativne promjene sposobnosti. S obzirom da inteligenciju čine različite sposobnosti koje imaju svoje moždane korelate, u analizi evolucije inteligencije od velike je važnosti utvrditi njihovo pojavljivanje ili promjene kod evolucijskih prethodnika današnjeg čovjeka ili čovjeku najbližih vrsta. Njihovo prisustvo ili odsustvo ukazuje na biološke osnove vrste za određenim sposobnostima, što je vrijedan izvor podataka u komparativnim analizama i kvalitativnim procjenama inteligencije. Na osnovu prirodnih endokasa i fosiliziranih skeletnih ostataka lubanje, de Sousa i Cunha (2012) su dali pregled veličine, oblika i morfologije fosilnih mozgov a hominina. Evolucijske promjene mozga hominina evidentne su za sljedeće regione i strukture: petalije, orbitalni frontalni lobus, fronto-orbitalni sulkus, Brokina kapa, temporalni polovi, polumjesečasti sulkus, parietalni lobus i cerebelum.

Petalija predstavlja ispružanje jedne hemisfere u odnosu na drugu, što mozak čini asimetričnim. Za ljudski mozak karakteristična je lijevo-okcipitalna desno-frontalna (LODF) petalija kod koje je lijevo-okcipitalni pol širi i više posteriorno ispružen, dok je desno-frontalni pol širi i više rostralno ispružen. LODF petalija statistički je povezana sa

<sup>2</sup> U prilog ovakvoj tvrdnji govore rezultati istraživanja Maguire i sar., (2000) koji su kod vozača taksija iz Londona utvrdili uvećan hipokampus, moždane strukture važne u snalaženju u prostoru.

dominantno desnom rukom (Le May, 1976). Suprotan obrazac asimetrije je desno-okcipitalni i lijevo-frontalni (DOLF). Ljevorukost i ambidekstrija statistički su povezane sa DOLF petalijom ili simetričnim obrascem (Le May, 1976). Asimetričnost lobusa važna je jer sprečava gubitak neuralnih veza (Striedter, 2005), koja bi se inače desila zbog povećanja veličine mozga. Asimetričnost prevenira gubitak neuronskog kapaciteta prilikom povećanja veličine mozga, jer omogućava paralelno i odvojeno procesiranje u hemisferama (Balzeau, Holloway i Grimaud-Herve, 2012).

Orbitalna površina frontalnog lobusa jednim dijelom korespondira sa Brodmanovim područjem BA10, uključenim u planiranje budućih akcija, apstraktno mišljenje i preuzimanje inicijative (Semendeferi i sar., 2001). Kod ljudskog mozga ovo područje je prošireno.

Fronto-orbitalni sulkus je struktura koja nije prisutna kod ljudskog mozga ali se pojavljivao tokom evolucije hominina i prisutan je kod nekih današnjih primata. Kod afričkih majmuna presijeca orbitolateralnu granicu frontalnog lobusa. Usljed operkularne ekspanzije frontalnog lobusa tokom evolucije hominina došlo je do prekrivanja ovog sulkusa i njegovog kaudalnog pomjeranja, gdje postaje dijelom anteriornog graničnog sulkusa insule (Connolly, 1950).

Brokina kapa nalazi se na frontalnom lobusu i kod ljudskog mozga uključuje dijelove Brodmanovih područja BA47 i BA45 te prekriva Brokino područje jezika. Za ljudski mozak karakteristična je uvećana Brokina kapa. Brodmanova područja BA45 i BA44 uz BA47 imaju važnu ulogu u motornoj kontroli vokalizacije. Brokino područje uključeno je u produkciju govora, razumijevanje jezika, motorne akcije povezane sa pokretima ruku i senzomotorno učenje i integraciju. Kod većine ljudi lijeva hemisfera je dominantna za jezik i BA44 lijeve hemisfere je asimetrično uvećan u odnosu na BA44 desne hemisfere (tzv. L>D asimetrija Brokinog područja).

Temporalni polovi kod ljudskog mozga su prošireni u anteriornom i lateralnom smjeru. Anteriorni lateralni pol, posebno onaj lijeve hemisfere, uključen je u prepoznavanje lica i imenovanje objekata (Grabowski i sar., 2001).

Pozicija polumjesečastog sulkusa koristi se za procjenu veličine primarnog vizuelnog korteksa, Brodmanovog područja BA17. Kod ljudskog mozga BA17 je reducirana za 121% nego što je očekivano za vrste koje ne pripadaju u grupu primata slične veličine mozga.

Proširenje posteriornog parietalnog lobusa povezano je sa relativnom redukcijom BA17. Posteriorni parietalni lobus povezan je sa nekoliko aspekata procesiranja senzornih informacija i senzomotorne integracije (Lynch, 1980). Nadalje, subkomponente parietalnog lobusa uključene su u provođenje vizuomotornih zadataka, koji uključuju pokrete prstiju i vizuelnu pažnju, (Shibata i Ioannides; 2001; Yantis, i sar., 2002).

Cerebelum ima važnu ulogu kod različitih motornih kontrola, kao što su koordinacija, preciznost, tačan tajming. Ljudski cerebelum je manji nego što bi se moglo očekivati s obzirom na ukupnu veličinu mozga.

U narednom poglavlju prikazat će se evolucijske promjene encefalizacije i gore navedenih regiona i struktura kod evolucijskih prethodnika današnjeg čovjeka.

### 3 Evolucija inteligencije hominina

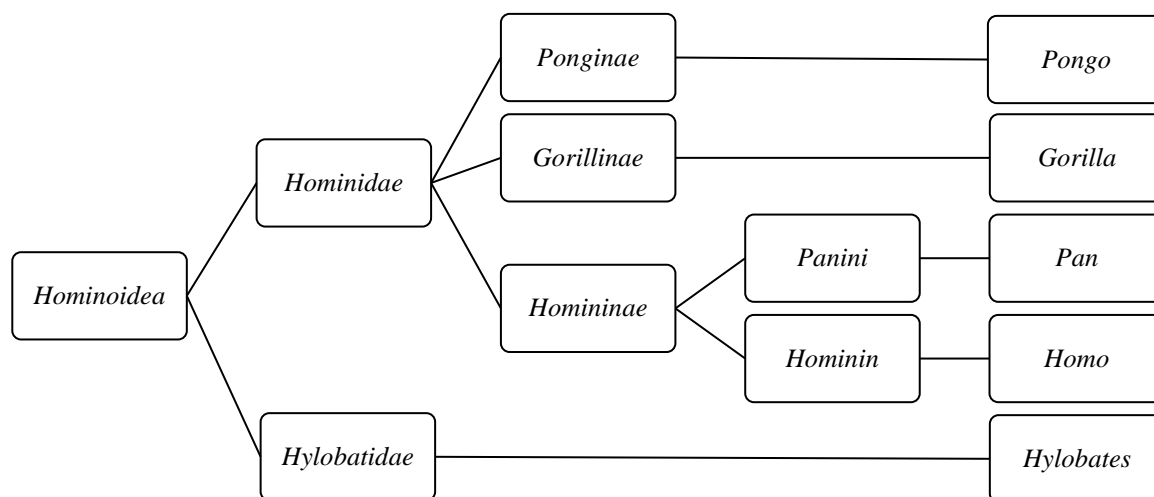
Prema biološkoj klasifikaciji, čovjek je dvonogi primat iz porodice hominida, odnosno tribusa hominina. Na slici 2. prikazana je savremena klasifikacija nadporodice hominoida kojoj pripada čovjek (Arenillas i Arz, 2011; Lewis, Jurmain, Kilgore, 2013). U nadporodicu hominoida (*Hominioidea*) ili čovjekolikih majmuna spadaju porodice hominida (*Hominidae*) ili velikih čovjekolikih majmuna i gibona (*Hylobatidae*) ili malih čovjekolikih majmuna. Porodicu *Hylobatidae* čine današnji giboni i siamange, dok se hominida dijeli na tri podporodice: *Ponginae*, *Gorillinae* i *Homininae*. *Ponginae* uključuju dvije vrste danas živih orangutana (borneanski orangutan, *Pongo pygmaeus*, i sumatranski orangutan, *Pongo abelii*), *Gorillinae* dvije vrste današnjih gorila (zapadni gorila, *Gorilla gorilla* i istočni gorila, *Gorilla grauen*), a *Homininae* tribusi *Panini* i *Hominini*. Tribus *Panini* čine dvije vrste današnjih čimpanzi (bonobo, *Pan paniscus* i obična čimpanza, *Pan troglodytes*). U hominine spada savremeni čovjek i svi njegovi izumrli prethodnici iz roda *Homo*.

Premda postoji malo fosilnih dokaza divergencije evolucijskih linija gorila, čimpanza i čovjeka (Begun, 2010), zahvaljujući tehnici molekularnog sata (koja procjenjuje vrijeme potrebno za akumuliranje određenog broja divergentnih mutacija između dvije vrste) utvrđen je približni vremenski period u prošlosti u kojem je došlo do razdvajanja taksi. Prva grupa koja se odvojila od evolucijske linije koja vodi do današnjeg čovjeka bili su *Hylobatidae* (prije otprilike 20,4 miliona godina). Posljednji zajednički predak današnjih hominida živio je prije otprilike 15 miliona godina, nakon čega se odvaja linija *Ponginae* koja dalje vodi do današnjih orangutana. Linija *Gorillinae* odvojila se prije otprilike 9 miliona godina, dok je



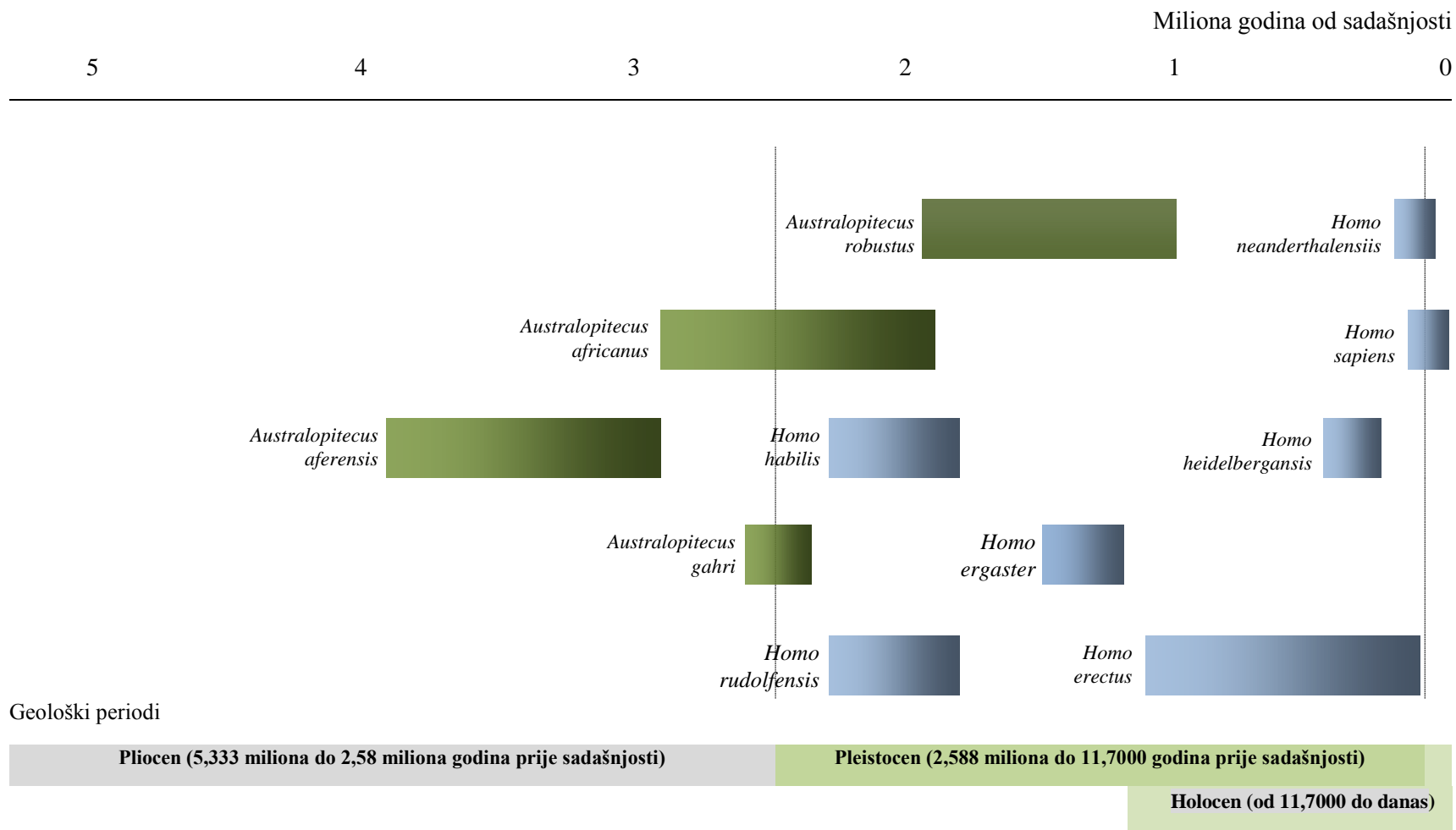
tokom kasnog Miocena, prije oko 4 do 8 miliona godina, došlo do odvajanja hominina i panina (Ruvolo, 1997, a, b). Gorile i čimpanze su životinjske vrste evolucijski najbliže današnjem čovjeku (Wood i Brian, 2000), između kojih postoji velika genetska sličnost. Procjene sličnosti između genoma čovjeka i čimpanze kreću se od 95 do 99% (Varki i Nelson, 2007; Sayers, Raghanti i Lovejoy, 2012).

**Slika 2. Klasifikacija hominoida**



Prema vremenu pojavljivanja i najvažnijim evolucijskim trendovima Lewis, Jurmain, Kilgore (2013) rane hominine dijele u tri grupe. Prvu grupu čine predaustralopiteci, najraniji i najprimitivniji hominini koji su se pojavili prije 4,4 do 7 miliona godina. *Sahelanthropus tchadensis* najstariji je otkriveni hominin, čije postojanje koincidira sa divergencijom roda *Homo* od čimpanzi, između 6 i 7,4 miliona godina. U drugu grupu spadaju različite forme australopitecina. Pojavili su se prije 1,0 do 4,2 miliona godina. Treća grupa pojavila se prije 1,4 do 2,4 miliona godina i čine je *Homo habilis* i *Homo erectus*, rani pripadnici roda *Homo*. U biološkoj antropologiji uobičajena je podjela koja podrazumijeva sljedeće takse: primitivne fosilne vrste hominina (*Sahelanthropus*, *Orrorin*, *Ardipithecus*), australopiteci (*Australopithecus* i srodnici), *Homo habilis* i srodnici, *Homo erectus* i srodnici te grupe čiji fosilni ostaci datiraju iz kasnijih perioda, i uključuju arhaične sapiense (*Homo heidelbergensis* i srodnici) i modernog *Homo sapiens* (Arenillas i Arz, 2011). Na slici 3. prikazani su vremenski periodi u kojima su živjele različite populacije hominina (određene na osnovu perioda iz kojih potiču njihovi fosilni ostaci).

Slika 3. Vremenski periodi (u milionima godina) iz kojih potiču fosilni ostaci različitih populacija hominina



### 3.1 Australopiteci

Australopiteci (majmuni s juga) su rani afrički hominini koji su bili široko rasprostranjeni i diversificirani. Sa vremenskim rasponom datiranih fosilnih ostataka od preko tri miliona godina, predstavljaju hominine koji su najduže trajali. S obzirom na ovako dug period trajanja i s tim u vezi različite ekološke niše koje su zauzimali, utvrđene su brojne adaptivne razlike između različitih vrsta. Glavne odlike svih australopitecina su: jasna bipedálnost, relativno mali mozak (u poređenju sa vrstama roda *Homo*), veliki zubi, posebno zadnji, sa gustom, do vrlo gustom zubnom caklinom na molarima. Australopitecine je karakterisrao spolni dimorfizam s obzirom na veličinu tijela (muški pripadnik bio je veći od ženskog pripadnika). Kapacitet mozga bio je između 380 i 540 cm<sup>3</sup>, što je 30% više u poređenju sa mozgom današnjih čimpanzi. Fosilni ostaci koji se smatraju najranijim australopitecima nađeni su u Sjevernoj Keniji i datiraju prije 3,9 do 4,2 miliona godina. Nazivaju se *Australopithecus anamensis*. Prema White i sar., (2006) prethodnici su mnogih kasnijih australopitecina i moguće ranih pripadnika roda *Homo*. Najpoznatiji fosilni ostaci australopitecina nađeni su na nalazištu Hadar u Etiopiji i Laetoli u Tanzaniji i klasifikovani su kao *Australopithecus afarensis*. Na prvom nalazištu pronađeni su skeletni ostaci nazvani Lucy (ime je dobio prema pjesmi Beatlesa, *Lucy in the sky with diamonds*), a na drugom otisci stopala. Analize ovih ostataka jasno ukazuju na bipedalni način kretanja. Tako jasni dokazi o bipedalnom kretanju nisu nađeni niti kod jednog ranijeg hominina (Lewis, Jurmain, Kilgore, 2013). U kasnijem periodu, između 1 i 2,5 miliona godina, usljed adaptacije na varijabilne ekološke niše, australopiteci postaju znatno raznovrsniji. Iz ovog perioda mogu se utvrditi najmanje tri odvojene linije hominina: kasne forme australopitecina, tri vrste koje pripadaju rodu *Paranthropus* i rani pripadnici roda *Homo*. Godine 2013., u regionu Afar depresije u Etiopiji, pronađeni su fragmenti fosilizirane vilične kosti stare 2,8 miliona godina za koju se smatra da pripada najranijim predstavnicima roda *Homo* (Villmoare i sar., 2015). Pretpostavlja se da predstavlja prelaznu vrstu između *Australopithecusa* i *H. habilisa*. Živio je nakon značajnih klimatskih promjena u regionu kada su šume i plovni putevi ubrzano promijenjeni sušnim savanama u kojima su živjeli rani hominini (DiMaggio i sar., 2015)

Na osnovu do sada prikupljenih i analiziranih podataka, može se pretpostaviti da su rani hominini imali ograničen opseg kretanja što implicira da su iskorištavali relativno mala područja i da su lako mogli postati odvojeni od ostalih populacijskih grupa svoje vrste. Lewis, Jurmain, Kilgore, (2013) navode da je ovo moglo značiti da su genski pomak, te u

izvjesnoj mjeri prirodna selekcija, mogli voditi ka ubrzanoj genskoj divergenciji i eventualnoj specijaciji.<sup>3</sup>

Kod *A. afarensisa* primjećuje se encefalizacija mozga, koja je još evidentnija kod *A. africanusa* (de Sousa i Cuhna, 2012) kod kojeg se prepoznaju određene strukturalne promjene mozga. Naime, utvrđena je mala LODF petalija (Holloway i sar., 2004b). Naredna važna promjena je redukcija i posteriorno pomjeranje polumjesečastog sulkusa, posebno vidljiva kod *A. africanus* (de Sousa i Cuhna, 2012). Promjene polumjesečastog sulkusa pratilo je povećanje inferiornog parietalnog i posteriornog temporalnog lobusa. Pretpostavlja se da su ove dvije promjene uslovljene ekspanzijom australopitecina u novu ekološku nišu koja je uključivala sakupljanje i traženja hrane. Vremenom, australopiteci su postali lovci/sakupljači, kradeći lovinu drugim životinjama ili loveći slabije životinje (Bownds, 1999). Ostaci drugih životinja pronađeni kod fosilnih ostataka *A. africanusa* potvrđuju ovu pretpostavku. Kod *A. africanusa* primjećuje se povećanje područja BA10 u orbitalnom frontalnom lobusu, koje je uključeno u više kognitivne funkcije, kao što su planiranje budućih akcija i apstraktno mišljenje, kao i trend promjene Brokine kape prema sklopu sličnom kao kod mozga modernog čovjeka (Holloway i sar., 2004).

#### *Od kvadripedalizma ka bipedalizmu – prva značajna evolucijska tranzicija*

Premda se opšta tendencija uspravljanja tijela i neka forma bipedalizma može vidjeti kod svih primata, samo je za hominine karakterističan efektivni bipedalizam kao primarna forma kretanja. Koji su selekcijski pritisci doveli do uspravnog hoda? Promjena ekologije (npr. tokom perioda hladnoće i suša) za posljedicu je imala promjene u načinima traganja za hranom, barem kod hominida koji više nisu bili ograničeni na habitate na drveću. Jednom kada su se rani hominini spustili na tlo i pomjerali iz relativne sigurnosti koju pruža drveće, bipedarno kretanje postalo je izuzetna prednost jer je otvorilo mogućnosti dotad nepoznate hominidima. Bipedarno kretanje oslobodilo je ruke za nošenje predmeta i izradu i korištenje oruđa, a kasnije i za druge zadatke ili aktivnosti kao što su bacanje predmeta, komunikaciju gestikulacijama itd. Nadalje, bipedalizam je omogućio uspravan položaj tijela, a time i bolji pregled okoline, što je izuzetno važna adaptacija na otvorene predjele jer omogućava ranije uočavanje predatora (današnji primati, kao što su babuni iz savana, koji se kreću kvadripedarno, povremeno zauzmu uspravan položaj kako bi bolje osmotrili okruženje). Bipedarno kretanje je efikasan način prelaženja dugih distanci. Ova prednost je došla do izražaja nekoliko miliona godina nakon inicijalne adaptacije na život na tlu, kada su hominini počeli upražnjavati sofisticiranije oblike grupnog lova. Bipedarno kretanje dodatno je usavršeno kroz tzv. igre lova, koje su uključivale prelaženje dužih distanci. Prelaženje dužih distanci zahtijevalo je povećanje

<sup>3</sup> Specijacija – evolucijski proces kojim nastaju nove vrste.

unos kalorija, što se posebno moglo odraziti na evoluciju mozga jer je došlo do povećanja konzumacije proteina animalnog porijekla. Mozak je značajan energetska potrošač, što implicira visoku metaboličku cijenu održavanja nervnog tkiva, koja s druge strane uslovljava ograničenje porasta veličine mozga. Naime, ljudski mozak ima visoku metaboličku cijenu jer koristi 20 – 25% energije tijela u mirovanju (Leonard i sar., 2003). Svi organi (uključujući i mozak) troše oko 70% bazalnog metabolizma ljudskog tijela. Prema hipotezi ekspanzivnog tkiva (Aiello i Wheeler, 1995), svako povećanje veličine mozga mora biti dovedeno u ravnotežu sa smanjenjem zahtjeva drugih ekspanzivnih organa. Rješenje ove „energetske krize“ je smanjenje veličine crijeva, ali koje se mora kompenzirati povećanjem kvalitete hrane, tj. većom nutritivnom vrijednošću i većom digestibilnosti.

Bipedalizam je direktno i indirektno uticao na neuralnu organizaciju mozga hominina. Promjena motorike ruku povezana je sa reorganizacijom motornih regija mozga. S obzirom na promjenu položaja tijela, vestibularni sistem koji ima glavnu ulogu u održavanju ravnoteže i orijentaciji, trebao je biti reorganizovan, a što je podrazumijevalo promjenu neuralnih puteva i motornih regiona u mozgu. Pomak prema bipedalizmu izuzetno je važan u evolucijskoj povijesti jer indirektno vodi prema povećanju veličine mozga (Chene i sar., 2014). Naime, usljed podešavanja prema bipedalnom kretanju došlo je do promjene morfologije i funkcije karlične kosti, što se jasno može vidjeti upoređivanjem fosilnih ostataka karlične kosti *A. afarensisa*, *H. erectusa* i savremenog čovjeka. Ove promjene dovele su do povećanja porođajnog kanala i mogućnosti rađanje potomaka sa većim mozgom (Chene i sar., 2014).

### 3.2 Homo habilis

U rane vrste roda *Homo* spadaju *H. habilis*, *H. rudolfensis*, i *H. ergaster*, koje de Sousa i Wood (2007) nazivaju tranzicijskim homininima. *H. habilis* (vješti čovjek) smatra se prvim predstavnikom roda *Homo*. Pojavio se prije oko 2,4 miliona godina tokom donjeg paleolita i opstao je sljedećih 1,5 miliona godina. Živio je u područjima istočne i južne Afrike. Na osnovu nalaza iz Olduvaia i Istočnog Turkana, paleoantropolozi smatraju da je jedna ili više vrsta ranih *Homo* bila prisutna u Istočnoj Africi, i da je njihov evolucijski razvoj tekao paralelno sa najmanje dvije linije australopitecina. Ove linije hominina živjele su istovremeno najmanje milion godina, nakon čega su australopiteci izumrli, dok je linija ranog *Homo* najvjerovatnije evoluirala u jednu ili više kasnijih vrsta roda *Homo*.

*H. habilis* se pripisuje izrada i korištenje oldovanskog kamenog alata<sup>4</sup> koji predstavljaju najstariji poznati alat (Semaw i sar., 1997). Ne postoje arheološki dokazi postojanja bilo kakvog ljudskog artefakta starijeg od 2,5 miliona godina, premda se može pretpostaviti da su rani hominini koristili oruđa i stotinama hiljada godina prije nego što je oldovansko kameno oruđe napravljeno i korišteno (Harris i Capaldo, 1993). Najuočljivija odlika *H. habilis* koja ga razlikuje od australopitecina je veličina lobanje. Prosječni kapacitet lobanje iznosio je 631 cm<sup>3</sup>, što je za 20% više nego kod australopitecina. Nadalje, u odnosu na australopitecine, *H. habilis* se razlikuje s obzirom na oblik lobanje i proporcije zuba (veći prednji zubi u odnosu na zadnje i uži premolari). Koeficijent encefalizacije *H. habilis* (EQ=3,72) veći je nego kod *A. africana* (EQ=2,78). Interesantan je nalaz prema kojem nema jasnih dokaza o LODF petaliji i asimetriji Brokinog područja (Holloway i sar., 2009), dok postoje jasni dokazi o morfologiji fronto-orbitalnog sulkusa sličnoj današnjim afričkim majmunima (Falk, 1983).

*Homo rudolfensis* (čovjek sa jezera Rudolf) živio je u istočnoj Africi prije 1,9 do 2,4 miliona godina (kasni pleistocen) i smatrao se pripadnikom roda *H. habilis*. Utvrđene su značajne razlike u odnosu na *H. habilis*, koje se ogledaju u ravnijem licu, širim molarima i premolarima. Na osnovu fosilnih nalaza može se zaključiti da je izrađivao primitivna kamena oruđa. *H. rudolfensis* je najstarija taksa kod koje su utvrđeni jasni dokazi o organizaciji mozga sličnoj kao kod savremenog čovjeka. Prisutna je LODF petalija (Holloway, 1983), ne prepoznaje se fronto-orbitalni sulkus (Falk 1983), uočljiva je asimetrija regiona Brokine kape (Holloway i sar., 2009).

Asimetričnosti mozga kod ranih vrsta roda *Homo* postale su jasno definisane (Holloway i sar., 2009) (asimetrija frontalnog pola, LODF petalija i asimetrija superiornog parietalnog regiona) i ostale su nepromijenjene tokom tranzicije prema *Homo sapiensu* (de Sousa i Cuhna, 2012). Navedeni lobusi važni su kod procesiranja jezika (Tobias, 1987). Prvi put u evolucijskoj povijesti roda *Homo* javili su se neuroanatomski preduslovi za nastanak rudimentarnog jezika (de Sousa i Cuhna, 2012; Tobias, 1987).

Važan aspekt evolucije mozga ranih hominina bilo je okruženje u kojem su živjeli. Veće učešće u lovu i posljedično veća konzumacija odgovarajućih nutritijenata omogućila je povećanje mozga. Kako bi evoluirao, mozak ranih hominina trebao je prevazići dvije prepreke (Cunnane i Crawford, 2014): ograničenja u energiji (povećanje potrebne energije sa povećanjem veličine mozga) i nutritivna ograničenja (povećanje zahtjeva za nutritijentima važnim za strukturu, razvoj i funkcionisanje mozga). Sa povećanjem veličine mozga povećava se i potrošnja energije. Stoga su rani hominini trebali konzimirati hranu bogatiju odgovarajućim nutritijentima, kao što je meso. Hrana bogata odgovarajućim nutritijentima omogućava da se više energije usmjerava prema mozgu, što bi moglo omogućiti proizvodnju većeg broja neurona. Povećanju mozga kod *H. habilis* pogodovalo

<sup>4</sup> Naziv potiče od nalazišta, klanca Olduvai (Oldowan) u Tanzaniji.

je življenje u primorskim habitatima gdje se moglo lako doći do hrane (rakovi, mekušci, žabe, kornjače, riblja mrijest, ptičija jaja) koja je bogata nutritivnim važnim za razvoj i funkcionisanje mozga: DHA, jod, željezo, cink, bakar, selen i vitamini A i D (Cunnane i Crawford, 2014). Ovakva prehrana uključuje značajne količine masnih kiselina koje su esencijalne za encefalizaciju kod sisara. Pored navedenih faktora, smatra se i da je termička obrada hrane povećala nutritivnu vrijednost i iskoristivost hrane, što je također moglo igrati značajnu ulogu u evoluciji mozga hominina (Wrangham, 2003).

### *Pojava prvih oruđa*

Gruba procjena datiranja oldovanske industrije alata je prije 1,4 do 2,6 miliona godina. *H. habilis* izrađivao je kamena oruđa oštarih rubova lomeći oblutke udarcima kamena od kamen, sve dok ne dobije željeni oblik i oštrinu stranice (Plummer, 2004). Ova oruđa vjerovatno su se koristila za rezanje voća (de Baune, 2004) kao i za oštrenje oruđa od drveta i rezanje mesa sitnih životinja (Leakey, 1971; Bunn i Kroll, 1986). Vjerovatno su rani hominini izrađivali oruđa od kostiju i drveta, ali takav pribor nije mogao biti sačuvan u arheološkim nalazištima.

Oldovanska oruđa (slika 4.) spadaju u kategoriju prigodnih oruđa koja su se izrađivala po potrebi. Oruđa su bila višenamjenska; jedno te isto oruđe bilo je korišteno u različitim situacijama i u različite svrhe. Mithen (1996) smatra da ovakva upotreba oruđa odražava generalizovanu inteligenciju kao osnovnu odliku ranih hominina. Prema Donaldu (1991) um ranih hominina bio je na predrepresentacijskom nivou. Artefakti, kao što su oldovansko oruđe, ne ukazuju na sposobnost formiranja reprezentacija koje odstupaju od svojih konkretnih percepata. Njihovo iskustvo bilo je epizodičko, tj. vezano za trenutak sadašnjosti. Bili su u stanju pohraniti percepcije događaja i kasnije ih prizvati, ali samo uz prisustvo vanjskih znakova. Voljni pristup epizodičkom pamćenju bez okolinskih znakova bio je vrlo ograničen. Stoga Donald (1991) smatra da je inteligencijom ranih hominina upravljalo proceduralno pamćenje. Nisu bili sposobni da spontano oblikuju, modifikuju ili uvježbavaju vještine i aktivnosti. Osim toga, nisu mogli izmisliti ili rafinirati kompleksne gestikulacije ili sredstva komunikacije. Oruđa će u kasnijim periodima postajati namjenska, tj. izrađivat će se, koristiti i čuvati uz anticipaciju njihovog korištenja u budućnosti.

Premda oldovanski arheološki nalazi još uvijek predstavljaju kontroverzno područje antropoloških istraživanja (još uvijek ne postoji opšte slaganje o tome koji hominini su izrađivali ova oruđa, kako su ih koristili i u koje svrhe), postoji snažno uvjerenje da oni predstavljaju najranije arheološke dokaze ljudske kulture. Prema Plummeru (2004), oldovanska nalazišta odražavaju jedan od najvažnijih adaptacijskih pomaka u ljudskoj evoluciji. Osim toga, prvi put naučnici imaju arheološke nalaze koje koriste kao izvor

direktnih dokaza na osnovu kojih istraživači mogu razumjeti kulturalne aspekte ljudske evolucije.

Slika 4. Oldovanski kameni alat (Melka Kunture, Etiopija)



Izvor: © Didier Descouens, Wikipédia

### 3.3 Homo erectus/ergaster

*Homo erectus* (uspravni čovjek) izumrla je vrsta hominina koja je živjela tokom čitavog perioda pleistocena. Najstariji fosilni ostaci datiraju od prije 1,9 miliona godina, a najskoriji od prije 70.000 godina. Raniji nalazi upućivali su na afričko porijeklo *H. erectus*, odakle je migrirao u Euroaziju, sve do Gruzije, Indije, Šri Lanke, Kine i Indonezije (Hazarika, 2007; Chauhan, 2003). Premda se smatralo da *H. erectus* i *Homo ergaster* (zaposleni čovjek) pripadaju istoj vrsti, Arenillas i Arz (2011) iznose mišljenje većine paleoantropologa prema kojima treba praviti razliku između afričke vrste *H. ergaster* i azijske vrste *H. erectus*. Rani afrički fosili *H. ergastera* najstariji su poznati pripadnici roda *Homo* koji su posjedovali proporcije tijela slične modernom čovjeku, sa relativno dužim nogama i kraćim rukama u poređenju sa veličinom torza. Živjeli su na području Istočne i Južne Afrike prije 1,4 do 1,9 miliona godina, tokom ranog pleistocena.



Spolni dimorfizam bio je manji u odnosu na prethodne vrste hominina. *Homo erectus*, ekskluzivna azijska vrsta, živjela je tokom kasnog i srednjeg pleistocena, prije 0,2 do 1,8 miliona godina. Smatra se vrstom roda *Homo* koja je najduže egzistirala i bila veoma uspješna, te se stoga pretpostavlja da je imala veliki broj podvrsta. *H. erectus* je imao nešto izraženiji spolni dimorfizam nego savremeni čovjek. *Homo floresiensis* (čovjek sa ostrva Flores) se smatra posljednom grupom hominina povezanom sa *H. erectusom*. Kompletni fosilni skelet ove vrste, koji datira od prije 18.000 godina, nađen je na ostrvu Flores (Indonezija) i zbog svoje male veličine dobio je nadimak „Hobit“. Prema jednoj hipotezi, ova vrsta, ili njihovi uspravni prethodnici, došli su na ostrvo preko vodene površine<sup>5</sup>, vjerovatno prije 100.000 godina. Njihova patuljasta veličina posljedica je adaptacije na okruženje ograničenih prehrambenih resursa, koje je dovelo do tzv. ostrvskog patuljstva, forme specijacije poznate i kod nekih drugih vrsta na ostrvu Flores.

Prosječni kranijalni volumen *H. erectusa* iznosio je 991 cm<sup>3</sup> (raspon 727 cm<sup>3</sup> do 1260 cm<sup>3</sup>), dok je koeficijent encefalizacije procijenjen na vrijednost EQ= 3,94 (de Sousa i Cuhna, 2012), a EQ-H=67,64 (Holloway i sar., 2009). Morfološke odlike mozga slične su onima koje nalazimo kod savremenog čovjeka. Utvrđena je LODF petalija i morfologija Brokine kape slično kao kod mozga savremenog čovjeka (Holloway i sar., 2004b).

Pored ostalih morfoloških promjena, za *H. erectusa* je karakteristična pojava kompleksnijih mišića lica. Za razliku od čimpanzi i ranijih vrsta roda *Homo*, facijalna muskulatura počela je da se kontroliše diskretno preko neokorteksa i postala je kompleksnija, što je omogućilo bogatiju facijalnu ekspresiju kao način komunikacije. Neokorteks se širi prema meduli što omogućava direktnu vezu sa motornim neuronima muskulature lica, vilice, jezika i glasnih žica. Ove promjene predstavljaju osnovu za pretpostavku o postojanju oralnih i vokalnih vještina *H. erectusa* (Striedter, 2005). Premda anatomske dokazi ukazuju na prisustvo Brokinog područja, smatra se da je verbalna komunikacija bila ograničena, u najboljem slučaju, na predsintaksički protojezik. Pretpostavlja se da je koristio kratke agramatičke jednostavne izraze (Dunbar, 1996). S obzirom da su mentalni procesi uglavnom određeni konkretnim senzornim iskustvom, kapacitet za apstraktno mišljenje i metakogniciju još se nije pojavio (Gabor i Russon, 2011).

Prosječni kranijalni volumen *H. ergastera* iznosio je 851 cm<sup>3</sup> (raspon 804 cm<sup>3</sup> do 900 cm<sup>3</sup>), dok je koeficijent encefalizacije iznosio EQ=3,12 (de Sousa i Cuhna, 2012), a EQ-H=57,72 (Holloway i sar., 2009). I kod *H. ergastera* uočavaju se LODF petalija, ali ne i region Brokine kape. Interesantni su rezultati analize morfologije mozga *H. floresiensis* Falka i sar., (2005). Uočljiva je izražena DOLF petalija, što može biti povezano sa ljevorukošću. Utvrđeno je i odsustvo frontalno-orbitalnog sulkusa, što je karakteristika

<sup>5</sup> Ostrvo Flores bilo je okruženo vodenom površinom i tokom skorašnjeg glacijalnog perioda kojeg inače karakteriše niži nivo mora

morfologije ljudskog mozga, dok nema dokaza o jasnoj strukturi Brokine kape. Nadalje, utvrđen je neobično širok temporalni lobus, ali razdaljina između temporalnih polova tek je nešto veća nego kod *Au. Afarensisa*.

Morfološke promjene mozga koje su utvrđene kod *H. erectusa* i srodnih vrsta rezultat su različitih evolucijskih pritisaka iz okoline. U odnosu na *H. habilisa*, *H. erectus* i srodne vrste posjedovali su naprednije sposobnosti prilagođavanja okolini. Arheološki nalazi sagledani u širem kontekstu ukazuju na napredne sposobnosti adaptacije na okolinu u cilju opstanka. Koristio je sofisticirano oruđe namijenjeno specifičnim zadacima, kompleksna stabilna sezonska staništa kao i strategije lova koje su se odvijale na širim područjima. Širenje *H. erectusa* ukazuje na sposobnost prilagođavanja načina života u različitim klimama i staništima (Anton i Swisher, 2004).

*H. erectusu* se pripisuje izrada i korištenje ašelejenske<sup>6</sup> sjekire koja je prema Kohnu i Mithenu (1999) imala i funkciju statusnog simbola. Tipičan alat koji se pripisuje ašelejenskoj tehnologiji je šačnik, alatka klinastog ili bademastog oblika načinjena od kremenca ili drugog kamena na kojem se može napraviti oštra strana. Ovo oruđe naziva se i ručna sjekira ili ručni klin (slika 5.).

**Slika 5. Ašelejenske ručne sjekire i ručni klinovi (Cintegabelle, Haute-Garonne, Francuska)**



Izvor © Didier Descouens, Wikipédia

<sup>6</sup> Nazvanoj prema nalazištu Saint-Acheul, predgrađu Amiensu u sjevernoj Francuskoj.

Za izradu sjekire bile su potrebne značajne vještine i specijalne sposobnosti kako bi se došlo do finalnog oblika. Najupečatljivija karakteristika ovog oruđa je dvostrana simetričnost. Gowlett (2006) smatra da simetrična standardizacija kamenih ostataka označava sposobnost utiskivanja predeterminiranih formi na kamene dijelove, te ekstrapolaciju sposobnosti planiranja i možda sposobnosti jezika. Međutim, kognitivne implikacije simetričnosti predmetom su debata, naročito u svjetlu činjenica da u većini slučajeva ašelejenska oruđa nisu posebno simetrična (Clark i Riel-Salvatore, 2005), te da izrada simetričnih objekata nije distinktivno svojstvo čovjeka jer i majmuni mogu izraditi izrazito simetrične predmete, kao što je gnijezdo (Wynn i McGrew, 1989).

Arheološki nalazi ukazuju da je ručna sjekira bila ekskluzivno oruđe preko milion godina. Tokom ovog perioda nije bilo gotovo nikakvih promjena u izgledu oruđa.

*H. erectus* vjerovatno je prvi primjerak roda *Homo* koji je živio u zajednicama lovaca sakupljača. Biološko okruženje omogućilo mu je sigurniji pristup hrani koja je bila bogata važnim nutritivnim tvarima (Striedter, 2005). Manji molari ukazuju da su se prehrambene navike promijenile sa konzumiranja biljne na konzumiranje životinjske hrane. *H. erectus* prvi je hominin koji je ovladao vatrom, što mu je omogućilo termičku obradu hrane i njenu bolju digestivnu iskoristivost (Leonard i sar., 2003). *H. erectus* prvi je hominin kod kojeg je utvrđeno pohranjivanje većih zaliha masnoća, što je važno za razvoj mozga. Naime, mozak, za razliku od drugih organa i mišića, ne može smanjiti količinu nutritivenata koje su mu potrebne u situacijama gladovanja, zbog čega je pohranjivanje zaliha masnoća važna za funkcionisanje mozga. Stoga je kod sisara evoluirao proces pohrane masnoće, koja se povećavala sa kvocijentom encefalizacije. Pojavila se još jedna značajna anatomska promjena povezana sa povećanjem veličine mozga. Naime, karlična kost postala je još otvorenija nego kod prethodnih vrsta, što je dovelo do povećanja porođajnog kanala koji je omogućavao prolazak novorođenčeta sa većim neonatalnim mozgom (Chene i sar., 2014).

### 3.4 Arhaični sapiensi (praljudi)

U grupu koja se neformalno naziva arhaični ljudi, spada nekoliko taksi, od kojih neke nisu široko prihvaćene od strane paleoantropologa (Arenillas i Arz, 2011). Ovu grupu, između ostalih, čine: *Homo antecessor*, *Homo heidelbergensis*, *Homo neanderthalensis*, *Homo rhodesiensis* i *Homo helmei*. *Homo antecessor* živio je u Evropi prije 1,2 do 0,8 miliona godina. Smatra se najstarijom poznatom formom ljudi u Evropi. Ruke i stopala *Homo antecessora* slični su rukama i stopalima modernog čovjeka, što ukazuje na slična

lokomorotna obilježja i vještine manipulacije rukama. Uz fosile *H. antecessora* pronađena su različita oruđa. *H. antecessor* ima prelazne karakteristike između *H. ergastera* i *H. sapiensa* pa se smatra poveznicom između ovih vrsta. *H. heidelbergensis* se smatra direktnim prethodnikom *H. neanderthalensis*. Živio je u Evropi prije 1,5 do 0,7 miliona godina. Bio je korpulentne građe. Visina muške odrasle jedinke kretala se u rasponu od približno 1,75 do 1,85 metara. Spolni dimorfizam bio je sličan kao kod modernog čovjeka. Koristio je nešto sofisticiraniju tehnologiju pravljenja oruđa nego što je to slučaj kod ašelejenske tehnologije. *H. neanderthalensis* je živio u periodu prije 25.000 do 150.000 godina na području Evrope i dijelova Azije. Zadnja populacija neandertalaca živjela je na području Južne Iberije uz obalu Gibraltara prije 24.000 godina. *Homo rhodesiensis* (Rodezijski čovjek), živio je u Africi prije 125.000 do 450.000 godina. Fosilni ostaci ukazuju na odlike koje je dijelio sa *H.ergasterom* i *H. antecessorom*, kao i druge koje ga povezuju sa *H. heidelbergensisom* i *H. sapiensom*.

Morfološke karakteristike mozga arhaičnih ljudi još su sličnije onima kao kod modernog čovjeka. Kranijalni volumen *H. antecessora* utvrđen kod jedne jedinke iznosio je 1000 cm<sup>3</sup>, kod *H. heidelbergensis* (21 jedinka) između 880 cm<sup>3</sup> i 1450 cm<sup>3</sup> (prosječni 1242 cm<sup>3</sup>) dok je kod *H. neanderthalensis* (27 jedinki) bio između 1172 i 1749 cm<sup>3</sup> (prosječni 1404 cm<sup>3</sup>) (de Sousa i Cuhna, 2012). Nadalje, koeficijent encefalizacije kod *H. heidelbergensis* iznosio je EQ=4,21, a kod *H. neanderthalensis* EQ=4,67. Analizom prirodne endokaste i fosiliziranih skeletnih ostataka lobanje *H. heidelbergensis* i *H. neanderthalensis*, uočavaju se LODF petalija, region Brokine kape i posteriorno pozicionirani polumjesečasti sulkus (Holloway i sar., 2004a).

Interesantno je da je stopa rasta mozga neandertalaca tokom ranog djetinjstva bila veća nego što je to slučaj kod modernog čovjeka (Ponce de Leon i sar., 2008). U fazi razvoja mozga odmah nakon poroda, mozak neandertalca, kao i mozak današnjih čimpanzi, nije prolazio tzv. „fazu globularizacije“ (Neubauer i sar., 2010), kojom se već u prvoj godini života uspostavljaju veze između različitih područja u mozgu. Ove veze važne su za socijalne, emocionalne i komunikacijske funkcije višeg reda. Prema Neubaueru i sar., (2010) razlika između neandertalca i nedavnog anatomski modernog čovjeka u morfologiji mozga i kognitivnim sposobnostima slična je razlici između autističnog i neurološki tipičnog pojedinca. Nepravilna razvojna trajektorija kod autističnih osoba rezultira većim brojem kratkih veza i većom apsolutnom veličinom mozga, dok razvojna trajektorija kod tipičnog mozga rezultira dužim vezama i komparativno manjim mozgom (Courchesne i Pierce, 2005).

U poređenju sa *H. heidelbergensisom*, *H. neanderthalensis* je koristio naprednija oruđa. Izrađivao je sofisticirana oruđa kao što su kamene grudve, ručne sjekire i koplja.

Tehnologija pravljenja oruđa koju su upražnjavali neandertalci poznata je kao musterian<sup>7</sup> srednjeg i dijela kasnog paleolita (slika 6.).

U Evropi i Aziji postoji nekoliko lokaliteta na kojima su pronađeni bogati fosilni ostaci neandertalaca. Jedna takva je i špilja na Hušnjakovom brijegu kraj Krapine, gdje je nađena zbirka koja sadrži gotovo 900 kostiju sedamdesetak jedinki različite životne dobi (od 3 do 27 godina), što je čini jednom od najvažnijih zbirki. Uz Krapinskog čovjeka, kako glasi popularni naziv za ovu zbirku, pronađeno je mnoštvo kostiju izumrlih vrsta životinja (npr. mamuta). Vrijedan nalaz je 300 izrađevina od cijepanog kamena, koji uključuje strugala, šiljke, noževe, pile, svrdla i druga oruđa. Ova oruđa, čija je starost procijenjena na približno 130.000 godina (Karavanić, 2004), pripadaju arheološkom razdoblju srednjeg paleolita, odnosno musterijenskoj kulturi, raširenoj na područja Evrope, zapadne Azije i sjeverne Afrike. Utvrđeni su tragovi ognjišta i opaljene kosti, što ukazuje da se krapinski čovjek služio vatrom.

Slika 6. Primjeri tipičnog musterijanskog kamenog oruđa (Beuzeville, Francuska)



Izvor © Didier Descouens, Wikipédia

<sup>7</sup> Prema nalazištima LeMoustier u Francuskoj.

I mnogi drugi arheološki nalazi svjedoče o ponašanju koje se označava naprednijim u poređenju sa prethodnim vrstama. Tako naprimjer, arheološki nalazi iz Molodova, istočna Ukrajina, ukazuju da su neandertalci gradili objekte za stanovanje koristeći životinjske kosti. Građevina pronađena na ovom lokalitetu bila je napravljena od mamutovih kostiju (Gray, 2011). Arheološki nalazi do kojih su došli Ferentinos i sar., (2012) ukazuju da je neandertalac plovio morem. Naime, poznato je da je neandertalac živio na obalama Mediterana prije 300.000 godina. Musterianska kamena oruđa nađena su na obalama Grčke, ali, što je intrigantno, i na grčkim ostrvima (Lefkada, Kefalonia i Zakynthos). S obzirom da su ostrva bila odvojena od kopna, nastanjena su vjerovatno koristeći kanue izrađene od izdubljenog komada drveta (Ferentinos i sar., 2012).

S obzirom na period u kojem su živjeli, opravdano je pretpostaviti da su neandertalci dolazili u kontakt sa anatomski modernim ljudima prije najmanje 80.000 godina na području Srednjeg Istoka, Evrope i Azije (Grün, 2005; Mercier, 1994). Ipak nema čvrstih dokaza o kohabitaciji neandertalaca i *H. sapiensa*. Pretpostavlja se da su neke grupe neandertalaca u kasnijim periodima vjerovatno kroz kulturalnu interakciju sa nadolazećim modernim ljudima usvojile određene kulturalne prakse, kao što je ukrašavanje tijela (Green i sar., 2006).

U novije vrijeme, genetičke analize DNK arhaičnih vrsta pružaju dodatni izvor podataka, koje zajedno sa arheološkim i paleontološkim podacima omogućavaju rekonstrukciju strukture i funkcije fosilnog mozga. Ove analize posebno su važne u svjetlu pretpostavke da su kognitivne sposobnosti i morfologija mozga modernih ljudi rezultat doprinosa različitih evolucijskih linija hominina, bilo genskim ili putem socijalnih ili kulturalnih interakcija. U špilji Vindija, smještenoj u Hrvatskom zagorju, pronađeni su jedni od najbolje očuvanih ostataka neandertalaca na svijetu, zbog čega su odabrani da budu glavni izvor DNK za tzv. *Neandertalski projekt genoma*. Prema Greenu i sar., (2010) s obzirom da su neandertalci sestrinska evolucijska vrsta današnjim ljudima, poređenje ljudskog genoma sa genomima neandertalaca i majmuna omogućit će identifikaciju obilježja koja razlikuju anatomski moderne ljude od ostalih hominina. Osim toga, genske sekvence neandertalaca predstavljaju katalog promjena koje su postale fiksne ili su se pojavile kod modernog čovjeka tokom zadnjih nekoliko hiljada godina, pa su ove sekvence izvor informacija za identifikaciju gena na koje je uticala pozitivna selekcija. Rezultati analize genoma neandertalaca ukazuju da se odigrao genski tok od neandertalaca prema modernim ljudima izvan Afrike (Green i sar., 2010). Međutim, uloga genoma neandertalaca na genetiku najbližih prethodnika današnjih ljudi je minorna, jer tek nekoliko procenata genoma današnjih ljudi koji žive izvan Afrike izvedena je iz neandertalaca. Iz genetičke perspektive, genski tok koji uopšte nema ili ima jako malo traga na genski bazen današnjih ljudi je od malog ili nikakvog interesa, ali iz historijske perspektive može biti veoma interesantan. Tako rezultati analiza Greena i sar., (2010) ukazuju na brojne genske regione i gene koji se mogu kandidirati za pozitivnu selekciju u ranoj povijesti modernih ljudi. Geni povezani sa neurološkim stanjem daju uvid u mehanizme koji utiču na evoluciju

strukture i funkcija mozga. Utvrđene su razlike između genoma neandertalaca i modernih ljudi koje se mogu dovesti u vezu sa kognitivnim sposobnostima specifičnim za svaku od ove dvije vrste. Utvrđeno je nekoliko gena čije su mutacije povezane sa poremećajima koji utiču na kognitivne kapacitete modernih ljudi: *DYRK1A*, povezan sa Down sindromom, *NGR3*, gen povezan sa shizofrenijom te *CADPS2* i *AUTS2* geni povezani sa autizmom. *FOXP2* gen predmetom je posebnog interesa istraživača jer se pretpostavlja da je esencijalan za normalne funkcije govora. Kod osoba sa mutacijama ovog gena izgovaranje gramatički ispravnih riječi moguće je samo uz veliki napor, otežano je razumijevanje složenih rečeničkih struktura i evidentne su poteškoće u pokretanju mišića usana, lica i glasnica kod izgovaranja određenih glasova. Utvrđene su zamjene dvije aminokiseline u *FOXP2* genu kod hominina nakon divergencije od zajedničkog pretka sa paninima, a pronađene su i kod *H. sapiens*, neandertalaca i denisovaca (Krause i sar., 2007; Green i sar., 2010; Reich i sar., 2010).

Na osnovu rekonstrukcije vokalnog trakta (prisutnost hioidne kosti), neuroloških (hipoglosalni kanal veličine kao kod modernog čovjeka) i genetskih nalaza (prisustvo iste verzije *FOXP2* gena kao i kod modernog čovjeka), smatra se da je neandertalac mogao koristiti elaborativni protojezik.

### 3.5 *Homo sapiens*

Period od prije 150.000 do 600.000 godina vrijeme je značajnog porasta veličine mozga (Aiello, 1996, Ruff i sar., 1997) i pojave anatomski modernih ljudi. Anatomski moderni ljudi su pojedinačni članovi vrste *H. sapiens* s izgledom konzistentnim rasponu fenotipa modernih ljudi. Najstariji fosilni ostaci anatomski modernog čovjeka nađeni su u Etiopiji (Omo ostaci) i datiraju od prije 195.000 godina (McDougall, Brown i Fleagle, 2005), te fosili *H. sapiens idaltu* sa nalazišta Herto, također iz Etiopije, čija je starost procijenjena na 160.000 godina (White, 2003). Prema Arenillas i Arz (2011), *Homo sapiens idaltu* je izumrla podvrsta modernih *H. sapiens*, koja je živjela na području Istočne Afrike (Etiopija i Eritreja) tokom perioda od prije 125.000 do 195.000 godina. Fosilni ostaci sa nalazišta iz Južne Afrike datiraju iz perioda od prije 110.000 do 120.000 godina, dok su iz nešto kasnijeg perioda ljudski fosili pronađeni u Izraelu (80.000 do 120.000 godina). Svi ostali fosili modernog čovjeka pronađeni izvan Afrike potiču iz kasnijeg perioda (Mungo čovjek iz Australije datira od prije 42.000 godina).

Generalno, arhaični ljudi (npr. neandertalci) u poređenju sa anatomski modernim ljudima imali su robusniji skelet, sa dužim kostima ekstremiteta, pri čemu su distalne kosti

bile iste veličine ili nešto manje u odnosu na proksimalne kosti<sup>8</sup>. U poređenju sa arhaičnim ljudima, anatomske moderni ljudi imaju veći prednji dio mozga, pa je mozak pozicioniran iznad a ne iza očiju, dok je čelo više (ne uvijek), a nadočni lukovi reducirani. Lobanja neandertalaca imala je ravan krov, zatiljak je bio manje ili više povijen, a sljepoočna kost postorbitalno stegnuta.

Rezultati analize DNK današnjih ljudi pokazuju da su se anatomske i genetske moderni ljudi pojavili u Africi (najvjerojatnije u Istočnoj Africi), prije 150.000 godina, što je u skladu sa arheološkim nalazima i analizama očuvanih skeletnih ostataka (Tishkoff i sar., 2002; Prugnolle i sar., 2005, Ramachandran i sar., 2005; White i sar., 2003; McDougall i sar., 2005). Prva loza modernog čovjeka (L0) je mtDNK halpogrupa, nazvana "mitohondrijska Eva"<sup>9</sup>. U kasnijem periodu, od otprilike 80.000 do 120.000 godina prije sadašnjosti, divergirale su u tri glavne loze. Prva (L1), poznata kao Y-hromozom Adam, kolonizirala je južnu Afriku, druga (L2) je nastanila centralnu i zapadnu Afriku, a treća (L3) je ostala na području istočne Afrike. Treća loza je tokom dva migracijska talasa napuštala Afriku preko Crvenog mora i Sinajskog poluostrva i nastanila najprije Arabijski poluotok, Bliski i Srednji Istok, a kasnije se proširila na ostala područja Evroazije i ostalih kontinenata.

Genetska istraživanja današnjih ljudi upućuju na još jedan nalaz, interesantan u svjetlu rekonstrukcije demografskih kretanja afričke populacije iz perioda prvih modernih ljudi. Naime, analiza mtDNK današnjih stanovnika Afrike pruža snažne dokaze da je prije otprilike 60.000 do 80.000 godina došlo do populacijskog porasta prastanovnika Afrike. Na osnovu istraživanja tzv. „neslaganja“ distribucija mtDNK (npr. distribucije frekvencija genetskih razlika između parova pojedinaca unutar populacije) utvrđeno je da se prije otprilike 80.000 godina desio vrhunac brojnosti afričke populacije, prije otprilike 60.000 godina azijske, a prije otprilike 40.000 godina evropske populacije (Harpending i sar., 1993; Sherry i sar., 1994; Harpending i Rogers, 2000). Iako preciznost određivanja perioda populacijskih ekspanzija zavisi od tačnosti pretpostavljene stope mutacije mtDNK, rezultati analiza u cjelini snažno ukazuju na glavni i ubrzan porast brojnosti Afričke populacije znatno ranije u odnosu na populacije u Aziji i Evropi (Mellars, 2006). Eswaran i sar., (2006) govore o ekspanziji kroz demografski „difuzni talas“ iz relativno malog populacijskog nukleusa na druge dijelove kontinenta. Rezultati studija mtDNK loze moderne Afričke populacije također vode do istog zaključka (npr. Salas i sar., 2002). Forster i Matsumura (2005) opisuju „značajnu ekspanziju“ distinktivnih L2 i L3

<sup>8</sup> Kraće distalne kosti kod neandertalaca objašnjavaju se adaptacijom na hladniju klimu, što je anatomska karakteristika modernih ljudi koji žive u polarnim regijama (Stock, 2006).

<sup>9</sup> Analiza posebnih područja DNK otkriva biološku povijest pojedinca zadnjih 150.000 godina. DNK preci po majčinoj liniji određuju se analizom mitohondrijske DNK, dok se DNK preci po očevoj liniji određuju analizom DNK Y hromozoma. Halpotip označava gen koji se ne rekombinuje i nema svoj par na drugom hromozomu. Takvi geni na mitohondrijskoj DNK i Y hromozomu nazivaju se halpogrupama. Analize ovih gena omogućavaju izvođenje zaključaka o mjestima i periodima seoba današnjeg stanovništva.



mitohondrijskih loza koja se desila prije otprilike 60.000 do 80.000 godina u manjem području Afrike (vjerovatno istočne ili južne Afrike), nakon čega slijedi ekspanzija prema drugim regijama, zapadnoj Africi (prije otprilike 30.000 do 40.000 godina) i Aziji (prije otprilike 60.000 do 65.000 godina) (Forster i Matsumura, 2005; Macaulay i sar., 2005).

Prema Mellersu (2006), rezultati nedavnih arheoloških istraživanja provedenih u južnoj i centralnoj Africi u skladu su sa rezultatima DNK analiza. U približno isto vrijeme na koje ukazuju genetske analiza datirani su arheološki artefakti koji govore o demografskim i kulturalnim faktorima za koje se može pretpostaviti da su doprinijeli dramatičnoj populacijskoj ekspanziji. Od posebne vrijednosti su nalazi koji su otkriveni na iskopinama Cape Province lociranim u blizini vrha južne Afrike (pećina Blombos, rijeka River, pećina Boompla i Diepkloof), kao i na iskopinama istočne i centralne Afrike (nešto slabije dokumentovanim). Utvrđeni su novi oblici tehnologije pravljenja sječiva (Wurz, 1999), novi oblici specijaliziranih oruđa za obradu kože kao i oruđa za kontrolisano oblikovanje kostiju i artefakata od drveta (Singer i Wymer, 1982). Na lokalitetu Blombos pećine otkriveni su relativno kompleksni geometrijski crteži (Henshilwood, 2002). Posebno su interesantni nalazi koji ukazuju na distribuciju i razmjenu visoko kvalitetnog kamenja za proizvodnju oruđa kao i ukrasnih školjki, koja se odvijala na relativno većim udaljenostima (najmanje 20 do 30 kilometara) (d'Errico i sar., 2005). Premda se arheološki nalazi nađeni na navedenim lokacijama pripisuju srednjem kamenom dobu (40.000 do 250.000 godina), ipak ukazuju na radikalne tehnološke i kulturalne odlike, slične onima koji datiraju iz vremena pojave anatomske i genetske moderne populacije, perioda tzv. „revolucije gornjeg paleolita“ (Bar-Yosef, 2002). Ovi nalazi ukazuju na dinamičan period raznovrsnih tehnoloških dostignuća koja nisu evidentirana tokom afričkog srednjeg kamenog doba (Henshilwood, 2004).

Mellers (2006) navodi hipotetička tumačenja ekspanzije afričke populacije, pri čemu su četiri aspekta arheoloških podataka od posebne važnosti. Najprije, odlike artefakata odražavaju pojavu kompleksnijih formi opreme za lov (npr. izrada nekoliko različitih oblika oružja za lov), što je za posljedicu moglo imati povećanje efikasnosti i produktivnosti lova, a time i ukupnih resursa hrane. Nadalje, ostaci guste akumulacije spaljenih biljaka na pojedinim lokalitetima mogu odražavati povećano korištenje biljnih resursa ili čak namjerno paljenje lokalne vegetacije kako bi se povećali godišnji prinosi usjeva. Henshilwood (2004) smatra da je u ovom periodu došlo do prvog sistematskog iskorištavanja hrane iz mora, prije svega riba, a možda i morskih ptica. Na kraju, Deacon i Deacon (1999) i Henshilwood (2004) sugerišu da transport visoko kvalitetnog kamenja na veće udaljenosti odražava povećanje trgovine i mreža razmjene između susjednih grupa, što bi moglo djelovati kao mehanizam osiguravanja pristupa i raspodjele hrane, posebno tokom perioda nestašice. Mellers (2006) zaključuje da navedena četiri aspekta arheoloških podataka impliciraju ekspanziju broja i gustoće ljudske populacije. Povećanje tehnološke efikasnosti i ekonomske produktivnosti u jednom malom regionu Afrike moglo je

omogućiti ubrzanu ekspanziju populacije prema drugim regionima i kompetitivnu zamjenu (ili apsorpciju) ranijih, tehnološki manje naprednih populacija u regijama migracija.

Šta je pokrenulo radikalne promjene u tehnologiji, ekonomiji, kulturi, socijalnim odnosima u Africi prije 70.000 do 80.000 godina? U literaturi se navode dva alternativna objašnjenja. Prema prvom, uzrok treba tražiti u velikim pomacima adaptivnih i selektivnih pritisaka uslovljenih velikim klimatskim i okolinskim promjenama. Velike promjene u okolini koincidiraju sa ubrzanim tehnološkim i ponašajnim promjenama. Klimatska i geološka istraživanja ukazuju na moguće faktore. Naime, klimatske promjene ostavljaju tragove koje je danas moguće pronaći (npr. na lednim površinama). Tako je utvrđeno da je u ovom periodu došlo do oštih oscilacija između vlažnih i sušnih klimatskih uslova na što ukazuje tranzicija izotopa kiseonika iz stadija 5 na stadij 4 (Dansgaard i sar., 1993). Uticaj ovakvih klimatskih promjena na populacije ljudi mogao je biti dramatičan (Deacon i Deacon, 1999; Ambrose, 2004). Značajan uticaj na klimu i okolinu, a time i na ljudsku populaciju, mogla je imati snažna erupcija vulkana Toba na otoku Sumatri (tzv. Toba katastrofa), koja se desila prije približno 73.000 godina (Ambrose, 1998). Nakon erupcije, uslijedio je dugi period zahlađenja koji je uslovio značajno smanjenje populacije (što je moglo dovesti do toga da današnji ljudi čine genetski visoko homogenu vrstu). Pretpostavlja se da je velika migracija uslijedila 10.000 godina nakon vulkanske zime. Promjene u tehnologiji, načinima življenja, formiranja nastambi, socijalnom životu, pa čak i simboličkoj komunikaciji direktna su posljedica adaptacije na klimatske i okolinske promjene (Mellars, 1996; Shennan, 2002).

Prema drugom objašnjenju, pojava modernih kulturalnih i tehnoloških sklopova uslovljena je iznenadnim promjenama kognitivnih kapaciteta (Klein, 1999, 2000, Mellars, 2006). Mozak modernog *Homo sapiens* doživio je disproporcionalno povećanje veličine prefrontalnog korteksa, a posebno orbitofrontalnog regiona (Deacon, 1997). Tokom ove promjene vjerovatno su se desile glavne neuralne reorganizacije, koje su dovele do pojave metakognicije. Mellars (2006) smatra da je došlo do mozaičkog obrasca evolucijskog razvoja kulture i tehnologije, pri čemu su se neki eksplicitno simbolički kulturalni aspekti pojavili prije značajnijih tehnoloških promjena. U prilog ovakvoj tvrdnji je i činjenica o odvojenim evolucijskim trajektorijama evroazijskog neandertalca i afričkog pretka modernog čovjeka tokom najmanje 300.000 godina, na što ukazuju genetski i arheološki nalazi (Krings, 1997; Hublin, 2000). Stoga se za arheološke ostatke iz sjevernog Izraela (lokacije Skhul i Qefzah) smatra da ukazuju na simboličke aspekte (ceremonijalno sahranjivanje, ornamenti od morskih školjki), dok je forma kamenog oruđa bila tipična za srednji paleolit, bez bilo kakvih znakova modernih obilježja karakterističnih za tehnologiju gornjeg paleolita (pronađenih na nalazištima pećine Blombos).

Iz istočnih dijelova Afrike *H.s. sapiens* proširio se čitavim svijetom, zamjenjujući postojeće vrste, uključujući i neandertalce u Evropi. Obje vrste doživjele su populacijski pad tokom velike klimatske promjene istočnog mediteranskog Levanta (Shea, 2008). Na Zemlji je opstala samo jedna vrsta hominina: moderni *Homo sapiens*. *H.s. sapiens* je

preživio jer je u odnosu na neandertalce bio opremljen većom kulturalnom i ponašajnom fleksibilnošću koja je uključivala napredniju tehnologiju, adekvatniju odjeću. Osim toga, *H.s. sapiens* imao je manju potrebu za energijom u odnosu na neandertalce<sup>10</sup>.

### *Tranzicija prema gornjem paleolitu – “veliki prasak” ljudske kulture*

Arheološki nalazi iz Evrope ukazuju na izuzetnu tranziciju koja se odvijala na početku gornjeg paleolita, od prije 30.000 do 60.000 godina, (Bar-Yosef, 1994). Prema Mithen (1996) tokom gornjeg paleolita odigrao se „veliki prasak“ ljudske kulture. Tokom ovog perioda nastalo je više inovacija nego tokom prethodnih šest miliona godina evolucije roda *Homo*. Arheološki nalazi iz ovog perioda ukazuju na sklop osobina zbog kojih se ljudi iz ovog perioda označavaju kao „ponašajno moderni ljudi“. Razvijeni su organizovani, strategijski i sezonski oblici lova, pronađena su pogrebna mjesta koja ukazuju na rituale i religiju, utvrđeni su dokazi o postojanju plesa, magije, totemizma, došlo je do kolonizacija Australije, a unaprijeđena je tehnologija izrade oruđa. U Evropi se pojavljuju kompleksna ognjišta i različite forme umjetnosti kao što su crteži životinja po zidovima pećina, dekoracije oruđa i posuđa, oruđa od kostiju i rogova sa gravurama, statue životinja od bjelokosti i morskih školjki.

Ritualno sahranjivanje, ornamenti i apstraktne i vizuelne reprezentacije često se navode kao svjedočanstva ranog simboličkog kapaciteta<sup>11</sup>. Prema Kleinu (1999, 2003), simboličko ponašanje se pojavljuje skokovito, kao sinhroni „paket“ koji koincidira sa kognitivnom „revolucijom“. Najranije svjedočanstvo vjerovatno simboličkog ponašanja je korištenje pigmenata, prije 164.000 godina, i pripisuje se *H. sapiensu* (Marean i sar., 2007), dok je najstarije svrhovito sahranjivanje evidentirano također kod *H. sapiensa* prije 115 hiljada godina na nalazištu Qafzeh i Skhul u Izraelu (Grun i sar., 2005). Ritualno sahranjivanje pripisuje se i *H. neanderthalensisu* (Riel-Salvatore i Clark, 2001) dok se ornamentalizacija povezuje sa *H.sapiensima* i *H. neanderthalensisima*. Najstariji nalazi koji upućuju na ornamentalizaciju pripisuju se *H. sapiensu* i datiraju od prije otprilike 100 do 135 hiljada godina, a potiču iz Skhula, Izrael (Vanhaereny i sar., 2006). Čine ih perforirane školjke. Najraniji dokazi o apstraktnoj reprezentaciji su ugravirani dijelovi okera iz Blombos pećine, Sjeverna Afrika, koji datiraju iz vremena od prije 75 hiljada godina (Henshilwood i sar., 2002). Apstraktna reprezentacija pripisuje se *H. sapiensu* i *H.*

<sup>10</sup> Froehle i Churchill (2009) uporedili su enegretske potrebe neandertalaca i anatomske modernih ljudi koji su živjeli u sličnim klimatskim uslovima. Rezultati analiza ukazuju na veću energetska potrošnju kod neandertalaca, što su autori objasnili većim tijelom. Manja potrošnja energije kod modernih ljudi vjerovatno je donijela reproduktivne i demografske prednosti u odnosu na neandertalne, što je dalje moglo imati važnu ulogu u evolucijskoj kompeticiji između ove dvije vrste.

<sup>11</sup> Simbolizam u širem smislu uključuje bilo koje arbitrarno pridruživanje značenja stvarima koje sa sobom nužno ne nosi sličnost sa onim na što se to značenje odnosi (Pierce, 1932). Tako definisan, simbolizam prepoznajemo kod majmuna: naprimjer, jezik kod bonoba koje ne žive u divljini (Benson i sar., 2002) ili korištenje štapa kod mladih ženki čimpanzi (Kahlenberg i Wrangham, 2010). Mnoge oblike simbolizma teško je identifikovati u arheološkoj građi. Tako je i sa jezikom, prethodnikom svih formi simbolizma, kojeg je nemoguće identifikovati sve do pojave pisma.

*neanderthalensisu* (Soressi i d'Errico, 2007). Vjerovatno najstarija figuralna reprezentacija je prikaz životinje nađen u pećini Apolo 11 u Namibiji koji datira od prije 18 do 34 hiljade godina, možda i prije 59 hiljada godina (McBrearty i Brooks, 2000). Primjeri figuralne umjetnosti nedvojbeno se pripisuju *H. sapiensu*.

Međutim, ono što prema nekim autorima najviše impresionira, nije pojava novih i sofisticiranih artefakata, nego sveukupni kumulativni sklop promjena kao ključnog obilježja produkata i procesa ljudske kulture. Tomasello, Kruger i Ratner (1993) ovu kumulativnu promjenu nazivaju „efekat zapornog kotača“ (engl. *ratchet effect*) koji je prema Donaldu (1998) jedinstven za ljude. Prema „efektu zapornog kotača“, postoji otpor prema povratku na staro, procesa koji su se već odigrali (analogno mehanizmu zapornog zupčanika kod mehaničkoga sata koji zupčanike drži zategnutim dok se sat navija). Jedna generacija koristi određene obrasce proizvodnje i ponašanja, koji se, uz određene modifikacije i poboljšanje prenose na sljedeću generaciju. Svaka sljedeća generacija koristi prethodno formirane kao i modifikovane i poboljšane verzije. Kulturalna transmisija odvija se tako da modifikacije i poboljšanja opstaju u populaciji sve dok naredne promjene ne dovedu do nove modifikacije ili poboljšanja, pri čemu ne postoji vraćanje na prethodni stadij.

Kako je već navedeno, mnogi artefakti koji ukazuju na brzu tranziciju prema modernom ponašanju, a koji su pronađeni u Evropi u periodu od prije 40.000 do 50.000 godina, pronađeni su i u Africi, i datiraju iz perioda srednjeg kamenog doba, desetak hiljada godina ranije. Artefakti uključuju sječiva i mikrolite, oruđa od kostiju za specijalizovani lov, trgovanje na duge razdaljine, umjetnosti i dekoraciju (McBrearty i Brooks, 2000).

Tranzicija paleolita dovodi se u vezu sa pojavom sintaksičnog jezika i simboličnog rezonovanja, kognitivne fluidnosti, sposobnost fokusiranja ili defokusiranja pažnje zavisno od konteksta ili situacije, sposobnost pomjeranja između eksplicitnih i implicitnih modusa mišljenja.

Pojava modernog ponašanja i izuzetnih intelektualnih dostignuća srednjeg i gornjeg paleolita povezana je sa pojavom sintaksičkih aspekata jezika i simboličnog rezonovanja. Prema Corballisu (2002), u ovom periodu desila se tranzicija iz dominantno gestikulacijske ka govornoj formi komunikacije. Mnogi autori se slažu da je rani *Homo* posjedovao mogućnosti primitivnog proto-jezika, ali da su se gramatički i sintaksički aspekti jezika pojavili na početku gornjeg paleolita (Aiello i Dunbar, 1993). Deacon (1997) naglašava da pojava kompleksnog jezika reflektuje pojavu kapaciteta interne reprezentacije kompleksnih, apstraktnih, interno koherentnih sistema značenja uz pomoć simbola, kao što su riječi. Pojava jezika čini mogućom mitski ili pripovjedački stadij ljudske kulture (Donald, 1991). Ovo je povećalo ne samo sposobnost komunikacije, širenje ideja i saradnju, nego i sposobnost razmišljanja o stvarima kroz vlastiti ugao gledanja i manipulaciju idejama na kontrolisan i promišljen način.

Prema Fauconnieru i Turneru (2002), pojava izuzetnih sposobnosti bila je moguća zbog pojave kognitivne fluidnosti. Kognitivna fluidnost uključuje kapacitet zaključivanja na osnovu analogija, kombinacije koncepata i prilagođavanje ideja novom kontekstu te mapiranje između različitih sistema znanja uz simultano korištenje različitih „inteligencija“ (Mithen, 1996). Kognitivna fluidnost doprinosi pretvaranju iskustva u priče, parabole i šire konceptualne okvire, a time integraciju znanja i iskustva (Gabora i Aerts, 2009). Mithen (1996) smatra da je sposobnost modernog čovjeka proizašla iz uspostavljanja međusobne povezanosti prethodno enkapsuliranih, funkcionalno izolovanih specijalizovanih inteligencija nekoliko domena (prirodna povijest, tehnologija, socijalni procesi i jezik). Međusobna povezanost omogućila je pojavu kognitivne fluidnosti, koja je, s druge strane, omogućila mapiranje, istraživanje i transformaciju konceptualnog prostora.

Prema Gabora (2003), Howard-Jones i Murray, (2003) i Martindale (1995), tranzicija paleolita odražava genetske promjene koje su uključene u fino podešavanje biohemijjskih mehanizama koji su u osnovi kapaciteta pomjerenja sa divergentnog na konvergentno mišljenje. Ovaj kapacitet označava se terminom „kontekstualni fokus“, i objašnjava se kao sposobnost fokusiranja ili defokusiranja pažnje zavisno od konteksta ili situacije. Defokusiranje pažnje uključuje difuzno aktiviranje širih regiona mozga i vodi ka divergentnom mišljenju što omogućava procesiranje ponekad opskurnih, ali potencijalno relevantnih aspekata situacije. S druge strane, fokusiranje pažnje vodi ka konvergentnom mišljenju i aktivaciji sadržaja pamćenja dovoljno ograničenog opsega kako bi se izvele mentalne operacije na najjasnijim relevantnim aspektima situacije. Kontekstualni fokus omogućava dinamičko povećanje ili smanjenje aktivacije moždanih regiona kao odgovora na situaciju. Pojava kontekstualnog fokusa omogućila je homininima adaptaciju ideja novom kontekstu ili njihovu kombinaciju kroz divergentno mišljenje i rafiniranje novih kombinacija kroz konvergentno mišljenje. Na ovaj način, plodovi jednog modusa mišljenja pružaju sastojke za drugi modus mišljenja, akumulirajući znanja u sve precizniji, fino graduirani i bogatiji model svijeta.

Gabora i Russon (2011) navode sposobnost pomjerenja između eksplicitnih i implicitnih modusa mišljenja kao faktor koji je omogućio tranziciju prema gornjem paleolitu. Eksplicitno mišljenje uključuje egzekutivne funkcije koje se odnose na kontrolu kognitivnih procesa, dok implicitno mišljenje uključuje sposobnost automatske i nesvjesne detekcije kompleksnih regularnosti, kontingentnosti i kovariranja u okolini (Kaufman i sar., 2010). Faktor koji je mogao dovesti do sposobnosti pomjerenja između ova dva načina mišljenja mogao bi biti ekspanzija prefrontalnog korteksa što je, s druge strane poboljšalo egzekutivne funkcije kao i kapacitet održavanja i manipulacije informacija u aktivnom stanju u radnom pamćenju.

*Novije promjene anatomije ljudskog mozga – mozak kao artefakt kulture*

Prema rezultatima paleontoloških istraživanja veličina ljudskog mozga nije se značajno promijenila u zadnjih otprilike 100.000 godina (Strieder, 2005). Nekoliko je pretpostavki koje objašnjavaju plato u razvoju veličine mozga. Prema Cheneu i sar., (2014) razlog treba tražiti u veličini karličnog otvora koja se nije značajno promijenila, što posljedično ograničava daljnju ekspanziju mozga. Tobias (1971) smatra da je razvoj mozga doživio plato zbog pojava jezika i kulture. Naime, jezik i kultura doprinijeli su takvim promjenama u ponašanju da zapravo više i nema potrebe za razvojem većeg mozga, jer ne postoji potreba za razvojem novih oblika ponašanja važnih za preživljavanje. Slično tvrdi i Striedter (2005), prema kojem je pojava govora dovela do prestanka potreba za povećanjem mozga, ali je nastavljena evolucija vještina korištenja jezika. Leonard i sar., (2003) smatraju da je mozak prestao rasti jer je dostigao tačku u kojoj prednost od povećanja veličine mozga prevazilazi metaboličku cijenu. Veći mozak zahtijevao bi više energije nego što se ishranom može obezbijediti. Na kraju, interesantno objašnjenje platoa razvoja mozga predložio je Gabora (2003), prema kojem samo povećanje veličine mozga nije dovoljno za razvoj izuzetnih sposobnosti. Zadnjih 100.000 godina anatomski moderni mozak je u procesu finog podešavanja “komunikacije” između njegovih komponenata, nakon čega se puni potencijal velikog mozga može realizovati.

Međutim, novija istraživanja ljudske genetike i kranijalne morfologije ukazuju da su određena područja mozga bila podvrgnuta relativno novijoj i ubrzanjoj evoluciji. Weaver (2005) navodi da je tokom holocene cerebelum postao relativno veći a cerebralne hemisfere relativno manje u poređenju sa mozgom ljudi iz srednjeg i kasnog pleistocena, (što je obrnut trend u odnosu na period pleistocena tokom kojeg je utvrđeno relativno povećanje cerebralnih hemisfera u odnosu na cerebelum). U interpretaciji ovih rezultata Weaverova se poziva na radove Bowera i Parsona (2003), prema kojima primarna uloga cerebeluma može biti poboljšanje i izoštravanje preciznog tajminga neuralnih događaja i unapređenje fine kontrole brzih stereotipskih odgovora, bez obzira da li se radi o procesiranju senzornih, motornih ili kognitivnih signala. Relativno povećanje cerebeluma tokom holocena omogućilo je povećanje kognitivne efikasnosti, a da pri tome nije došlo do povećanja ukupnog volumena mozga. Važno je napomenuti da se ova evolucijska promjena odvijala u kontekstu kompleksnog kulturalnog ponašanja koje je kreiralo selektivni pritisak za ovakav aspekt evolucije mozga. Istraživanja ljudske genetike, prije svega gena mikocefalina MCPH1 i ASPM, koji igraju važnu ulogu u pojavi mikrocefalije, također ukazuje na novije promjene mozga. Naime, Evans i sar., (2005) utvrdili su da se izvedena forma MCPH1 pojavila prije 37.000 godina, što su povezali sa širenjem modernih ljudi Evropom i kulturalnom elaboracijom gornjeg paleolita. Osim toga, Mekel-Bobrov i sar., (2005) utvrdili su da se varijanta ASPM pojavila prije 5.800 godina što koincidira sa pojavom poljoprivrede i naseljavanja mjesta. I pored kontroverznih interpretacija ovih rezultata, Mithen i Parson (2008) smatraju da postoji snažna mogućnost da skorije alele ovih gena ukazuju da je ljudski mozak nastavio da evoluirati i nakon pojave *H. sapiensa* i to

po brzjoj stopi rasta, vjerovatno pod snažnim uticajem kulturalnog okruženja kojeg su ljudi kreirali tokom pleistocena i ranog holocena. Mozak je postao artefakt kulture (Mithen i Person, 2008).

### **3.6 Koevolucija mozga i ponašanja**

U ovom poglavlju prikazane su evolucijske promjene mozga, ponašajnih dostignuća i inovacija nekoliko fosilnih hominina i *Homo sapiensa*. Sažet pregled promjena morfologije i veličine mozga dat je u tabeli 1, a promjena ponašanja i kulturalnih i tehničkih dostignuća u tabeli 2.

Iz pregleda se može jasno uočiti koevolucija mozga i ponašanja. Milionima godina tokom evolucije odigravale su se glavne adaptacije koje su mijenjale i oblikovale mozak hominoida i njegovih prethodnika. Naprimjer, tranzicija antropoidnih prethodnika današnjih hominoida iz noćnog na dnevni način života dovela je do značajnih promjena nervnog sistema, prije svega značajnijeg razvoja vizuelnih u odnosu na olfaktivne moždane strukture. Sljedeća glavna adaptacija desila se prelaskom ranih primata iz terestijalnog na arboralno okruženje što je dovelo do porasta važnosti senzo-motorne koordinacije i razvoja različitih lokomotornih obrazaca potrebnih za obitavanje na drveću. Povratak nekih primata životu na tlu također je doveo do određenih promjena u nervnom sistemu.

Međutim, prirodna selekcija „ne vidi“ mozak, nego ponašanje. Mozak je medijator između ponašanja i okoline. Ako odgovarajuće ponašanje doprinosi preživljavanju, prirodna selekcija favorizirat će pojedince čija organizacija mozga podržava takvo ponašanje.

Tabela 1. Endokranijalna zapremina, morfologija mozga i EQ nekoliko fosilnih hominina<sup>12</sup>

| Taksa                       | Datiranje (milioni godina) | Prosječna zapremina mozga (cm <sup>3</sup> ) | LORF petalia | Fronto-orbitalni sulkus | Orbitalna površina frontalnog lobusa | Region Brokine kape | Morfologija temporalnog pola | Pozicija lunarnog sulkusa | EQ   |
|-----------------------------|----------------------------|--|--------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|------|
| <i>A. afarensis</i>         | 3,7                        | 446  | I            | -                       | -                                    | I                   | -                            | P/H                       | 2,50 |
| <i>A. africanus</i>         | 3                          | 460  | h            | P                       | h                                    | h                   | h                            | H                         | 2,78 |
| <i>H. habilis</i>           | 2,4                        | 609  | P            | P                       | -                                    | I                   | -                            | -                         | 3,72 |
| <i>H. rudolfensis</i>       | 2,4                        | 776  | H            | H                       | -                                    | H                   | -                            | -                         | 3,21 |
| <i>H. ergaster (Afrika)</i> | 1,8                        | 851  | H            | -                       | -                                    | I                   | -                            | -                         | 3,12 |
| <i>H. erectus</i>           | 1,9                        | 991  | H            | -                       | -                                    | H                   | -                            | H                         | 3,94 |
| <i>H. heidelbergensis</i>   | 0,60                       | 1242   | H            | -                       | -                                    | H                   | -                            | H                         | 4,21 |
| <i>H. neanderthalensis</i>  | 0,20                       | 1404   | H            | -                       | -                                    | H                   | -                            | H                         | 4,67 |
| <i>H. sapiens sapiens</i>   | 0,20                       | 1463   | H            | -                       | -                                    | H                   | -                            | H                         | 5,30 |

Oznake: -, nema relevantnih podataka; I –nedovoljno podataka; H – morfologija slična ljudskoj; h – morfologija slična ljudskoj u početnom stadiju; P – morfologija slična paninima

Tabela 2. Ponašanja nekoliko fosilnih hominina<sup>13</sup>

| Taksa                      | Korištenje oruđa | Intencionalna izrada oruđa | Dominantnost ruke | Simetrija u morfologiji oruđa | Simbolizam | Ritualne sahrane | Ornamenti | Apstraktna reprezentacija | Instrumenti koji modificiraju zvuk | Figurativne reprezentacije |
|----------------------------|------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|------------|------------------|-----------|---------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| <i>A. afarensis</i>        | *                |                            |                   |                               |            |                  |           |                           |                                    |                            |
| <i>A. africanus</i>        | *                | *                          |                   |                               |            |                  |           |                           |                                    |                            |
| <i>H. habilis</i>          | *                | *                          | *                 |                               |            |                  |           |                           |                                    |                            |
| <i>H. rudolfensis</i>      | *                | *                          |                   |                               |            |                  |           |                           |                                    |                            |
| <i>H. ergaster</i>         | +                | +                          | *                 | +                             |            |                  |           |                           |                                    |                            |
| <i>H. erectus</i>          | +                | +                          | +                 | +                             |            |                  |           |                           |                                    |                            |
| <i>H. heidelbergensis</i>  | +                | +                          | +                 | +                             |            |                  |           |                           |                                    |                            |
| <i>H. neanderthalensis</i> | +                | +                          | +                 | +                             | +          | +                | +         | *                         | *                                  | *                          |
| <i>H. sapiens sapiens</i>  | +                | +                          | +                 | +                             | +          | +                | +         | +                         | +                                  | +                          |

Oznake: +, povezano sa ponašanjem u arheološkoj građi; \*, nesigurna povezanost

<sup>12</sup> Izvor: de Sousa, A., & Cuhna, E. (2012). Chapter 14 – Hominins and the emergence of the modern human brain. Progress in Brain Research, 195, 293-322.

<sup>13</sup> ibidem



## 4 Teorije evolucije inteligencije čovjeka

Evoluciju inteligencije kroz prirodnu selekciju prvi su objasnili Alfred Russel Wallas (1823 – 1913) i Charles Darwin (1809 – 1882). Prema Wallasu, u ranom stadiju ljudske evolucije prirodna selekcija djelovala je na um i tijelo. Nakon što su intelektualne i moralne sposobnosti dostigle određeni nivo evolucijskog razvoja, um počinje aktivno mijenjati okolinu prilagođavajući je svojim potrebama. Um postaje sredstvo kojim se čovjek prilagođavao promjenljivoj okolini, dok tijelo prestaje biti važno, čime prirodna selekcija prestaje djelovati na tijelo i nastavlja djelovati na ljudsku inteligenciju i moralne kapacitete. Prirodna selekcija vodi ka sve perfektnijoj adaptaciji inteligencije na uslove koji vladaju u okolini. Međutim, Wallas u evolucijski scenarij uvodi natprirodnu, božansku silu: „*Kao što čovjek upravlja razvojem mnogih životinjskih i biljnih vrsta, tako je i superiorna inteligencija vodila razvoj čovjeka određenim smjerom i prema specifičnoj svrsi.*“ (Wallas, 1870, str. 359). Prema Shanahanu (2004), Darwinov rad na pisanju *Porijekla čovjeka* (2007, 1871) ubrzan je potrebom da se suprotstavi Wallasovim tvrdnjama i da dokaže moć prirodne selekcije u objašnjenju evolucije čovjeka, posebno inteligencije i moralnosti. Kako bi ispunio svoj osnovni cilj, Darwin je u *Porijeklu čovjeka* ukazao na homologne anatomske i mentalne strukture čovjeka i nižih životinjskih vrsta, čime je nastojao demonstrirati njihove zajedničke karakteristike (naprimjer, ljudi i životinje dijele osnovne emocije). Stoga se suštinski elementi ljudskih karakteristika, kao što su korištenje oruđa, smisao za lijepo, jezik, čak i religijski sentiment, mogu naći i kod životinja. Darwin je smatrao da ako nema potrebe za nekom „višom silom“ za pojavu takvih karakteristika kod nižih životinja, i ako postoji kontinuum između nižih životinja i čovjeka, tada nema potrebe da „viša sila“ upravlja pojavom ovih karakteristika kod čovjeka. Čak i ako karakteristike koje se smatraju distinktivnim za čovjeka

nisu rezultat prirodne selekcije, ipak u osnovi su im isključivo prirodni procesi. Za razliku od Wallasa, Darwin je prihvatao mogućnost da brojne fizičke i mentalne karakteristike čovjeka nikada nisu imale bilo kakvu selektivnu prednost u borbi za opstanak i da, prema tome, nisu direktan produkt prirodne selekcije. Ipak, prirodna selekcija dovoljna je za objašnjenje porijekla i razvoja čovjekove inteligencije i moralnih kapaciteta. Inteligencija je čovjeku omogućila selektivnu prednost u odnosu na ostale vrste, kako na nivou pojedinca, tako i na nivou grupe. Darwin je odbranio evolucionističku ideju porijekla inteligencije, i života uopšte, čime je otvorio put ka metodološkom ateizmu i brojnim teorijskim objašnjenjima koja će se kasnije pojaviti.

Na pitanja porijekla i razvoja inteligencije i kognicije, evolucijski naučnici odgovore traže iz nekoliko perspektiva, koje Gansgestad i Simpson (2007) klasifikuju u četiri pristupa. Prvi je filogenetski, koji se zasniva na paleontološkim i genetskim podacima i poznavanju filogenetskog razvoja vrsta. Na osnovu poređenja modernog čovjeka i naših najbližih živih srodnika možemo saznati o porijeklu i evolucijskom razvoju čovjeka. Drugi pristup je arheološki. Materijalni ostaci iz prošlosti (kosti, zubi, oruđa itd) povijesni su „dokumenti“ na osnovu kojih se rekonstruiše evolucijski scenarij. Treći pristup uključuje korištenje argumenata izvedenih iz dizajna. Sadašnje osobine koje su rezultat evolucijske povijesti „podaci“ su na osnovu kojih saznajemo o evoluciji. Odlike dizajna modernog čovjeka sadrže važne dokaze o selekcijskim pritiscima koji su doveli do njegovog razvoja i pojave. Četvrti pristup uključuje aktuelnu adaptivnost (engl. *adaptiveness*). Slično kao u Darwinovoj teoriji evolucije, osobine se oblikuju tako da budu adaptabilne okruženju u kojem pojedinac živi. U ovom poglavlju bit će prikazane neke od najznačajnijih savremenih teorija koje objašnjavaju evoluciju inteligencije.

## 4.1 Merlin Donald: tri stadija u evoluciji kulture i kognicije

Merlin Donald rekonstrukciju evolucijskih stadija kognitivnog razvoja čovjeka gradi na podacima i spoznajama iz antropologije, arheologije, kognitivne psihologije, lingvistike i neurobiologije. Prema Donaldu (1991), kultura ima ključnu ulogu u filogenskom razvoju kognicije. Donald kulturu, u njenim najosnovnijim manifestacijama, određuje kao integrirani obrazac adaptacija koji formira široki okvir u koji se uklapaju različite kognitivne komponente. Premda kulturom čovjeka dominira jezik, jedinstvenost ljudskog roda određena je kapacitetom za brze kulturalne promjene i inovacije. Rezultati arheoloških i antropoloških istraživanja zaista ukazuju na promjene u tempu kulturalnih promjena, od sporijeg, karakterističnog za *Homo erectusa*, koji se tek neznatno promijenio tokom perioda od gotovo milion godina, preko bržeg tempa kod *Homo sapiensa*, pa sve do ubrzanog tempa kulturalnih promjena *Homo sapiens sapiensa*. Ovaj kapacitet koji je čovjeku omogućio ogromnu selektivnu prednost, odnosi se na lingvističku komunikaciju, sposobnost mišljenja i reprezentacije okoline.

Donald (2000) smatra da kognitivna nauka uglavnom ignoriše ulogu kulture u objašnjenju kognicije modernog čovjeka, što je rezultat tzv. kognitivnog silopsizma, prema kojem um treba biti konceptualiziran kao sistem koji je u potpunosti sadržan unutar određenog zatvorenog prostora, tj. „kutije“, koju u slučaju kičmenjaka čini mozak. Strožija forma ovakvog pogleda je na stajalištu da um postoji i razvija se isključivo unutar biološkog spremnika (mozga), te da su njegove osnovne strukture biološki deteminisane na osnovu skupa urođenih neuropsiholoških univerzalija. Kultura je epigenetski faktor koji kognitivni sistem može deprivirati ili stimulirati, ali bez mogućnosti uticaja na bilo koji od njegovih osnovnih parametara jer je njegov dizajn zapisan u genetskom materijalu. Dakle, um, sa svojom arhitekturom i procesima, suočava se sa svijetom kao potpuno autonoman entitet, odnosno, kako navodi Donald, izolovani um.

Za Donalda (1991), kultura je esencijalna za formiranje osnovnih struktura uma modernog čovjeka<sup>14</sup>. Osim toga, kultura je dio mehanizma evolucijske replikacije i prirodne selekcije. Prirodna selekcija djeluje na procese u cjelini, pa prema tome i na one koji ne pripadaju genetskom materijalu. Mehanizam replikacije ljudskog uma odgovoran je za međugeneracijsko prenošenje kognitivne arhitekture i određuje njegov shematski plan. Sa promjenom uma mijenjao se i plan kognitivne arhitekture. S obzirom da je um modernog čovjeka rezultat jedinstvene simbioze mozga i kulture, kognitivni silopsizam je neodrživ kao način razumijevanja kako ontogeneze, tako i filogeneze ljudske kognicije. Ljudski um nije izolovan; rezultat evolucijskog razvoja kognicije je elaborativni sistem distribuirane kognicije koji prevazilazi granice koje definiše kognitivni silopsizam. Prema Donaldu (1991), evolucija kognitivnih struktura može se nastaviti i nakon što se biološka evolucija završila, kada postaje više određena kulturom nego biologijom. Drugim rječima, kultura ima moć restrukturiranja

<sup>14</sup> Donald (1991) navodi autore koji kulturi daju veću važnost u ontogenezi. Tako npr. Vigotski i Bruner, smatraju da kultura uslovljava razvoj mnogih operacija i funkcija uma; ona zapravo formira i strukturira um, i to na njegovom fundamentalnom nivou.

uma, ne samo s obzirom na specifičan sadržaj, što je očigledno, nego i s obzirom na fundamentalnu neurološku organizaciju.

Reprezentacija je jedan od ključnih pojmova u Donaldovoj teoriji evolucije kognicije. Ljudski um evoluirao je iz uma primata kroz niz glavnih adaptacija, od kojih je svaka vodila prema pojavi novog sistema reprezentacija, pri čemu se svaki prethodni održao unutar novoformirane mentalne arhitekture. Stoga je um modernog čovjeka zapravo mozaička struktura kognitivnih ostataka ranih stadija evolucije. Kognitivni ostaci zapravo su slični mnogim drugim ostacima evolucijske povijesti u našem ponašanju (npr. kada smo ljudi, pokazujemo zube). Posljedica su evolucijskog principa konzervacije prethodnih prednosti. Tako reprezentacijska struktura modernog uma obuhvata prednosti svih evolucijskih prethodnika današnjeg čovjeka.

I pored visoke genetske sličnosti sa majmunima, zahvaljujući visoko diferenciranoj i specijalizovanoj reprezentacijskoj strukturi, kognitivna distanca između ljudi i majmuna veoma je velika, znatno veća nego što bi mogli zaključiti na osnovu komparativnih analiza. Čovjek je kroz evolucijski razvoj uspio prevazići ogroman jaz između nesimboličkih formi inteligencije koje i danas dominiraju ostalim životinjskim vrstama i simboličkog mišljenja, jednog od osnovnih obilježja ljudskog uma. I promjene organizacije ljudskog uma koje su u evolucijskim razmjerima novije, fundamentalne su koliko i one koje su se odigravale u ranijim stadijima. Donald smatra da su te promjene posredovane prije novom tehnologijom pamćenja nego li genetski kodiranim promjenama mozga. Nova simbolička oruđa radikalno su promijenila moderni um.

Evolucija se odvijala kroz tri glavne tranzicije, periode relativno brzih, radikalnih promjena. Pored glavnih tranzicija odvijale su se i dodatne, manje i postepene promjene. Prve dvije glavne tranzicije su biološke i desile su se sa evolucijom *Homo erectusa* i *Homo sapiensa*. Treća tranzicija odnosi se na *Homo sapiens sapiensa* i primarno je podržana tehnologijom, ne toliko biologijom. Svaka tranzicija dovodi do promjena u arhitekturi kognicije kroz nastajanje novih kognitivnih karakteristika i sistema, i redizajna postojeće forme kulture. Evolucija je dovela do pojave novih karakteristika pamćenja. Prva tranzicija dovodi do pojave supramodalnog kapaciteta motornog modeliranja, kojeg Donald (1991) naziva mimeza, a koji kreira reprezentacije sa svojstvom presudnim za voljno pretraživanje pamćenja. Drugom tranzicijom dodaju se dva nova obilježja, leksika i fonološka aparatura koje postaju specijalizovani mimetički subsistemi. Treća tranzicija uvodi pohranu i prizivanje iz eksternog pamćenja kao i teorijsku kulturu. U tabeli 3. prikazani su glavni stadiji evolucije kognicije od primata do savremenog čovjeka i glavne karakteristike reprezentacija, promjena i načina kognitivnog upravljanja.

Tabela 3. Stadiji u evoluciji primata i hominida

| Stadij     | Tranzicija | Vrsta   | Period                         | Nove forme reprezentacije                                 | Manifestirane promjene  | Kognitivno upravljanje  |
|------------|------------|---|--------------------------------|---|---|---|
| Epizodički |            | Primati   |                                | Kompleksne epizodičke percepcije događaja                 | Unapređenje samosvjesnosti i osjetljivosti na događaje  | Epizodičko i relativno; ograničena voljna morfologija ekspresije  |
| Mimetički  | I          | Rani hominidi, vrhunac sa <i>H. erectusom</i> ,       | 4 – 0,4 miliona godina         | Neverbalno modeliranje akcija                             | Revolucija u vještinama, gestikulacijama (uključujući i vokalne), neverbalnoj komunikaciji, podijeljenoj pažnji | Mimetski; povećanje varijabilnosti kulturalnih „arhetipova“       |
| Mitski     | II         | <i>H. sapiens</i> , vrhunac sa <i>H. s. sapiens</i> , | od 0,5 miliona godina do danas | Lingvističko modeliranje                                  | Brza fonologija, oralni jezik; oralni socijalni zapisi  | Pronalazak leksike, narativno mišljenje, mitski okvir upravljanja |
| Teorijski  | III        | Novije ljudske kulture                                |                                | Ekstenzivna eksterna simbolizacija, verbalna i neverbalna | Formalizam, teorijski artefakti i masivna pohrana u eksterno pamćenje   | Institucionalizirano paradigmatičko mišljenje i pronalasci        |

Iako se prvi hominidi uglavnom definišu kroz njihovu anatomiju, podjednako je važna njihova kulturalna, a time i kognitivna definicija. S obzirom da je spekulativna jer se ne zasniva na eksperimentalnim istraživanjima, rekonstrukcija kulturalne evolucije hominida u značajnoj mjeri je ignorisana od strane psihologa (Donald, 1991). Međutim, evolucija ostavlja tragove, ostatke iz prošlih vremena, pa je stoga i povijest vrsta još uvijek živa u sadašnjosti. Tragove evolucije koje Donald nalazi u tzv. „markerima“, značajnim anatomskim i kulturalnim promjenama. Marker dostupni kroz arheološka i paleontološka istraživanja ukazuju na tri velike promjene. Prva se dešavala prije 4 miliona godina, druga prije 1,5 miliona godina, a treća prije 200.000 godina. Između velikih promjena odigravale su se manje anatomske i kulturalne varijacije. Veliki markeri korepondiraju demarkacionim linijama evolucijskog scenarija anatomskih promjena kod hominida. Prvi veliki marker je bipedalizam, drugi povećanje lubanje i morfološke promjene moždanih hemisfera, a treći ponovno povećanje lubanje i pojava moderne vokalne aparature. Donald (1993) smatra da su postojale dvije glavne prelomne tačke u kognitivnoj evoluciji hominida, koje koincidiraju sa periodom tranzicije koji je doveo do specijacije *H. erectusa* (prije približno 1,5 miliona godina) i arhaičnog *H. sapiensa* (prije otprilike 0,3 miliona godina).

### 4.1.1 Epizodička kultura

Polazna tačka u analizi evolucije ljudskog uma je kognitivna struktura i kultura velikih majmuna. Majmuni posjeduju epizodičko pamćenje, tj. sposobnost pohrane percepcija specifičnih epizoda, ali ne i voljno pristupanje sadržajima vlastitog epizodičkog pamćenja nezavisno od okolinskih znakova. Stoga je ponašanje majmuna u znatnoj mjeri uslovljeno okolinom. Njihov život odvija se u potpunosti u sadašnjosti, kao niz konkretnih epizoda i povezano je sa konkretnom situacijom ili epizodom. Najviši element u sistemu memorijske reprezentacije je reprezentacija događaja. Donald (1991) ovaj način mišljenja i kulture naziva „epizodičkim“. Termin „epizodički“ Donald je preuzeo od Tulvinga (1983) prema kome se konkretno i vremenski određeno pamćenje naziva epizodičko pamćenje.

Epizodička kognicija podrazumijeva određena ograničenja, koja su uslovljena načinom reprezentacije i prirodom produkcijske komponente kognitivnog sistema. Naime, životinje posjeduju sposobnost analiziranja situacija i njihovog dosjećanja, ali ne i sposobnost njihove ponovne reprezentacije s ciljem refleksije. Životinje ne posjeduju ništa niti slično semantičkom pamćenju koje zavisi od apstraktnog sistema reprezentacija. Semantičko pamćenje posjeduje isključivo čovjek. Donald navodi rezultate istraživanja koji pokazuju da čimpanze mogu koristiti znakove, čak i u novim situacijama, kako bi na smislen način komunicirali (npr. Premack, 1976, Gardner, 1978, Savage-Rumbaugh i saradnici 1978). Međutim, niti u jednom istraživanju nije utvrđeno spontano korištenja znakova. Dugotrajnim treningom čimpanze se mogu naučiti koristiti sistem znakova, ali nisu sposobne otkriti ga. S obzirom da ne posjeduju kapacitet za otkrivanje simbola, majmuni ne posjeduju svoj prirodni jezik.

Ograničenje epizodičke kognicije posebno je očigledno kada je u pitanju produkcijski sistem. Naime, majmuni ne posjeduju sposobnost aktivnog oblikovanja i modifikacije vlastitih akcija, kao niti voljnog pristupa pohranjenim reprezentacijama. Donald u ovim ograničenjima vidi razloge za nemogućnost otkrivanja mimike i gestikulacije koje bi bile u funkciji komunikacije. Nadalje, u poređenju sa ljudima, kod majmuna su znatno nerazvijene sposobnosti konstrukcija svjesnih modela akcija kao i nezavisnog i voljnog prizivanja tih modela. Bez lakog i nezavisnog pristupa voljnoj motornoj memoriji, čak i jednostavne operacije koje vode ka svrhovitom rafiniranju vlastitih vještina nisu moguće. Kognitivni sistem prvenstveno je reaktivan, dizajniran da reaguje na situacije iz realnog okruženja, onako kako se dešavaju. Potreban je dugotrajan trening kako bi čimpanza naučila samo jedan pouzdan odgovor imenovanja nekog objekta. Ali čak i tada ova vještina je specifična za kontekst, tj. reaktivna je i epizodička. U prilog ovakvom objašnjenju govore i rezultati istraživanja sposobnosti učenja čimpanze Kanzi (Greenfield i Savage-Rumbaugh, 1990), prema kojima se 97% naučenih znakova zapravo sastoji od direktnih zahtjeva za njihovom reprodukcijom.

### 4.1.2 Prva tranzicija: Od epizodičke ka mimetičkoj kulturi

Prva tranzicija posredovana je arhaičnom i distinktivnom kulturom koju Donald na osnovu dominantnog načina reprezentacije naziva mimetička kultura. Premda ne postoje

direktni dokazi koji govore u prilog postojanju ove tranzicije, rekonstrukcija ove faze evolucijskog razvoja ljudske kognicije dijelom je moguća zbog postojanja ostataka mimetičke kulture utjelovljene u kulturi modernog čovjeka, kao i mimetičkog uma utjelovljenog u arhitekturi uma modernog čovjeka.

Prema Donaldu (1991), prva tranzicija odigrala se za vrijeme *H. erectusa*. Sa prvom tranzicijom javlja se kapacitet svojevoljnog pretraživanja pohranjenog pamćenja, nezavisno od znakova iz okruženja. Sposobnost samostalnog dosjećanja omogućila je svojevoljni pristup pamćenju i time direktnu ekspresiju (engl. *act out*) događaja iz prošlosti ili onih koji bi se mogli desiti u budućnosti. Dakle, um više nije uvijek morao bio "ovdje i sada". Samostalno dosjećanje i petlja za pretraživanje omogućila je protok misli: jedna misao ili ideja evocira drugu, koja evocira sljedeću itd. Time je postignuta mogućnost preusmjerenja pažnje sa spoljašnjeg svijeta prema internim modelima. Na kraju, samostalno dosjećanje omogućilo je preuzimanje kontrole nad reakcijama (kao što su samovoljno pretraživanje i rafiniranje, mimetske vještine kao što su pantomima, učenje imitacijom ili proto-podučavanje), sistematsku evaluaciju i unapređenje motornih akcija i njihovo prilagođavanje novim situacijama.

Prva istinska prelomna tačka u evoluciji kognicije bila je revolucija motornih vještina koja je hominidima omogućila korištenje čitavog tijela kao sredstva reprezentacije (Donald, 1993). Socio-kulturalne implikacije mimetičkih vještina bile su veoma značajne i mogu poslužiti za objašnjenje dokumentovanih dostignuća *H. erectusa*.

Mimetičke vještine, tj. mimeze<sup>15</sup> temelje se na sposobnosti produkcije svjesnih, samoiniciranih, intencionalnih reprezentacijskih akcija. Premda nisu isključivo vezane za eksternu komunikaciju, u prisustvu publike mimeze dobivaju važnu funkciju u komunikaciji. Mimeze mogu inkorporirati različite akcije i modalitete, kao što su ton glasa, facijalna ekspresija, pokreti očiju, znakovi rukom i gestikulacije, stavovi tijela. Također mogu izražavati različite aspekte percipiranog svijeta. Naprimjer, držanje za srce ili pokrivanje lica rukama su gestikulacije koje ukazuju na tugu. Mimetička reprezentacija prethodi pojavi jezika, i posjeduje karakteristike koje se smatraju esencijalnim za njegov nastanak. Stoga Donald smatra da mimetička kultura postavlja scenu za kasniju pojavu govora.

Mimetički akt uvijek ima svrhu reprezentacije nekog događaja. Komunikacija sa sopstvenim intencijama zahtijevala je prekid kognitivnog egocentrizma, karakterističnog za epizodički um. Mimetičke vještine arhaičnih hominida pojavile su se sa elementarnim intencijskim atribucijama. Mimetičke reprezentacije uključuju sposobnost raščlanjivanja vlastitih motornih akcija, te njihovu rekombinaciju u cilju reprodukcije esencijalnih odlika nekog događaja. Stoga su mimeze generativne i mogu modelirati neograničen broj događaja. Mimetički akti su po svojoj prirodi često javni i posjeduju inherentan komunikacijski potencijal, naravno ukoliko se manifestuju pred onima koji posjeduju dovoljno kapaciteta za njihovu adekvatnu percepciju. Zahvaljujući internim, samoregulišućim znakovima, prizivanje mimetskih reprezentacija je voljno, tj. može se odigravati bez pomoći eksternih znakova.

<sup>15</sup> Prema Donaldu, mimeze su fundamentalno različite od imitacije i mimikrije jer uključuju pronalazak intencijskih reprezentacija.

Rezultat recipročne mimetičke interakcije je nastanak igara, novih vještina i reprezentacija. Mimetičke vještine, uz već formiranu epizodičku kulturu, vode ka kulturalnim inovacijama i novim formama socijalne kontrole. U društvu, mimetičke reprezentacije mogu imati funkciju modeliranja stabilne socijalne strukture, recipročnih mimetičkih igara, konformizma i koordinacije, grupnih mimetičkih radnji, inovacije i pedagogije.

Prema principu konzervacije prethodno dostignutog napretka, epizodička kultura bila je očuvana unutar šireg konteksta mimetičke kulture. Tranzicija od epizodičke ka mimetičkoj kulturi uključivala je dodavanje novih formi postojećoj kognitivnoj arhitekturi. Tako su epizodičkoj kulturi dodate mimetičke vještine (kao što su intencionalnost reprezentacije, javni sistem komunikacije, neograničeno modeliranje epizodičkih događaja itd.) kao i s njima povezane socijalne konzekvence (dijeljeno modeliranje socijalnih običaja i hijerarhije, grupnih mimetičkih radnji, kapacitet za inovacije, jednostavna pedagogija, itd.). Stoga mimetičku kulturu odlikuje izrada oruđa, koordinirani sezonski lov, relativno brza adaptacija na klimatske uslove, složena socijalna struktura, primitivni rituali itd.

Mimetička kultura trajala je više od milion godina, što govori u prilog da je omogućila uspješne i adaptabilne strategije opstanka, te osnovne socijalne i semantičke strukture na koje će kasnije biti dodat simbolički jezik. Mimetičke reprezentacije su i danas sastavni dio ljudskog društva. Kod modernih ljudi, mimetičke vještine odvojene su od vještina zasnovanih na jeziku. One su u samoj srži umjetnosti. Neke forme umjetnosti su čisto mimetičke (na primjer pantomima ili ritualni ples), dok druge koje umnogome zavise od govornog ili pisanog jezika, predstavljaju „kognitivne hibride“ jer sadrže mimeze. Mimetičke reprezentacije nalazimo i danas u društvima koja su ostala nepromijenjena hiljadama godina, kakva su društva starosjedilaca Australije i Tasmanije, u kojima se izvode autohtoni plesni rituali koji su u osnovi mimetski.

#### **4.1.3 Druga tranzicija: od mimetičke ka mitskoj kulturi**

Druga tranzicija vodila je ka pojavi jezika. S obzirom da jezik nije jedino sredstvo komunikacije i mišljenja, niti se koristi u svim aktivnostima, prema Donaldu (1991), jezik nije aparat opšte namjene, već specijalizovani sistem nastao za specijalizovane adaptacije. Evolucija jezika slijedi opšti princip kognitivne adaptacije; jezik se razvio kao odgovor na nove selekcijske pritiske i ugradio se u postojeću kulturu i kognitivnu arhitekturu.

Mimetička kultura dovela je do nastanka brojnih novih karakteristika, ali je bila konkretna, fiksirana za epizodičko iskustvo. Stoga su i promjene kognitivnog sistema bile izuzetno spore. U prilog ovakvoj tvrdnji govori nalaz prema kojem je erektusu trebalo pola miliona godina da ovlada i udomaći vatru, a tri četvrtine miliona godina da se adaptira na hladnu klimu. Poređenje mimetičke kulture i kulture najranijih ljudi ukazuju na značajne razlike. U periodu gornjeg paleolita nastupila je eksplozija kulturalnih inovacija, od izrada odjeće u skladu sa klimatskim uslovima, transport teških objekata, izrada naprednijih formi skloništa, naprednijih oružja, višenamjenskih oruđa, pa do, pretpostavlja se, kreiranja i održavanja plemenskih politika i socijalnih struktura koje regulišu mnoga pitanja, od braka i vlasništva do lične odgovornosti i obaveza.



Prema Donaldu, govor i jezik doveli su do prekida zavisnosti od mimetičke kulture i pojave oralno-semiotičkog sistema komunikacije<sup>16</sup>. Riječi omogućavaju dijeljenje specifičnih informacija, brzo prikupljanje novih znanja i regulaciju svih aspekata ponašanja. Sa jezikom, dodatim na već postojeću mimetičku kulturu, mnogi aspekti prethodne kulture mogu postati elaborativniji i napredniji. Sa pojavom govora i ostalih novih vokalnih vještina, pojavile su se nove vještine mišljenja povezane sa jezikom. Oralno-semiotički sistem također je bilo okidač pojave potpuno nove forme procesiranja i pohrane informacija: semantičko pamćenje, propozicijsko pamćenje, razumijevanje diskursa, analitičko mišljenje, indukcija, verifikacija itd.

U ranoj kulturi ljudi jezik se koristio u nekim područjima više nego u drugim. Npr. korištenje jezika u proizvodnji oruđa bilo je ograničeno. Najveći dio zanata i vještina prenošeni su šegrtovanjem, tj. pomoću mimetičkog modeliranja koje je zahtijevalo minimum verbalnih kompetencija. Jezik se dominantno koristio u kreiranju mitova, tj. u konstrukciji konceptualnih „modela“ ljudskog univerzuma. Kod najprimitivnijih ljudskih društava, u kojima je tehnologija ostala nepromijenjena desetine hiljada godina, i danas bilježimo mitove o postanku i strukturi svijeta koji imaju funkciju kolektivnih sistema eksplanatornih i regulatornih metafora. Um se proširio izvan epizodičke percepcije događaja, zatim izvan mimetičke rekonstrukcije epizoda, do sveobuhvatnog modeliranja cjelokupnog ljudskog univerzuma. Mit sadržava kauzalno objašnjenje, predikciju i kontrolu svakog aspekta života. Svako lovačko-sakupljačko društvo ima elaborativni mitski sistem koji prožima i reguliše svakodnevni život, usmjerava percepciju, determinira važnost svakog objekta, čak i života. Sve, od odijevanja i hrane do porodice i društvene organizacije, svoje značenje ima u mitovima. Bez jezika nije bilo moguće nastajanje mitova. Pored sredstva socijalne komunikacije, njegova inicijalna funkcija bila je i konstrukcija konceptualnih modela ljudskog univerzuma.

Prema Donaldu (1991), mit je prototipsko i fundamentalno oruđe uma kojim se nastoje integrisati raznovrsnost događaja u temporalni i kauzalni okvir. Mit je sredstvo modeliranja, kojem je primarni nivo reprezentacije tematski. Donald smatra da primarna ljudska adaptacija nije bila jezik sam po sebi, nego misao (inicijalno mitska). Moderni ljudi razvili su jezik kao odgovor na pritisak unapređivanja njihovog konceptualnog aparata, ne obrnuto. Primarni zadatak jezika i govora je tematski. Riječi i rečenice, leksika i gramatika, pojavili su se kao nužan produkt, oruđe koje se moralo izmisliti kako bi se postigao cilj više reprezentacije. Jezik nije u tolikoj mjeri komunikacijski sistem, koliko je integralni usputni produkt novog, moćnijeg načina mišljenja.

Uprkos kapacitetu za mimetičku reprezentaciju, ahraični hominidi nisu izumili pravi jezik. Bile su potrebne određene modifikacije mimetičkih vještina koje su omogućile otkriće riječi, *sine qua non* jezika. Izvjesni stepen semiotike postojao je u mimetskoj kulturi, i to u formi elaborativnog i standardizovanog sistema gestikulacijskih simbola.

Epizodički um koristi epizodičke simbole i kreira epizodičke modela svijeta. Mimetički um upotrebljava simbolički mimetski prikaz i kreira mimetski model svijeta. Moderni um za kreiranje „svojih“ mentalnih modela kreira druge vrste simbola. Stoga Donald smatra da se

<sup>16</sup> Model verbalne komunikacije u kojem se koristi govor.

ljudi razlikuju od majmuna i drugih sisara ne toliko zbog posjedovanja znakova i simbola, nego s obzirom na mentalne modele koje um kreira. Drugim riječima, modeliranje svijeta postojalo je prije pojave jezika. Modeliranje nije bilo potrebno kako bi se dekodirao jezik, koji zapravo nije ni postojao, već kako bi se izumio jezik. Stoga su riječi i simboli nastali izvan samog jezika.

Za mitsku kulturu karakteristično je narativno mišljenje, termin kojeg Donald preuzima od Brunera. Naime, Bruner (1986) razlikuje dva glavna modusa mišljenja: narativni i paradigmatički. Narativna imaginacija konstruiše priče i historijske izvještaje o događajima. Paradigmatička imaginacija traga za logičkim istinama (vjerodostojnostima). Narativne vještine razvijaju se rano i prirodno kod djece, dok logičko-naučne vještine koje podržavaju paradigmatičko mišljenje nastaju tek nakon sistematske edukacije. Narativno mišljenje razvilo se ranije u povijesti čovjeka nego naučno i logičko mišljenje. Naučno i logičko mišljenje zavise od određenih simboličkih vještina. Međutim, narativna imaginacija može biti podržana na čistoj oralnoj tj. predliterarnoj tradiciji. Narativne vještine su u osnovama korištenja jezika, posebno govora; sposobnost opisa i definisanja događaja i objekata leži u srcu usvajanja jezika. Narativ je gotovo uvijek javni, a grupne narativne vještine vode ka kolektivnoj verziji realnosti. Bruner klasificira narativne vještine kao forme mišljenja, ne kao aspekte jezika. Donald smatra da su one zapravo prirodni produkt samog jezika. Jezik u predliterarnom društvu, u osnovi služi pričanju priča. Jezik se koristi za razmjenu informacija o dnevnim aktivnostima članova grupe, prepričavanju događaja iz prošlosti, i u izvjesnoj mjeri za dolaženje do kolektivne odluke. Narativ je toliko fundamentalan, da se čini da je bio potpuno razvijen, barem u formi svakodnevnog upotrebe, u periodu gornjeg paleolita.

Mit je vrhunski produkt narativnog modusa mišljenja u predliterarnim društvima. Mit je autorativna verzija kolektivnog narativa realnosti. Nastajao je kao produkt debata, osporavanja, filtriranja generacija narativnih razmjena o realitetu. Mit stoji na vrhu kognitivne piramide takvih društava. Ne samo da reguliše ponašanje i formira znanje, nego ograničava percepciju realnosti i kanališe vještine mišljenja onih koji poštuju mit. A oni koji održavaju i regulišu mit – sveštenici i šamani – drže pozicije visoke moći u kolektivnoj kognitivnoj hijerarhiji. Mitska kultura, u svom najčistijem smislu te riječi, uključuje društva gornjeg paleolita, mezolita i neolita. Postoji i danas u mnogim tradicijama a njeni tragovi još uvijek su veoma vidljivi.

Jezik je imao snažan, eksplozivni uticaj na mitsku kulturu. Neki aspekti jezika imali su multiplikativne efekte na svaki kognitivni kapacitet. Riječi su omogućile novi nivo kognitivnog diskursa. Sa evolucijske perspektive jezik je omogućio čitav novi sistem reprezentacije realnosti. Produkt jezika je potpuno novi propozicijski sistem spremnika i verbalna semantička memorija.

#### **4.1.4 Treća tranzicija: eksterni simbolički spremnik i teorijska kultura**

Teorijska kultura izrasla je iz mitske. Razvija se zadnjih nekoliko milenija i postala je dominantna forma postindustrijskog društva. Kao i prethodne dvije, tranzicija prema teorijskoj kulturi predstavlja veliki prekid sa prethodnim kulturalnim obrascima, odnosno sa dominacijom govornog jezika i narativnog načina mišljenja. Prema Donaldu (1991), postoje

snažni dokazi da se od gornjeg paleolita kod ljudi razvijaju tri nova načina reprezentacije, tj. kognitivne inovacije koje su u osnovi teorijske kulture. Prva je vizuelno-simbolička inovacija koja se razvijala kroz nekoliko dobro dokumentovanih stadija i koja je dovela do nastanka različitih kompleksnih grafičkih i numeričkih produkata i sistema pisanja. Druga je vanjsko pamćenje koja je evoluirala do tačke kada počinje igrati vodeću ulogu u odnosu na interno pamćenje. Na kraju, javile su se teorije, veliki ekstermalno ugnježdjeni produkti kulture. Eksterno pamćenje dovelo je do uvođenja novih odlika kolektivnog sistema pohrane i pretraživanja, a njeno korištenje zahtijevalo je modularizaciju moždanih struktura. S obzirom na široku upotrebu vanjske memorije, radno pamćenje pojedinca doživjelo je određene promjene.

### *Vizuelno-grafička inovacija*

Grafičke inovacije bile su prvi znak značajne kulturalne transformacije jer su označile pomak od auditornog ka vizuelnoj reprezentaciji, i najavile pojavu potpuno novih klasa simbola od onih koji su se koristili u mimetičkoj i oralnoj komunikaciji. Vizuelno-grafička reprezentacija omogućila je pojavu tri nova načina vizuelne simbolizacije, koji odgovaraju trima različitim modusima vizuelne simboličke inovacija, koje Donald (1991) naziva piktorijalni, idiografski i fonološki. U periodu prije kasnog gornjeg paleolita, vizuelno-grafička inovacija bila je ograničena na dekoraciju tijela, dekoraciju grobova, uređivanje objekata i druge jednostavne simboličke aplikacije. Tokom kasnog gornjeg paleolita, grafička umjetnost doživljava procvat, na što ukazuju brojni arheološki artefakti nađeni u pećinama sjeverne Evrope iz perioda Ledenog doba (na hiljade figura i rezbarija od bjelokosti, kostiju i pećinski crteži). Prema Donaldu (1991) mnoge ukrašene pećine nisu služile za življenje nego su bili ceremonijalni centri. Iz oralno-mitske kulture izvedeni su glavni motivi rane piktorijalne reprezentacije. Sljedeći korak bio je pronalazak rudimentarnog pisma. Pisanje svoje korijene ima u trgovini. Naime, najveći broj najranijih dokumentovanih artefakata zapravo su zapisi o transakcijama. Primjer je klinasto pismo pronađeno u ostacima Uruka, koje datira od prije 5.000 godina. Radilo se o veoma uspješnom sistemu pisma koji je bio u upotrebi 3.000 godina, sve do ranog rimskog perioda. Najstariji artefakti klinastog pisma obično su sadržavali tri vrste znakova: slike stvari kojima se trgovalo, brojeve i pečat osobnog identiteta. Čitalac rane literature pisane klinastim pismom izvodio je kompleksan zadatak jer su se paralelno odvijali različiti procesi koji su, između ostalog, uključivali direktnu slikovnu reprezentaciju, vizuelne metafore, kategorijske oznake, fonetske znakove, spacijalno zatvaranje, korištenje informacija o redoslijedu itd. Sve navedeno se trebalo koristiti kako bi se konstruisao model poruke. Kasnije forme klinastog pisma postale su dijelom fonetske i sadržavale su neke oznake gramatike. Fonološki vizuosimbolički put, uspostavljen sa invencijom alfabeta, omogućio je uspostavljanje sistema eksterne simboličke pohrane. Narativ je sada mogao biti u potpunosti smješten u eksterno pamćenje.

### *Sredstva eksterne memorije*

Druga važna kognitivna inovacija odnosi se na pamćenje. Donald naglašava da treba praviti razliku između pamćenja sadržanog unutar pojedinca i pamćenja kao dijela kolektivnog, eksternog sistema pohrane. Prvo je biološki zasnovano, smješteno u mozgu

pojedince, pa ga Donald naziva biološkim pamćenjem. Druga vrsta pamćenja distribuirana je kroz brojne eksterne spremnike i kulturalno prenosive sadržaje. Donald ovu vrstu pamćenja naziva eksterno pamćenje. Dok se oralno-mitska kultura snažno zasnivala na biološkom pamćenju, moderne kulture zasnivaju se znatno više na sredstvima eksternog pamćenja, uglavnom na različitim klasama grafičkih simbola, od slika i grafika do idiograma i pisanih sadržaja. Sa pomakom od sredstava internog ka sredstvima eksternog pamćenja, arhitektura uma se promijenila, slično kao što se arhitektura osobnog računara mijenja kada postane dio veće mreže.

Sistem pamćenja kolektiviziran u sistem eksterne simboličke pohrane postaje gotovo neograničenog kapaciteta, robusniji i precizniji. Produkti ljudske kulture (npr. religija, rituali itd) obično su bili pohranjeni u formama koje omogućavaju neki oblik trajnijeg eksternaliziranog pamćenja, sa pravilima i rutinama pristupanja njihovim sadržajima. Produkti ove eksternalizirane kulture postepeno postaju dostupni sve većem broju ljudi. Eksterno pamćenje važno je obilježje moderne ljudske kognicije. Mozak se nije značajno promijenio, ali mu je njegova veza sa akumuliranom mrežom eksternog pamćenja donijela kognitivnu moć koja ne bi bila moguća u izolaciji.

Biološki enkapsuliran um Donald naziva monada. Monade mogu formirati privremene veze sa specifičnim čvorovima eksternog simboličkog sistema, odspajati i ponovo spajati u različitim konfiguracijama. Čvor je određena lokacija unutar mreže. Npr. čvor može biti određeni naučni tekst u jasno definisanom području eksternog simboličkog sistema (ESS), dok cjelokupna kolekcija časopisa i referentnih radova u datoj oblasti konstituiše mrežu informacija. S obzirom na enorman broj modernih informacijskih tehnologija i ogromnu količinu informacija koje se sakupljaju i distribuiraju, monada može držati samo veoma mali dio onoga što ESS sadržava. Glavni fokus pohranjenog znanja je izvan, ne unutar granica biološke memorije.

Pojedinačne entitete u ESS-u Donald naziva egzogramima (engl. *exograms*). Egzogram je eksterni memorijski zapis neke ideje. Egzogrami mogu biti „zamrznuti u vremenu“, kao što je to slučaj u elaborativnim egzografičkim sistemima, kao što su pisana povijest ili matematičke i fizikalne teoreme. Najvažnija karakteristika egzograma kao sredstva pohrane je njihov kapacitet za kontinuirano usavršavanje. Oni su simboličke inovacije koje su prošle proces iterativne egzaminacije, testiranja i unapređivanja.

Vjerovatno najsnažnije svojstvo ESS-a je neograničena veličina. Broj čestica pohranjen u kolektivno ljudsko iskustvo raste eksponencijalno sa razvojem ESS-a, kako zbog činjenice da se kodirano znanje iz prošlosti može bolje održavati, tako i zbog činjenice postojanja ogromne industrije za generisanje i masovnu proizvodnju egzograma, slično kao i tehnologija izrade alata u ranijim periodima evolucijske povijesti. Kao što je znatno porastao broj oruđa u arheološkim nalazima kasnog gornjeg paleolita, količina egzograma je eksplodirala u nekoliko proteklih stotinu godina.

Donald smatra da su prve dvije tranzicije značajno povećale opterećenje biološkog pamćenja. Npr. sa evolucijom govora i narativnih sposobnosti nastalo je značajno povećanje opterećenja, usljed dodavanja ne samo pohranjenih mreža fonoloških pravila i leksike u cjelini nego i pohranjivanja narativnog konceptualnog znanja. Međutim, sa trećom tranzicijom i ogromnom kognitivnom ekspanzijom vjerovatno je došlo do smanjenja opterećenja na neke

aspekte biološkog pamćenja, i to kroz postepeno pomjeranje mnogih zadataka pohrane na novorazvijeni ESS.

ESS doveo je do velikih promjena u prioritetima i organizaciji pamćenja. Kompleksna nova aparatura bila je potrebna za vizuelno-grafičke inovacije, kao što su čitanje i pisanje, te visoko specijalizovane vještine potrebne za skeniranje i analizu pisanih sadržaja. Javlja se novi sadržaji, logogrami, ideogrami, alfabetski znakovi, riječi i grafičke slike, koje je trebalo kodirati u biološkoj memoriji. Sa povećanjem ESS-a javio se značajan porast broja simbolički kodiranih informacija. Ovaj trend postao je posebno evidentan nakon urbanizacije i masovnog opismenjavanja. Nastalo je formalno obrazovanje uvedeno najprije s ciljem unapređivanja i efikasnijeg korištenja ESS-a.

Proces mišljenja odvija se u biološkim umovima. Tradicionalni modeli procesa mišljenja smještaju se u arenu označenu kao svijest ili radno pamćenje. Međutim, Donald smatra da je radno pamćenje isuviše ograničeno i nestabilno da bi moglo dovesti do nevjerovatnih teoretskih proizvoda koje čovjek može proizvesti. Radno pamćenje je prolazno, vulnerabilno i ograničenog kapaciteta da bi moglo upravljati glavnim kognitivnim projektima koji mogu rezultirati teorijskim produktom. U modernoj kulturi, ljudi angažovani u glavne misaone projekte gotovo uvijek uključuju eksterni simbolički materijal, izložen u eksternim memorijskim poljima (EMP), za Donalda istinskim radnim pamćenjem. Biološki sistem radnog pamćenja, zajedno sa perceptivnom aparaturom, koristi se više kao aparat za analizu podataka, ili kao procesor analognih vizuelnih slika. Biološko pamćenje postaje petlja u procesu mišljenja koja izvodi transformacije i analize na podacima iz baze eksternih simbola, dok polja eksternog pamćenja postaju stvarno radno pamćenje. Um koristi ESS ograničeno vrijeme kako bi držao određene informacije i kako bi organizovao materijal pamćenja na određeni način. Napredno mišljenje uvijek se zasniva na ovim preuređenjima: mislilac odabire i organizuje ESS sadržaje prema određenoj svrsi i koristi snagu i oralno-narativnog sistema i vizuelno simboličkog sistema kako bi ispitao, procesirao, preuređio i izumio nove ESS. Pri tome je EMP ključni lokus radnog pamćenja. Moderna misao moguća je kroz simbiozu radnog pamćenja čovjeka i EMP-a.

### *Nastanak teorijske kulture*

Vizuelno-simbolička inovacija i eksterno pamćenje predstavljaju tek površinske refleksije fundamentalne promjene u evoluciji ljudske kognicije. Ekstenzivna upotreba ESS-a vodila je razvoju teorijske kulture. Teorija je najvažniji produkt kulture modernog čovjeka. U modernoj kulturi narativno mišljenje dominira u literarnim umjetnostima, dok analitičko u nauci, pravu i upravljanju. U mitskoj kulturi ne nalazimo glavne produkte analitičkog mišljenja, kao što su formalni argumenti, sistematične taksonomije, dedukcija, verifikacija, diferencijacija, kvantifikacija, idealizacija i formalne metode mjerenja. Argumenti, otkrića, dokazi i teorijske sinteze dio su analitičkog mišljenja. Najviši produkt analitičkog mišljenja, i njen vladajući konstrukt je formalna teorija. Teorija je sistem mišljenja i argumenata koji predviđa i objašnjava. Prvi korak razvoja teorije u pravilu je antimitski. Stvari i događaji moraju biti oslobođeni njihove prethodne mitske značajnosti prije nego budu predmetom onoga što zovemo „objektivna“ teorijska analiza. Zapravo, značenje pojma „objektivnost“

upravo je to: proces oslobađanja od mitova. Prije nego što se priroda klasificira i postavi u teorijske okvire, mora se osloboditi od mitskog objašnjenja.

Astronomija je vjerovatno najraniji primjer široko rasprostanjenog, društveno važnog razvoja teorijske kulture. Astronomska posmatranja i predikcije ne bi bili mogući bez neke forme eksterne pohrane podataka. S druge strane, modeliranje uz pomoć astronomije ne bi bilo moguće bez neke forme računanja. Znanja iz astronomije bila su snažno sredstvo socijalne kontrole. Mjerenje vremena u terminima astronomskih ciklusa bilo je vjerovatno ultimativna kontrolirajuća aktivnost u ranim agrokulturnim zajednicama, pružajući podatke za sjetvu, žetvu, pohranu i distribuciju žitarica, kao i za religijska posmatranja i brojne ciklične socijalne funkcije. Praktična znanja iz astronomije također su doprinijela unapređenju navigacije.

Dok su prve dvije tranzicije bile zavisne od biološkog hardvera, treća je zavisila od promjena u tehnološkom hardveru, tj. od sredstava eksternog pamćenja. Ljudi su bili dio poduhvata kolektivnog znanja još otkad su mimetičke vještine omogućile prekid sa ograničenjima epizodičke kognicije. Međutim, eksterna memorija enormno je povećala broj i varijate reprezentacija u ljudskoj kulturi kao i stepen u kojem naš um dijeli reprezentacije i oslanja se na eksterne procese. Zahvaljujući kompjuterima, kognitivne operacije ljudi proširile su se u područja novih realiteta.

## 4.2 Evolucija uma prema Stevenu Mithenu

Arheolog Steven Mithen istraživač je ranih prahistorijskih zajednica i evolucije ljudske inteligencije, jezika i muzike. Mithen smatra da je područje evolucije ljudskog uma mjesto susreta i rasprava različitih naučnih disciplina, ali arheologija je nauka koja *čuva ključ za razumijevanje uma modernog čovjeka* (Mithen, 1996, str. 10) jer je rekonstrukcija evolucije ljudskog uma moguća prvenstveno na osnovu istraživanja arheološke građe i fosilnih ostataka bližih i daljih prethodnika modernih ljudi i razumijevanja selekcijskih pritisaka sa kojima su se suočavali kroz evolucijsku povijest. Istraživači kojima je evolucija uma predmetom interesa moraju ozbiljno prihvatiti arheološke nalaze kao i teorije i metode koji paleoantropolozi koriste u njihovoj interpretaciji. Mithen upozorava (2007) da zanemarivanje paleoantropoloških nalaza može biti izvor suštinskih nedostataka teorija. S druge strane, paleoantropolozi svoje analize i interpretacije moraju zasnivati i na nalazima, metodama i teorijama drugih nauka. Dosljedno ovakvom stavu, Mithen gradi svoja razmišljanja, objašnjenja i razumijevanja evolucije uma na temeljima kognitivne nauke.

Prema Mithenu (1996), um savremenog čovjeka sadrži znakove koji nam otkrivaju prirodu uma njegovih evolucijskih prethodnika. Možda ne tako očigledni, ali ovi znakovi omogućavaju rekonstrukciju uma npr. neandertalca. Kako bi prepoznali ove znakove, najprije je potrebno poznavati prirodu i strukturu uma savremenog čovjeka. Mithen prezentira nekoliko teorija uma i inteligencije (npr. Gardnerovu teoriju višestrukih inteligencija, Fodorovu arhitekturu uma, Piagetovu razvojnu teoriju inteligencije) i zaključuje da niti jedna nije sama dovoljna za konstruisanje uma današnjeg čovjeka na osnovu koje se može rekonstruisati njegova evolucija. Npr. prema metafori tzv. „švicarskog noža“, široko prihvaćenoj u evolucijskoj psihologiji, um je građen iz specijaliziranih modula koji su evoluirali s ciljem rješavanja različitih problema. Jedan sistem opremljen opštom funkcijom rješavanja svih problema bio bi neefikasan, spor i na kraju žrtva predatora u okruženju u kojem je bilo potrebno djelovati brzo i efikasno. Specijalizovani moduli za rješavanja različitih problema imali su selektivnu prednost u odnosu na generalni rješavač problema.

Međutim, Mithen smatra da metafora uma kao „švicarskog noža“ ne može objasniti postignuća modernog čovjeka u domenima koji nisu postojali u vrijeme kada su evoluirali specijalizovani moduli uma. Za ovakva postignuća odgovorna je opšta inteligencija. Stoga, pored specijalizovanih modula, ponašanjem i adaptacijom upravlja i opšta inteligencija. U prilog ovoj tvrdnji govori i tempo učenja matematike i jezika. Naime, djeca znatno brže nauče jezik nego matematiku, jer se učenje jezika odvija uz pomoć specijalizovane inteligencije, dok je kod učenja matematike uključena opšta inteligencija.

Teorijske osnove za rekonstrukciju uma savremenog čovjeka Mithen (1996) nalazi u razvojnoj psihologiji, prije svega radovima Patricije Greenfield, Andrew Whitena i Annette Karmiloff-Smith. Prema Greenfieldovoj (1991), um djeteta je sve do otprilike druge godine nalik oruđu za učenje opšte namjene. Naprimjer, kapacitet usvajanja jezika i sposobnost manipulacije objektima temelje se na istim kognitivnim procesima. U kasnijim periodima razvoja ovo opšte učenje zamjenjuje se specijalizovanim i sa sadržajem bogatim modulima.

Mithen (1996) smatra da postoje barem tri domena znanja koji su intuitivni i ukorijenjeni u djetetovom umu: psihologija, biologija i fizika. Dokazi o tzv. intuitivnom razumijevanju su brojni. Whiten (1991) smatra da djeca uzrasta od tri godine posjeduju tzv. „intuitivnu psihologiju“, sposobnost atribucije mentalnih stanja drugih ljudi i razumijevanje da druge osobe imaju vjerovanja i želje. Djeca ranog uzrasta znaju da su živa bića i neživi objekti dvije fundamentalno različite stvari, te da fizičkim objektima upravljaju različita pravila u odnosu na pravila koja upravljaju živim bićima. Karmiloff-Smith (1992) smatra da su različiti domeni intuitivnog znanja veoma važni jer predstavljaju sredstvo za pokretanje razvoja. Kulturalni kontekst u kojem se odvija razvoj i plastičnost uma tokom razvoja određuju koji domeni će se razviti (Karmiloff-Smith, 1992, 1994). Stoga se kod prapovijesnih ljudi, za razliku od današnjih, nije razvila matematička domena, jednostavno jer njihova kultura to nije zahtijevala. Sredstvo za pokretanje razvoja matematičkog domena današnjeg čovjeka može biti intuitivni domen fizike. Nakon pojave modularnosti, počinje saradnja između modula, što Karmiloff-Smith (1992) naziva reprezentacijska redeskripcija, tj. multipla reprezentacija sličnog znanja. U umu se stvaraju multiple reprezentacije sličnog znanja te znanje postaje primjenljivo izvan cilja posebne svrhe. Ova ideja, kao i radovi drugih autora (npr. teorija Carey i Spelke (1994) o *mapiranju kroz domene* ili Boden (1990) *transformacija konceptualnog prostora*) vodili su Mithena prema opisu skupa međusobno povezanih mentalnih modula koji kreiraju kognitivnu fluidnost.

#### 4.2.1 Arhitektonske faze evolucije uma

Posao arheologa podrazumijeva brižljivo skidanje sloja po sloja prošlosti, ispitivanje kompleksnih presijecišta zidova i određivanja njihove starosti na osnovu određenih referenci (npr. različitih tipova grnčarije), kako bi se došlo do najbolje moguće rekonstrukcije arhitektonskih faza izgradnje objekta. Metaforu rekonstrukcije građevine na osnovu arheoloških ostataka Mithen koristi za objašnjenje rekonstrukcije evolucije uma. Prvi zadatak je, kao kod arheoloških istraživanja, identifikovati arhitektonske faze izgradnje uma, na osnovu kojih će se izgraditi konceptualni okvir potreban za ispitivanje arheoloških podataka, a koji će onda poslužiti za njegovu evaluaciju, daljne razvijanje i vremensko pozicioniranje.

Konceptualni okvir Mithen gradi i na osnovama „jedne od najvećih ideja biologije“ (Mithen, 1996, str. 66), teorijom rekapitulacije, tj principom da „ontogeneza slijedi filogenezu“, odnosno da je ontogeneza, zapravo, kratka rekapitulacija filogeneze. Za Mithena, teorija rekapitulacije važna je za izgradnju okvira unutar kojeg će se definisati hipotetske faze arhitekture uma. Analize informacija o evoluciji uma na osnovu arheološke građe i fosilnih ostataka dat će odgovor na pitanje da li su razvojni stadiji uma današnje djece paralelni sa evolucijom uma prethodnika današnjih ljudi.

Upravo kao i katedrala koja se gradi od temelja, zatim centralnog prostora kojem se u sljedećem koraku dodaju kapele, um svakog pojedinca se gradi i nadograđuje tokom razvoja od ranog doba do zrelosti. Konstrukcija se odvija prema arhitektonskom planu kodiranom u genetskoj konstituciji individue, a koji je naslijeđen od roditelja, i pod uticajem je okoline. Kao pripadnici iste vrste, ljudi dijele suštinsku sličnost u arhitektonskom planu kojeg



nasljeđujemo. Arhitektonski plan bio je konstantno dograđivan tokom evolucije. Promjene su se dešavale kroz genetske mutacije od kojih mnoge nisu imale nikakav, druge negativan, a neke su imale koristan efekt na um i doprinosile su unapređenju arhitektonskog plana. Pored genetske konstitucije, mijenjala se i okolina. U novim okruženjima prethodnici sadašnjih ljudi suočavali su se sa novim vrstama problema koji su zahtijevali nove načine mišljenja za njihovo rješavanje. Bili su potrebni novi tipovi građevina za različite tipove okruženja. Upravo kao što je arhitektonski plan katedrale evoluirao od jednostavnih i skromnih objekata kojim dominira jedan centralni prostor do kompleksnih i raskošnih građevina, prirodnom selekcijom mijenjao se i arhitektonski plan uma. Mithen (1996) napominje da u evoluciji ne postoji opcija vraćanja na prethodne faze ili počinjanja ispočetka. Arhitektonski plan konstantno se nadograđuje, ali nikad se ne vraća na prethodnu fazu. Stoga ontogeneza može sadržavati znakove filogeneze, a katedrala modernog uma sadržava znakove arhitekture uma iz prošlosti.

Mithen govori o tri široke arhitektonske faze evolucije uma. U prvoj fazi umom dominira opšta inteligencija. U drugoj fazi opšta inteligencija se nadopunjuje modulima specifičnim za pojedine domene koji funkcionišu nezavisno i izolovano jedan od drugog (tehnička, prirodna i socijalna inteligencija). U trećoj fazi moduli počinju „raditi zajedno“ uz protok informacija između domena. Navedene faze čine konceptualni okvir pomoću kojeg se interpretira arheološka građa i fosilni ostaci korišteni u rekonstrukciji evolucije inteligencije.

### *Prva faza*

Tokom prve faze umom dominira opšta inteligencija, odgovorna za opšte učenje i učenje pravila donošenja odluka. Um prve faze ima samo jednu centralnu prostoriju u kojoj se odvijaju sve službe, tj. procesi mišljenja. Ovo je prostorija opšte inteligencije. U centralnu prostoriju informacije se prenose kroz ulazne module, koje sebi možemo predstaviti vratima. Tragovi opšte inteligencije postoje u umu današnjeg čovjeka i mogu se najlakše prepoznati u umovima djece. Suštinsko svojstvo opšte inteligencije je da se može koristiti za modifikaciju ponašanja na osnovu iskustva u bilo kojem ponašajnom domenu. Međutim, opšta inteligencija može proizvesti samo relativno jednostavna ponašanja. Opštu inteligenciju karakteriše učenje metodom pokušaja i pogreške te asocijativno učenje, što implicira da je tempo učenja veoma spor. Kada bi ponašanje današnjeg čovjeka bilo rezultat isključivo opšte inteligencije, tempo učenja bio bi spor, broj grešaka bio bi velik, a usvajanje kompleksnih ponašajnih obrazaca bilo bi nemoguće.

Prva faza bila je karakteristična za zajedničkog evolucijskog prethodnika ljudi i čimpanzi, kao što je uostalom i za današnje čimpanze. Pretpostavlja se da čimpanze nisu doživjele značajnu promjenu tokom evolucije te je stoga analiza njihovog ponašanja značajna u razumijevanju ponašanja zajedničkog prethodnika današnjih ljudi i čimpanzi. S obzirom da čimpanze posjeduju ograničene sposobnosti korištenja oruđa, te da im treba prilično dosta vremena da nauče kako da ga naprave i koriste, Mithen (1996) zaključuje da vjerovatno nemaju razvijenu tehničku inteligenciju i da njihovim ponašanjem upravlja opšta inteligencija. Nadalje, čimpanze pokazuju nefleksibilne sposobnosti pronalaženja hrane i posjeduju sposobnosti kreiranja elaborativnih mentalnih mapa svog okruženja. Stoga Mithen zaključuje

da posjeduju djelimično razvijenu prirodnu inteligenciju. Čimpanze imaju značajnu sposobnosti socijalne interakcije. Njihovo makijavelističko ponašanje, koje se demonstrira kroz sposobnosti obmanjivanja drugih jedinki, pokazuje da imaju određeni nivo svijesti o sebi i drugima. Njihovo ponašanje ukazuje da koriste modele vlastitog uma i vjerovanja, koje onda mogu projicirati na druge, a što im omogućava da formiraju vjerovanja o vlastitim vjerovanjima. Stoga Mithen smatra da čimpanze posjeduju relativno razvijenu socijalnu inteligenciju. Kada je u pitanju jezička inteligencije, Mithen navodi kako sposobnosti usvajanja jezika znakova nije poznato izvan laboratorije, što implicira da čimpanze u svom prirodnom okruženju ne koriste spontano jezik. Jezičke sposobnosti, slično sposobnostima izrade i korištenja oruđa, mogu se pripisati opštoj inteligenciji, a ne nekoj latentnoj lingvističkoj inteligenciji.

### *Druga faza*

U drugoj fazi, opštoj inteligenciji dodate su višestruke specijalizovane inteligencije. Svaka je posvećena specifičnom domenu ponašanja, a funkcionišu nezavisno jedna od druge. Um druge faze razlikuje se od uma prethodne po konstrukciji niza „kapela“, tj. specijalizovanih inteligencija. Kao što veći broj pomoćnih kapela kod romanske katedrale iz 12. vijeka odražava povećanje kompleksnosti crkvenih rituala tog vremena, tako i kapele arhitektonskog plana uma odražavaju povećanje kompleksnosti mentalnih aktivnosti. Glavna prostorija opšte inteligencije ostaje suštinsko obilježje arhitektonskog dizajna, ali su službe mišljenja unutar centralne prostorije sada u sjeni službi koje se izvode u svakoj od kapela. Skup mentalnih modula koji se odnose na jednu specifičnu domenu ponašanja sadržani su u svakoj specijalizovanoj inteligenciji. Sve znanje o domenima sadržano je unutar određene kapele i ne može se naći niti u jednoj drugoj. Učenje unutar ponašajnih domena postaje brže i uz manji broj pogrešaka. Moguće je usvajanje kompleksnih obrazaca ponašanja, kao i njegova modifikacija na osnovu novih iskustava. Arhitektonski plan domena dizajniran je tokom perioda u kojem su ljudi živjeli kao lovci-sakupljači.

Tokom druge faze postojale su najmanje tri dominante inteligencije. Um modernog čovjeka još uvijek posjeduje module koji nam omogućavaju intuitivno znanje iz biologije, fizike i psihologije. Tragovi intuitivne psihologije impliciraju kapelu socijalne inteligencije, korištene u interakciji sa drugim ljudima, uključujući i module za „čitanje misli“ drugih. Slično, tragovi intuitivne biologije unutar modernog uma sugerišu postojanje kapele inteligencije prirodne povijesti, skup modula koji se odnose na razumijevanje prirodnog svijeta, razumijevanja suštine života u vremenu kada je prapovijesni čovjek živio kao lovac-sakupljač. Intuitivna fizika sadržava tragove koji sugerišu postojanje kapele tehničke inteligencije, u kojoj su bili smješteni mentalni moduli proizvodnje i manipulacije kamenim i drvenim predmetima.

Zidovi između kapela bili su debeli i gotovo neprobojni, tj. znanje o različitim ponašajnim domenima nije se moglo kombinovati. Komunikacija između modula ostvarivala se preko opšte inteligencije.

### *Treća faza*

Um u trećoj fazi dobija novo arhitektonsko obilježje: direktna komunikacija između kapela. Specijalizovane inteligencije počinju raditi zajedno uz protok znanja i ideja između ponašajnih domena. Znanje uskladišteno u različitim kapelama sada se može integrirati, što je imalo značajne posljedice na prirodu uma. U trećoj fazi pojavila se tzv. „jedna služba“ mišljenja, koja je harmonizovala prethodno izolovane službe unutar svake od domena. Iskustvo stečeno u jednoj ponašajnoj domeni, sada može uticati na iskustvo drugog ponašajnog domena. Zapravo, distinktivni bihevioralni domeni više i ne postoje. Razlika između druge i treće faze analogna je razlici između romanske i gotske katedrale. U gotskoj arhitekturi, zvuk i svjetlo dolaze iz različitih dijelova katedrale i prostiru se nesmetano od strane debelih i teških zidova i niskih stropova kakve nalazimo kod romanske arhitekture. Zvuk, svjetlo i prostor su u interakciji kako bi proizveli osjećaj gotovo bezgraničnog prostora. Tako se i u trećoj fazi mentalne arhitekture misli i znanje generisani specijalizovanim inteligencijama, sada mogu slobodno kretati kroz um. Stoga treću fazu karakteriše kognitivna fluidnost. Kada misli nastale u različitim domenima mogu djelovati zajedno, rezultat je gotovo neograničeni kapacitet imaginacije (Koestler, 1975; Boden 1990).

#### **4.2.2 Ključne etape razvoja uma**

Tri su ključna perioda evolucije uma. Najprije period prelaza između epoha pliocena i pleistocena, tokom kojeg je postojala specifična veza između bipedalizma, veličine mozga, ishrane i društvenosti. Za sljedeću fazu, period srednjeg pleistocena, karakteristična je pojava protojezika i evolucije životne povijesti čovjeka. Tokom trećeg perioda pojavio se moderni čovjek kod kojeg je materijalna kultura počela igrati ključnu ulogu u umrežavanju mozga i ponašanja.

#### *Pliocen – pleistocen*

Prema Mithenu (2007), tokom prelaza iz pliocena u pleistocen postojala je kompleksna mreža evolucijskih odnosa između anatomije, veličine mozga, traganja za hranom, društvenosti, vokalizacije, tehnologije i okoline. Primarni pokretač razvoja bila je promjenjiva okolina, naročito povećana sušnost i tranzicija iz života u šumovitim prema predjelima savana. Teško je razlikovati šta je uzrok a šta posljedica ponašajnih i anatomskih promjena, ali najvjerojatnije je da je postojala povratna sprega između svake od razvojnih promjena unutar kontinuiranog snopa evolucijskih promjena.

Jedna od najvažnijih promjena ovog perioda bio je prelazak sa kvadripedalizma ka bipedalizmu. Prema Mithenu (2007), pojava bipedalizma uključuje dva distinktivna stadija od kojih svaki ima svoj selektivni pritisak. U prvom stadiju anatomija tijela prilagođenija je za uspravan stav nego za hodanje, što se može zaključiti na osnovu skeletnih ostataka Lucy (Hunt, 1994). Mithen dijeli mišljenje Hunta (1994), prema kojem je konzumiranje voća imalo krucijalnu ulogu u prvom stadiju. Naime, Hunt smatra da su se australopiteci u situacijama kada beru voće sa nižeg drveća ponašali na sličan način kao i današnje čimpanze. Kod

stajanja na obje noge, ruke su slobodne i mogu biti korištene za izvođenje određenih aktivnosti (npr. berba voća). Za prvi stadij karakteristično je bipedarno geganje, čime se izbjegava potreba za uspravnim stavom tijela. Nešto nižu tačku težišta tijela moglo je za posljedicu imati uštedu u potrošnji energije.

Tokom drugog stadija došlo je do pomjeranja prema modernom bipedalizmu, što je najvjerojatnije bilo povezano sa širenjem ranih hominina u savane Istočne Afrike. Prednost uspravnog stava je mogućnost efikasnijeg hlađenja tijela (jer više nije tako blizu tlu, koje je toplo, a i vjetar omogućava hlađenje), tj. smanjenje toplinskog stresa i potrošnje vode, što je omogućilo ranim hominima putovanje na veće distance kroz tople i sušne predjele savana. Aiellova (1996) smatra da je zbog novih zahtjeva uslovljenih senzomotornom kontrolom koju zahtijeva i omogućava bipedalizam došlo i do povećanja mozga. Anatomija bipedalizma vjerovatno je povezana i sa evolucijom kompleksne vokalizacije. Za razliku od tradicionalnog pogleda na razvoj larinksa, prema kojem je postojao snažni selekcijski pritisak govornog jezika kojim se larinks pomjerao sve niže prema grlu, Aiellova (1996) smatra da je niži položaj larinksa posljedica anatomske adaptacije potrebne za bipedalizam. Kičmena moždina ulazi u mozak odozdo, a ne sa strane, pa ostaje manje prostora za larinks između kičmene moždine i usta. Ovaj prostor se dalje smanjuje promjenama lica i zubala, što je povezano sa većom upotrebom mesa. Posljedično, larinks se mora pozicionirati niže u grlu, a što je imalo efekta na dužinu vokalnog trakta i povećanje diverziteta zvukova.

Mithen, na osnovu dvije osnovne odlike oruđa oldovanske kulture, smatra da su rani pripadnici vrste *Homo* imali u izvjesnoj mjeri razvijenu tehničku inteligenciju. Prva je da su neka oruđa napravljena kako bi se pomoglo pri izradi drugih oruđa. Npr. oštri kamen korišten je za oštrenje štapova. Druga odlika je da su *H. habilis* izrađivali oruđa na fundamentalno drugačiji način u poređenju sa načinom na koji čimpanze obrađuju sirovi materijal. Kada čimpanze prave npr. štap za vađenje termita, očigledno je iz prirode originalnog materijala (grančica) da je potrebno ukloniti (listove) kako bi se dobio „finalni“ produkt. Ovo nije slučaj sa proizvodnjom oldovanskog oruđa. Kako bi odvojili mali ravni dio kamena, bilo je potrebno prepoznati oštar ugao na ispupčenju, odrediti tzv. platformu udaranja i upotrijebiti dobru okulomotornu koordinaciju kako bi udarili ispupčenje na odgovarajućem mjestu, u odgovarajućem smjeru i sa odgovarajućim iznosom snage.

Mithen smatra da je *H. habilis* pokazivao izraženu socijalnu inteligenciju jer je živio u većim grupama koje zahtijevaju veće socijalne vještine. Veće grupe u otvorenom okruženju savana dovele su do dvije selekcijske prednosti. Najprije, sigurnost koju veća grupa podrazumijeva jer veća grupa efikasnije izlazi na kraj sa predatorima. Nadalje, životom u većoj grupi povećane su šanse pronalaska većih količina hrane, što dovodi do povećavanja stepena dijeljenja hrane. Život u većoj grupi dovodi i do jačeg selekcijskog pritiska za povećanje veličine mozga i unapređivanja komunikacije koja proizlazi iz potrebe pronalaska hrane i izrade oruđa (Mithen, 2007). Nadalje, veća grupa proizvodi i mogućnosti povećanja kompeticije i konflikta (Dunbar, 1988). Kako bi preživjela unutar velike grupe, jedinka treba nadgledati ponašanje drugih i međusobne odnose relativno većeg broja pripadnika grupe. Ovo je vodilo antropologe do zaključka da je postojao selekcijski pritisak za teoriju uma hominina iz ovog perioda. Pojedinci koji su bili sposobni predviđati ponašanje

drugih jer su mogli „čitati njihove umove“ imali su kompetitivnu prednost unutar grupe (Mithen, 2007). Povećanjem kapaciteta uma omogućeno je usvajanje i prenošenje tehnološkog znanja, a što je evidentno poređenjem oldovanske kulture sa artefaktima koje je vjerovatno koristio prethodnik *H. habilis*.

### *Srednji pleistocen*

U periodu srednjeg pleistocena socijalna inteligencija bila je visoko razvijena, dok su tehnička i inteligencija prirodne povijesti bile manje razvijene. Lingvistička inteligencija obuhvata sva tri domena. Moduli su i dalje nezavisni jedan od drugog. Koristeći metaforu katedrale, moglo bi se reći da su kapele postale veće, ali još uvijek nema vrata ili prolaza koji ih spajaju.

Nakon perioda značajnog porasta encefalizacije (prije otprilike 1,5 do 2 miliona godina) slijedi razdoblje relativnog zastoja u razvoju mozga, koji je trajao više od milion godina, sve do ponovnog, ovaj put dramatičnog, porasta veličine mozga u periodu između 0,6 i 0,25 miliona godina (Ruff i sar., 1997). Interesantno je da period zastoja koincidira sa značajnim okolinskim fluktuacijama koje su se odigravale tokom pleistocena i nakon što su se hominini proširili na Aziju i Evropu. Upotreba oruđa, lov na većim udaljenostima i veće socijalne grupe omogućile su izuzetno adaptivni stil života.

Mnogi autori vjeruju da je jezik evoluirao postepeno, kroz nasljeđivanje sve kompleksnijih sistema komunikacije (npr. Pinker, 1994). Period srednjeg pleistocena odlikuje pojava protojezika, komunikacijskog sistema koji je prethodio pojavi modernog jezika. Mithen (2007) smatra da je protojezik bio holističke prirode i da je vokalizacija ranih ljudi bila prilično muzikalna, jer su ekstenzivno koristili varijacije u melodiji i ritmu kako bi izrazili emocije i inducirali emocije kod drugih. Prema Wrayu (2002), prethodnik jezika bio je komunikacijski sistem sastavljen od „poruka“, ne riječi. Svaka izjava bila je na jedinstven način povezana sa arbitrarnim značenjem (kao što su danas riječi arbitrarno povezane sa predmetima na koje se odnose). Međutim, za razliku od kompozicijskih teorija protojezika (Bickerton, 2000), prema kojoj su prethodnici ljudi i evolucijski srodnici (npr. neandertalci) imali relativno bogat leksikon riječi povezanih sa mentalnim konceptima koji su se mogli kombinovati kako bi producirali značenje, prema Wrayu, moderni jezik mogao je evoluirati tek nakon što je holistička izjava bila segmentirana kako bi producirala riječi koje se nakon toga mogu spajati u cilju kreiranja iskaza sa novim značenjem. Arbib (2002) koristi termin „frakcionisanje“ na sličan način. „Poruke“ su se mogle sastojati od arbitrarnih slogova. Mithen smatra da je govor ranih ljudi karakterisalo ekstenzivno korištenje vokalnih imitacija zvukova iz prirode, posebno zova životinja. Komunikaciji ranih ljudi nedostajala je gramatika, ključna karakteristika modernog jezika.

Period srednjeg pleistocena karakteriše značajna kulturalna stabilnost. Naime, ograničeni broj tehnoloških tema korišten je na različite načine na različitim mjestima i u različitim vremenskim periodima. Uz određene izuzetke, nema tragova simboličnog ponašanja. Čak ni kod neandertalaca, kod kojih je vokalni trakt potpuno evoluirao, nema tragova mišljenja ili ponašanja posredovanog jezikom (Mithen, 2005). Komunikacijski sistem

neandertalaca izgleda da je bio sastavljen od relativno fiksnih holističkih fraza koje su bile odgovarajuće za situacije koje se često ponavljaju (dijeljenje hrane, pravljenje oruđa, socijalna interakcija) a čiji se emocionalni uticaj može mijenjati variranjem visine tona, ritma ili melodije (Mithen, 2005).

Kulturalnu stabilnost srednjeg i kasnog pleistocena Mithen objašnjava činjenicom da su moduli još uvijek izolovani (druga faza evolucije uma). Prema Mithenu (1996), umjetnost, arhitektura, tehnologija izrade specijalizovanih oruđa zavise od integracije načina mišljenja i pohranjenog znanja više domena. Integracije domena nije bilo, što Mithen (2005), pozivajući se na Carruthersa (2002), pripisuje odsustvu kompozicijskog jezika.

Mithen (1996) navodi podatke prema kojima se u odnosu na australopitecine, veličina tijela muškog pripadnika vrste *H. ergaster* povećala do 50%, a ženskog do 70% (Key i Aiello, 1999), dok se veličina mozga gotovo udvostručila. Ove promjene postavljaju veće energetske zahtjeve pred trudnu žensku jedinku jer joj takvo stanje ograničava mogućnost pribavljanja hrane (Key i Aiello, 1999). Ovakvi zahtjevi izraženi su i zbog „sekundarne nespremnosti za samostalan život“ (engl. *secondary altriciality*) novorođenčeta. Dvije su posljedice sekundarne nespremnosti. Prvi ima posljedicu na socijalne relacije. Naime, ženi koja nosi dijete i nakon porođaja se o njemu brine, potrebna je opskrba hranom i zaštita. Ova potpora može dolaziti od drugih zrelih žena iz grupe ili od muškarca. Mišljenje o uzajamno podržavajućoj mreži ženskih srodnika postala je veoma popularna među paleoantropolozima dijelom zbog uticaja hipoteze „bakinstva“, (engl. *grand-mothering hypothesis*). Hawkes i sar., (1997) i O'Connell i sar., (1999) ispitujući moderna Hadza plemena lovaca skupljača iz Istočne Afrike, utvrdili su da muškarci, iako provode dosta vremena u lovu, obezbjeđuju ograničenu i nedovoljnu količinu hrane za žene i djecu. Brigu o djeci preuzimaju žene u menopauzi, te se fizički jače žene mogu više uključiti u traganje za hranom. Prema paleoantropolozima, slična praksa postojala je i kod *H. ergastera*, kod kojih je potrebna podrška vjerovatno dolazila od strane mreže žena, koje su bile u srodstvu sa porodicama i trudnicama, prije nego od strane partnera. Kod neandertalaca praksa je bila drugačija jer je uloga muških pripadnika u brizi o djeci bila veća. Druga posljedica sekundarne nespremnosti bilo je povećanje selektivnog pritiska na komunikaciju između majke i djeteta, a što je moglo biti važno za evoluciju jezika. Dissanayake (2000) navodi da se muzikalna priroda današnje interakcije između majke i novorođenčeta odnosi na „direktan govor novorođenčeta“ (engl. *infant direct speech*). Takva muzikalnost obezbjeđuje značajnu korist i majci i djetetu kroz izražavanje i indukciju emocionalnih stanja koja ultimativno postižu usklađenost emocionalnog iskustva roditelja i djeteta. Ova usklađenost je suštinska za razvoj njihovog odnosa i na kraju za akulturaciju djece u ranom dobu razvoja. Prema Falkovoj (2004), direktan govor novorođenčeta inicijalno je bio predlingvistički i sastojao se od melodičnih i ritmičkih iskaza koji nisu imali simboličko već emocionalno značenje. Vremenom, pojavile su se riječi i postale konvencionalne. Dakle, osim pojave protojezika, druga važna odrednica ovog perioda prema Mithenu je promjena životne povijest sadržana u novim načinima života, prvenstveno brigom o potomstvu.

### *Pojava modernog čovjeka i modernog uma*

Mithen (1996) smatra da je porijeklo moderne ljudske kulture, tj. početak umjetnosti, religije i nauke, rezultat povećanja integracije između specijalizovanih modula. Iz perioda od prije otprilike 30.000 do 60.000 godina potiče arheološka građa koja govori o izradi artefakata od kostiju, korištenju dijelova životinja u sahranama ljudi, pojavi pećinskih crteža. Sve ovo ukazuje na integraciju kognitivnih domena i otvaranje prema novom svijetu novih aktivnosti. Po prvi put nalazimo artefakte koji su dizajnirani za ličnu dekoraciju. Ljudi počinju koristiti tehničku inteligenciju kako bi prenijeli socijalne informacije. Nalazimo crteže ljudskog tijela sa životinjskom glavom, što demonstrira integraciju tehničke i prirodne inteligencije, kao i sposobnost antropomorfnog mišljenja. Sa integracijom socijalne i prirodne inteligencije, ljudi su mogli početi „čitati“ umove npr. svojih predatora. Integracija socijalne i tehničke inteligencije mogla je omogućiti sposobnost manipulacije drugim ljudima.

Evolucija jezika i proširenje uma najvažnija su evolucijska dostignuća ovog perioda. Prema Mithenu (1996), jezik se razvio kao socijalno oruđe, ali vremenom je postajao sredstvo opšte namjene. Zbog svoje selektivne prednosti evoluirao je relativno brzo, što je bilo ključno za razvoj kognitivne fluidnosti. Drugim riječima, kognitivna fluidnost posljedica je razvoja jezika. Izgovoreni i zamišljeni iskazi djelovali su kao cjevovodi za razmjenu ideja i informacija od jedne do druge inteligencije. Jedno od svojstava socijalne inteligencije bila je refleksivna svjesnost, tj. sposobnost predviđanja ponašanja drugih. Kako su i druge informacije počele komunicirati kroz jezik, postale su dostupne reflektivnoj svjesnosti. Svjesnost postaje integrirajuća „sila“ jer je evolucijska prednost svjesnosti veća fleksibilnost, senzitivnost i kreativnost. Kod modernog čovjeka došlo je do povećanja fleksibilnosti u svim domenima, ne samo u domenu socijalne inteligencije. Ovo je, prema Mithenu (1996) ključ razvoja moderne ljudske inteligencije. Uticaj kojeg je jezik imao na pojedinca uvećavao se „umrežavanjem“ ljudskih umova, što je za posljedicu imalo migraciju ideja između pojedinaca.

Prema Mithenu (1996), pojava agrokulture vjerovatno je jedan od najznačajnijih događaja ljudske povijesti. Razvoj agrikulture jednostavno je bio prirodni produkt promjenljivog okruženja i nisu bile potrebne nove kognitivne sposobnosti. Ova promjena imala je značajan uticaj na um djece koja počinju odrastati u novom okruženju. Kontekst razvojnih promjena značajno se promijenio. Sa ovim promjenama, mogli su se pojaviti novi kognitivni domeni.

### 4.3 Evolucija inteligencija u okviru evolucijske psihologije

Osnovna postavka Darwinove teorije evolucije prema kojoj su morfološke i fiziološke karakteristike današnjeg čovjeka rezultat evolucije, u osnovi je tzv. darvinijanske medicine, prema kojoj se tjelesne funkcije i malfunkcije mogu bolje razumjeti iz evolucijske perspektive. Tako se, naprimjer, bol objašnjava kao indikator stvarne ili potencijalne povrede, dijareja je u funkciji otklanjanja štetnih materija iz tijela, bol u donjem dijelu leđa predstavlja cijenu koju je ljudski rod morao platiti zbog razvoja bipedalizma, dok je dijabetes rezultat adaptacije praljudi na život u hladnim periodima. Na osnovama ovakvog pristupa nastala je evolucijska psihologija, koja prirodu i funkcije uma današnjeg čovjeka objašnjava prirodnom i seksualnom selekcijom. Rodonačelnici evolucijske psihologije su istraživači porijekla ljudskih sposobnosti sa Univerziteta Santa Barbara u Kaliforniji, psihologinja Leda Cosmides i antropolozi John Tooby i Donald Symons. Od svojih početaka do danas, evolucijska psihologija evoluirala je od područja istraživanja definisanog prvenstveno pitanjima o predmetu istraživanja, preko naučne paradigme izgrađene na teorijama, metodologiji i rezultatima empirijskih istraživanja (Tooby i Cosmides, 1992; Pinker, 1997; Buss, 1995), metateorije (Penke, Denissen, Miller, 2007) do revolucionarno nove nauke o umu, koja se zasniva na sintezi savremenih načela psihologije i evolucijske biologije, i koja će pružiti temelje psihologiji 21. vijeka (Buss, 2008).

Prema evolucijskoj psihologiji, ljudski um je skup računalnih uređaja za rješavanje adaptivnih problema opstanka i reprodukcije sa kojima su se suočavali naši preci iz epohe pleistocena. Adaptivne probleme rješavaju moduli, tj. „mini-računari“ (Cosmides i Tooby, 1997), dizajnirani prirodnom selekcijom. Evoluirane module moguće je otkriti pomoću tzv. „reverzibilnog inženjerstva“ uma hominina, odnosno rekonstrukcijom adaptivnih problema na osnovu kojih se zaključuje o hipotetskim modulima. U teorijskom smislu, moduli su eksplanatorni konstrukti koji objašnjavaju ne samo porijeklo već i prirodu psiholoških mehanizama današnjeg čovjeka. Koristeći ovaj pristup, evolucijski psiholozi tvrde da su otkrili module detekcije varanja (Cosmides, 1989), spolnih razlika u ljubomori (Buss i sar., 1992) i motivacijske mehanizme koji uzrokuju da roditelji više zlostavljaju usvojenu nego biološku djecu (Daly i Wilson, 1985).

Cosmidesova i Tooby (2003) navode kako su ključne i suštinske postavke evolucijske psihologije nastale preplitanjem tri naučne tradicije: 1) kognitivne psihologije, prije svega radova Davida Marra i Noama Chomskog, prema kojima je um sastavljen iz brojnih kognitivnih programa, specijalizovanih za izvedbe određenih funkcija (npr. učenje, jezik); 2) istraživanja primata i društava lovaca-sakupljača; 3) revolucije u evolucijskoj biologiji predvođene Georgeom Williamsom, Williamom Donaldom Hamiltonom, Johnom Maynardom Smithom i Richardom Dawkinsom, koji su na osnovama teorije prirodne



selekcije formalizovane kroz teoriju igara i strategiju dinamike replikatora<sup>17</sup> (engl. *replicator dynamics*) utemeljili moderni adaptacionizam.

Prema tradicionalnom konceptualnom okviru socijalnih i bihevioralnih nauka, kojeg Tooby i Cosmidesova (1992) nazivaju standardni model socijalnih nauka (engl. *Standard Social Science Model*), psihološka arhitektura čovjeka sastoji se od mehanizama učenja i rezoniranja opšte namjene, nezavisnih od sadržaja. Cosmides, Barrett i Tooby (2010) navode kako ovakav pogled na inteligenciju i racionalnost za posljedicu ima definiciju inteligencije kao sposobnosti uspješnog rezonovanja o gotovo svakoj temi. Inteligencija se manifestuje kroz primjenu procedura zaključivanja koje operišu uniformno, bez obzira na domen sadržaja na koji se primjenjuje. Takve procedure su opšte namjene, opšeg domena i nezavisne od sadržaja. U kognitivnoj nauci razvijeni su brojni matematički, logički i kompjuterski formalni sistemi nezavisni od sadržaja koji operišu upravo na ovakav način. Kognitivni naučnici i dalje su u stalnoj potrazi za kognitivnim programima koji primjenjuju normativne modele logike, Bayesovih pravila, regresijskih modela ili heuristike koji uglavnom koriste princip opšteg domena. Vremenom su se metafore za opisivanje uma mijenjale, od prazne ploče na koju iskustvo ispisuje sadržaj do računara opšte namjene, ali je osnovna postavka ostala ista.

Jedna od osnovnih implikacija standardnog modela socijalnih nauka je da mehanizmi koji omogućavaju učenje operišu na isti način, bez obzira da li se radi o usvajanju osnovnih računskih operacija, razvijanju straha od zmija ili averzije prema spolnom odnosu sa prvim srodnicima. Također, mehanizmi koji su u osnovi rezonovanja uključuju iste procedure kada predviđamo putanju lopte, zaključujemo o vjerovanjima i željama drugih osoba ili šta neku osobu čini sklonom varanju u određenim socijalnim situacijama. Isti princip vrijedi za sve kognitivne mehanizme. Prema tradicionalnom pristupu, evolucija ima trivijalnu ulogu u determinisanju života današnjeg čovjeka. Kako navode Tooby i Cosmidesova (2005), baš kao što prazan list papira nema nikakvu kauzalnu ulogu u određivanju sadržaja koji se na njemu ispisuje, stavom o umu kao praznoj ploči i mehanizmima opšte namjene opravdava uvjerenje da evoluirana organizacija uma ima malu ili nikakvu kauzalnu ulogu u generisanju sadržaja socijalnog i mentalnog života današnjeg čovjeka. Stoga socijalni i kulturalni fenomeni koji su predmet istraživanja u socijalnim naukama nemaju nikakve poveznice sa kauzalnim sklopovima koje porijeklo imaju u evoluiranim psihološkim mehanizmima.

Santa Barbara škola evolucijske psihologije postavila je drugačiju sliku ljudskog uma. Premda izgleda da kognitivni sistem posjeduje nekoliko opštih oruđa (Cosmides i Tooby, 2001), arhitektura ljudskog uma bogato je opremljena sadržajima adaptivnih sistema rješavanja problema. Svaki sistem dizajniran je za razvijanje različitih koncepata, principa, procedura zaključivanja, regulatornih varijabli i pravila donošenja odluka, koje pokreću

---

<sup>17</sup> Prema konceptu dinamike replikatora, centralna figura u evolucijskom sistemu je replikator, tj. entitet koji posjeduje određene načine kreiranja približno tačnih vlastitih kopija. Replikator može biti gen, organizam, strategija igre, vjerovanje, tehnika, konvencija ili na opštijem nivou, institucija ili kulturalna forma. Sistem replikatora čini skup replikatora u određenom okruženju sa strukturiranim sklopovima interakcije između agenata. Evolucijska dinamika sistema replikatora je proces promjene tokom vremena u distribuciji frekvencija replikatora (kao i u prirodi okruženja i strukturi interakcija) u kojima će se strategije sa većom dobom reprodukovati brže.

znakovi odgovarajućeg domena. Čovjek je kroz evoluciju opremljen tzv. prirodnim kompetencijama (sposobnost vida, govora, snalaženja u prostoru, uzvraćanja naklonosti, uočavanja lijepoga) koje podržava i reguliše kompleksna mašinerija.

#### 4.3.1 Konceptualne osnove evolucijske psihologije

Konceptualne osnove evolucijske psihologije mogu se sumirati u sljedeće četiri postavke (Tooby i Cosmides, 1992 i 2005):

1. Svaki organ tijela obavlja određenu funkciju. Tako, npr. srce pumpa krv a digestivni sistem prerađuje hranu. Mozak je organ koji procesira informacije iz okoline i koristi ih u svrhu generisanja ponašanja i regulisanja fizioloških procesa. Svrha svakog organa, pa tako i mozga, rezultat je evolucijskih procesa. Mozak je fizički sistem, tj. računar, opremljen programima koje je dizajnirala prirodna selekcija kroz kauzalni proces zadržavanja i odbacivanja programa na osnovu njihove uspješnosti u rješavanju problema opstanka i reprodukcije (Dawkins, 1982).
2. Programi su kreirani tokom dugog evolucijskog vremena pod selekcijskim pritiskom okoline iz perioda lovaca-sakupljača, prethodnika savremenih ljudi. Programi koji omogućavaju ponašanje koje dovodi do opstanka i reprodukcije se zadržavaju dok programi koji ne ispunjavaju ovu funkciju nestaju. U evolucijskoj psihologiji evolucijski period lovaca-sakupljača je važan jer je trajao dovoljno dugo da prirodna selekcija izgradi računalnu adaptaciju bilo koje kompleksnosti. Kvantitativne crte mogu se mijenjati relativno brzo, ali potrebne su hiljade godina da se kroz prirodnu selekciju sklopi kompleksan program od mnogo različitih, funkcionalno integrisanih dijelova (Tooby, Cosmides, 1990a).
3. Premda bi ponašanje koje evoluirani programi generišu trebalo u prosjeku biti adaptivno u okruženju u kojem je program nastao, nema garancije da će tako biti u narednim periodima (Tooby i Cosmides, 1990b). Današnje okruženje značajno se razlikuje od okruženja iz prošlosti, naročito kada je u pitanju socijalno ponašanje. Ljudi više ne žive u malim, polunomadskim društvima od 25 do 200 muškaraca, žena i djece, od kojih su mnogi rodbinski vezani. Ipak, programi mozga današnjeg čovjeka dizajnirani su upravo za takvo socijalno okruženje.
4. Mozak se sastoji od mnogo različitih programa, od kojih je svaki specijalizovan za rješavanje različitih adaptivnih problema sa kojima su se naši preci suočavali. Preci današnjih ljudi živjeli su u lovačko-sakupljačkim zajednicama. Bili su u stalnom pokretu, bavili se lovom, koristili biljne resurse, saradivali sa drugima, izbjegavali predatore, dijelili resurse itd. Na osnovu rekonceptualizacije prirodne selekcije kroz dinamiku replikatora, evolucijsku teoriju igara i podatke koje imamo o okolini, može se doći do zaključaka o adaptivnom ponašanju u različitim domenima, tj. do karakteristika programa koji rješavaju različite adaptivne probleme.

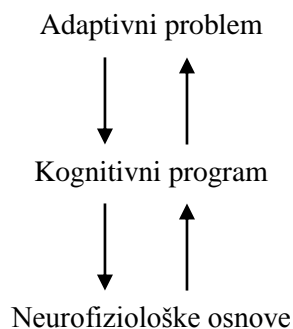
Evolucijska psihologija je na stajalištu da se rješavanje problema razlikuje od problema do problema. Ono što je rješenje za jedan problem razlikuje se, čak i radikalno, od onoga što je rješenje za drugi adaptivni problem. Program koji pouzdano i efikasno uči koji je

organizam iz bližeg okruženja potencijalni predator i koji je najbolji način reagovanja (npr. pobjeći, popeti se na drvo itd), nije efikasan za učenje npr. gramatike, iz prostog razloga jer ne posjeduje svojstva koja mu to omogućavaju. Dakle, ljudski um sastoji se iz velikog broja uređaja za procesiranje informacija. Ovi uređaju su funkcionalno specijalizovani i specifični za domen. Različite uređaje aktiviraju različiti, njima korespondentni, sadržaji. Adaptivno ponašanje omogućava upravo veliki broj ekspertnih sistema specijalizovanih za određeni domen i bogatih odgovarajućim sadržajem, a ne neki oblik kompjutacije opšteg domena (engl. *general-domain computation*) (Pinker, 1997, 2010; Cosmides i Tooby, 2001). Ideji uma kao prazne ploče nedostaju kompjutacijska svojstva neophodna za generisanje ponašanja koje vodi ka prilagodbi.

### 4.3.2 Adaptivni problemi, kognitivni programi i neurofiziološke osnove

Tri su komplementarna nivoa objašnjenja u evolucijskoj psihologiji: adaptivni problem, kognitivni program i neurofiziološke osnove (slika 7). Teorijska objašnjenja adaptivnih problema ukazuju na kognitivne programe koji ih rješavaju, dok poznavanje kognitivnih programa vodi potragu za njihovim neuralnim osnovama.

Slika 7. Tri komplementarna nivoa objašnjenja u evolucijskoj psihologiji



#### *Adaptivni problemi*

Adaptivni problemi su dugotrajni životni uslovi relevantni za opstanak (npr. prisustvo predatora, potreba za dijeljenjem hrane u uslovima nestašice, vulnerabilnost djece). Definisani su dvjema karakteristikama. Prvo, oni su uslovi sa kojima se mnogi ili najveći broj predaka suočavao, i koji su se održavali kroz veliki broj generacija tokom evolucijske povijesti. Drugo, rješavanje ovih problema povećava mogućnost reprodukcije. Najveći broj adaptivnih problema odnosi se na svakodnevne aspekte življenja: ishrana, fizička sigurnost, parenje, socijalizacija, komunikacija itd.

#### *Kognitivni programi*

Adaptivne probleme rješavaju kognitivni programi. Organizam je sastavljen iz velikog broja komponenti, od kojih su neke računalne (Cosmides i Tooby, 2001). Računalne su one komponente dizajnirane s ciljem nadgledanja specifičnih promjena u okolini i regulacije operacija drugih dijelova sistema na osnovu detektovanih promjena. Promjene mogu biti

interne (npr. fluktuacija ugljendioksida u krvi, aktivacija sadržaja pohranjenih u pamćenju) i eksterne (npr. približavanje lopte, kretanje predatora). Promjene postaju relevantne kada su u interakciji sa fizičkim uređajem dizajniranim da mijenja svoje stanje kao odgovor na detektovane varijacije i promjene. Nakon što se registruju, promjene mogu postati dio kauzalnog lanca dizajniranog za regulaciju drugih dijelova sistema. Naprimjer, vizuelni sistem dizajniran je, između ostalog, za detekciju opasnosti iz okoline. Ako ugledamo medvjeda, koji izgleda gladan, pokreće se mehanizam zaključivanja na osnovu kojeg procjenjujemo da li nas je medvjed vidio ili nije, a zatim fiziološki putevi koji regulišu muskulaturu. Ovakva regulacija može dovesti do specifične akcije – bježanja, ako smo zaključili da nas je medvjed vidio, ili reakcije zaleđivanja, ako zaključimo da nas medvjed nije vidio. Dijelovi uključeni u opisano ponašanje (vizuelne komponente, fiziološki putevi, mehanizmi zaključivanja) čine računalni sistem. Kroz evoluciju je akumuliran veliki broj dizajniranih obilježja koji zajedno formiraju integralnu strukturu, tj. uređaj koji uspješno i vješto rješava određene, specifične adaptivne probleme. Organizam je zapravo skup velikog broja uređaja dizajniranih za rješavanje adaptivnih problema (funkcionalne subkomponente očiju, jetre, ruku ili ciklulatornog sistema itd). Dakle, prirodna selekcija gradi adaptacije, tj. uređaje za rješavanje dugotrajnih i kontinuiranih evolucijskih problema.

### *Neurofiziološke osnove*

Kognitivni programi pohranjeni su u računalnom sistemu uma kojem je mozak biološka osnova. Ljudski mozak čine neuroni povezani na izuzetno organizovan način. Ove veze predstavljaju neuronske krugove koji određuju način na koji mozak procesira informacije. Neuronski krugovi mozga povezani su sa neuronima koji se šire tijelom. Neki od ovih neurona povezani su sa senzornim receptorima, a neki sa muskulaturom. Prema Cosmidesovoj i Toobyu (1997), neuralni krugovi mozga dizajnirani su s ciljem generisanja pokreta, tj. ponašanja kao odgovora na informacije iz okoline. Stoga se može zaključiti da je funkcija mozga generisanje ponašanja kojim se rješavaju adaptivni problemi, odnosno adaptivnog ponašanja.

### *Adaptivno ponašanje*

Adaptivno ponašanje u evolucijskom smislu je ponašanje koje ima tendenciju održavanja reprodukcije odlika dizajna na sljedeće generacije. Adaptivno ponašanje prenosi se kroz replikaciju gena i vremenom postaje inkorporirano u prirodni dizajn vrste. Ponašanje koje ne doprinosi reprodukciji individue ili njenih srodnika i dovodi do uklanjanja neuralnih krugova koji vode ka adaptivnom ponašanju (kroz isključivanje gena), u evolucijskom smislu postaje maladaptivno.

Kroz veliki broj generacija prirodna selekcija je dizajnirala neuralne krugove i postepeno oblikovala ljudski mozak. Pojedinci kod kojih su neuralni krugovi bili bolje dizajnirani za rješavanje svakodnevnih problema imali su brojnije potomstvo. Vrijeme tokom kojeg su dizajnirani neuralni krugovi prilagođeni datoj okolini proticalo je nezamislivo sporo. Za relativno jednostavne promjene bilo je potrebno na desetine hiljada godina. Svijet u kojem danas živimo u evolucijskim razmjerima traje tek koliko i treptaj oka. Agrokultura se prvi put pojavila prije 10.000 godina, međutim, trebalo je proći još 5.000 godina da kultura

zemljišta a ne lov i sakupljanje plodova postane dominantan način dolaženja do hrane. S obzirom da je prirodna selekcija izuzetno spor proces, nije bilo dovoljno vremena kako bi se dizajnirali neuralni krugovi koji su dobro adaptirani u našem današnjem, post-industrijskom načinu života. Stoga Cosmidesova i Tooby (1997) smatraju da je *lubanja modernog čovjeka dom uma čovjeka iz kamenog doba*, što je, prema autorima, ključna činjenica za razumijevanje funkcionisanja uma modernog čovjeka. Um današnjeg čovjeka dizajniran je za rješavanje svakodnevnih problema naših predaka. Neke problema rješava dobro, a neke ne tako uspješno. Naprimjer, današnji čovjek lakše se snalazi u manjim, a znatno teže u većim grupama; lakše se uči strah od zmija nego strah od električne utičnice, premda je električna utičnica veći izvor opasnosti nego zmija. Generalno, um savremenog čovjeka bolje rješava probleme sa kojima su se suočavali hominini afričkih savana nego probleme života u velikim urbanim naseljima. Ponašanje modernog čovjeka pokreću mehanizmi koji su uspješno rješavali adaptivne probleme iz daleke prošlosti. Međutim, kognitivni mehanizmi savremenog čovjeka koji su bili uspješni u rješavanju problema okoline iz prošlosti neće nužno generisati adaptivno ponašanje u sadašnjosti.

#### *Univerzalni psihološki mehanizmi*

Prema načelu univerzalizma, evoluirani računalni programi ljudskog uma odgovorni su za produkciju univerzalne prirode čovjeka. Ljudi su opremljeni repertoarom univerzalnih psiholoških mehanizama, kao što su npr. strah od stranaca kod djece, mehanizama detekcije varanja i preferiranje specifičnih karakteristika partnera. Različiti ishodi ovih programa pokreću se različitim okolinama ili socijalnim uslovima, što vodi ka predikciji i univerzalnih ishoda ponašanja i lokalnih, specifičnih adaptivnih rješenja (Tooby i Cosmides, 2005)<sup>18</sup>.

### **4.3.3 Okolina evolucijske adaptivnosti**

Okolina u kojoj je određena adaptacija evoluirala naziva se okolina evolucijske adaptivnosti, OEA (engl. *environment of evolutionary adaptedness*). OEA je termin kojeg prvi put navodi Bowlby u svojoj poznatoj teoriji privrženosti. OEA bilo kojeg organizma je skup problema reprodukcije sa kojima se članovi vrste kojoj pripada organizam suočavaju tokom evolucijskog perioda. Životinje koje su živjele u različitim okolinama ili u istoj okolini ali na različit način, suočavale su se sa različitim problemima reprodukcije. Žabe i komarci, iako su evoluirale u istom području i tokom istog vremenskog perioda, imaju potpuno različite adaptacije, jer su se suočavale sa različitim problemima reprodukcije. Stoga su i OEA

---

<sup>18</sup> Načelo univerzalizma predmetom je kritike mnogih istraživača različitih usmjerenja, od antropologije do psihologije (Norenzayan, Heine, 2005; Henrich, Heine, Norenzayan, 2010). Noviji trendovi u razvojnoj psihologiji i neuroscienci ističu fleksibilnost ljudskog mozga, naglašavajući kako iskustvo podešava i reguliše sinaptičke veze, neuralne krugove i ekspresiju gena u mozgu, što vodi ka značajnoj plastičnosti moždanih struktura i funkcionalne organizacije mozga (Li, 2003). Nadalje, noviji trendovi u evolucijskoj teoriji, posebno razvojne sistemske teorije, epigenetika naslijeđa i teorije konstrukcije niše, naglasak stavljaju na organizam kao aktivnog konstruktora (Jablonka, Lamb, 2005). Kroz konstrukciju svog svijeta ljudi usmjeravaju vlastiti razvoj i evoluciju (Gottlieb, 2002).

različite. Ako se OEA promijeni, postojeće adaptacije više neće biti adekvatne za rješavanje problema novog okruženja.

U evolucijskoj psihologiji koncept OEA veoma je važan jer omogućava razumijevanje funkcionalnih svojstava organizma i njegovih dijelova, uključujući i mozak. Funkcionalna svojstva organizma nastaju kroz proces prirodne selekcije. Drugim riječima, funkcije organizma su one funkcije koje omogućavaju rješavanje dugotrajnih, rekurentnih problema, kao što su pronalazak hrane i partnera ili izbjegavanje predatora. Ako specificiramo probleme sa kojima su se suočavali prethodnici današnjeg čovjeka, tj. OEA, možemo specificirati i moguće funkcije koje je mozak mogao imati. Smatra se da su preci današnjeg čovjeka preko 99% evolucijske povijesti živjeli u manjim grupama lovaca sakupljača. Ne postoje dokazi o životu u većim zajednicama, sve do unazad deset hiljada godina. Stoga je život u manjim nomadskim grupama jedno od glavnih odlika OEA čovjeka. U takvoj okolini dizajnirana je adaptacija za život u manjim, a ne u većim grupama.

Treba napomenuti da OEA nije ni mjesto, ni vrijeme, već statistički kompozit selekcijskih pritisaka sa kojima su se suočavali prapovijesni ljudi (Cosmides, 1997). Ovi pritisci oblikovali su adaptacijski relevantna svojstva kroz ponderiranje na osnovu njihove učestalosti i posljedica na reproduktivnu uspješnost.

#### 4.3.4 Dvije forme inteligencije

Cosmidesova i Tooby (2001) razlikuju dvije forme inteligencije koje se javljaju prirodno, kroz proces evolucije. Prva forma inteligencije odnosi se na kompjutacijski sistem ili program koji je dizajniran za rješavanje ciljnog skupa adaptivnih kompjutacijskih problema. S obzirom da je dizajnirana i da se koristi samo za određenu svrhu, autori ovu inteligenciju nazivaju namjenska inteligencija (engl. *dedicated intelligence*). Drugu formu inteligencije čini kompjutacijski sistem koji je također dizajniran za rješavanje adaptivnih kompjutacijskih problema, ali za razliku od prve, posjeduje komponente dizajnirane da koristi prolazne ili nove uslove lokalnog okruženja kako bi postigao adaptivni ishod. Ova inteligencija naziva se improvizacijska inteligencija (engl. *improvisational intelligence*).

##### *Namjenska inteligencija*

Organizmi posjeduju brojne specijalizovane računalne sisteme namjenske inteligencije, dizajnirane za regulaciju različitih funkcija i mehanizama kao što su izbor hrane, izbor partnera, izbjegavanje predatora, regulaciju tjelesne temperature, kretanje u prostoru, usvajanje gramatike, izbjegavanje incesta, regulisanje krvnog pritiska itd. Ljudski mozak također je opremljen velikim brojem takvih specijalizovanih sistema dizajniranih za prikladno rješavanje različitih adaptivnih problema.

Funkcionalna specijalizacija jedno je od najvažnijih odlika koja računalnom sistemu omogućava rješavanje problema. Kako bi približili smisao funkcionalne specijalizacije Cosmidesova i Tooby (2001) koriste primjer iz inženjerstva, u kojem vrijedi princip da za različite probleme koristimo različite alate. Zaista, jedan alat rijetko da se može uspješno koristiti za rješavanje različitih problema. Isti princip vrijedi i za tjelesne organe. Prirodna

selekcija dovela je do formiranja različitih organa dizajniranih za rješavanje različitih adaptivnih problema. Kako je već navedeno, srce je dizajnirano za pumpanje krvi a jetra za detoksikaciju organizma, i to su njihove funkcionalne specijalizacije. Srce ne može vršiti funkciju detoksikacije, a jetra ne može pumpati krv. I ljudski um opremljen je funkcionalno specijalizovanim sistemima. Posjeduje nezavisne programe evoluirane za adekvatno rješavanje različitih adaptivnih problema. Programi su brojni jer je i veliki broj adaptivnih problema.

Informacije o stabilnim svojstvima okruženja iz prethodnih evolucijskih perioda mogu biti utjelovljene u sam način funkcionisanja programa. Cosmidesova i Tooby (2001) navode primjer konstantnosti boja. Npr. banana je žuta bez obzira na promjene fizičkih svojstava (distalnog objekta i informacijskog medija) uzrokovane dobom dana ili vremenskim prilikama. I pored promjene u iluminaciji, vizuelni sistem efikasno funkcioniše jer je udešen na ove promjene. Znanje o promjenama utjelovljeno je u samom sistemu. Drugim riječima, namjenske inteligencije opremljene su dizajniranim obilježjima koja omogućavaju suočavanje sa problemima o kojima već dosta “znaju”, što čini sistem inteligentnijim nego što bi to bio slučaj ukoliko ne bi bilo utjelovljenog znanja.

Utjelovljeno znanje zapravo je urođeno znanje. Prema Cosmidesovoj i Toobyu (2001), na svijet dolazimo opremljeni namjenskim inteligencijama, usmjerenim. Naprimjer, mozak novorođenčeta opremljen je sistemom očekivanja prisustva lica u okolini: već 10 minuta po rođenju okreće glavu i pogled prema sklopovima koji nalikuju ljudskom licu, ali ne i prema izokrenutoj verziji istog sklopa (Johnson i Morton, 1991).

Struktura namjenske inteligencije odražava strukturu adaptivnih problema koje su ljudi rješavali tokom duge evolucijske prošlosti. Kroz prirodnu selekciju odvijao se proces koordiniranja između adaptivnih problema koji su se stalno ponavljali i struktura adaptivnih rješavača problema. Ukoliko je selekcija dovela do kreiranja odgovarajućih mehanizama adaptacije, elementi neophodni za rješavanje problema postaju dio uređaja za rješavanje problema. S druge strane, elementi koji su na pouzdan način dati u okolini (čime sistemu pružaju informacije na direktan način) bit će izostavljeni iz uređaja jer će uslovljavati redundanciju. Drugim riječima, potpuno rješenje adaptivnih problema ne nalazi se samo u mehanizmima već u komplementarnoj interakciji mehanizama i okoline. Pri tome, pouzdanu regulaciju složene koreografije prirodnih okruženja problema omogućava OEA (Tooby i Cosmides, 1990).

Um je opremljen specijalizovanim programima jer različiti problemi zahtijevaju različite programe, tj. namjenske inteligencije. S obzirom na veliki broj adaptivnih problema, dizajniran je veliki broj namjenskih inteligencija koje se aktiviraju u jednom ali ne i u drugom domenu. Kako bi bili korisni, moraju biti aktivirani samo u onom domenu koji se slaže sa pretpostavkama pod kojima funkcionišu. S obzirom da inteligentna arhitektura operše na valjan način samo u kontekstu za koji je dizajnirana (Gigerenzer i sar., 1999; Tooby i Cosmides, 1992b), malfunkcionalnost namjenskih inteligencija dešava se upravo onda kada situacija ne korespondira znakovima i vezama koje su imale tendenciju stabilnosti u prošlim vremenima i uz koje je inteligencija pouzdanu manifestovala operacije.

Što više namjenskih inteligencija arhitektura ima, veći broj problema može riješiti. Mozak opremljen sa većim brojem specijalizovanih uređaja bit će u mogućnosti generisati veći broj uspješnih tipova ponašanja rješavanja problema u poređenju sa arhitekturom koja je siromašnija sa specijalizacijama.

### *Improvizacijska inteligencija*

Prema Cosmidesovoj i Toobyu (2001) jedna od centralnih i specifičnih inovacija ljudske evolucije bilo je dramatično povećanje korištenja kontingentnih informacija za regulaciju improvizacijskog, *ad-hock* ponašanja u specifičnim, lokalnim i tranzijentnim situacijama, odnosno u kognitivnoj niši (Tooby i DeVore, 1987). Kako bi ilustrovali ovakve situacije i regulaciju improvizovanog ponašanja, autori navode primjer – netipičnu praksu lova životinja pripadnika plemena Kung San. Naime, pripadnici ovog plemena u lovu koriste otrovne strijele, pri čemu se otrov može naći samo na lokalnom insektu i to dok je u fazi larve. Iz filogenetske perspektive, mnogo toga u ovakvoj praksi lova nije stabilno i ne zasniva se na namjenskoj inteligenciji<sup>19</sup>. Najprije, svi ljudi ne love uz pomoć strijele. Od onih koji koriste strijele, mali dio njih koristi otrov. Nadalje, od onih koji koriste otrov, opet je mali broj onih koji koriste otrov insekta do kojeg se može doći tokom specifične faze njegovog razvoja. Osim toga, niti relacije (naprimjer, između stadija larve bube i otrova, između strijele i otrova) nisu stabilne iz filogenetske perspektive. Relacije na kojima se ova praksa zasniva su tranzijentne i lokalne prirode. Kontingentne informacije kombinuju se u cilju improvizovanih, *ad-hoc* ponašajnih rutina kojima se postiže adaptivni ishod, odnosno pribavljanje hrane. Ova sposobnost računalnog sistema da improvizuje rješenja za nove probleme naziva se improvizacijska inteligencija. S obzirom da se radi o sposobnosti rješavanja novih problema, koncept improvizacijske inteligencije sličan je konceptu opšte inteligencije.

Mozak koji je opremljen računalnim sistemom namjenske inteligencije preduslov je za evoluciju improvizacijske inteligencije. Improvizacijska inteligencija je unapređena, nadograđena namjenska inteligencija, jer pored komponente za rješavanje adaptivnih računalnih problema, sadrži i komponente dizajnirane za iskorištavanje tranzijentnih lokalnih uslova kako bi se postigao adaptivni ishod. Za razliku od namjenske inteligencije, za postizanja adaptivnog ishoda pomoću improvizacijske inteligencije potrebno je slijediti bilo koji od mnoštva međuciljnih stanja čije postizanje nema karakter intrinzične nagrade. Kompjuterski sistem koji slijedi veliki broj naizgled arbitrarnih ciljnih stanja, koja nužno nisu adaptivna, predstavlja usputni produkt improvizacijske inteligencije.

Prema Cosmidesovoj i Toobyu (2001) improvizacijska inteligencija omogućila je čovjeku ogromnu komparativnu prednost u odnosu na ostale vrste opremljene sistemom koji je ograničen na primjenu samo onih rješenja djelotvornih kroz generalnije klase situacija. Naime, kompjuterski sistem namjenske inteligencije primjenjuje pravila i procedure na osnovu kategorizacije pojedinačnih problema u opšte klase. Kompjuterski sistem reaguje samo na pojedinačne životne događaje kao primjere širokih kategorija događaja (članove

---

<sup>19</sup> Praksa lova životinja zasniva se na namjenskoj inteligenciji dizajniranoj kao specifične adaptacije univerzalne za vrstu.



klasa ovih događaja) koji ih grade i koji se iznova ponavljaju kroz evolucijsku povijest (Tooby i Cosmides, 1990). Improvizacije su čovjeka u odnosu na druge vrste dovele do ogromne prednosti. Ove inovacije omogućile su čovjeku da protivnicima postavlja tzv. "ontogenetske zasjede" (Cosmides i Tooby 2001). Naime, iz evolucijske perspektive, inovacije su se dešavale prebrzo i nisu protivnicima ostavljali dovoljno vremena kako bi kod njih evoluirala odbrana. Opremljeni prednostima, hominidi su se proširili novim habitatima te razvili zadivljujući diverzitet i metode dolaženja do resursa. Hominidi više nisu bili osuđeni samo na tipična ponašanja koja evoluiraju kada postoji korespondencija sa odlikama globalnog i stabilnog svijeta u kojem su živjeli daleki preci. Za situacijski specifične improvizacije počeli su koristiti informacije koje su temporalno, lokalno i situacijski korisne, čime se otvorio univerzum informacija potencijalno korisnih za uspješno regulisanje ponašanja.

Pitanje evolucije kompjutacijskih pravila tipičnih za vrstu u improvizacije specifične za situaciju, Cosmides i Toby (2001) smatraju centralnom enigmom improvizacijske inteligencije. Potpuno razumijevanje ovog problema još uvijek izmiče istraživačima. Cosmides i Tooby (2001) predlažu privremene ali, prema njihovom mišljenju, obećavajuće odgovore. Najprije, kognitivne specijalizacije, svaka uskog domena primjene, mogu biti skupljene tako da, djelujući sumativno, proširuju opseg ulaznih informacija ili domena. Na taj način se izbjegava slabost arhitekture sastavljene od sadržajno nezavisnih procedura, doprinosi koristi od specijalizacije rješavanja problema i sa svakom dodatnom adaptivnom specijalizacijom progresivno se širi opseg problema koji se mogu riješiti. Nadalje, autori smatraju da se rješenje enigme improvizacijske inteligencije treba tražiti u dekomponovanju situacija prema evolucijskim i interpretativnim pravilima koja isključivo "vide" elemente situacija kao instance kategorija koje se ponavljaju u evolucijskoj povijesti. Naime, kako je već navedeno, elementi situacije su kompjutacijski smisleni samo kao primjeri evoluiranih kategorija. Što je više evoluiranih sistema kategorizacije koje se sijeku u istoj situaciji, veći je broj mogućih interpretacija i više se alternativnih manipulacija može razmatrati i birati kroz sistem evaluacije (pred nama je izbor viđenja čovjeka kao sina, oca, muža, pekara, člana neke grupe, pripadnika vrste itd). Stoga ponašanje može biti skrojeno prema lokalnom okruženju na jedinstven način, ne zbog toga što se elementi interpretiraju kao novi, već zbog toga što konfiguracija uzeta u cjelini predstavlja novu kombinaciju poznatih elemenata. Na kraju, autori navode kako se improvizacijska inteligencija ne javlja kao autonomna sposobnost, izolovana od ostatka arhitekture i kompjutacijskih ili informacijskih resursa. Naprotiv, ne samo da zavisi od namjenske inteligencije, nego je opskrbljena akumuliranim informacijama relevantnim za situaciju sa kojom se suočava. Zapravo, ulazak hominida u kognitivnu nišu zavisio je od značajnog porasta upotrebe kontingentnih informacija u regulaciji improvizacijskog ponašanja, uspješno dizajniranog za lokalno okruženje. Intenzivno korištenje temporalnih i lokalnih informacija kreiraju ono što Cosmides i Tooby (2001) nazivaju područje problema (engl. *scope problem*).

Cosmides i Tooby (2000, 2002) ljudsko rješavanje novih problema objašnjavaju evolucijom metareprezentacijskih sposobnosti. Metareprezentacija kroz odvajanje reprezentacija lokalno istinitih informacija od ostatka postojeće baze informacija, omogućava sposobnosti improvizacijskog ponašanja koje može voditi novim i uspješnim ishodima. Pri

tome je kompjutacijsko procesiranje odlika situacije ključno za identifikaciju sekvenci improvizacijskog ponašanja. Kompjutacijske adaptacije koje rješavaju probleme nastale korištenjem kontingencijskih informacija autori nazivaju područje sintakse (engl. *scope syntax*). Područje sintakse je sistem procedura, postupaka i oblika za rukovođenje i korištenje podataka koji upravljaju protokom informacija između subkomponenti ljudske kognitivne arhitekture. Ovaj sistem informacije obilježava kao lokalno istinite (tačne) ili lažne (krive). Naprimjer, informacija o jestivosti neke biljke korisna je samo u situaciji kada se skuplja u određeno godišnje doba (ili na određenom području). Međutim, ta ista informacija može dovesti do štete ili čak smrtnog ishoda ukoliko se biljka skuplja tokom nekog drugog godišnjeg doba (ili područja), kada može biti nejestiva ili čak otrovna. Stoga, da bi informacija bila korisna, mora postojati način reprezentacije raspona unutar kojeg je informacija o jestivosti tačna. S obzirom da su informacije o aspektima svijeta kratkotrajne i lokalne, njihove granice se moraju kontinuirano pratiti i iznova utvrđivati. Kompjutacijske strategije mogu biti uspješne samo ako su specificirane granice unutar kojih je reprezentacija korisna, pa se u obzir moraju uzeti i cijene proširenja i zloupotrebe informacija, kao i cijene odbrane od zloupotreba. Važnost specifikacije granica posebno je važna jer širenje raspona informacija koje se koriste za donošenje odluka može biti štetno ukoliko se ne vodi računa o sadržajnim, temporalnim i lokalnim karakteristikama (koja je informacija primjenjiva, gdje je primjenjiva i kako se granice primjenjivosti mijenjaju) (Cosmides i Tooby, 2000).

#### 4.3.5 Kognitivna niša

Termin „niša“ u ekologiji ima različita značenja koja su zapravo povezana sa ponašanjem živih vrsta pod specifičnim okolinskim uslovima. Ekološka niša predstavlja ulogu i poziciju koju vrsta zauzima u okruženju, načine zadovoljavanja potreba za hranom i skloništem, načine preživljavanja i reprodukcije. Niša neke vrste uključuje sve interakcije organizma sa biotičkim i abiotičkim faktorima kao i neživom prirodom. U bilo kojem ekosistemu, za neki organizam postoji mogućnost ulaska u nišu koja mu omogućava nadvladavanja odbrana drugog organizma koji za ovaj prvi predstavlja prehrambeni resurs. S druge strane, organizam koji ovom prvom predstavlja hranu, zauzima nišu koja mu ipak na određeni način omogućava opstanak. Zauzimanje unikatne niše, vrsti daje prednost u ekosistemu jer na taj način smanjuje iznos kompeticije za resurse sa kojima se vrsta susreće.

Ulazak hominida u kognitivnu nišu jedan je od najvažnijih događaja u evoluciji inteligencije i razvoju izuzetnih sposobnosti. Kognitivna niša je ekstenzija koncepta ekološke niše. Termin su predložili Tooby i DeVore (1987) kao eksplanatorni koncept koji objašnjava konstelaciju zoološki neuobičajenih odlika čovjeka. U objašnjenju koncepta autori polaze od opšteg mjesta u biologiji da vrste koevoluiraju kroz antagonističke dinamičke odnose, što se jasno prepoznaje u lancu prehrane. Gotovo pa svaki izvor hrane za jednu životinju (osim voća) dio je tijela nekog organizma koji bi ga zapravo zadržao. Stoga su kod organizama koji su potencijalni plijen evoluirali mehanizmi odbrane kao što su brzina, vještine skrivanja i pritajenosti, oklop. S obzirom da se biljke od herbivora ne mogu odbraniti kretanjem (ponašanjem) kod njih su evoluirali hemijski mehanizmi odbrane pomoću otrova, nadražajnih supstanci ili gorkog okusa. Odbrane su genetski zasnovane pa je tempo promjena relativno

spor, što uslovljava da su odbrane tokom životnog vijeka jedinke fiksne. S druge strane, kod organizama napadača evoluirali su mehanizmi napada. Među vrstama koje se brane i koje napadaju uspostavlja se balans jer se i napadi i odbrane odvijaju u okviru istog evolucijskog vremena. Pri tome je napad ipak inovativno ograničen s obzirom da svako poboljšanje napada mora biti učinkovito. Selekcija sve boljih odbrana dovodi do selekcije sve boljih napada, što je začarani krug koevolucije kompetencija između vrsta.

Prema Toobyu i DeVoreu (1987), ulaskom u kognitivnu nišu, čovjek je stekao mnoge zoološki jedinstvene karakteristike koje ga čine distinktivnom vrstom. Čovjeku su postale dostupne kao izvori hrane na hiljade novih biljaka i životinja (orašasti plodovi, sjemenke, dijelovi životinja, ptice, ribe, školjke, jaja iz gnijezda, biljna hrana iz kojih se otrovi ili druge nejestive komponente mogu neutralizovati procesom kuhanja, brze životinje koje se love pomoću zamki, životinje čiji lov zahtijeva blisku međusobnu saradnju). Stekao je vještine i sposobnosti pomoću kojih „iznenadnim“ napadom može izigrati odbrane biljaka i životinja. Ovakav napad sastoji se iz mnogih novih i diskretnih manipulacija, evolucijski jedinstvenih akcija od kojih napadnuti organizam nije spreman da se brani jer nije opremljen da pruži adekvatan odgovor. Iznenadne akcije su prema cilju usmjerene i dizajnirane kao odgovor na određenu situaciju. Nadvladavanje odbrana drugih organizama omogućio je proces konceptualnog apstrahiranja situacija, tj. model o tome koje manipulacije su neophodne kako bi se postigao proksimalni cilj povezan sa opstankom. Ulazak u kognitivnu nišu i proširenje kognitivnih sposobnosti omogućilo je čovjeku postizanje fleksibilnih rješenja i drugih adaptivnih problema, ne samo onih vezanih za pribavljanje hrane. Srž ovih uređenih i kognitivno organizovanih sekvenci ponašanja je kauzalna ili instrumentalna inteligencija, odnosno sposobnost kreiranja i održavanja modela kauzalnih efekata svijeta kao vodiča za formiranje sudova o tome koja akcija vodi ka kojem rezultatu (Tooby i DeVore, 1987). Modeli kognitivnog sistema filtriraju potencijalne odgovore (kojih postoji nebrojeno mnogo) kako bi nova ponašajna sekvenca bila odgovarajuća za postizanje cilja. I dalje su eksploracija, pokušaji i pogreške i povratne informacije esencijalne za sistem, ali same nisu adekvatne i dovoljne za konstrukciju i održavanje novog i efikasnijeg sistema. Ova instrumentalna inteligencija, kako je nazivaju Tooby i DeVore (1987), zapravo je improvizacijska inteligencija (Cosmides i Tooby, 2002).

Mnoge „zoološke anomalije“ čovjeka aspekti su kognitivne niše. Tako je npr. korištenje oruđa zapravo instrumentalna manipulacija objektima, dok je usvajanje vještina usavršavanje kognitivnih alata potrebnih za postizanje uspješne manipulacije u specifičnim situacijama. Sa kognitivnim inovacijama evoluirao je i jezik, jedna od najvažnijih distinktivnih karakteristika čovjeka. Jezik je omogućio razmjenu uzročno-posljedičnih modela što je dovelo do značajne prednosti. Naime, pojedinac više nije ograničen na model kojeg on sam konstruira, ili na informacije koje može direktno posmatrati. Od modela korist mogu imati i srodnici kao i potomci kroz mnoge sljedeće generacije. Stoga Tooby i DeVore (1987) u kognitivnoj niši prepoznaju važnu socijalnu dimenziju i osnove kulture. Na kraju, ulazak u kognitivnu nišu odvelo je čovjeka u mnoge nove habitate širom planete, jer je, kroz sposobnosti novih manipulacija, čovjeka oslobodilo zavisnosti opstanka od specifičnih okolina i ponašajno kontrolisanih znakova. Čovjek je postao spreman za opstanak u novim i različitim habitatima.

## 4.4 Evolucija opšte inteligencije

Prema načelu OEA, psihološki mehanizmi evoluirali su kao odgovor na stabilne karakteristike okoline u kojoj su živjeli daleki preci savremenog čovjeka. U današnjem svijetu ovi mehanizmi nisu nužno adaptivni. S druge strane, načelo evolucijskog gradualizma nalaže da je dizajn uma rezultat adaptacije genetske kompleksnosti koja nije sposobna brzo reagovati na selekcijske pritiske (Tooby i Cosmides, 2005). Evolucijske promjene, posebno one koje se odnose na kompleksno ponašanje, dešavaju se isuviše sporo da bi dovele do značajnijih genetskih promjena u zadnjih nekoliko stotina generacija. Stoga su ljudi osuđeni na adaptacijsko zaostajanje (Laland i Brown, 2006). Zbog neslaganja između naše biologije i naše okoline evoluirani psihološki mehanizmi ne mogu proizvesti adaptivni odgovor u okolini modernog čovjeka koja je, u poređenju sa okolinom prahistorijskog pećinskog čovjeka, doživjela dramatične promjene.

Međutim, rezultati novijih istraživanja dovode u pitanje koncepte adaptivnog zaostajanja, gradualizma i evolucije psiholoških mehanizama u stabilnoj OEA. U genetičkim istraživanjima, detektovani su geni koji su bili predmetom skorijih selekcija (Sabeti i sar., 2006; Voight i sar., 2006). Rezultati istraživanja ukazuju na značajne genetske promjene u zadnjih 5.000 godina, sa mogućim efektom i do 10%. Događaji iz holocena (zadnjih 10.000 godina), posebno pojava agrokulture, priritomljavanje životinja i povećanje gustoće naseljenosti, smatraju se glavnim skorašnjim izvorima selekcije i mogućeg ubrzanja ljudske evolucije (Voight i sar., 2006; Laland, Odling-Smee, Myles, 2010). Rezultati istraživanja snažno ukazuju da je nedavna evolucija ljudske vrste bila pod uticajem odgovora na odlike okoline koju je kreirao sam čovjek (Barnes i sar., 2010; Laland, Odling-Smee, Myles, 2010).

Paleoekološka i paleoantropološka istraživanja ne govore u prilog relativne stabilnosti prethodnih geoloških perioda. Pleistocen je bio period značajnih varijacija i progresivnih promjena u sklopovima varijacija (Loulergue, 2008). Čovjek je bio prisiljen adaptirati se brzim promjenama ekoloških uslova kroz razvijanje adaptacija usmjerenih prema novim i nepredviđenim uslovima. Prema Chiappeu i MacDonaldu (2005) okruženje evolucijske adaptivnosti nije period stabilnosti, nego naprotiv, period brzih promjena. Ljudi i drugi sisari bili su prisiljeni adaptirati se nekonzistentnim selekcijskim pritiscima zbog brzih promjena ekoloških uslova (Potts, 1998; Richerson i Boyd, 2000). Okolinske fluktuacije postale su izrazito izražene od miocena do danas. Promjene nisu bile ciklične, nego naprotiv, nepredvidive i nisu se ponavljale. Uključivale su promjene od glacijalnih do toplih uslova koje su se dešavale unutar nekoliko dekada i promjene od uslova hladnih stepa do toplih šuma sa periodima klimatske stabilnosti. Brze lokalne promjene također su se dešavale zbog aktivnosti vulkana i pojave zemljotresa.

Prema temeljnoj premisi evolucijske psihologije, ljudski um opremljen je modulima, odnosno mehanizmima specifičnim za domene koji su specijalizovani za procesiranje specifičnih ulaznih informacija i generisanje određenih rješenja. Moduli su tako dizajnirani da rješavaju probleme specifičnog domena kroz mapiranje ulaznih na izlazna svojstva (Fodor, 2000). Operacije modula su mandatorne, brze, odvijaju se bez učešća svijesti i uz pomoć

pohranjenih informacija o specifičnom domenu u kojem se izvode. Moduli su evoluirali kao optimalna solucija dugotrajnih problema i znakova relevantni za njihovo rješavanje koji se često pojavljuju. Modularni pogled na evoluciju ljudskog uma uspješno objašnjava načine na koji um odgovara na ponavljajuće i stabilne sklopove evolucijski značajnih informacija (Geary i Huffman, 2002). Međutim, neki autori smatraju da mehanizmi specifični za domen nisu dovoljni za razumijevanje mnogih aspekata evolucije inteligencije. Tako, naprimjer, Chiappe i MacDonald (2005) smatraju da modularna perspektiva teško može objasniti kako ljudi rješavaju nove probleme ili ponavljajuće probleme na drugačije načine jer, prema definiciji, ne postoje relacije između ulaznih i izlaznih karakteristika utemeljene u prošlim ponavljanjima, a što je nužno za rješavanje problema. Stoga mehanizmi specifični za domene, iako važni, čine samo jedan dio objašnjenja kako inteligencije savremenog čovjeka, tako i inteligencije hominina i drugih vrsta. Mehanizmi generalni za domene olakšavaju rezonovanje i adaptivno rješavanje problema, posebno u novim, promjenjivim i kompleksnim situacijama, te su stoga od ključne važnosti u postizanju evolucijskih ciljeva. U teorijama inteligencije ovi mehanizmi predstavljaju opšti faktor inteligencije.

Prema Gottfredsonovoj (1997) *Inteligencija je opšti mentalni kapacitet koji, između ostalog, uključuje sposobnost rezonovanja, planiranja, rješavanja problema, apstraktnog mišljenja, razumijevanja kompleksnih ideja, brzog tempa učenja i učenja iz iskustva*<sup>20</sup>. Opštost ljudske inteligencije evidentna je na fenotipskom, genetskom i funkcionalnom nivou (Gottfredsonova, 2007). Najsnažniji dokaz na fenotipskom nivou je nalaz prema kojem svi testovi inteligencije uključuju generalni faktor inteligencije. Osim toga, sve sposobnosti se mogu pozicionirati na dimenziji opštosti – specifičnosti, pri čemu su one najgeneralnije na vrhu, a veoma specifične sposobnosti na dnu hijerarhije. U Carrollovoj (1993) teoriji tri stratuma, jednoj od najuticajnijih psihometrijskih konceptualizacija inteligencije, sposobnosti su hijerarhijski organizovane. Na vrhu hijerarhije nalazi se opšti faktor *g*, na nivou ispod osam do deset užih sposobnosti, a na još nižem nivou nenormalnosti nalaze se specifične sposobnosti. Gottfredsonova navodi i dokaze koji ukazuju na opštost ljudske inteligencije na genotipskom nivou (npr. Plomin, DeFries, McClearn i McGuffin, 2001). Heritabilnost IQ-a kreće se od 40% u predškolskoj dobi, 60% u adolescenciji i 80% u odrasloj dobi. Na kraju, opšta inteligencija ima visoko generalizovan efekt na mnoge indikatore blagostanja pojedinca, od fizičkog zdravlja do socijalnog statusa (Deary, Whiteman, Starr, Whalley i Fox, 2004). Opšta inteligencija je najsnažniji prediktor dobrih i loših životnih ishoda kao što su uspjeh u školi i poslu, delinkvencija. Tako je, naprimjer, rizik od razvoda unutar pet godina mladih bijelaca sa niskim IQ (ispod 75) dva puta veći u poređenju sa rizikom bijelaca sa visokim IQ (iznad 125), dok je taj odnos još veći za nezaposlenost (šest puta) i život u siromaštvu (15 puta).

Opštu inteligenciju, kao adaptaciju na novosti i nepredvidivosti, nalazimo i kod životinja. Životinje često donose odluke o načinima postizanja ciljeva u situacijama u kojima je prošlo učenje neefikasno. U literaturi iz ornitologije i primatologije može se naći dosta primjera posmatranja životinja koje koriste nove ponašajne obrasce kako bi riješili ekološke

<sup>20</sup> Navedna definicija objavljena je u „Mainstream Science on Intelligence“, javnoj izjavi koju je napisala Gottfredsonova, a potpisana je od strane 52 vodeća naučnika specijalizovana za područje inteligencije i srodnih područja.

probleme. Životinje u prirodnom okruženju često rješavaju probleme za koje moraju izmisliti nova ili fleksibilna rješenja (Ricklefs, 2004). Klasični primjer je ponašanje plave sjenice (*Cyanistes caeruleus*) koja je naučila otvoriti poklopac sa flaše od mlijeka<sup>21</sup>. Nadalje, gavran je ptica koja obitava u različitim dijelovima svijeta, od arktičkih tundri do šuma, planina, urbanih okruženja. U svakom od ovih okruženja gavran pokazuje sposobnosti odgovora na adaptivne probleme na veoma fleksibilan način. Prema Heinrichu (2000) ponašajna fleksibilnost gavrana rezultirala je iz mehanizama rješavanja problema koji su evoluirali kao način iskorištavanja različite i nepredvidive okoline. Sistematska dokumentacija takvih ponašanja pokazuje da su neke životinje sposobnije producirati nova ili modifikovana ponašanja od drugih i da takve životinje (tzv. inovativne životinje) imaju relativno veći mozak (pregled dat u Lefebvre i sar., 2004).

#### 4.4.1 Motivacija – ključ rješenja „problema okvira“

Za razliku od Cosmidesove i Toobyja (2002), prema kojima su generalni kognitivni mehanizmi slabi jer generalnost implicira široku nesposobnost<sup>22</sup>, Chiappe i MacDonald (2005) smatraju da mehanizmi opšte inteligencije i generalno učenje (engl. *domain – general learning*) predstavljaju snažne alate koji su dizajnirani za rješavanje novih problema u okolini evolucijske adaptivnosti. Iz perspektive modularnosti teško je objasniti kako ljudi uspijevaju rješavati nove probleme ili kako mogu riješiti rekurentni problem na novi način. Generalni mehanizmi su centralni u kogniciji, kako ljudi, tako i životinja, jer omogućavaju rješavanje novih problema. Kada je u pitanju inteligencija, generalni mehanizmi uključuju egzekutivne funkcije radnog pamćenja, koji su svjesni, kontrolisani, nekapsulirani i generalnog domena.

U elaboraciji važnosti opšte inteligencije, Chiappe i MacDonald (2005) najprije predlažu rješenje tzv. problema okvira. Naime, hipotetski organizam opremljen sistemom prazne ploče, ne bi bio sposoban odrediti koji od bezgranično mnogo problema treba biti riješen kako bi se postigao opstanak i reprodukcija. Takav organizam suočava se sa „eksplozijom kombinacija“ (Tooby i Cosmides, 1992) mogućih ponašanja jer u bilo kojoj tački može raditi bilo šta od bezgranično mnogo akcija. Bez mehanizama uokvirivanja (engl. *framing mechanisms*) koji služe kao vodilje prema rješenju adaptivnih problema, osoba koja rješava problem stalno bi izmišljala rješenja koja nemaju veze sa problemom (Gelman i Williams, 1998). Upravo zbog problema okvira, za mnoge kognitivne naučnike modularna perspektiva je adekvatno objašnjenje.

<sup>21</sup> Tokom 1921. godine u Swaythlingu, Engleska, zabilježene su misteriozne pojave. Naime, iz boca mlijeka koje su dostavljane ispred kućnih vrata, sva kremasta masa koja se skuplja na vrhu boce, bila je popijena. I pored toga što su imenovani potencijalni krivci, misteriozno nestajanje krema se nastavilo. Nakon izvjesnog vremena, otkriven je lopov. Radilo se o plavoj sjenici. Narednih godina uvedeni su različiti načini zatvaranja boca, ali uglavnom bez većeg uspjeha. Osim toga, ovakvo ponašanje ptica proširilo se Engleskom, a zatim i Evropom.

<sup>22</sup> Cosmidesova i Tooby (2002) navode da su generalni mehanizmi u suštini slabi za rješavanje adaptacijskih problema. Kako bi opisali mogućnosti generalnih mehanizama, autori koriste stilsku figuru „*Jack of all trades, master of none*“, koja se odnosi na osobu koja je kompetentna u mnogim vještinama, ali provodi toliko mnogo vremena u učenju svake nove vještine da zapravo ne može postati ekspert niti u jednoj.

Prema Chiappeu i MacDonaldu (2005), ključ rješenja „problema okvira“ je u evoluiranom sistemu motivacije. Naime, sistem motivacije organizmu pruža signale adaptivne relevantnosti pozitivne ili negativne valencije, koji pomažu u rješavanju problema okvira i u isto vrijeme omogućavaju evoluciju rješavanja problema generalnog domena. Npr. motiv gladi uz činjenicu da određeno ponašanje pouzdano rezultira njegovim zadovoljenjem, strukturiraju ponašanje i efikasno preveniraju eksploziju kombinacija. Ponašanje nije slučajno, kako implicira modularna perspektiva, jer je motivisano željom da se ublaži osjećaj gladi.

Mehanizmi motivacije mogu se smatrati skupom adaptivnih problema koje treba riješiti ali čija rješenja su veoma nespecificirana (Chiappe i MacDonald, 2005). Motivacijski sistemi, kao što je glad, omogućavaju evoluciju bilo kojeg kognitivnog mehanizma, bez obzira kako oportunistički, fleksibilan i generalnog domena taj mehanizam bio. Naprimjer, dijete može riješiti problem gladi na različite načine: kroz uspješno privlačenje pažnje skrbnika, kroz posmatranje drugih koji uspješno zadovoljavaju potrebu za hranom ili npr. kroz razvijanje sofisticiranog plana koristeći eksplicitne reprezentacije ciljeva i hijerarhijski strukturirani skup procedura za njihovo postizanje. Evoluirani ciljevi rješavaju „problem okvira“ kroz kanalisanje operacija egzekutivnih funkcija duž adaptivnih linija. Najprije, evoluirani ciljevi osiguravaju usmjeravanje pažnje prema znanju koje je „nadohvat ruke“ a koje je relevantno za zadatak (npr. kako sam uspješno dolazio do hrane u prethodnim prilikama). Nadalje, ciljevi motivišu osmišljavanje odgovarajućih strategija, uključujući strategije koje se temelje na prošlom iskustvu, ali također i na novim strategijama dizajniranim za prevazilaženje novih poteškoća.

Motivacija je centralna komponenta mnogih psiholoških adaptacija. Za bilo koju kognitivnu adaptaciju, ključni podskup adaptacija mora funkcionisati kao pokretač angažmana u adaptivno ponašanje. MacDonald (1991), adaptacije koje konstituišu fundamentalne biosocijalne ciljeve čovjeka naziva evoluirane motivacijske dispozicije, EMD (engl. *evolved motive dispositions*). Ponašanje vođeno potragom za nagradom (ili izbjegavanjem kažnjavanja) omogućava korištenje fleksibilnih strategija i evoluciju kognitivnih mehanizama generalnog domena. Problem hrane ljudi mogu riješiti na mnoge načine, npr. korištenjem mehanizama povezanih sa opštom inteligencijom. Pri tome nije potrebno da osoba posjeduje specifičan skup evoluiranih mehanizama za ublažavanje gladi ili postizanja drugih EMD-ova. Chiappe i MacDonald (2005) smatraju da je rješavanje problema oportunističko – ljudi mogu zadovoljiti svoj EMD i zadovoljiti ciljeve nižeg nivoa koristeći bilo koji ili sve raspoložive mehanizme. Jedini kriterij izbora mehanizama je efektivnost u postizanju cilja: nakon isprobavanja različitih strategija slijedi selekcija one koja je efektivna.

Chiappe i MacDonald (2005) smatraju da postoji čitav niz mehanizama opšte namjere koji odgovaraju adaptivno na rekurentne probleme. Funkcija opšte inteligencije bila je upravo postignuće evolucijskih ciljeva u uslovima koje karakteriše minimalna količina prijašnjega znanja. Adaptacija opšte namjene, uključuje radno pamćenje, analogno rezonovanje i apstrakciju, odnosno dekontekstualizaciju, koje su u međusobnoj interkorelaciji s generalnim faktorom.

#### 4.4.2 Hipoteza smrtonosnih inovacija

Kao što je to slučaj u današnje vrijeme, opšta inteligencija je kroz evolucijsku povijest imala veoma važnu ulogu u svakodnevnom životu. Kognitivni zahtjevi čak i svakodnevnih zadataka mogu biti dovoljno visoki da manje inteligentnu osobu izlože relativno većem riziku doživljavanja neželjenih životnih ishoda, uključujući i one koji dovode do prijevremene smrti. Nesreće sa ozbiljnim povredama i smrtnim ishodima su potencijalno snažna sila koja utiče na evoluciju generalnih mehanizama rješavanja problema (ali ne i specijalizovanih modula) jer dovode do negativne selekcije manje inteligentnih pojedinaca kroz evolucijsku povijest. Ovakve nesreće disproporcionalno više pogađaju reproduktivno sposobne muškarce koji su kroz povijest vrste angažovani u poslovima opskrbe, pa su njihovom nesrećom pogođeni i potomci. Uloga opšte inteligencije važna je i u preveniranju nesreća prilikom obavljanja kognitivno zahtjevnih poslova, jer osobe sa visokom opštom inteligencijom imaju veće šanse da izbjegnu nesreće. Prema hipotezi smrtonosnih inovacija (Gottfredson, 2007), ljudske inovacije kreirale su, pa čak i povećale, različite rizike i opasnosti i preranu smrt. Ovo je, s druge strane, dovelo do selekcijskog pritiska na evoluciju opšte inteligencije.

Inspekcija populacijskih distribucija nesreća sa smrtnim ishodom jasno ukazuje na njihovu selekcijsku ulogu kada su u pitanju osobe sa višom inteligencijom (Gottfredson, 2007). Osim što su nesreće česte u svim društvima, disproporcionalno su češće kod muškaraca u reproduktivnoj dobi i kod osoba nižeg socioekonomskog statusa. S obzirom da postoji tendencija da osobe nižeg socioekonomskog statusa imaju niži IQ, te visoku heritabilnost inteligencije u odrasloj dobi (i do 80%), visoka stopa nesreća sa smrtnim ishodom u statusu osoba nižeg socioekonomskog statusa rezultat je niže opšte inteligencije, ne siromaštva. U studiji koju su O'Toole i Stankov (1992) proveli na australijskim ratnim veteranima, pokazano je da je IQ najbolji prediktor saobraćajnih nesreća sa fatalnim ishodom. Autori su utvrdili da je svaki dodatni bod na IQ skali povezan sa smanjenjem rizika od smrtnosti od 1%. Tako je za pojedinca koji se na IQ skali nalazi 15 bodova iznad prosjeka (115 vs. 100) rizik smrtnosti manji za 15% u odnosu na pojedinca koji ima prosječan IQ. Nadalje, Gottfredsonova navodi da je IQ povezan i sa teškim nesrećama, koje ne dovode do smrti ali negativno utiču na reproduktivnu moć pojedinca. Osobe sa nižim IQ pod većim su rizikom od utapanja, učešća u saobraćajnim nesrećama, povreda uzrokovanih eksplozijama, objektima koji padaju i oštrim predmetima (Gottfredson, 2007).

U prilog hipoteze smrtonosnih inovacija, prema Gottfredsonovoj govore i studije u kojima je predmet istraživanja bilo preveniranje nesreća. Prevencija nesreća je kognitivno zahtjevna jer uključuje značajne kapacitete kao što su sposobnost konstrukcije scenarija, razmišljanja o različitim „šta ako“ mogućnostima, anticipacija kompleksnih kontingencijskih varijabli, poduzimanje mjera opreza koje smanjuju rizik. Zapravo, kognitivni zahtjevi zadataka tipični za kompleksne poslove također su u središtu prevencije slučajnih povreda: izlaženje na kraj sa neočekivanim situacijama, brza identifikacija problemskih situacija, brzo reagovanje kada se neočekivani problem desi (Gottfredson, 2007). IQ najbolje predviđa razlike u obavljanju visoko zahtjevnih poslova. Korelacije se kreću od 0,2 za jednostavne poslove do 0,8 za najkompleksnije poslove. Kognitivne sposobnosti barem donekle pomažu u obavljanju svih poslova, ali ove korelacije pokazuju da uloga opšte inteligencije raste sa



kompleksnošću posla. Isto vrijedi i izvan radnog okruženja, pa tako i u situacijama kada se osoba koristi mnogim tehničkim i tehnološkim inovacijama.

Sljedeći izvor dokaza koji govore u prilog hipotezi smrtonosnih inovacija su rezultati antropoloških studija. Gotfredsonova navodi rezultate antropoloških istraživanja koja su proveli Hill i Hurtado (1996) na pripadnicima plemena Sjevernih Ache, društava lovaca sakupljača iz Istočnog Paragvaja. Svakodnevni život pripadnika ovog plemena veoma je dobro dokumentovan. Posebno je vrijedna građa o njihovom životu prije značajnijeg kontakta sa spoljnim svijetom. Analizirajući epidemiološke podatke povreda sa smrtnim ishodom, Gotfredsonova je utvrdila da od fatalnih nesreća strada znatno veći broj muškaraca nego žena, i to tokom perioda adolescencije i srednjih godina (od 15 do 59), što je u skladu sa spolnom i dobnom distribucijom takvih nesreća i kod pripadnika plemena !Kung (Howell, 2000). Nadalje, znatno je veća smrtnost od bolesti kod muškaraca u istoj dobnoj skupini (ali ne i u drugim dobnim skupinama) što sugerše da je najveći broj fatalnih bolesti (groznica, infekcije, rane) zapravo posljedica povreda. Rezovi, ubodi, ugrizi su ulazne tačke za infekcije koje mogu dovesti do smrtnih posljedica ako se ne tretiraju na odgovarajući način.

Ako se kognitivne kompetencije mogu dovesti u vezu sa nesrećama u modernom dobu, onda se na isti način kognitivnim kompetencijama mogu predvidjeti nesreće i u doba prahistorijskih ljudi, naročito jer su u to vrijeme ljudi još više zavisili od vlastitih resursa i „dobrih“ procjena. Tehničke i tehnološke inovacije koje su omogućile bolju opskrbu i odgovarajuće procesiranje hrane, kreirale su nove fizičke opasnosti koje su povećale razlike u riziku od slučajnih smrti. Pronalazak vatre praljudima je omogućio termičku obradu hrane i njenu bolju iskoristivost, ali je također dovelo do novih opasnosti koje su vodile do povreda ili nesreća. Oružje je omogućilo efikasniji lov, ali je također postalo izvorom povreda ili smrti. Među pripadnicima plemena !Kung iz Bocvane najozbiljniji uzrok nesreća u lovu nisu životinje nego oružje koje pripadnici plemena koriste za lov (Howell, 2000). Kanui su omogućili ljudima iskorištavanje novih teritorija i resursa hrane, ali su također kreirali visok rizik od utapanja. Ukratko, iako je tačno da su hominini postigli značajan nivo ekoloških dominacija i uspjeli izaći na kraj sa neprijateljskim silama koje su otežavale opstanak, nove tehnološke inovacije kreirale su nove opasnosti koje su rezultirale povredama ili smrću pojedinaca koji su bili manje inteligentni. Sa svakom novom inovacijom jačala je prirodna selekcija opšte inteligencije.

Gotfredsonova (2007) navodi nekoliko objašnjenja hipoteze smrtonosnih inovacija: „dvostruka šteta“, spiralno povećanje kompleksnosti i migraciona zaporna sprega. U objašnjenjima se navode faktori koji su djelovali tokom proteklih pola miliona godina a koji su mogli povećati razlike u preživljavanju pojedinaca sa visokom i nižom opštom inteligencijom.

#### *Dvostruka šteta (engl. double – jeopardy)*

Inovacije su najčešće kreirali i uvodili pojedinci sa visokom opštom inteligencijom. Ako su bile korisne, produkti inovacija su se širili odozgo prema dolje na kontinuumu normalne raspodjele inteligencije. Učenje korištenja kao i samo efikasno korištenje inovacija zahtijevalo je barem u određenoj mjeri opštu inteligenciju. Replikacije i korištenje bili su povezani sa greškama i manjom efikasnošću zavisno od difuzije inovacija niz kontinuum opšte

inteligencije. Razumijevanje korisnosti inovacija smanjivalo se sa difuzijom inovacija prema dijelu nižih vrijednosti na normalnoj raspodjeli opšte inteligencije, što je s druge strane povećavalo rizik od fatalnih povreda. Rizik od fatalnih povreda povećava se sa smanjenjem opšte inteligencije. Stoga će osobe sa nižom opštom inteligencijom biti pod većim rizikom od fatalnih povreda u poređenju sa osobama sa visokom opštom inteligencijom. Inovacije uvećavaju svoju selekcijsku snagu jer povećavaju učestalost izloženosti nepovoljnijim situacijama manje inteligentnih članova grupe. Ne samo da manje inteligentni pojedinci postaju skloniji povredama i prijevremenoj smrtnosti, već i njihova djeca trpe posljedice jer roditelji koji su doživjeli povredu ili prijevremenu smrt nisu u mogućnosti da im pruže odgovarajuću zaštitu i skrb.

#### *Spiralno povećanje kompleksnosti (engl. spiraling complexity)*

Sa povećanjem kompleksnosti tehnologije, povećava se važnost opšte inteligencije za izbjegavanje novih opasnosti koje sa sobom donosi napredak. Npr. u svrhu efektivne reprodukcije, upotrebe i samozaštite, nove tehnike koje obezbjeđuju opskrbu (npr. hortikultura) mogu zahtijevati veći nivo učenja ili rezonovanja u poređenju sa starijim, prethodno korištenim tehnikama (npr. sakupljanje plodova) jer zahtijevaju od osobe određene sposobnosti (npr. razumijevanje lanca uzroka i posljedica ili sagledavanje većeg broja koraka unaprijed (Gordon, 1997). Kompleksnost se također povećava novim uslovima zadataka ili konfiguracijama, a što dovodi do većeg kognitivnog opterećenja. Osobe sa nižom opštom inteligencijom su znatno vulnerabilnije na kognitivno preopterećenje nego osobe sa visokom opštom inteligencijom.

#### *Migraciona zaporna sprega (engl. migration ratchet)*

Sa migriranjem iz Afrike u nove i nepoznate teritorije Evrope, Azije i Amerike, nove okoline kreirale su pritisak za produkciju novih i inovativnih tehnologija kontrole i korištenja resursa. Najpametniji članovi grupa bili su oni na koje se grupa mogla osloniti kada se suočavala sa novim prijetnjama opstanku, kao što su bili hladnoća ili veća varijabilnost u vremenskim prilikama ili izvorima hrane. Oni su, potaknuti nedaćama, razvijali tehnike koje su okruženje činili manje ekstremnim i više predvidivim (Low, 1990). Premda je migriranje u nove klime (ili klimatske promjene *in situ*) dovelo do mnogih inovacija, inovacije su svakodnevni život učinile kognitivno kompleksnijim. Svaki napredak u tehnologiji mogao je povećati potrebu za anticipacijom, prepoznavanjem, postavljanjem prioriteta i brzim ublažavanjem potencijalnih neželjenih efekata. Stoga je migriranje u manje gostoljubive klime podstaklo kreiranje novih tehnologija, koje su mogle povećati rizik od nesretnih događaja.

### **4.4.3 Koevolucija opšte inteligencije i kulture**

Prema Kanazawai (2004), naši davni preci zapravo nisu trebali „misliti“ kako rješavati probleme jer je rješenje već bilo pripremljeno. Bilo je potrebno samo slijediti diktat psiholoških mehanizama koji su sadržavali svojevrsnu anticipaciju problema i njihovih rješenja. Međutim, neki problemi bili su novi. S obzirom da nisu bili rekurentni, bilo je

nemoguće da evolucija kroz prirodnu i seksualnu selekciju „anticipira“ njihovu prirodu i dizajnira specifičan modul za njihovo rješavanje. Stoga je evoluirala opšta inteligencija kao adaptacija na specifični domen nerelevantnih i novih problema. Prema Kanazawai (2004), opšta inteligencija ne pomaže u rješavanju evolucijski poznatih problema, kao što su pronalaženje partnera, roditeljstvo ili socijalizacija, ali je postala važna za uspjeh u modernom društvu jer se okolina radikalno promijenila zadnjih 10.000 godina te su mnogi problemi današnjice evolucijski novi.

Dva su „egzogena šoka“ drastično promijenila dugi period relativne stabilnosti, dovela do ulaska u nova evolucijska okruženja i do ubrzane evolucije opšte inteligencije (Kanazawai, 2004). Prvi je bio velika seoba ljudi iz Afrike prije 80.000 godina i njihovo naknadno širenje ostatkom svijeta. Drugi, koji je imao snažnije posljedice na evoluciju opšte inteligencije, bila je pojava agrokulture prije 10.000 godina. Agrokultura i njene posljedice imale su snažan selekcijski pritisak na opštu inteligenciju. Rastao je broj adaptivnih problema koji su bili evolucijski novi i nisu se mogli rješavati dotada evoluiranim psihološkim mehanizmima. Pojedinci koji su imali više sposobnosti opšte inteligencije uspješnije su rješavali nove probleme i imali veći reprodukcijski uspjeh.

Opšta inteligencija mijenjala je okruženje i kulturu pa se sa povećanjem opšte inteligencije razvijala i kultura. Inteligentnije osobe mogle su izumiti nova oruđa i institucije socijalnog uređenja, ne samo u svrhu rješavanja adaptivnih problema, već i kako bi spriječili njihovo ponovno javljanje u budućnosti. S druge strane, svaki novi element kulture činio je okruženje evolucijski sve novijim, praveći time sve veći selekcijski pritisak na opštu inteligenciju. Tako je sve veća opšta inteligencija sve više mijenjala kulturu, koja je okruženje činila sve kompleksnijim, praveći sve veći selekcijski pritisak na opštu inteligenciju, čime se krug koevolucije inteligencije i kulture zatvara i iznova ponavlja.

## 4.5 Evolucija inteligencije u okviru evolucijske edukacijske psihologije

Evolucijska edukacijska psihologija (EEP) nova je perspektiva edukacijske psihologije koja savremeno obrazovanje nastoji razumjeti iz pozicije teorije evolucije. Prema evolucijskoj edukacijskoj psihologiji, inteligencija današnjih ljudi rezultat je njenog razvoja u specifičnom okruženju evolucijske adaptivnosti, obilježenim lovom, sakupljanjem plodova i igrom.

Najveći period postojanja *Homo sapiens* bio je obilježen lovom i sakupljanjem. U razmjerima evolucijske povijesti, period bavljenja agrokulturom i uzgojem domaćih životinja čini tek mali dio (između 15.000 i 20.000 godina), koji nije mogao značajno uticati na oblikovanje genotipa modernog čovjeka. Stoga se smatra da život u lovačko-sakupljačkim zajednicama čini okolinu evolucijske adaptivnosti u kojoj je oblikovan genotip savremenog čovjeka. Etolozi i evolucijski psiholozi smatraju da su naši bazični psihološki mehanizmi oblikovani upravo u kontekstu lovačko-sakupljačkog načina života (Bjorklund 1997; Bjorklund & Pellegrini, 2002; Geary & Bjorklund, 2000). U lovačko-sakupljačkim zajednicama ljudi su živjeli u svom prirodnom fizičkom, kulturalnom i psihološkom okruženju. Antropolozi i etolozi čvrsto vjeruju da se takav način života zadržao i danas u nekim, od moderne civilizacije, udaljenim zajednicama. Rezultati istraživanja takvih zajednica otkrivaju nam specifične načine učenja i podučavanja djece (Gosso, Otta, de Lima Salum e Morais, Ribeiro i Bussab, 2005). Svakodnevica djece gotovo u potpunosti je obilježena igrom. Djeca se slobodno kreću i nisu izložena naredbama od strane odraslih. Do sedme godine života gotovo sve svoje vrijeme provode u igri. Oblici igara su različiti, od neformalnih igara, koje zahtijevaju intenzivne lokomotorne aktivnosti, do onih u kojima postoje eksplicitna pravila. Igrala su se sa djecom različitih dobnih uzrasta, u okruženju poznatih i bliskih odraslih osoba. I pored gotovo neograničene slobode, djeca su usvajala pravila, obrasce ponašanja, socijalna ograničenja i učila se kompetencijama potrebnim za svakodnevni život (Nunes, 1999). Igra je postala adaptacijski proizvod evolucijske povijesti. I danas je djeci prirodni kontekst u kojem se na efikasan način odvija usvajanje određenih znanja i kompetencija. Stoga Bjorklund (2007) smatra da učionica, u kojoj se uglavnom odvija učenje i podučavanje, nije prirodna sredina. Zapravo, djeca nisu evoluirala da mirno sjede u školskim klupama, sa drugom djecom iste dobi, i da budu podučavana od strane nepoznate odrasle osobe.

### 4.5.1 Hipoteza ekološke dominacije/socijalne kompeticije

Evolucijska edukacijska psihologija razvila se iz hipoteze ekološke dominacije/socijalne kompeticije (Alexander, 1989; Flinn, Geary i Ward, 2005). Prema Alexanderu (1989), izuzetna sposobnost čovjeka da obezbjeđuje i modifikuje resurse i koristi ih za opstanak i reprodukciju, omogućile su mu dominaciju ekologijama i potčinjavanje „hostilnih sila“ prirode. Od vremenskih neprilika mogao se braniti skloništem ili odjećom, odgovarajuća tehnologija obrade hrane omogućila je stvaranje zaliha koje su se mogle koristiti tokom perioda gladi. Nakon što je postignuta dominacija ekologijom u evolucijskoj povijesti ljudske vrste, otvorila su se vrata drugom selekcijskom pritisku. Kompetitivni interesi i koalicije

postali su, i ostali, centralni pritisak koji utiče na ljudsku evoluciju. Borba sa drugim ljudima za kontrolu resursa potrebnih za opstanak i reprodukciju postala je primarna sila evolucije (Geary, 1998, 2005).

Polazište za hipotezu ekološke dominacije/socijalne kompeticije njeni zagovornici nalaze u radovima Alexandera (1989, 1990). Prema Alexanderu (1990), stvarni okolinski izazovi koji su uticali na evoluciju intelekta nisu bili klima, vremenske prilike, nedostatak hrane, pa čak ni predatori. Bila je to nužnost stalnog suočavanja sa pripadnicima iste vrste u socijalnim uslovima koji su postajali sve kompleksniji i nepredvidiviji. Zapravo su socijalne vještine postale najvažnije! Nakon što je čovjek postao u tolikoj mjeri ekološki dominantan, postao je sopstvena neprijateljska sila prirode. Sa ekološkom dominacijom dolazi do smanjenja intenziteta selekcije kroz djelovanje eksternih faktora, a povećava značaj selekcije kroz interakciju sa drugim ljudima (Flinn, Geary i Ward 2005). Premda se sve vrste suočavaju sa kompeticijom među pripadnicima iste vrste, fenotip mnogih životinjskih vrsta primarno je dizajniran kroz selekciju koja uključuje ekstrinzične sile prije nego interakciju sa članovima vlastite vrste. Međutim, za čovjeka (u manjoj mjeri i za čimpanze, delfine, slonove i orke) socijalne relacije i kompeticije su od posebne važnosti. Kompeticije unutar ljudskog roda uključuju i evolucijsku „utrku u naoružanja“ (engl. *evolutionary arms race*) između koalicija (Flinn i sar., 2005), ali uspjeh koalicija zavisi jednim dijelom i od sociokognitivnih kompetencija, kao što su empatija, teorija uma, a koje zahtijevaju nove i proširene neurološke strukture.

Kroz kooperaciju unutar grupe i kompeticiju između grupa počinju se favorizovati određene sposobnosti i vještine. Povećanje lingvističkih i sociokognitivnih kapaciteta omogućavaju pojedincima da bolje anticipiraju i utiču na socijalne interakcije sa drugim ljudima. Usmjerena selekcija proizvodi sve veću modularnost (npr. jezik i teorija uma) i veće opšte kognitivne kompetencije jer je uspjeh zasnovan na relativno novim sposobnostima. Socijalno okruženje postaje autokatalizirajući prostor koji povećava selektivnu prednost povezanu sa sposobnostima anticipacije socijalnih strategija drugih hominina i mentalne simulacije i evaluacije potencijalnih protustrategija (Alexander, 1989). Modularne kompetencije dozvoljavaju hominima da brzo i efikasno procesiraju socijalne informacije koje su invarijantne kroz generacije i kontekste (npr. sposobnost čitanja bazičnih facijalnih ekspresija), dok varijabilnije, a time i manje predvidive odlike socijalnih relacija, favorizuju sposobnost mentalne konstrukcije i manipulacije različitih potencijalnih socijalnih scenarija. Ove, više opšte kompetencije uključuju radno pamćenje, kontrolu pažnje i egzekutivne funkcije (Geary, 2005).

#### **4.5.2 Motivacija za kontrolom**

Prema osnovnom postulatu teorije evolucije, ponašanje je u funkciji opstanka i reprodukcije vrste, a što je nemoguće ako se mozak i um ne usmjeravaju prema informacijama koje kovariraju sa opstankom i produžetkom vrste (Geary, 2005). Tako, naprimjer, usmjeravanje pažnje prema podražajima iz okoline koji mogu biti prijeteći, razlikovanje relevantnih od irelevantnih informacija, prepoznavanje da se radi o pokretima

predatora ili plijena, pruža mogućnost poduzimanja odgovarajućih ponašajnih reakcija koje omogućavaju preživljavanje. Evolucijom kroz prirodnu selekciju pripadnici svih vrsta udešeni su na implicitne procese donošenja odluka i ponašajne reakcije oblikovane tako da omogućavaju organizmu pristup ili kontrolu evolucionih ishoda koji dovode do preživljavanja ili produženja vrste (npr. hvatanje plijena, izbjegavanje hvatanja od strane predatora) (Gigerenzer, Todd, ABC Research Group, 1999). Geary (2007), navodi da u psihologiji postoji opšteprihvaćeno mišljenje da ljudi posjeduju bazičnu potrebu za kontrolom važnih aspekata života, kao što su međuljudski odnosi, socijalni događaji i različiti resursi<sup>23</sup>. Motivacija za kontrolom kod ljudi evoluciono je dispozicija. Ponašanje ljudi implicitno je usmjereno na pokušaj uticaja na socijalne relacije i ponašanja drugih ljudi, kao i na postizanje kontrole nad biološkim i fizičkim resursima (Geary, 1998, 2005). Motivacija za kontrolom nužna je posljedica procesa evolucije jer uspjeh u postizanju kontrole nad resursima često je značio razliku između života i smrti.

Motivacijska dispozicija integralni je dio funkcionalnih sistema koji pružaju podršku u ostvarivanju pristupa i kontrole nad esencijalnim resursima. Geary (1998) smatra da postoje sljedeći funkcionalni sistemi: 1) *motivacijska komponenta*, koja kanališe prema cilju usmjerene aktivnosti pojedinaca; 2) *emocionalna komponenta* koja pruža povratnu informaciju pojedincu o efektivnosti aktivnosti; 3) *kognitivna komponenta* koja omogućava procesiranje informacija relevantnih za postizanje cilja; 4) *psihološka komponenta* koja omogućava mentalnu konstrukciju i prizivanje kontrolisanih ponašajnih strategija; 5) *ponašajna komponenta* koja omogućava akciju u okruženju kako bi se postigao cilj. Na slici 8. dat je shematski prikaz navedenih funkcionalnih sistema. Ponašanje je u osnovi vođeno motivacijom za kontrolom socijalnih, bioloških i fizičkih resursa koji kovariraju sa preživljavanjem i reprodukcijom. Resursi potrebni za preživljavanje i reprodukciju prikazani su u osnovi sheme, i klasifikovani u tri široke kategorije, odnosno narodna modula: socijalni (npr. kompetencije potrebne za pronalaženje osobe suprotnog spola sa kojom će se ostvariti potomstvo), biološki (naprimjer, hrana) i fizički (naprimjer, teritorija). Ovi moduli rezultiraju usmjeravanju pažnje “odozdo prema gore” i omogućavaju automatsko i implicitno procesiranje socijalnih, bioloških i fizičkih sklopova informacija koji su imali tendenciju da budu isti kroz generacije ili unutar životnog vijeka osobe i koji su kovarirali sa opstankom i reprodukcijom tokom evolucije. U centralnom dijelu sheme nalaze se svjesni psihološki i kognitivni (radno pamćenje) mehanizmi koji omogućavaju strategije planiranja i rješavanja problema “odozgo prema dolje” i koji pružaju afektivnu povratnu spregu o efektivnosti aktuelnih ili mentalno simuliranih ponašanja usmjerenih na kontrolu. Ovi mehanizmi pružaju podršku motivaciji da kontroliše i operiše nad modularnim sistemima.

<sup>23</sup> Ovakvo promišljanje u skladu je sa opštim konsenzusom u psihologiji, prema kojem ljudi imaju osnovnu motivaciju postizanja određenog nivoa kontrole nad relacijama, događajima i resursima značajnim za njihov život. Autori se ne slažu oko toga da li je ova motivacija rezultat evolucije.

Slika 8. Funkcionalni sistemi koji omogućavaju pristup i kontrolu nad esencijalnim resursima



Evoluirani motivacijski sistemi kod djece dovode do sklonosti preferiranja angažovanosti u aktivnostima koje oživljavaju primarne sposobnosti i znanja koja su bila važna u ovladavanju kontrole ponašanja i socijalnog uticaja tokom ljudske evolucije (npr. formiranje socijalnih relacija). Ove aktivnosti često su u velikoj mjeri različite od aktivnosti potrebnih za savladavanje akademskih domena. Razlike između evoluiranih motivacijskih sklonosti i aktivnosti potrebnih za akademsko učenje imaju veoma važne implikacije za motivaciju za učenjem kod djece u školi i drugim evolucijski novim kontekstima, kao što je radno mjesto.

Centralni podržavajući psihološki mehanizam odnosi se na sposobnost generisanja svjesnih, eksplicitnih mentalnih reprezentacija prošlih, sadašnjih i potencijalno budućih situacija centralnih za self i relacije sa drugima, ili situacija koje omogućavaju pristup biološkim i fizičkim resursima značajnim u kulturi i ekologiji. Mentalne reprezentacije željenog ili fantazmičnog stanja, kao što je relacija sa drugim, porede se sa mentalnom reprezentacijom trenutnog, realnog stanja. Tokom ovog poređenja osmišljavaju se i prizivaju ponašajne strategije, koje se mogu koristiti kako bi se smanjila razlika između trenutnog i željenog stanja (Geary, 2005). Komponente svjesne psihološke reprezentacije su i eksplicitne atribucije o selfu, drugim ljudima, grupama, kao i ponašanjima drugih vrsta ili fizičkih fenomena.

Podržavajući kognitivni mehanizmi uključuju radno pamćenje, kontrolu pažnje, sposobnost inhibicije automatskog procesiranja informacija povezanih sa narodnim znanjem (npr. atribucijska pristrasnost), ili inhibiciju ponašajnih reakcija na ove informacije, te sposobnost sistematskog rješavanja problema i rezonovanja o sklopovima reprezentovanim u radnom pamćenju. Kognitivni procesi i procesi rješavanja problema omogućavaju osobi da

mentalno reprezentuje i manipulira informacijama procesiranim u perceptivnom sistemu (npr. zvukovi i riječi) kao i kompleksnijim formama informacija koje su rezultat integracije informacija procesiranih u socijalnom, biološkom i fizičkom modulu. Prema Gearyu (2005), radno pamćenje, kontrola pažnje i inhibicija su mehanizmi slobodni od sadržaja koji omogućavaju integraciju trenutnog svjesnog psihološkog stanja sa reprezentacijama iz pamćenja prošlih iskustava i generisanje mentalnih modela ili simulacija potencijalnih budućih stanja (Alexander, 1989; Johnson-Laird, 1983).

Kognitivni i psihološki mehanizmi imaju funkciju generisanja reprezentacija o tome kako bi svijet trebao operirati, odnosno reprezentacija o svijetu koji je najpovoljniji za opstanak i produženje vrste (Geary, 1998, 2005). Ova mentalna reprezentacija služi kao cilj kojeg treba postići te se poredi sa mentalnom reprezentacijom trenutnih okolnosti. Radno pamćenje služi kao platforma, a rješavanje problema i svakodnevno rezonovanje kao sredstvo simulacije ponašajnih strategija koje će dovesti do smanjenja razlike između idealnog i aktuelnog stanja. Ako je ponašajna strategija efektivna, razlika između idealnog i aktuelnog stanja će se smanjiti i pojedinac će biti bliže postizanju kontrole resursa. Afektivni mehanizmi mogu na različite načine uticati na ponašajne strategije. Emocije pružaju povratne informacije socijalnom okruženju, dok osjećaji pružaju povratne informacije pojedincu o efektivnosti ponašajnih strategija. Pozitivna osjećanja služe kao potkrepljenja ako je strategija efektivna, dok negativna osjećanja dovode do kazne ili odustajanja od ponašanja kada strategija nije efektivna (Gray, 1987).

### 4.5.3 Biološki primarni domeni

Kognitivni i moždani sistemi današnjeg čovjeka koji su evoluirali kako bi usmjeravali pažnju, procesirali i upravljali ponašajnim odgovorima evolucijski značajnih informacija, čine biološki primarnu ili sržnu domenu ljudske kognicije. Biološki primarni domeni obuhvaćaju evolucijski značajna područja narodne fizike, narodne biologije i narodne psihologije i čine ih narodna znanja (naprimjer, kategorizacija flore i faune u lokalnom okruženju, posebno jestivih vrsta) i primarne sposobnosti (naprimjer, govor, snalaženje u prostoru). Narodna znanja i sposobnosti Geary naziva biološki primarna znanja. Postoje dokazi da su se kod mnogih vrsta razvili specijalizovani kognitivni i moždani sistemi za detekciju obilježja pripadnika iste vrste, te drugačiji sistem za detekciju obilježja tipičnog plijena ili predatora (Grossman i sar., 2000; Barton & Dean, 1993; Deecke, Slater & Ford, 2002). Ovi sistemi su modularni, tj. procesiraju ograničenu formu informacija (npr. pokret predatora) i udešavaju ograničene klase ponašajnih odgovora (naprimjer, izbjegavanje predatora). Kao i kod drugih vrsta, ovi moždani sistemi kod čovjeka čine biološku osnovu kognitivnih sklonosti koje usmjeravaju pojedinca na obilježja okoline i udešavaju ponašanja koja su u korelaciji sa pozitivnim ishodom preživljavanja i reprodukcije. Narodno znanje je u značajnoj mjeri implicitno, tj. uglavnom funkcionira automatski i na nesvjesnom nivou. Sklonost orijentacije prema ljudskim licima i automatsko procesiranje ključnih facijalnih informacija primjeri su modularnih primarnih sposobnosti koje se izvode automatski i nesvjesno (Kanwisher, McDermott, i Chun, 1997). Narodno znanje može se ponekad ispoljavati i eksplicitno i kroz

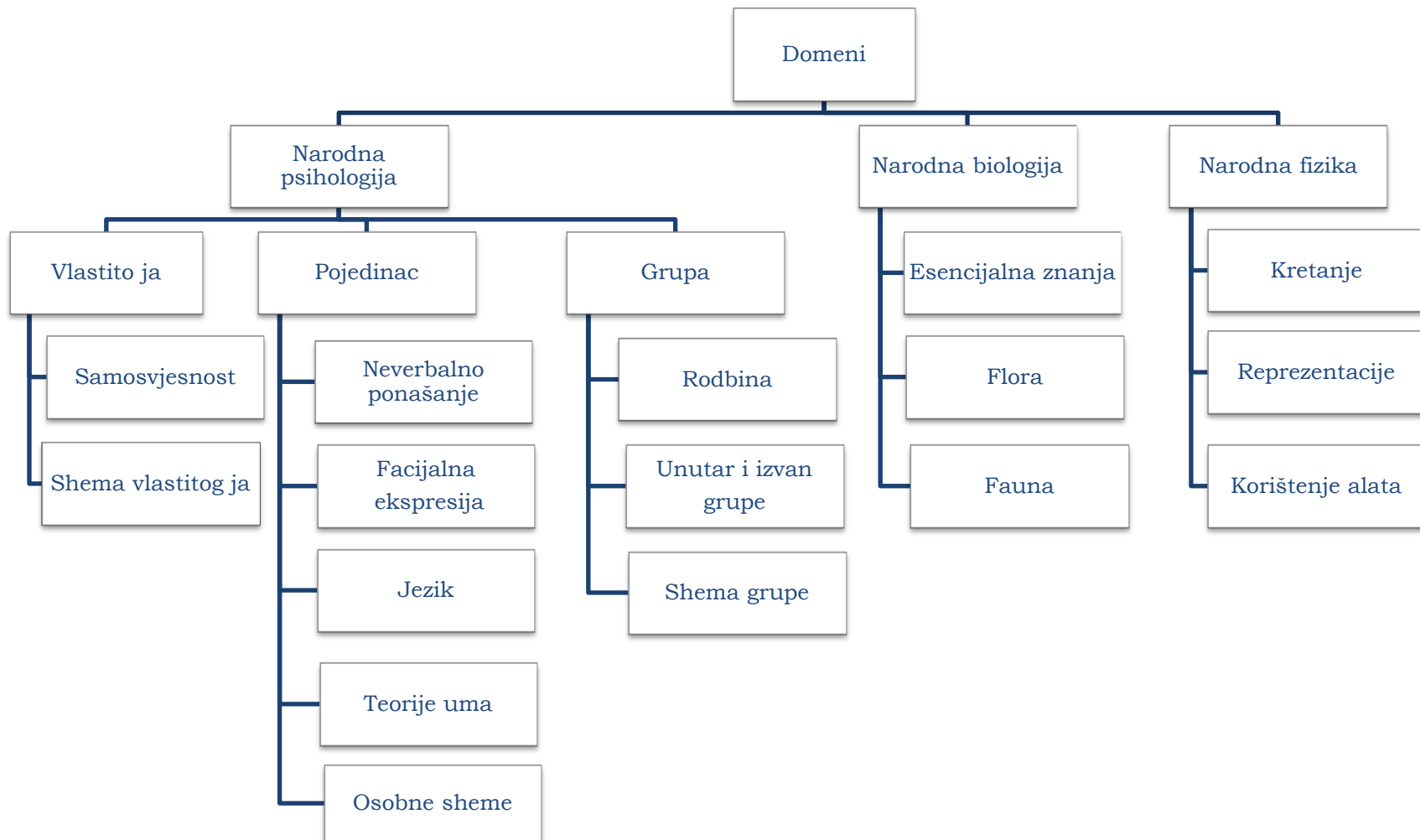


atribucijske pristrasnosti o ponašanju drugih ljudi (Fiske i Taylor, 1991), ili o fizičkim (Clement, 1982) ili biološkim (Atran, 1998) fenomenima.

U svakodnevnom životu narodno znanje do izražaja dolazi kada ljudi prosuđuju i donose zaključke u situacijama kada nemaju dovoljno formalnog znanja ili potrebnih kognitivnih vještina. Naprimjer, osobe bez formalnog obrazovanja iz fizike često vjeruju da razumiju kako se fizički objekti ponašaju u različitim situacijama. Najčešće smatraju da će lopta, koja velikom brzinom ulazi u kružoliki žlijeb nakon što ga napusti nastaviti kretanje po kružnoj putanji ili da će lopta koja pada sa objekta u pokretu padati pravolinijski prema dolje (McCloskey, 1983; McCloskey, Caramazza & Green, 1980). Čak i kada približno tačno nacrtaju putanje lopte iz prvog ili drugog primjera, najčešće će ponuditi netačno objašnjenje (npr. da na loptu djeluje pokretna sila u smjeru kretanja). Odgovori ispitanika značajno odstupaju od tačne predikcije do koje se može doći na temelju zakona Newtonove mehanike. Ovakve miskoncepcije intuitivne fizike još su očiglednije kod djece, npr. u domenu astronomije. Djeca najprije usvajaju „zdravorazumski“ pogled prema kojem je Zemlja ravna i nepokretna ploča te da gravitacija djeluje u jednom smjeru (Sneider & Pulos, 1983). Ovakav pogled konzistentan je sa dječijim fenomenološkim iskustvom, ali ne i sa naučnim teorijama. U osnovi naivnih koncepcija svijeta su znanja koja su inherentna našem kognitivnom i perceptivnom sistemu, automatizirana su i formiraju se bez svjesnog napora i kognitivnog ulaganja. Iz perspektive evolucijske edukacijske psihologije, naivna znanja proizlaze iz narodnih domena. Naivne koncepcije, tj. narodna znanja, odražavaju ljudske naivne modele svijeta, koji do određenih razvojnih granica imaju upotrebnu vrijednost, baš kao što su i prednaučni modeli fizičkog okruženja našim, ne tako dalekim precima, bili sasvim dovoljni za razumijevanje i predikciju budućih događaja. Model Zemlje kao ravne ploče sasvim dobro funkcioniše sve dok se ne javi potreba za dalekim putovanjima. Još su stari Grci zaključili da je Zemlja zakrivljena jer kako drugačije objasniti da kada se na horizontu posmatra dolazak broda, prvo vidimo jarbol, a tek onda ostatak broda. S druge strane, naučna znanja nisu tako očigledna. Rezultat su kontrolisanih aktivnosti, znatnog kognitivnog ulaganja i posvećenosti i stiču se kroz obrazovanje. Razumijevanje svijeta počinje od pogrešnih postavki koje proizlaze iz našeg ranog fenomenološkog iskustva, kasnije heuristika, ali ako smo dovoljno radoznali i posvećeni i iskoristimo prilike koje imamo, ipak završava (i započinje) sa naukom.

Na slici 9. prikazana je taksonomija domena narodnog znanja. Narodni domeni imaju funkciju usmjeravanja ponašanja prema socijalnim, biološkim i fizičkim resursima koji su tokom evolucije imali tendenciju povećanja izgleda za preživljavanje i reprodukciju. Narodno znanje organizovano je oko skupa specijalizovanih primarnih sposobnosti. Razlikovanje primarnih sposobnosti je važno jer različite primarne sposobnosti mogu na različite načine doprinijeti konstrukciji različitih akademskih sposobnosti. Kognitivne sposobnosti povezane sa narodnim domenima konceptualizirane su kao modularne. Tri su domena procesiranja informacija: domen narodne psihologije, narodne biologije i narodne fizike.

**Slika 9. Taksonomija domena ljudskog uma**



Domen narodne psihologije sastavljena je od afektivnih, kognitivnih i bihevioralnih modula koji omogućavaju ljudima da procesiraju i manipulišu informacijama povezanim sa vlastitim ja, drugim osobama i grupnom dinamikom. Moduli uključuju vlastito ja, veze i interakcije sa drugim ljudima, kao i veze i interakcije na nivou grupe. Prvi modul uključuje svijest o sebi kao socijalnom biću i svijest o povezanosti sa drugim ljudima. Modul na nivou pojedinca procesira informacije koje rukovode dijadnom socijalnom dinamikom i socijalnim odnosima. Modul grupnog nivoa omogućava kategorizaciju ljudi u grupe, te njihovu klasifikaciju u one koji su unutar ili izvan grupe.

Moduli narodne biologije podržavaju kategorizaciju flore i faune u lokalnoj ekologiji, posebno vrsta koje se koriste kao hrana, za medicinske potrebe ili u socijalnim ritualima. Nadalje, uključuju sisteme koji služe kao podrška razumijevanju suštine ovih vrsta, odnosno na heuristikama zasnovanom donošenju odluka o ponašanju ovih vrsta u kontekstu relevantnom za čovjeka, kao i eksplicitna znanja o sigurnosti i njihovom korištenju kao izvora resursa. U tradicionalnim društvima kompetencije iz domena narodne biologije u osnovi su ponašanja usmjerena prema korištenju ekoloških resursa u svrhu preživljavanja i reprodukcije. Sternberg i saradnici (2001) ispitali su sposobnost prilagođavanja školske djece iz sela Usenge u Keniji na njihovo prirodno okruženje. Za potrebe istraživanja konstruisali su test praktične inteligencije koji mjeri neformalno, prešutno znanje o ljekovitosti biljaka za koje se u selu vjeruje da djeluje na različite tipove infekcija (sposobnost identifikacije ljekovitog bilja, njihovog staništa, načina korištenja i doze u kojoj se koristi). Tretiranje infekcija za stanovnike ovog područja od velike je važnosti, jer više od 95% djece pati od parazitskih bolesti. Njihova dobrobit zavisi od sposobnosti samoizlječenja. Utvrđeno je da djeca iz sela koriste svoje znanje o ovim biljkama (u prosjeku jednom sedmično) u liječenju sebe i drugih. Oni koji nemaju ova znanja pate od posljedica bolesti.

Moduli narodne fizike služe za upravljanje kretanja u trodimenzionalnom fizičkom prostoru, mentalnoj reprezentaciji fizičkih karakteristika okoline i za korištenje fizičkih materijala (kamen, metal) za izradu oruđa (Geary, 2008). Evolucija ovih sposobnosti dio je ljudskih sposobnosti modifikacije i kontrole ekologije, i kao što je slučaj za narodnu biologiju evidentne su u tradicionalnim društvima. Naprimjer, djeca iz plemena Yupik Eskima sa Aljaske posjeduju izuzetna praktična znanja, kao što je naprimjer, kako saonicama koje vuku psi preći iz jednog sela u drugo neoznačenim putem (Grigorenkova i sar., 2004).

Ponašajne odlike narodnih domena mogu se opisati kao narodni heuristici (Geary, 2008), ili "pravila palca" (Gigerenzer, Todd, ABC Research Group, 1999). Informacije se procesiraju implicitno, a ponašanje se izvodi uglavnom automatski. Naprimjer, sklop kojeg generiše oblik očiju i nosa pruža informacije o spolu osobe, dok onaj kojeg generiše konfiguracija usana pruža informacije o emocionalnom stanju (Schyns, Bonnar, Gosselin, 2002). Sklopovi se automatski i implicitno procesiraju, a osoba koja ih percipira izražava odgovarajuće emocionalne ili neke druge socijalne signale (npr. osmijeh). Narodni heuristici

također mogu uključivati i eksplicitne pristrasnosti (npr. socijalne atribucijske pristrasnosti, pristrasnosti kauzalnog zaključivanja u fizici itd). Heuristici su uglavnom korisni u svakodnevnom životu i pružaju objašnjenja mnogih fenomena, što svakako ne znači da su objašnjenja naučno tačna. Wellman i Gelman (1992) tvrde da su opisi psiholoških, bioloških i fizičkih fenomena često tačni, ali mnoga eksplicitna objašnjenja i atribucijske pristrasnosti koje se odnose na uzrok fenomena su naučno netačna, kako se i pokazalo u mnogim istraživanjima naivnih koncepcija kretanja tijela i drugih fizikalnih fenomena (npr. McCloskey, 1983 i McCloskey, Caramazza i Green, 1980).

### *Modularna plastičnost*

Jedno od važnih svojstava narodnih modula je njihova plastičnost. Prema Gearyu i Bjorklundu (2000), plastičnost je nužna za kognitivni razvoj, jer bez plastičnosti narodnih domena ne bi bila moguća adaptacija kompetencija primarnih bioloških modula na, nekad i veoma male, promjene lokalnih ekologija. Modularni sistemi otvoreni su za modifikaciju putem iskustva, ali u okviru u kojem se senzitivnost na varijacije unutar domena pokazala kao značajna za preživljavanje i reprodukciju tokom evolucije. Plastičnost je omogućena odloženom maturacijom.

Plastičnost narodnih sposobnosti posebno je evidentna u ranom razvojnem periodu, na što ukazuju rezultati mnogobrojnih istraživanja. Prema Gearyu i Bjorklundu, (2000) jedna od funkcija djetinjstva je oživljavanje kognitivnih, afektivnih i psiholoških sistema koji čine narodnu psihologiju, biologiju i fiziku na način koji omogućava adaptaciju lokalnoj ekologiji. Zapravo, prenatalna organizacija mozga obezbjeđuje skeletnu strukturu koja uključuje neuralne i perceptivne module koji vode pažnju i procesiranje stabilnih formi informacija (Geary, 2008), a što rezultira različitim ranim, postnatalnim sklonostima kapaciteta pažnje, afekata i procesiranja informacija, kao i samoinicijativnim ponašajnim angažmanom (Bjorklund i Pellegrini, 2002). Od posebne važnosti je samoinicijativni angažman u okruženju jer on generira evolucijski očekivano iskustvo, odnosno iskustvo na osnovu kojeg se dobiva socijalna i ekološka povratna informacija potrebna za podešavanje modula varijacijama sklopova informacija (MacDonald, 1992).

Plastičnost je evidentna u sva tri modula narodnih znanja. Tako novorođenče relativno brzo nauči razlikovati glas i lice roditelja od glasa i lica drugih osoba (Gelman i Williams, 1998). Dječija implicitna narodna znanja iz biologije i urođeni interes prema živim stvarima rezultiraju motivacijom za uključivanje u aktivnosti koje automatski kreiraju implicitne taksonomije lokalne flore i faune i usvajanje relevantnog znanja (Wellman i Gelman, 1992). U tradicionalnim društvima ova znanja su od koristi u aktivnostima traganja za hranom i lova. Za usvajanje ovih znanja u nekim slučajevima potrebne su godine uključenosti u različite oblike igre i rada kako bi se naučile vještine i usvojila znanja potrebna za uspješan lov i traganje za hranom (Kaplan, Hill, Lancaster i Hurtado, 2000).

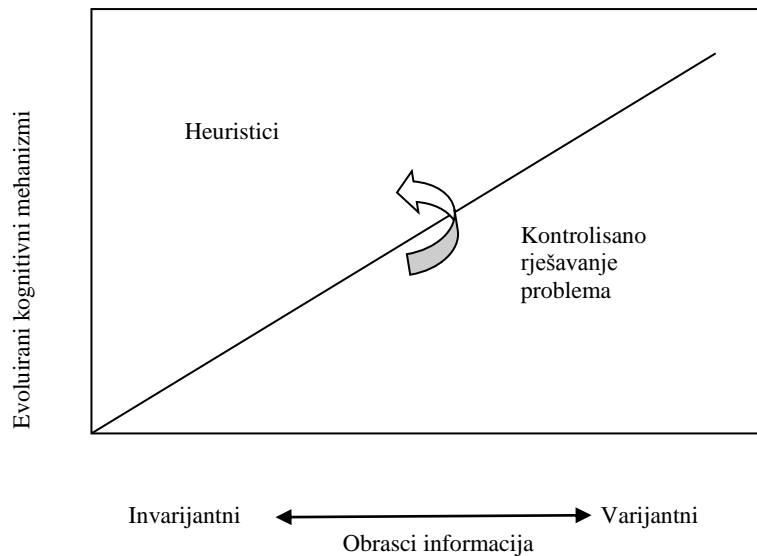
#### 4.5.4 Evolucija opšte inteligencije

Opšta inteligencija čovjeku omogućava suočavanje sa evolucijski novim situacijama, kao i učenje evolucijski novih informacija, sadržaja i kompetencija. Interakcija između opšte inteligencije i narodnog znanja ima ključnu ulogu u sposobnosti prilagođavanja varijacijama i novim situacijama tokom životnog vijeka kao i sposobnosti učenja u novim okolinskim kontekstima (npr. škola ili radno okruženje).

Prema Gearyu (2005), srž opšte inteligencije čine svjesno-psihološki sistem, radno pamćenje i kontrolisani mehanizmi rješavanja problema. Geary (2008) svjesno-psihološki sistem opisuje kao spoj koncepata samosvjesnosti (Tulving, 2002), mentalnog putovanja kroz vrijeme (Suddendorfa i Corballisa, 1997) i mentalnih modela (Johnson-Lairda, 1983). Ljudi imaju sposobnost stvaranja mentalnih reprezentacija budućih situacija koje u odnosu na aktuelno stanje pružaju veći socijalni uticaj i više resursa. Ovu sposobnost omogućava kreiranje: 1) eksplicitnih mentalnih reprezentacija koje su centralne za vlastito ja i relacije sa drugim ljudima kao i mogućnosti pristupa biološkim ili fizičkim resursima i 2) mentalnih simulacija prošlosti, sadašnjosti i potencijalne budućnosti (tzv. mentalno putovanje kroz vrijeme). Kombinacija mentalnih reprezentacija i simulacija omogućava kreiranje samosvjesnosti i mentalne simulacije tzv. "perfektnog svijeta", svijeta u kojem je osoba sposobna organizovati i kontrolisati socijalne, biološke i fizičke resurse na način koji doprinosi preživljavanju i reprodukciji tokom evolucije (Geary, 1998). Radno pamćenje, kontrola pažnje i sposobnost inhibicije automatskih procesa informacija iz narodnih domena, kognitivni su mehanizmi koji podržavaju formiranje svjesnih psiholoških simulacija.

Ključno za razumijevanje evolucije opšte inteligencije i plastičnosti primarnih modularnih sistema je okolinska (socijalna i ekološka) stabilnost i varijabilnost između generacija i tokom životnog vijeka u obrascima informacija koje kovariraju sa evolucijskim ishodima preživljavanja i reprodukcije (slika 10). Međugeneracijska i unutargeneracijska konzistentnost sklopa informacija dovodi do evolucije modularnih moždanih i kognitivnih sistema koji automatski usmjeravaju pažnju prema ovim obrascima informacija kao i unapređenje njihovog procesiranja (Cosmides & Tooby, 1994; Gallistel, 2000). Invarijantni uslovi dovode do evolucije heuristika, brzih, ekonomičnih, jednostavnih i implicitnih kognitivnih mehanizama za donošenje odluka. Predstavljaju evoluirani ponašajni odgovor na evolucijski značajne uslove. Naprimjer, majka hrani svoje ptice na način koji se može opisati jednostavnim heuristikom: *Nahrani najmanjeg ako ima hrane u izobilju; u suprotnom, nahrani najvećeg* (Davis & Todd, 2001).

Slika 10. Evoluirani kognitivni mehanizmi zavisno od invarijantnih i varijantnih obrazaca informacija (Geary, 2008)



S druge strane, tokom evolucije vladaju varijabilni i manje prediktivni uslovi, relevantni za preživljavanje i reprodukciju, koji kreiraju međugeneracijski i unutargeneracijski nekonzistentan obrazac informacija. Ove varijacije mogu uključivati fizičke uslove kao što su velike klimatske ili geološke promjene, a mogu biti i rezultat interakcije između bioloških organizama kompetitivnih interesa (npr. dinamika između domaćina i parazita, predatora i žrtve, te socijalna kompeticija među ljudima). Za ljudsku vrstu varijabilni uslovi u najvećoj mjeri rezultat su socijalne dinamike i uslova povezanih sa ekološkim zahtjevima. Socijalne i ekološke varijabilnosti dovode do selekcijskog pritiska, koji, s druge strane, dovodi do evolucije ne samo modularnih sistema, nego i opštih moždanih i kognitivnih sistema koji ne pokazuju modularnost kao što je to slučaj kod narodnih sistema (Chiappe & MacDonald, 2005; Geary, 2005). Kao primjer, Geary (2007) navodi kontekst kompetitivnih socijalnih relacija, u kojima novo ponašanje ili ponašajni varijabilitet pruža prednost jer implicitni, heuristički ponašajni odgovori nisu više dovoljno efikasni. Opšti sistemi omogućavaju eksplicitnu reprezentaciju varijanti informacijskih sklopova u radnom pamćenju i podržavaju kontrolisano rješavanje problema potrebno za suočavanje sa varijabilnim uslovima. U poređenju sa heuristicima, kontrolisano rješavanje problema je spor i eksplicitan mehanizam koji zahtijeva veći napor i angažman.

Prema Gearyu (2005), mehanizmi pažnje, radnog pamćenja i rješavanja problema koji su sadržani u opštoj inteligenciji evoluirali su kako bi podržali svjesnu psihološku reprezentaciju perfektnog svijeta, ili barem bolje situacije, kao i da omogući simulaciju ponašajnih strategija koje dovode do smanjenja razlike između trenutnog stanja i postavljenog cilja. Forme informacija kojima se manipuliše u reprezentacijama radnog

pamćenja najvećim dijelom su u domeni narodnog znanja. Međutim, varijacije na ovom nivou razlikuju se od varijacija unutar modula. Plastičnost na modularnom nivou evoluirala je kako bi se varijacije akomodirale unutar ograničene kategorije domena (npr. facijalna ekspresija). Nasuprot ovome, sposobnost simulacije radnog pamćenja evoluirala je u cilju suočavanja sa varijacijama na makro nivou (domenima narodne psihologije, biologije i fizike). Varijacije na makro nivou nisu pod značajnim uticajem nasljednih mehanizama, kao što je to slučaj kod modularnih sistema, jer se specifičnost ove varijacije može značajno promijeniti od jedne do druge generacije ili čak unutar životnog vijeka pojedinca. Međutim, ako sposobnost da mentalno anticipiramo varijacije na makro nivou povećava šansu opstanka ili reprodukcije, tada evoluiraju moždani i kognitivni sistemi koji podržavaju ove mentalne simulacije. Geary (2007) smatra sržnom idejom da je sposobnost generisanja i suočavanja sa novim informacijama unutar životnog vijeka rezultirala sposobnošću za učenjem i rješavanjem problema u evolucijski novim kontekstima, kao što je škola.

#### 4.5.5 Biološki sekundarno znanje

Prema Gearyu (2007), evolucija opšte inteligencije u kombinaciji sa plastičnošću primarnog modularnog sistema otvorila je vrata razvoju evolucijski novih, biološki sekundarnih znanja i kompetencija u različitim kulturalnim kontekstima, kao što su škola i radno okruženje. Dijete ulazi u obrazovni proces uglavnom opremljeno sa formiranim biološki primarnim znanjima i sposobnostima, što u modernom društvu nije dovoljno za prilagođavanje zahtjevima okoline. Učenje u školskom kontekstu uključuje modifikaciju primarnih sposobnosti i eksplicitnih atribucijskih pristrasnosti povezanih sa narodnom psihologijom, te kreiranje odgovarajućeg, kulturalno specifičnog biološki sekundarnog domena (npr. matematika) i biološki sekundarnih sposobnosti i znanja (kao što je sposobnost fonetskog dekodiranja pisanih simbola ili razumijevanje strukture brojeva sa bazom 10) (Geary, 1995, 2002).

Geary (2007) smatra da je intelektualna istorija čovjeka i pojava različitih formi kulturalnog znanja bila moguća tek nakon evolucije svjesnih psiholoških i kognitivnih mehanizama, tj. komponenti fluidne inteligencije i njihove važne funkcije podrške motivaciji za kontrolom. Tako je, naprimjer, razvoj geometrije kao formalne discipline inicijalno bio pod uticajem sposobnosti čovjeka da eksplicitno reprezentira intuitivna narodna znanja fizike koja su evoluirala iz potrebe snalaženja u trodimenzionalnom prostoru (Dehaene, Izard, Pica i Spelke, 2006.). Euklidov eksplicitni postulat pravca (pravac se može povući između bilo koje dvije tačke), odgovara intuitivnom razumijevanju da je najbrži način da se stigne iz tačke A do tačke B onaj koji je najkraći. I danas se može primijetiti kako pješaci često koriste heuristik najkraćeg puta; ne koriste trotoare, pješačke prelaze, i saobraćajne signale, nego najkraće dionice, koje najčešće vode preko travnatih površina (ali sve dok se ne počne primjenjivati praksa kažnjavanja za nedozvoljeni prelazak preko ceste –

pravna mjera koja je u funkciji zaštite pravila ponašanja, odnosno kulture). Koristeći nekoliko osnovnih postulata i definicija, Euklid je sistematizirao tada postojeća narodna znanja kako bi oblikovao kompleksne komponente klasične geometrije.

Znanja i ekspertize koje su od koristi u kulturalnom miljeu ili ekologiji grupe bit će prenesena na sljedeće generacije u formi kulturalnih artefakata ili tradicija učenja. Kroz generacije se akumulira kulturalno znanje, što dovodi do sve većeg jaza između biološki sekundarnog znanja i narodnog znanja i sposobnosti koje su se javile kroz samoinicirane aktivnosti djece. Akumulacija znanja rezultira u eksponencijalnom rastu količine sekundarnog znanja, pa će za mnoge ljude opseg i kompleksnost ovog znanja prevazići sklonost za učenjem u novim evolucijskim domenima. Slikovit primjer je naučni domen fizike u kojem su zadnjih 300 godina napravljena značajna teorijska i praktična dostignuća, koja ipak mnogim ljudima izmiču razumijevanju, pa se umjesto naučnog objašnjenja često koriste naivne koncepcije. Jedan od razloga je da su naivne koncepcije razumijevanja određenih fizikalnih fenomena pod uticajem sklonosti zaključivanju iz domena narodne fizike, a koje se naravno razlikuje od naučnog razumijevanja tih fenomena (McCloskey, 1983). Najveći broj ljudi vjeruje da postoji sila koja bačenu loptu pokreće naprijed (nešto kao nevidljiva mašina koja loptu pokreće naprijed) i sila koja je privlači prema dolje. Sila koja privlači loptu dolje je gravitacija, ali zapravo ne postoji sila koja loptu pokreće naprijed (kada lopta napusti ruke osobe koja je baca). Koncept sile koja loptu pokreće naprijed, nazvan "pokretačka sila", sličan je prednjutnovskom vjerovanju o kretanju tijela koje je bilo dominantno od 14. do 16. vijeka, a koje potiče od Aristotela. Ideja je da čin početka kretanja objekta (kao što je bacanje lopte) dodjeljuje objektu internu, pokretačku silu koja održava kretanje sve dok postepeno ne iščezne. Premda odrasli, pa čak i djeca, često tačno opisuju putanju kretanja objekta, njihovo objašnjenje često odražava ovo naivno razumijevanje sila koje djeluju na objekte. Newton je u 16. vijeku predložio naučna objašnjenja ovih i sličnih fenomena, i koja su danas sastavni dio programa iz nastavnog predmeta Fizika. Međutim, ovo znanje još uvijek nije postalo opšte. U dalekoj budućnosti, moglo bi postati dijelom narodne fizike.



## Epilog

Život na Zemlji evoluirao je od prokariota, koje su dominirale živim svijetom prije više od tri milijarde godina, do organizama sa velikim centralnim nervnim sistemom, visoko razvijenom roditeljskom brigom i kapacitetom za prenos informacija sa generacije na generaciju (Mayr, 1988). Tokom evolucijske povijesti, inteligencija kakvu posjeduje čovjek pojavila se samo jednom i samo kod jedne vrste. Od pojave prvih oruđa, inteligencija pripadnicima roda *Homo* omogućava selekcijsku prednost u odnosu na druge vrste i postavlja ih na vrh evolucijske skale.

Premda ne postoje naučni dokazi da je čovjek konačni cilj evolucije, prema vodećim biolozima 20. vijeka, čovjek je najveće dostignuće procesa evolucije. Za Georgea Gaylord Simpsona, čovjek spada među najviše produkte i može se smatrati vrhuncem evolucije (Simpson, 1949). Slično je tvrdio i Theodosius Dobzhansky: *Sudeći prema razumnim kriterijima, čovjek predstavlja najviši, najprogresivniji i najuspješniji produkt organske evolucije* (Dobzhansky, 1956b, str. 86), kao i Ernst Mayr prema kojem je evolucijski progres kulminirao sa organizmom koji posjeduje tačno onakve karakteristike kakve ima čovjek. Premda prirodna selekcija čini organizam bolje adaptiranim na lokalno okruženje, ona ne sadržava princip "samoperfekcije" koji garantuje određeni ishod, kao što je inteligencija (Olson, 1985). Ipak, prirodna selekcija dovela je do veće selektivne prednosti više inteligencije: kada se ekologija mijenja, inteligencija omogućava učenje, fleksibilnost i inovacije, što povećava šanse za opstanak. Stoga je Dobzhansky bio u pravu kada je tvrdio da: *Evolucijska linija koja je dovela do čovjeka [je] 'privilegovana osa' evolucijskog procesa* (Dobzhansky, 1967, str. 117). Među živim bićima čovjek ima privilegovan status zahvaljujući svojoj inteligenciji, koja mu je omogućila da kroz učenje i međugeneracijski transfer akumuliranog znanja upravlja vlastitom evolucijom i da sam sebi bude jedini činilac

budućeg evolucijskog napretka (Huxley, 1941, 1953). Ovo je za Huxleya činjenica od istinske kozmičke važnosti jer zahvaljujući čovjeku i milionima godina evolucije ... *univerzum postaje svjestan sebe* (Huxley, 1957, str. 13).

Interesantan pristup u razumijevanju povijesti evolucije predložio je publicist Robert Wright u knjizi *Nonzero: The logic of Human Destiny* (2000). Prema Wrightu, osnovna karakteristika organizma je reprodukcija, a geni i kultura čine njegovo naslijeđe. Kroz biološku reprodukciju organizam reproducira gene (biološka evolucija), a kroz širenje kulture reproduciraju se osnovne jedinice kulturalnih informacija, naprimjer religijske doktrine (kulturalna evolucija). Pri tome se organizmi suočavaju sa različitim pritiscima koji mogu spriječiti prenos naslijeđa na sljedeću generaciju. Kako nastaju određeni geni i jedinice kulture, zatim postaju prominentni i na kraju dominiraju genskim bazenom ili kulturom? Wright odgovor na ovo pitanje pronalazi u spoju darvinizma i matematičke teorije igara, tačnije u međusobnom djelovanju prirodne selekcije i dinamika “sume jednake nuli” i “sume različite od nula”. Prema dinamici, “suma jednaka nuli” dobitak jednog učesnika igre jednak je gubitku drugog. Igra pokera u novac primjer je takve igre. Koliko god novca izgubio jedan igrač, toliko novca dobije drugi: ukupni iznos novca koji se razmijeni iznosi nula. Nasuprot ovome, u interakciji “suma različita od nula” svaki igrač je na dobitku. Naprimjer, automehaničaru za popravku automobila platit ću 200 KM, a on će taj novac iskoristiti za kupovinu nove mašine za pranje rublja. U početku, evolucijskom scenom dominira dinamika “sume jednake nuli”, odnosno, interakcija između organizama u kojoj gubitak jednog organizma znači dobitak drugog organizma. Dinamika “suma jednaka nuli” u osnovi je kompeticije. S obzirom da su izloženi zajedničkom vanjskom pritisku, organizmi se udružuju i saraduju, odnosno, rečeno jezikom teorije igara, igraju igru “sume različite od nula”. Pri tome vrijedi da: “ono što dobije jedan, dobije i drugi”. Dinamika “suma različita od nule” temeljni je princip kooperacije. Ishodi dinamike “sume različite od nula” od kojih grupa organizama ima najviše koristi bit će odabrana jer vode ka opstanku i napretku grupe. Rezultat ovakve dinamike mogu biti nove biološke strukture ili tehnološke inovacije.

Prema Wrightu, biološka i kulturalna evolucija mogu se posmatrati kao stalna elaboracija dinamike “sume različite od nula”. Posmatranje evolucije u širokom okviru jasno ukazuje da evolucija dovodi do sve kompleksnijih organizama. Kompleksni organizmi zahtijevaju koordinaciju dijelova u kojima genetski replikatori formiraju koalicije radi uzajamne koristi. Inspirisan radovima Johna Maynarda Smitha i Eöisa Szathmarya (1995), Wright tvrdi da *ova logika organizuje gene u male, primitivne ćelije, male primitivne ćelije u kompleksne eukariotske ćelije, ćelije u organizme, organizme u društva* (Wright, 2000, str. 263). Na svakom nivou organizacije, kooperacija (dinamika “suma različita od nule”) zamjenjuje kompeticiju (dinamika “suma jednaka nuli”) kao definišuću odliku života. Ova univerzalna logika jasno se prepoznaje u evoluciji sposobnosti. Kompeticije između jedinki bilo je nužno zamijeniti kooperacijom unutar grupe, koja je, s druge strane, omogućila efikasniju kompeticiju između grupa. Nadalje, kompeticija između grupa nametnula je

potrebu formiranja većih saveza i pojave kooperacije između grupa. Sa sve složenijim socijalnim strukturama, povećava se i potreba za fleksibilnijim i efikasnijim obrascima adaptivnog ponašanja, odnosno inteligencijom.

Wrightov pristup otvara vrata pretpostavkama o evoluciji inteligencije u budućnosti. Zahvaljujući kulturi, prirodna selekcija prestala je biti potencijalna sila ljudske evolucije, a “suma različita od nule” nastavlja voditi kulturalnu evoluciju prema nekoj vrsti “globalnog mozga”, čije refleksije prepoznamo u globalnoj mreži računara. Kultura na sceni života ljudima dodjeljuje nove uloge, za koje su, usljed ekspanzije globalne samosvijesti, (Shanahan, 2004) sposobnosti kooperacije važnije od sposobnosti kompeticije. *Homo sapiens* postaje komponenta velikog sistema svijesti koji, vođen dinamikom “sume različite od nula”, evoluirao i širi se planetom. Pojedinaac postaje nalik ćeliji ogromnog “superorganizma”, čiji se mozak distribuira mrežom koju čine milijarde ljudi i računara.

Svaki pokušaj predikcije evolucije, pa tako i Wrightov, u domenu je spekulacija. Ne možemo znati kakav će biti tok evolucije inteligencije čovjeka u budućnosti, ali ono što je sigurno je da evolucija ne prestaje. Danas su glavni pokretači evolucijskih promjena kultura i tehnologija, pri čemu biološka gubi utrku sa tehnološkom evolucijom. Naime, biološkoj evoluciji treba nekoliko hiljada godina da se novo svojstvo proširi cjelokupnom populacijom, dok tehnologija ovaj posao obavlja znatno brže. Zahvaljujući tehnologiji, jačaju fizičke mogućnosti i sposobnosti, povećava se raspon intelektualnih sposobnosti, što čovjeku otvara mogućnosti širenja u nova i izazovna područja. Sa sve većom dominacijom tehnologije, inteligencija postaje sve vrednija karakteristika. Niti jedna druga karakteristika nije tako poželjna i korisna. I uvijek je tako bilo, od naših afričkih predaka, i tako će biti našim potomcima koji budu naseljavali Mars ili planetu koja kruži oko nama najbliže zvijezde Proksima Kentaur, ako do nje ikad dođemo. Zapravo, nikad ne možemo biti dovoljno pametni koliko izazovna može biti okolina.

## Literatura

1. Aiello LC (1996) Terrestriality, bipedalism and the origin of language. U: Runciman WG, Maynard-Smith J, Dunabr RIM (eds) *Evolution of social behaviour patterns in primates and man*. Oxford University Press, Oxford, pp 269–290
2. Aiello, L. C. i Wheeler, P. (1995). The expensive-tissue hypothesis. *Current Anthropology*, 36, 199-221.
3. Aiello, L.A. & Dunbar, R.I.M. (1993). Neocortex size, group size and the evolution of language in the hominids. *Current Anthropology*. 184-193.
4. Alexander, R. D. (1989). Evolution of the human psyche. In P. Mellars & C. Stringer (Eds.), *The human revolution: Behavioural and biological perspectives on the origins of modern humans* (pp. 455-513). Princeton, NJ: Princeton University Press.
5. Alexander, R. D. (1990). Epigenetic rules and Darwinian algorithms: The adaptive study of learning and development. *Ethology and Sociobiology*, 11, 1–63.
6. Allman, J. (2000). *Evolving Brains*. Scientific American Library, New York
7. Ambrose S. H. (1998). Late Pleistocene human population bottlenecks, volcanic winter, and differentiation of modern humans. *J. Hum. Evol.* 34:623–651.
8. Ambrose S. H. (2004). Small things remembered: origins of early microlithic industries in sub-Saharan Africa. U: Elston, R.G., Kuhn, S.L. (Eds.), *Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization*. American Anthropological Association, Washington, pp. 9 –30.
9. Anderson, B. (2000). The *g* factor in non-human animals. In G. R. Bock, J. A. Goode, & K. Webb (Eds.), *The nature of intelligence* (pp. 79–95). New York: Wiley.
10. Antón, S.C i Swisher, C.C. (2004). Early Dispersals of *Homo* from Africa *Annual Review of Anthropology*, Vol. 33: 271 –296.
11. Arbib MA (2002) The mirror system, imitation and the evolution of language. U: Nehaniv C, Dautenhahn K (eds) *Imitation in animals and artifacts*. MIT Press, Cambridge MA, pp 229–280.
12. Arenillas, I. i Arz, J.A. (2011). Hominid Description. U (Brix, H. J. Ed.) *21st Century Antroplogy. A Reference Handbook*. Sage. Los Angeles.
13. Atran, S. (1998). Folk biology and the anthropology of science: Cognitive universals and cultural particulars. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 547-609.
14. Balzeau, A., Holloway, R. L., i Grimaud-Herve, D. (2012). Variations and asymmetries in regional brain surface in the genus *Homo*. *Journal of Human Evolution*, 62(6), 696-706.
15. Barnes, I, Duda A, Pybus OG, Thomas MG (2010) Ancient urbanization predicts genetic resistance to tuberculosis. *Evolution* 65: 842–848.
16. Barton, R. A., & Dean, P. (1993). Comparative evidence indicating neural specialization for predatory behaviour in mammals. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 254, 63-68.
17. Bar-Yosef O. (2002). The Upper Paleolithic Revolution. *Annu. Rev. Anthropol.* 31:363–393.
18. Bar-Yosef, O., 1994. The Lower Paleolithic of the Near East. *Journal of World Prehistory* 8, 211-265
19. Begun, D. R. (2010). Miocene Hominids and the Origins of the African Apes and Humans. *Annual Review of Anthropology*, 39: 67-84.
20. Benson, J., Greaves, W., O'Donnell, M., & Taglialatela, J. (2002). Evidence for symbolic language processing in a bonobo (*Pan paniscus*). *Journal of Consciousness Studies*, 9, 33–56.

21. Bickerton D (2000) How protolanguage became language. U: Knight C, Studdert- Kennedy, M, Hurford J (eds) *The evolutionary emergence of language*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 264–284
22. Bjorklund, D. F. (1997). The role of immaturity in human development. *Psychological Bulletin*, 122, 153–169.
23. Bjorklund, D. F., & Pellegrini, A. D. (2002). *The origins of human nature: Evolutionary developmental psychology*. Washington, DC: American Psychological Association.
24. Bjorklund, D.F. (2007). *Why youth is not wasted on the young: Immaturity in human development*. Malden, MA: Blackwell Publishing.
25. Boden, M. (1990). *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*. London: Weidenfeld and Nicolson.
26. Bower, J.M. i L.M. Parsons, 2003. Rethinking the lesser brain. *Scientific American* 289, 50–57.
27. Bownds, M. D. (1999). *The biology of mind: origins and structures of mind, brain, and consciousness*. Bethesda, MD: Fitzgertald Science Press.
28. Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Cambridge, Mass. Harvard University Press.
29. Bunn, H. T., i Kroll, E. M. (1986). Systematic butchery by plio-pleistocene hominids at Olduvai Gorge, Tanzania. *Current Anthropology*, 27, 431–452.
30. Buss, D.M. (1995) Evolutionary psychology: A new paradigm for psychological science. *Psychological Inquiry* 6, 1–30.
31. Buss, D.M. et al. (1992) Sex differences in jealousy: Evolution, physiology, and psychology. *Psychol. Sci.* 3, 251–255
32. Buss, David M. (2008). *Evolutionary Psychology: The New Science of the Mind*. Boston, MA: Omegatype Typography, Inc.
33. Byrne, R W (1994) The evolution of intelligence. U P. J. B. Slater i T. R. Halliday (Eds.) *Behaviour and Evolution*. Cambridge University Press.
34. Byrne, R.. (1995). *The Thinking Ape: Evolutionary Origins of Intelligence*. Oxford University Press.
35. Carey, S. & Spelke, E. (1994). Domain- specific knowledge and conceptual change. U *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, eds., L.A. Hirschfeld and S.A. Gelman pp. 169–200. Cambridge: Cambridge University Press.
36. Carruthers P (2002) The cognitive functions of language. *Brain Behav Sci* 25: 657–726
37. Chauhan, P.R., (2003). An Overview of the Siwalik Acheulian & Reconsidering its Chronological Relationship with the Soanian A Theoretical Perspective. *Assemblage* 7 <http://www.assemblage.group.shef.ac.uk/issue7/chauhan.html>; pristupljeno: 10.03.2016).
38. Chene, G., Tardieu, A.-S., Trombert, B., Amouzougan, A., Lamblin, G., Mellier, G., & Coppens, Y. (2014). A species' Odyssey: evolution of obstetrical mechanics from Australopithecus Lucy to nowadays. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, 181, 316–320.
39. Chiappe, D. i MacDonald, K. (2005). The Evolution of Domain-General Mechanisms in Intelligence and Learning. *The Journal of General Psychology*, 2005, 132(1), 5–40
40. Clark, Geoffrey A., and Julien Riel-Salvatore. (2005). Observations on systematics in Paleolithic archaeology. In *Transitions before the Transition: Evolution and Stability in the Middle Paleolithic and Middle Stone Age* (E. Hovers and S.L. Kuhn, Eds.), pp.29-56. New York: Springer.
41. Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
42. Connolly, C. J. (1950). *External morphology of the primate brain*. Springfield, IL: C.C. Thomas.
43. Corballis, M. C. (2002). *From hand to mouth: the origins of language*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
44. Cosmides L, Tooby J. (2001). Unraveling the enigma of human intelligence: evolutionary psychology and the multimodular mind. In *The Evolution of Intelligence*, ed. RJ Sternberg, JC Kaufman, pp. 145–98. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

45. Cosmides, L. & Tooby, J. (2003). Evolutionary psychology: Theoretical Foundations. In *Encyclopedia of Cognitive Science*. (pp. 54-64). London: Macmillan.
46. Cosmides, L. (1989) The logic of social exchange: Has natural selection shaped how humans reason? Studies with the Wason selection task. *Cognition* 31, 187–276
47. Cosmides, L. i Tooby, J. (1997) The modular nature of human intelligence. U Scheibel, A.B. and Schopf, J.W., eds, *The Origin and Evolution of Intelligence*, pp. 71–101, Jones & Bartlett
48. Cosmides, L., & Tooby, J. (1994). Origins of domain specificity: The evolution of functional organization. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain\_specificity in cognition and culture* (pp. 85-116). New York: Cambridge University Press.
49. Cosmides, L. i Tooby, J. (2000). Consider the source: The evolution of adaptation for decoupling and metarepresentation. U: D. Sperber (Ur.), *Metarepresentations: A multidisciplinary perspective* (pp. 53-116). New York: Oxford University Press.
50. Cosmides, L., & Tooby, J. (2002). Unraveling the enigma of human intelligence: Evolutionary psychology and the multimodular mind. U R. J. Sternberg & J. C. Kaufman (Eds.), *The evolution of intelligence* (pp. 145–198). Mahwah, NJ: Erlbaum.
51. Cosmides, L., Barrett, H.C., & Tooby, J. (2010). Adaptive specializations, social exchange, and the evolution of human intelligence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 pp. 9007-9014.
52. Cosmides, L., i Tooby, J. (1997). Evolutionary Psychology: A Primer (online) <http://www.cep.ucsb.edu/primer.html> (pristupljeno, mart 2016.).
53. Courchesne, E., i Pierce, K. (2005). Brain overgrowth in autism during a critical time in development: implications for frontal pyramidal neuron and interneuron development and connectivity. *Int. J. Dev. Neurosci.* 23, 153–170.
54. Cunnane, S. C. i Crawford, M. A. (2014). Energetic and nutritional constraints on infant brain. *Journal of Human Evolution*, 1-11.
55. d'Errico, F., Henshilwood, C., Vanhaeren, M. & van Niekerk, K. (2005) *Nassarius kraussianus* shell beads from Blombos Cave: evidence for symbolic behaviour in the Middle Stone Age. *J. Hum. Evol.* 48, 3–24.
56. Daly, M. and Wilson, M. (1985) Child abuse and other risks of not living with both parents. *Ethol. Sociobiol.* 6, 197–210
57. Dansgaard W., Johnsen S. J., Clausen H. B., Dahl-Jensen D., Gundestrup N. S., Hammer C. U., Hvidberg C. S., Steffensen J. P., Sveinbjörnsdóttir A. E., Jouzel J., Bond G. (1993). Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*. 364:218–220.
58. Darwin, C. (2007, 1871). *Podrijetlo čovjeka i odabir ovisan o spolu (The Descent of Man and Selection in Relation to Sex.)*, Školska knjiga, Zagreb.
59. Davidson, J.E. i Kemp, I.A. (2011). Contemporary models of intelligence. U R.J. Sternberg & S.B. Kaufman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Intelligence*. New York, NY: Cambridge University Press
60. Davis, J. N., & Todd, P. M. (1999). Parental investment by simple decision rules. In G. Gigerenzer, P. M. Todd, & the ABC Research Group (Eds.), *Simple heuristics that make\_us smart* (pp. 309-324). New York: Oxford University Press.
61. Dawkins R. (1982). *The Extended Phenotype*. Oxford, UK: Oxford Univ. Press
62. de Baune, S.A. (2004). The invention of technology: Prehistory and cognition. *Current Anthropology*, 45, 139-162.
63. de Sousa, A., i Cuhna, E. (2012). Hominins and the emergence of the modern human brain. *Progress in Brain Research*, 195, 293-322.

64. de Sousa, A., i Wood, B. A. (2007). The hominin fossil record and the emergence of the modern human central nervous system. U J. H. Kaas i T. M. Preuss (Eds.), *Evolution of nervous systems, Vol. 4: The evolution of primate nervous systems* (291–336). Oxford: Academic Press.
65. Deacon, H. J. & Deacon, J. (1999) *Human Beginnings in South Africa: Uncovering the Secrets of the Stone Age*. David Philip, Cape Town, South Africa.
66. Deacon, T.W. (1997). "What makes the human brain different?" *Annu. Rev. Anthropol.* 26: 337-57.
67. Deary, I. J., Whiteman, M. C., Starr, J. M., Whalley, L. J., & Fox, H. C. (2004). The impact of childhood intelligence on later life: Following up the Scottish Mental Surveys of 1932 and 1947. *Journal of Personality and Social Psychology*, 86, 130–147.
68. Deary, I.J., Spinath, F.M. & Bates, T.C. (2006). Genetics of intelligence. *European Journal of Human Genetics*. 14, 690–700.
69. Deecke, V. B., Slater, P. J. B., & Ford, J. K. B. (2002). Selective habituation shapes acoustic predator recognition in harbour seals. *Nature*, 420, 171-173.
70. Dehaene, S., Izard, V., Pica, P., & Spelke, E. (2006, January 20). Core knowledge of geometry in an Amazonian indigene group. *Science*, 311, 381-384.
71. Dennett, D. C. (1995). *Darwin's dangerous idea*. New York: Simon & Schuster.
72. DiMaggio, E.N., Campisano, C.J., Rowan, J., Dupont-Nivet, G., Deino, A. L., Bibi, F., Lewis, M. E., Souron, A., Garello, D., Werdelin, L., Reed, K. E., Arrowsmith, J.R. (2015). Late Pliocene fossiliferous sedimentary record and the environmental context of early Homo from Afar, Ethiopia. *Science*. Vol. 347 (6228), 1355-1359.
73. Dissanayake E (2000) Antecedents of the temporal arts in early mother-infant interaction. U: Wallin NL, Merker B, Brown S (eds), *The origins of music*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge MA, pp 389–410.
74. Dobzhansky, T. (1964). Biology, Molecular and Organismic. *American Zoologist*, Vol. 4, No. 4, Oxford University Press (pp. 443-452).
75. Dobzhansky, T. (1956), *The Biological Basis of Human Freedom*. Columbia University Press. New York.
76. Dobzhansky, T. (1967), *The Biology of Ultimate Concern*. New American Library. New York.
77. Donald, M. (1991). *Origins of the modern mind: Three stages in the evolution of culture and cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
78. Donald, M. (1998). Hominid enculturation and cognitive evolution. U: Cognition and Material Culture: the archaeology of external symbolic storage (Eds: C. Renfrew, P. Mellars, & C. Scarre). The McDonald Institute for Archaeological Research Cambridge, U.K. 7-17.
79. Donald, M. (1993). Précis of *Origins of the Modern Mind* with multiple review and author's response. *Behavioral and Brain Sciences*, 16: 737-791.
80. Donald, M. (2000). Cognitive Evolution and the Definition of Human Nature. *Philosophy of Science Monographs*, Morris Foundation, Little Rock, Arkansas.
81. Dunbar, R. I. M. (1996). *Grooming, gossip and the evolution of language*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
82. Dunbar RIM (1988) *Primate societies*. Chapman & Hall, London
83. Ehrlich, P.R. 2000. *Human Natures: Genes, Cultures and the Human Prospect*. Island Press, Washington, D.C.
84. Eswaran, V., Harpending, H. i Rogers, A. R. (2005). Genomics refutes an exclusively African origin of humans. *J. Hum. Evol.*, 49 (1), 1–18.
85. Evans, Patrick D.; Gilbert, Sandra L.; Mekel-Bobrov, Nitzan; Vallender, Eric J.; Anderson, Jeffrey R.; Vaez-Azizi, Leila M.; Tishkoff, Sarah A.; Hudson, Richard R.; Lahn, Bruce T. (2005). Microcephalin, a Gene Regulating Brain Size, Continues to Evolve Adaptively in Humans. *Science* 309 (5741): 1717–20.

86. Eysenck, H. J. (1988). The concept of "intelligence": Useful or useless? *Intelligence*, 12, 1–16.
87. Falk D (2004) Prelinguistic evolution in early hominins: Whence motherese? *Behav Brain Sci* 27: 491–503
88. Falk, D. (1983). Cerebral cortices of East African early hominids. *Science* 221, 1072e1074.
89. Falk, D. (2007). Evolution of Primate Brain. U W. Henke i I. Tattersall (Eds) *Handbook of Palaeoanthropology, Vol. 2: Primate Evolution and Human Origins*. Springer-Verlag 133-162.
90. Falk, D., Hildebolt, C., Smith, K., Morwood, M. J., Sutikna, T., Brown, P., et al. (2005). The brain of LB1, Homo floresiensis. *Science*, 308, 242–245.
91. Fauconnier, G., & Turner, M. (2002). *The way we think: Conceptual blending and the mind's hidden complexities*. New York, NY: Basic Books.
92. Ferentinos, G., Gkioni, M., Geraga, M., Papatheodorou, G. (2011). Early seafaring activity in the southern Ionian Islands, Mediterranean Sea. *Journal of Archaeological Science*. 39(7), 2167-2176.
93. Ferris, T. (1997). *The whole shebang: A state-of-the-art universe(s) report*. New York: Simon & Schuster.
94. Fiske, S. T., & Taylor, S. E. (1991). *Social cognition* (2nd ed.). New York: McGrawHill.
95. Flinn, M. V., Geary, D. C., & Ward, C. V. (2005). Ecological dominance, social competition, and coalitionary arms races: Why humans evolved extraordinary intelligence. *Evolution and Human Behavior*, 26, 10–46.
96. Flynn, J. R. (2007). *What is intelligence? Beyond the Flynn effect*. New York, NY: Cambridge University Press.
97. Fodor, J. A. (2000). *The mind doesn't work that way*. Cambridge, MA: MIT Press.
98. Froehle, A. i Churchill, S. (2009) Energetic Competition Between Neandertals and Anatomically Modern Humans. *PaleoAnthropology* 2009: 96-116.
99. Forster, P. & Matsumura, S. (2005) Did Early Humans Go North or South? *Science* 308, 965 966.
100. Fuster, J.M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology* 31, 373–385 (2002)
101. Futuyma, D.J. (1998). *Evolutionary Biology* (3rd ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
102. Gabora, L. i Russon, A. (2011). The evolution of human intelligence. U (R. Sternberg & S. Kaufman, Eds.) *The Cambridge Handbook of Intelligence*, (str. 328-350). Cambridge UK: Cambridge University Press.
103. Gabora, L. i Aerts, D. (2009). A model of the emergence and evolution of integrated worldviews. *Journal of Mathematical Psychology*, 53, 434-451.
104. Gabora, L. (2003). Contextual focus: A tentative cognitive explanation for the cultural transition of the middle–upper Paleolithic. U R. Alterman & D. Hirsch (Eds.), *Proceedings of the 25<sup>th</sup> annual meeting of the Cognitive Science Society*. Boston. MA: Erlbaum.
105. Gangestad, S.W. i Simpson, J.A. (2007), An Introduction to The Evolution of Mind: Why We Developed This Book. U: The Evolution of Mind. *Fundamental Questions and Controversies* (Ur: S.W. Gangestad i J.A. Simpson). The Guilford Press. New York.
106. Gallistel, C. R. (2000). The replacement of general-purpose learning models with adaptively specialized learning modules. U M. S. Gazzaniga (Editor-in-chief.), *The new cognitive neurosciences* (second edition) (pp. 1179-1191). Cambridge, MA: Bradford Books/MIT Press.
107. Gardner, (1978). Comparative psychology and language acquisition. U: K. Salzinger i F. L. Denmark, ured., *Psychology; The state of the art*. New York: New York Academy of Sciences.
108. Garlick, D. (2002). Understanding the nature of the general factor of intelligence: The role of individual differences in neural plasticity as an explanatory mechanism. *Psychological Review*, 109, 116-136.
109. Geary, D. C. (1998). *Male, female: The evolution of human sex differences*. Washington, DC: American Psychological Association.



110. Geary, D. C. (2008a). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, 43(4), 179-195.
111. Geary, D. C., & Bjorklund, D. F. (2000). Evolutionary developmental psychology. *Child Development*, 71, 57-65.
112. Geary, D. C., & Huffman, K. J. (2002). Brain and cognitive evolution: Forms of modularity and functions of mind. *Psychological Bulletin*, 128, 667-698.
113. Geary, D.C. (2005). *The origin of mind: Evolution of brain, cognition and general intelligence*. Washington, DC: American Psychological Association.
114. Geary, D.C. (2007). Educating the evolved mind: Conceptual foundations for an evolutionary educational psychology. U J.S. Carlson & J.R. Levin (Eds.): *Educating the evolved mind* (pp. 1-99, Vol. 2, Psychological perspectives on contemporary educational issues). Greenwich, CT: Information Age.
115. Gelman, R., & Williams, E. M. (1998). Enabling constraints for cognitive development and learning: Domain specificity and epigenesis. In W. Damon (Series Ed.), & D. Kuhn & R. S. Siegler (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception, and language* (5th ed., pp. 575-630). New York: Wiley.
116. Gibson, K.R. (2002). Evolution of human intelligence: the roles of brain size and mental construction. *Brain, Behavior and Evolution*, 59:10-20
117. Gigerenzer, G., Todd, P., & The ABC Research Group. (1999). *Simple heuristics that make us smart*. New York: Oxford University Press.
118. Godfrey – Smith, P. (2002). Environmental Complexity and the Evolution of Cognition. U Sternberg, R.J. i Kaufman, J. C. (Eds.) *The Evolution of Intelligence*. Pp: 223 – 250. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associate
119. Gordon, R. A. (1997). Everyday life as an intelligence test: Effects of intelligence and intelligence context. *Intelligence*, 24, 203-320.
120. Gosso, Y., Otta, E., de Lima Salum e Morais, M., Ribeiro, F. J. L, and Bussab, V. S. R. (2005) Play in hunter-gatherer society. In A.D. Pellegrini & P.K. Smith (Eds.), *The nature of play: Great apes and humans* (pp. 213-253). New York: Guilford Press.
121. Gottfredson, L. (2007). Innovation, Fatal Accidents, and the Evolution of General Intelligence in M. J. Roberts (Ed.), *Integrating the Mind*. Hove, UK: Psychology Press.
122. Gottfredson, Linda S. (1997). Mainstream Science on Intelligence (editorial). *Intelligence* 24: 13-23.
123. Gottlieb G (2002) Developmental-behavioral initiation of evolutionary change. *Psychol Rev* 109: 211-218.
124. Gould, J.L. (2003) Animal cognition. *Curr. Biol.* 14, 372-375
125. Gould, S. J. (2002). *The Structure of Evolutionary Thought*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.
126. Gowlett, J. A. J. (2006). The elements of design form in Acheulian bifaces: Modes, modalities, rules and language. U N. Goren- Inbar & G. Sharon (Eds.), *Axe age: Acheulian tool-making from quarry to discard* (pp. 203-221). London: Equinox.
127. Grabowski, T. J., Damasio, H., Tranel, D., Ponto, L. L., Hichwa, R. D., & Damasio, A. R. (2001). A role for left temporal pole in the retrieval of words for unique entities. *Human Brain Mapping*, 13, 199-212.
128. Gray, J. A. (1987). *The psychology of fear and stress*. Cambridge: Cambridge University Press.
129. Gray, R. (2011). "Neanderthals built homes with mammoth bones". [Telegraph.co.uk](http://Telegraph.co.uk). (Pristupljeno: 15.02.2016)
130. Greene, B. (1999). *The elegant universe: Superstrings, hidden dimensions, and the quest for the ultimate theory*. New York: Norton.

131. Green, R. E., Krause, J., Ptak, S.E., Briggs, A.W., Ronan, M.T., Simons, J.F., Egholm, M., Rothberg, J.M., Paunović, M., Pääbo, S. (2006). *Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA. Nature, 444 (7117): 330–336.*
132. Greenfield, P. M., i Savage-Rumbaugh, E. S.. (1990). Grammatical combination in Pan Paniscus: Processes of learning and invention in the evolution and development of language. U: S. Taylor-Parker i K. R. Gibson, ured., *Language and intelligence in monkeys and apes*. New York: Cambridge University Press.
133. Greenfield, P.M. (1991). Language, tools and brain: the ontogeny and phylogeny of hierarchically organized sequential behavior. *Behavioral and Brain Sciences* 14,531-95.
134. Gribbin, J. (1998). *Q is for quantum: An encyclopedia of particle physics*. New York: Touchstone.
135. Grigorenko, E. L., Meier, E., Lipka, J., Mohatt, G., Yanez, E. & Sternberg, R. J. 2004. The relationship between academic and practical intelligence: a case study of the tacit knowledge of Native American Yup'ik people in Alaska. *Learning Individual Differences*. 14, 183-207.
136. Grossman, E., Donnelly, M., Price, R., Pickens, D., Morgan, V., Neighbor, G., et al. (2000). Brain areas involved in perception of biological motion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 711-720.
137. Grun, R., Stringer, C., McDermott, F., Nathan, R., Porat, N., Robertson, S., et al. (2005). U-series and ESR analyses of bones and teeth relating to the human burials from Skhul. *Journal of Human Evolution*, 49, 316–334.
138. Harpending, H. & Rogers, A. (2000). Genetic perspectives on human origins and differentiation. *Annu. Rev. Genomics Hum. Genet.* 1, 361–385.
139. Harpending, H. C., Sherry, S. T., Rogers, A. R. & Stoneking, M. (1993). The Genetic Structure of Ancient Human Populations. *Curr. Anthropol.* 34, 483–496.
140. Harris, J.W.K. i Capaldo, S. D., (1993). The earliest stone tools. U: Berthelet, A., Chavaillon, J.(Eds.). *The Use of Tools by Human and Non-Human Primates*. Clarendon Press, Oxford, 196-200.
141. Hawkes K, O'Connell JF, Blurton-Jones NG (1997) Hadza women's time allocation, offspring provisioning, and the evolution of long post-menopausal life-spans. *Curr Anthropol* 38: 551–578
142. Hazarika, M. (2007). *Homo erectus/ergaster and Out of Africa: Recent Developments in Paleoanthropology and Prehistoric Archaeology*. EAA Summer School eBook 1: 35-41
143. Hebb, D.O. (1949). *The Organization of Behavior*. New York: Wiley & Sons.
144. Heinrich, B. (2000). Testing insight in ravens. In C. Heyes & L. Huber (Eds.), *The evolution of cognition* (pp. 289–305). Cambridge, MA: MIT Press.
145. Henrich J, Heine SJ, Norenzayan A (2010) The weirdest people in the world? *Behav Brain Sci* 33: 61–135.
146. Henriques, G. (2003) "The Tree of Knowledge System and the Theoretical Unification of Psychology". *Review of General Psychology*, Vol. 7, No. 2, 150-182.
147. Henshilwood, C.S. (2004). The Origins of Modern Human Behaviour – Exploring the African evidence. U Combining the Past and the Present: Archaeological perspectives on society. (Ured. Terje Oestigaard, Nils Anfinset i Tore Saetersdal). BAR International Series 1210: 95-106.
148. Henshilwood, C. S., d'Errico, F., Yates, R., Jacobs, Z., Tribolo, C., Duller, G. A. T., Mercier, N., Sealy, J. C., Valladas, H., Watts, I. & Wintle, A. G. (2002) Emergence of Modern Human Behavior: Middle Stone Age Engravings from South Africa. *Science* 295, 1278–1280.
149. Hill, K., & Hurtado, A. M. (1996). *Ache life history: The ecology and demography of a foraging people*. New York: Aldine de Gruyter.
150. Holloway, R.L, Broadfield, D.C, Yuan, M.S. (2004b) *The human fossil record, Vol 3. Brain endocasts: the paleoneurological evidence*. Wiley-Liss, New York
151. Holloway, R. L. (1983). Human paleontological evidence relevant to language behavior. *Human Neurobiology*, 2, 105–114.

152. Holloway, R. L., Clarke, R. J. i Tobias, P. V. (2004a). Posterior lunate sulcus in *Australopithecus africanus*: was Dart right? *Comptes Rendus Palevol*, 3(4), 287-293.
153. Holloway, R.L., Post, D.G. (1982). The relativity of relative brain measure and hominid mosaic evolution. U: Armstrong, E., Falk, D. (Eds). *Primate brain evolution: methods and concepts*. Plenum, New York, pp 57 – 76.
154. Holloway, R. L., Sherwood, C. C., Hof, P. R. i Rilling, J.K. (2009). Evolution of the Brain: U Humans – Paleoneurology. *The New Encyclopedia of Neuroscience*, Springer.
155. Hoyle, F. (1964). *Man in the universe*. New York: Columbia University Press.
156. Howard-Jones, P.A., i Murray, S. (2003). Ideational productivity, focus of attention, and context. *Creativity Research Journal*, 15(2&3), 153–166.
157. Howell, N. (2000). *Demography of the Dobe !Kung* (2nd ed.). Hawthorne, NY: Aldine de Gruyter.
158. Hublin J.J. (2000.) Modern-Nonmodern Hominids Interactions: a Mediterranean Perspective. U Bar-Yosef O., Pilbeam D.eds.: *The Geography of Neandertals and Modern Humans in Europe and the Greater Mediterranean* Cambridge, MA: Peabody Museum, Harvard Univ. Press; 157–182.
159. Human Genome Project. (2001). Insights learned from the sequence. [http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/project/journals/insights.html](http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/journals/insights.html) (pristupljeno: februar 2015)
160. Hunt KD (1994) The evolution of human bipedality: Ecology and functional morphology. *J Hum Evol* 26: 183–202
161. Huxley, J. S. (1941). *The Uniqueness of Man*. Chatto & Windus. London.
162. Huxley J. S. (1953). *Evolution in Action*. Chatto & Windus. London.
163. Huxley J. S. (1957). *New Bottles for New Wine*. Harper & Brothers. New York.
164. Jablonka E, Lamb M (2005) *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral and symbolic variation in the history of life*. Cambridge (MA): MIT Press.
165. Jerison, H. J. (1973). *Evolution of the brain and intelligence*. New York: Academic Press
166. Jerison, H.J. (2000). Evolution of intelligence. U R. Sternberg, (ed.) *Handbook of human intelligence., 2nd Ed*. Pp. 216-244. Cambridge, England, Cambridge University Press.
167. Jerison, H.J. (2001). On theory in comparative psychology. U R. J. Sternberg i J. C. Kaufman, (Eds.). *The Evolution of Intelligence*. pp. 251-288. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.
168. Johnson, M., & Morton, J. (1991). *Biology and cognitive development: The case of face recognition*. Oxford, England: Blackwell.
169. Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
170. Kaas JH. 2006 Evolution of the neocortex. *Curr. Biol.* 16, R910 –R914.
171. Kahlenberg, S. M., & Wrangham, R. W. (2010). Sex differences in chimpanzees' use of sticks as play objects resemble those of children. *Current Biology*, 20, R1067–R1068.
172. Kanazawa. S. (2004). General intelligence as a domain-specific adaptation. *Psychological Review*, 111, 512–523.
173. Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: A module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*, 17, 4302-4311.
174. Karavanić, I. (2004). *Život neandertalaca*. Školska knjiga, Zagreb.
175. Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science*. Cambridge MA: MIT Press.
176. Karmiloff-Smith, A. (1994). Precis of 'Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science'. *Behavioral and Brain Sciences* 17, 693-745.
177. Kaufman, S. B., DeYoung, C. G., Gray, J. R., Jiménez, L., Brown, J., & Mackintosh, N. J. (2010). Implicit learning as an ability. *Cognition*, 116, 321–340.
178. Key, C.A. i Aiello, L.C. (1999) The evolution of social organization. U: Dunbar R, Knight C, Power C (eds) *The evolution of culture*. Edinburgh University Press, Edinburgh, pp 15–33

179. Kimura, M. (1983). *The neutral theory of molecular evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
180. Klein, R. G. (1999). *The Human Career: Human Biological and Cultural Origins*. Chicago: University of Chicago Press,
181. Klein, R. G. (2000) Archeology and the Evolution of Human Behavior. *Evol. Anthropol.* 9, 7–36.
182. Klein, R. G. (2003). Whither the Neanderthals? *Science*, 299, 1525–1527.
183. Koestler, A. (1975). *The Act of Creation*. London: Picador.
184. Kohn, M. and Mithen, S. (1999). Handaxes: products of sexual selection? *Antiquity* 73: 518–526.
185. Krause J, Lalueza-Fox C, Orlando L, et al., (2007). The derived FOXP2 variant of modern humans was shared with Neandertals. *Curr Biol.* 17:1908-1912.
186. Krings M., Stone A., Schmitz R. W., Krainitzki H., Stoneking M., Pääbo S. (1997). Neandertal DNA sequences and the origin of modern humans. *Cell.* 90:19–30.
187. Laland KN, Brown GR (2006) Niche construction, human behaviour and the adaptive-lag hypothesis. *Evol Anthropol* 15: 95–104.
188. Laland KN, Odling-Smee J, Myles S (2010) How culture shaped the human genome: bringing genetics and the human sciences together. *Nat Rev Genet* 11: 137–148.
189. Le May, M. (1976). Morphological cerebral asymmetries of modern man, fossil man and nonhuman primates. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 280, 349–366.
190. Lee T, Henry J.D, Trollor J.N, Sachdev P.S. (2010). Genetic influences on cognitive functions in the elderly: A selective review of twin studies. *Brain Res Rev*; 64:1–13.
191. Leakey, M. D. (1971). *Olduvai gorge: Excavations in beds I and II, 1960–1963*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
192. Lefebvre, L., Reader, S. M. i Sol, D. (2004). Brains, innovations and evolution in birds and primates. *Brain Behav. Evol.* 63,233–246.
193. Leonard, W. R., Robertson, M. L., Snodgrass, J. J., & Kuzawa, C. W. (2003). Metabolic correlates of hominid brain evolution. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 136(1), 5-15.
194. Lewis, B., Jurmain, R., Kilgore, R. (2013). *Understanding Humans: An Introduction to Physical Anthropology and Archaeology, (11th edition)*. Wadsworth/Cengage Learning: Belmont, CA
195. Li SC (2003) Biocultural orchestration of developmental plasticity across levels: the interplay of biology and culture in shaping the mind and behavior across the life span. *Psychol Bulletin* 129: 171–194.
196. Lifson, S. (1997). On the crucial stages in the origin of animate matter. *Journal of Molecular Evolution*, 44, 1–8.
197. Loulergue L, Schilt A, Spahni R, MassonDelmotte V, Blunier T, et al. (2008) Orbital and millennial-scale features of atmospheric CH<sub>4</sub> over the past 800,000 years. *Nature* 453: 383–386.
198. Low, B. S. (1990). Human responses to environmental extremeness and uncertainty: A cross cultural perspective. U E. Cashdan (Ed.), *Risk and uncertainty in tribal and peasant economies* (pp. 229–255). San Francisco: Westview Press.
199. Luke, A; Guo, X; Adeyemo, AA; Wilks, R; Forrester, T; Lowe Jr, W; Comuzzie, AG; Martin, LJ; Zhu, X; Rotimi, CN; Cooper, RS (2001). Heritability of obesity-related traits among Nigerians, Jamaicans and US black people. *International journal of obesity and related metabolic disorders.* 25 (7): 1034–41.
200. Lynch, J. C. (1980). The functional organization of posterior parietal association cortex. *The Behavioral and Brain Sciences*, 3, 485–534.
201. Macaulay, V., Hill, C., Achilli, A., Rengo, C., Clarke, D., Meehan, W., Blackburn, J., Semino, O., Scozzari, R., Cruciani, T., et al. (2005). Single, Rapid Coastal Settlement of Asia Revealed by Analysis of Complete Mitochondrial Genomes. *Science* 308, 1034–1036

202. MacDonald, K. (1992). Warmth as a developmental construct: An evolutionary analysis. *Child Development*, 63, 753–773.
203. MacDonald, K. B. (1991). A perspective on Darwinian psychology: The importance of domain general mechanisms, plasticity, and individual differences. *Ethology and Sociobiology*, 12, 449–480.
204. Maden, B. F. (1995). No soup for starters? Autotrophy and the origins of metabolism. *Trends in Biochemistry*, 20, 337–341.
205. Marean, C. W., Bar-Matthews, M., Bernatchez, J., Fisher, E., Goldberg, P., Herries, A. I., et al. (2007). Early human use of marine resources and pigment in South Africa during the Middle Pleistocene. *Nature*, 449, 905–908.
206. Martindale, C. (1995). Creativity and connectionism. U: S. M. Smith, T. B. Ward, & R. A. Finke (Eds.), *The creative cognition approach* (249–268). Cambridge MA: MIT Press.
207. Maynard-Smith, J., & Szathmary, E. (1999). *The origins of life: From the birth of life to the origin of language*. Oxford, England: Oxford University Press.
208. Maynard Smith, J. i Szathmary, E. (1995). *The Major Transitions in Evolution*. Freeman/Spektrum. Oxford.
209. Mayr, E. (1988). *Towards a New Philosophy of Biology*. Harvard University Press. Cambridge, MA.
210. McBrearty, S. Brooks A.S. (2000). The revolution that wasn't: a new interpretation of the origin of modern human behavior. *J Hum Evol.* 39(5):453-563.
211. McCloskey, M. (1983). Intuitive physics. *Scientific American*, 248(4), 122–130.
212. McCloskey, M., Caramazza, A., & Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. *Science*, 210(4474), 1139–1141.
213. McDougall, I., Brown, F. H. & Fleagle, J. G. (2005). Stratigraphic placement and age of modern humans from Kibish, Ethiopia. *Nature* 433, 733–736.
214. Mekel-Bobrov, N., S.L. Gilbert, P.D. Evans, et al., 2005. Ongoing adaptive evolution of ASPM, a brain size determinant in *Homo sapiens*. *Science* 309, 1720–22.
215. Mellars, P. (2006). Why did modern human populations disperse from Africa ca.60,000 years ago? A new model. *PNAS*, 103 (25), 9381-9386.
216. Mellars, P. A. (1996). The emergence of biologically modern populations in Europe: A social and cognitive 'revolution'?. U: W. G. Runciman, J. Maynard Smith, and R. I. M. Dunbar (ured), *Evolution of Social Behaviour Patterns in Primates and Man*, London: The British Academy. 179–202
217. Mercado, E. (2008). Neural and Cognitive Plasticity: From Maps to Minds. *Psychological Bulletin*, 134 (1). 109 – 137.
218. Mercier, N., and Valladas, H. (1994). Thermoluminescence Dates for the Paleolithic Levant. U: Bar-Yosef, O., i Kra, R. S. (ured.) *Late Quaternary Chronology and Paleoclimates of the Eastern Mediterranean*, Radiocarbon and the Peabody Museum, Tucson. 13–20.
219. Mithen, S. (1996). *The prehistory of the mind: The cognitive origins of art and science*. London, UK: Thames and Hudson.
220. Mithen, S. (2007) How the evolution of the human mind can be reconstructed. U: Gangestad, S. i Simpson, J. (ured.) *The Evolution of Mind: Fundamental Questions and Controversies*. Guildford Publications Inc., New York, pp. 60-66 .
221. Mithen, S. (2005) *The Singing Neanderthals: the Origins of Music, Language, Mind and Body*. Weidenfeld & Nicolson, London
222. Mithen, S.J. Parson, L. (2008). The Brain as a Cultural Artefact. *Cambridge Archeological Journal*, 18 (3), 415 – 422.
223. Neubauer, S., Gunz, P., i Hublin, J.J. (2010). Endocranial shape changes during growth in chimpanzees and humans: A morphometric analysis of unique and shared aspects. *J. Hum. Evol.* 59, 555–566.

224. Norenzayan A, Heine SJ (2005) Psychological universals across cultures: what are they and how do we know? *Psychol Bull* 135: 684–763.
225. Nunes, A. (1999). *A sociedade das crianças A'uwe-Xavante: Por uma antropologia da criança* [The society of the A'uwe-Xavante children: For children's anthropology]. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação/Instituto de Inovação Cultural.
226. O'Connell JF, Hawkes K, Blurton-Jones NG (1999) Grandmothering and the evolution of Homo erectus. *J Hum Evol* 36: 461–485.
227. O'Toole, B. I., & Stankov, L. (1992). Ultimate validity of psychological tests. *Personality and Individual Differences*, 13, 699–716.
228. Olson, E. C. (1985). Intelligent Life in Space. *Astronomy Magazine* 13:6–22.
229. Peirce, C. S. (1932). The icon, index, and symbol. U C. Hartshorne & P. Weis (Eds.), *The collected papers of Charles Sanders Peirce*, Vol. II (pp. 156–173). Cambridge, MA: Harvard.
230. Penke, L., Denissen, J.J.A., & Miller, G.F. (2007). The evolutionary genetics of personality. *European Journal of Personality*, 21, 549–587.
231. Pinker S. (1997). *How the Mind Works*. New York: Norton & Co .
232. Pinker S. 2010. The cognitive niche: coevolution of intelligence, sociality, and language. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107:8993–99.
233. Pinker, S. (1994). *The language instinct*. New York: William Morrow.
234. Plomin, R., Owen, M. J., & McGuffin, P. (1994). The genetic basis of complex human behaviors. *Science*, 264, 1733–1739.
235. Plomin, R., DeFries, J. C., McClearn, G. E., & McGuffin, P. (2001). *Behavioral genetics* (4<sup>th</sup> ed.). New York: Worth.
236. Plomin, R i Deary, I.J., (2015) Genetics and intelligence differences: five special findings. *Molecular Psychiatry*, 20, 98–108.
237. Ponce de León, M.S., Golovanova, L., Doronichev, V., Romanova, G., Akazawa, T., Kondo, O., Ishida, H. i Zollikofer, C.P.E. (2008). Neanderthal brain size at birth provides insights into the evolution of human life history. *PNAS*. 105 (37) .13764-13768.
238. Potts, R. (1998). Variability selection in hominid evolution. *Evolutionary Anthropology*, 7, 81-96.
239. Premack, D. (1976). *Intelligence in ape and man*. Erlbaum. Hillsdale, N.J.
240. Prugnolle, F., Manica, A. & Bailloux, F. (2005). Geography predicts neutral genetic diversity of human populations. *Curr. Biol.* 15, 159–160.
241. Ramachandran, S., Deshpande, O., Roseman, C. C., Rosenberg, N. A., Feldman, M. W. & Cavalli-Sforza, L. L. (2005) Support from the relationship of genetic and geographic distance in human populations for a serial founder effect originating in Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 92, 15942–15947.
242. Reich D, Green RE, Kircher M, et al., (2010). Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia. *Nature*. 468:1053-1060.
243. Richerson, P., & Boyd, R. (2000). Climate, culture, and the evolution of cognition. In C. Heyes & L. Huber (Eds.), *The evolution of cognition* (pp. 329–346). Cambridge, MA: MIT Press.
244. Ricklefs, R. E. 2004 *The cognitive face of avian life histories*. *Wilson Bull.* 116, 119–196.
245. Riel-Salvatore, J., & Clark, G. A. (2001). Grave markers: Middle and Early Upper Paleolithic burials and the use of chronotypology in contemporary Paleolithic research. *Current Anthropology*, 42, 449–479.
246. Roth, G. & Dicke, U. (2005). Evolution of the brain and intelligence. *Trends Cogn. Sci.* 9, 250-257.
247. Ruff, C. B., Trinkaus, E., & Holliday, T. W. (1997). Body mass and encephalization in Pleistocene Homo. *Nature*, 387, 173–176.
248. Ruvolo, M (1997a). *Molecular phylogeny of the hominoids: inferences from multiple independent DNA sequence data sets*. *Molecular Biology and Evolution*, 14 (3): 248.–265.

249. Ruvolo, M. (1997b). Genetic Diversity in Hominoid Primates. *Annual Review of Anthropology*, 26: 515-540.
250. Sabeti PC, Schaffner SF, Fry B, Lohmueller J, Varilly P, et al. (2006) Positive natural selection in the human lineage. *Science* 312: 1614–1620.
251. Sagan, C., Salzman Sagan, L. i Drake, F. (1972). A Message from Earth. *Science* 175 (4024): 881–884.
252. Salas, A., Richards, M., Tomas, D. L. F., Lareu, M. V., Sobrino, B., Sanchez-Diz, P., Macaulay, V. i Carracedo, A. (2002) *Am. J. Hum. Genet.* 71, 1082–1111.
253. Savage-Rumbaugh, E. S Rumbaugh, D. M., i Boysen, S. (1978) Linguistically-mediated tool use and exchange by chimpanzees (Pan troglodytes). *Behavioral and Brain Sciences*, 4: 539-554.
254. Sayers, K., Raghanti, M.A. i Lovejoy, C.O (2012). Human Evolution and the Chimpanzee Referential Doctrine. *Annual Review of Anthropology*, 41: 119 – 138.
255. Schlaug, G., Jaencke, I. Huang, Y i Teinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia* 33, 1047–55.
256. Schyns, P. G., Bonnar, L., & Gosselin, F. (2002). Show me the features! Understanding recognition from the use of visual information. *Psychological Science*, 13, 402-409.
257. Semaw, S., Renne, P., Harris, J. W. K., Feibel, C. S., Bernor, R. L., Fesseha, N., Mowbray, K. (1997). 2,5-Million-year-old stone Tools from Gona Ethiopia. *Nature*, 385, 333 – 336.
258. Semendeferi, K., Armstrong, E., Schleicher, A., Zilles, K., i van Hoesen, G. W. (2001). Prefrontal cortex in humans and apes: A comparative study of area 10. *American Journal of Physical Anthropology*, 114, 224–241.
259. Sober, E. (2000). *Philosophy of Biology*. Westview Press, Colorado.
260. Shanahan, T. (2004). *The Evolution of Darwinism. Selection, Adaptation, and Progress in Evolutionary Biology*. Cambridge University Press. Cambridge.
261. Shapiro, J. A., & von Sternberg, R. (2005). Why repetitive DNA is essential to genome function. *Biological Reviews*, 80, 227–250.
262. Shea, J.J., 2008. Transitions or turnovers? Climatically-forced extinctions of Homo sapiens and Neanderthals in the east Mediterranean Levant. *Quaternary Science Reviews* 27, 2253e2270.
263. Shennan S. (2002). *Genes, Memes, and Human History: Darwinian Archaeology and Cultural Evolution*. London, U.K.: Thames & Hudson.
264. Sherry, S. T., Rogers, A. R., Harpending, H., Soodyall, H., Jenkins, T. & Stoneking, M. (1994). Mismatch distributions of mtDNA reveal recent human population expansions. *Hum. Biol.* 66, 761–775.
265. Shibata, T. i Ioannides, A. A. (2001). Contribution of the human superior parietal lobule to spatial selection process: An MEG study. *Brain Research*, 897, 164–168.
266. Simpson, G.G. (1949). *The Meaning of Evolution: A Study Oh the History of Life and of Its Significance for Man*. Oxford University Press.
267. Singer R., Wymer J. (1982) *The Middle Stone Age at Klasies River Mouth in South Africa*. Univ. of Chicago Press, Chicago, IL.
268. Sneider, C, & Pulos, S. (1983). Children's cosmographies: Understanding the earth's shape and gravity. *Science Education*, 67, 205-221.
269. Sol, D. (2009). The cognitive-buffer hypothesis for the evolution of large brains. U R. Dukas i R. M. Ratcliffe, (Eds.), *Cognitive ecology II*. Chicago, IL: Chicago University Press.
270. Soressi, M., & D'errico, F. (2007). Pigments, gravures, parures: Les comportements symboliques controversés des Néandertaliens. U B. Vandermeersch & B. Maureille (Eds.), *Les Néandertaliens. Biologie et cultures*, (Vol. 23), (pp. 297–309). Paris: Éditions du CTHS.
271. Spengler, O. (1922: 2000). *Propast Zapada*, sv.1-2, Demetra, Zagreb.

272. Sperber, D. (1994). The modularity of thought and the epidemiology of representations. In *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, eds., L.A. Hirschfeld & S.A. Gelman, pp. 39-67. Cambridge: Cambridge University Press.
273. Stanovich, K.E. (2009). *What intelligence tests miss: The psychology of rational thought*. New Haven, CT: Yale University Press.
274. Stearns, S. C. (1992). *The evolution of life histories*. Oxford: Oxford University Press
275. Stenhouse D. (1974). *The evolution of intelligence*. George Allen & Unwin, London.
276. Sternberg, R.J.; Nokes, K.; Geissler, P.W.; Prince, R.; Okatcha, F.; Bundy, D.A.; Grigorenko, E.L. (2001). The relationship between academic and practical intelligence: A case study in Kenya. *Intelligence*, 29, 401–418.
277. Stock, J.T. (2006). Hunter-gatherer postcranial robusticity relative to patterns of mobility, climatic adaptation, and selection for tissue economy. *American Journal of Physical Anthropology* 131 (2): 194–204.
278. Striedter, G. F. (2005). *Principles of brain evolution*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
279. Suddendorf, T., & Corballis, M. C. (1997). Mental time travel and the evolution of the human mind. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 123, 133–167.
280. The Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium (2005). *Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome*. *Nature* (437,1) 69-87. 2005.
281. Tishkoff, S. A. & Williams, S. M. (2002). Genetic analysis of African populations: human evolution and complex disease. *Nat. Rev. Genet.* 3, 611–621.
282. Tobias, P. V. (1987). The brain of *Homo habilis*: A new level of organization in cerebral evolution. *Journal of Human Evolution*, 16(7-8), 741-761.
283. Tobias, P. V. (1971). *The Brain in Hominid Evolution*. New York: Columbia University Press.
284. Tomasello, M., Kruger, A. C., & Ratner, H. H. (1993). Cultural Learning. *Behavioral and Brain Science*, 16, 495-552.
285. Tooby, J. & Cosmides, L. (1990)b. The past explains the present: Emotional adaptations and the structure of ancestral environments. *Ethology and Sociobiology*, 11, 375-424.
286. Tooby, J. & Cosmides, L. (1990)a. On the universality of human nature and the uniqueness of the individual: The role of genetics and adaptation. *Journal of Personality*, 58, 17-67.
287. Tooby, J. & Cosmides, L. (2005). Conceptual foundations of evolutionary psychology. U D. M. Buss (Ed.), *The Handbook of Evolutionary Psychology* (pp. 5-67). Hoboken, NJ: Wiley.
288. Tooby, J., & Cosmides, L. (1992). The psychological foundations of culture. U J. Barkow, L. Cosmides, & J. Tooby (Eds.), *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture* (pp. 19–136). New York: Oxford University Press.
289. Tooby, J., Cosmides, L. & Barrett, H. C. (2005). Resolving the debate on innate ideas: Learnability constraints and the evolved interpenetration of motivational and conceptual functions. U Carruthers, P., Laurence, S. & Stich, S. (Eds.), *The Innate Mind: Structure and Content*. NY: Oxford University Press.
290. Tooby, J., DeVore, I. (1987). The reconstruction of hominid evolution through strategic modeling. U: Kinzey (ed). *The Evolution of Human Behavior: Primate Models*, WG (SUNY Press, Albany, NY).
291. Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology*, 53, 1-25.
292. Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. New York: Oxford University Press.
293. Varki, A. i Nelson, D.L. (2007). Genomic Comparisons of Humans and Chimpanzees. *Annu. Rev. Anthropol.* 36:191–209.
294. Vanhaerensy, M., D'Errico, F., Stringer, C., James, S. L., Todd, J. A., & Mienis, H. K. (2006). Middle Paleolithic shell beads in Israel and Algeria. *Science*, 312, 1785–1788.



295. Villmoare, B., Kimbel, W.H., Seyoum, C., Campisano, C.J., DiMaggio, E.N., Rowan, J., Braun, D.R., Arrowsmith, J.R., Reed, K. E. (2015). Early *Homo* at 2.8 Ma from Ledi-Geraru, Afar, Ethiopia. *Science*. Vol. 347 (6228), pp. 1352-1355.
296. Voight BF, Kudaravalli S, Wen X, Pritchard JK (2006) A map of recent positive selection in the human genome. *PLoS Biol* 4.
297. Weaver, A.H., (2005). Reciprocal evolution of the cerebellum and neocortex in fossil humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 102, 3576–80.
298. Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, 43, 337-375.
299. White T.D. i sar., (2006). Asa Issie, Aramis and the origin of *Australopithecus*. *Nature* 440, 883-889.
300. Whiten, A. (ed.) (1991). *Natural Theories of Mind: Evolution, Development and Simulation of Everyday Mindreading*. Oxford: Blackwell.
301. Wood, Bernard; Richmond, Brian G. (2000). Human evolution: taxonomy and paleobiology. *Journal of Anatomy* 197 (1): 19–60.
302. Wrangham, R. (2003). *Cooking as a biological trait. Comparative Biochemistry and Physiology – Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 136 (1), 35-46
303. Wray A (2002) *The transition to Language*. Oxford University Press, Oxford
304. Wright, R. (2000). *Nonzero: The Logic of Human Destiny*. Pantheon New York.
305. Wurz S. (1999). The Howiesons Poort Backed Artefacts from Klasies River: An Argument for Symbolic Behaviour. *S. Afr. Archaeol. Bull.* 54:38–50.
306. Wynn, T., & McGrew, W. C. (1989). An ape's view of the Oldowan. *Man*, 24, 383–398.
307. Yantis, S., Schwarzbach, J., Serences, J. T., Carlson, R. L., Steinmetz, M. A., Pekar, J. J., i sar., (2002). Transient neural activity in human parietal cortex during spatial attention shifts. *Nature Neuroscience*, 5, 995–1002.
308. Wallace, A.R. (1871). Contributions to the theory of natural selection. A series of essays. New York: Macmillan and co.  
([https://books.google.ba/books?id=uGSFcfCfSBmkC&pg=PR13&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false](https://books.google.ba/books?id=uGSFcfCfSBmkC&pg=PR13&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false), pristupljeno: 10.07.2016)

## Index pojmova

- adaptacija, 7, 8, 79  
 adaptivni problemi, 7, 67  
 adaptivno ponašanje, 67, 68  
 anatomski modernih ljudi, 31, 35  
 arhaični ljudi, 27, 31  
 ašelejenska tehnologija, 26  
 australopiteci, 17, 19, 20, 59  
 Australopithecus afarensis, 19, 20  
 Australopithecus anamensis, 19, 20  
 bihevioralne genetike, 5  
 biološki primarni domeni, 8, 88  
 biološki sekundarno znanje, 8, 95  
 bipedalizam, 20, 21, 45, 60  
 Brokina kapa, 14, 15  
 cerebelum, 14, 15, 38  
 Darwinove teorije evolucije, 7, 64  
 dinamika "suma različita od nule", 98  
 dinamika "sume jednake nuli, 98  
 DNK, 2, 3, 4  
 efekat zapornog kotača, 36  
 eksplicitno mišljenje, 37  
 epizodička kognicija, 46  
 epizodički um, 49  
 Evolucijska edukacijska psihologija, 84  
 evolucijska psihologija, 2, 4, 55, 64, 66, 67, 70  
 evolucijska „utrka u naoružanju“, 85  
 fronto-orbitalni sulkus, 14, 15, 40  
 gen, 3, 4, 5, 31, 32, 65  
 genski pomak, 7, 6  
 giboni, 16  
 heritabilnost, 4, 5, 77, 80  
 heuristici, 89, 91, 93  
 hipoteza smrtonosnih inovacija, 7, 80, 81  
 hipoteze ekološke dominacije/socijalne kompeticije, 84  
 hominidi, 5, 16, 17, 20, 39, 45, 47, 73, 74  
 hominini, 16  
 Homo antecessor, 27  
 Homo erectus, 7, 17, 21, 24, 25, 43, 44, 45, 47, 106, 110  
 Homo ergaster, 21, 24, 40, 62  
 Homo floresiensis, 25, 104  
 Homo habilis, 4, 7, 17, 21, 22, 23, 40, 60, 112  
 Homo heidelbergensis, 17, 27, 28, 40  
 Homo helmei, 27  
 Homo neanderthalensis, 27, 28, 29, 30, 32, 35, 61, 62, 107  
 Homo rhodesiensis, 27  
 Homo rudolfensis, 21, 22  
 Homo sapiens, 7, 31, 34, 40, 43, 44, 45, 99, 109, 111  
 Homo sapiens sapiens, 34  
 implicitno mišljenje, 37  
 improvizacijska inteligencija, 70, 72, 73, 75  
 inteligencija, 5, 2, 5, 7, 4, 5, 10, 11, 37, 41, 55, 57, 58, 61, 64, 70, 71, 75, 77, 78, 80, 83, 84, 93, 97, 99  
 jezik, 2, 9, 11, 15, 35, 37, 38, 41, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 55, 58, 61, 63, 64, 75, 85  
 klimatske promjene, 34, 82  
 koeficijent encefalizacije, 13  
 kognitivna fluidnost, 37, 59, 63  
 kognitivna niša, 7, 73, 74, 75  
 kognitivni programi, 67, 68  
 konceptualne definicije inteligencije, 7, 10, 11  
 kontrola pažnje, 85, 87  
 konzervacije prethodnih prednosti, 44  
 kulturalna evolucija, 98  
 kultura, 4, 7, 8, 1, 2, 9, 23, 34, 35, 36, 38, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 59, 60, 61, 63, 75, 82, 83, 96, 98, 99  
 ljudski genom, 7, 4  
 mehanizmi rješavanja problema, 93  
 mimetička kultura, 47, 48, 49  
 mimetičke vještine, 47, 48  
 mitohondrijska Eva, 32  
 mitska kulturi, 7, 48, 53  
 mitsku kulturu, 50  
 modularna plastičnost, 92  
 modularnost, 2, 4, 85, 94  
 motivacija, 7, 8, 78, 79, 85, 86  
 mozak, 5, 4, 9, 12, 13, 14, 15, 19, 21, 22, 27, 28, 32, 38, 39, 43, 60, 68, 70, 71, 78, 85, 99  
 musterijska kultura, 29  
 mutacije, 7, 3, 5  
 namjenske inteligencije, 70, 71, 72, 73  
 narativno mišljenje, 50  
 narodni domeni, 89

- narodno znanje, 88, 89
- naučno i logičko mišljenje, 50
- Neandertalski projekt genoma, 30
- neokorteks, 25
- neurofiziološke osnove, 68
- okolina evolucijske adaptivnosti, OEA, 69, 70, 71, 76
- okolinske fluktuacije, 76
- oldovanska oruđa, 23
- opšta inteligencija, 5, 7, 8, 57, 58, 72, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 93, 95
- oralno-semiotičkog sistema komunikacije, 49
- orbitalni frontalni lobus, 14
- panini, 16
- parietalni lobus, 14, 15
- petalije, 14
- polumjesečasti sulkus, 14, 28
- prirodna selekcija, 2, 3, 5, 7, 9, 20, 39, 41, 43, 66, 68, 71, 81, 97, 99
- problema okvira, 7, 78, 79
- procjena inteligencije, 7, 12
- radno pamćenje, 51, 53, 79, 85, 86, 87, 93
- reprezentacija, 44
- revolucija gornjeg paleolita, 33
- rješavanja problema, 4, 65, 72, 73, 77, 78, 79, 80, 86, 87, 94
- seleksijski pritisak, 5, 2, 8, 60, 83
- sintetička teorija evolucije, 5, 2
- sistem motivacije, 79
- specijalizovane inteligencije, 55, 58
- standardni model socijalnih nauka, 65
- tehnološka evolucija, 99
- temporalni polovi, 14
- teorija evolucije, 5, 2
- teorija rekapitulacije, 56
- teorijska kultura, 50, 51, 53, 54
- tranzicija prema gornjem paleolitu, 35
- univerzalni psihološki mehanizmi, 69
- velike migracije, 34
- Y-hromozom Adam, 32

## MULTIDISCIPLINARNI TRETMAN EVOLUCIJE INTELIGENCIJE

Recenzija rukopisa: *Evolucija inteligencije čovjeka*, autor Nermin Đapo (Sarajevo, 2017.)

U svojoj dugoj povijesti, od prapočetaka do danas, čovjek je nastojao da otkrije tajne izvan sebe (kosmos) i tajne u sebi (mikrokosmos). Njegova nastojanja da spozna ne samo šta je to šta ga okružuje i šta se u njemu odvija, već i zašto su mu, makar i djelići, spoznaja ogromnog nepoznatog svijeta bili važni za njegov opstanak. Šta ga je, u njegovoj dugoj povijesti, "tjeralo" da neprekidno otkriva, u početku "tajne" iz njegove neposredne okoline, a kasnije složene niti nepoznatih zbivanja u beskrajnom svijetu kosmosa i u suptilnim nijansama svojih intimnih doživljaja, tajnovitim psihofiziološkim procesima? Istraživanja antropologije, ustvari njenih posebnih grana - paleoantropologije, fizičke antropologije i arheologija pretpovijesti - omogućavaju razumijevanje načina življenja naših predaka u davnim vremenima, u kamenom dobu (paleolitik, mezolitik i neolitik) i mentalnom dobu (eneolit, bronzani i gvozdeni period). Njihova otkrića utemeljena na analizi fosila, na proučavanju biološke evolucije, genetičke zakonomjernosti i ljudskog prilagođavanja i varijabiliteta i na proćuvanju materijalnih ostataka izumrlih velikih civilizacija i malih društvenih zajednica su značajni doprinosi razumijevanju razvoja čovjeka. Spoznaje o uvjetima i determinantama razvoja čovjeka do kojih su došli istraživači iz određenih naučnih disciplina i analizirana stanovišta velikih mislilaca svijeta su poslužila kao pouzdani izvor činjenica i za neuropsihološko i psihosocijalno tumaćenju razvoja psiholoških osobina čovjeka, posebno njegovih kognitivnih potencijala.

Ranija, a naročito savremena, psihološka istraživanja su značajna ne samo za psihologiju, već i za dublje razumijevanje psiholoških procesa koji se odvijaju u čovjeku, posebno u načinu funkcioniranja određenih anatomskih struktura njegovog mozga. Psiholozi polaze od činjenice da je evolucija čovjeka neprekidni proces otkrivanja nepoznatog. Rezultati metodološki dobro fundiranih istraživanja pokazuju da psiholozi nastoje da okriju i razloge neprekidnog procesa stvaranja čovjeka kao bitne osnove rasta i narastanja čovjeka. Očito je da je moguće govoriti o općim, društvenim i užim, osobnim razlozima ispoljene potrebe za otkrićem. Biološki opstanak čovjeka je zavisio od sposobnosti i umijeća iznalaženje i konstrukcije prikladnih sredstava (alata) koji će mu omogućiti zadovoljenje njegovih bioloških potreba. Neosporno je da se zadovoljenjem bioloških potreba može tumačiti neprekidni procesi čovjekovog otkrivanja nepoznatog u svijetu izvan i unutar njega. Širi i dublji tretman ovih i drugih spoznaja o razvoju čovjeka, kao i danas, vrlo aktualnih psiholoških razmatranja teorijskih i empirijskih spoznaja o prirodi kognitivnih procesa, a posebno o inteligenciji kao važnoj determinanti stvaranja, sadržano je u studiozno temeljito razrađenoj problematici opisanoj u rukopisu "**Evolucija inteligencije čovjeka**" prof. dr. Nermina Đape. U prezentiranju i znalačkom interpretiranju teorijskih i empirijskih spoznaja o evoluciji inteligencije, autor nastoji i da, prezentiranjem i analizom spoznaja o osnovnim konceptima teorije evolucije, sagleda kakav je i koliki značaj općih spoznaja o evoluciji u tumaćenju evolucije inteligencije.

Autor nastanak sve složenijih i sofistiranijih struktura tumači ishodom evolucije kompjutacijskog kontrolnog centra mozga. U toku ovih, dugih vremenskih perioda formiraju se i nove različite zajednice. Između njih samo se "kod jedne vrste, čovjeka, javlja kultura

zasnovana na simboličkom jeziku.” Preciznim navođenjem ključnih događaja u evoluciji kulture, iskazanih broječanim oznakama vremenskih razlika između ranijeg i sadašnjeg doba, prof.dr. Nermin Đapo ukazuje etape procesa kultivizacije. To su : bipedarno kretanje (prije 3,5 miliona godina), izrada oruđa (prije 1,4 miliona godina) i pojava jezika (između 2 miliona godina i 50 godina). Piše i o “eksploziji kulturnih artefakata”, o pojavama velikih civilizacija, o formiranju sistema vjerovanja i znanja i nastanku religije, filozofije, prava i nauka.

Iz znalački analiziranih prezentiranih spoznaja o osnovnim konceptima teorije evolucije, načinima definisanja inteligencije (konceptualne i operacionalne definicije), evoluciji inteligencije hominina i, najšire razmatranih, fundamentalnih osnova teorije evolucije inteligencije čovjeka, uviđaju su načini tretmana različitih naučnih disciplina korijena i ishoda kompleksnih evolucionih promjena. Vidljivo je, takođe, da prof. dr. Nermin Đapo nastoji da u sagledavanju utemeljenosti citiranih gledišta dobrih poznavalaca evolucije čovjeka, posebno njegove inteligencije, ukaže na specifičnost i vrijednost psihološkog pristupa.

Autor ističe da se konceptualnim definicijama inteligencije, odnosno definicijama u kojima se podrazumijeva postojanje inteligencije i kod čovjeka i kod životinja, pridaje veći značaj u stručnoj literaturi. Ukazuje se i na zajedničke karakteristike ovih definicija odnosno na adaptivnu i fleksibilnu prirodu inteligentnog ponašanja. U ilustraciji vrijednosti ovih definicija prof.dr. Nermin Đapo prezentira definicije Byrna i Stenhouse-a i konstatuje da “neki komparativni i evolucijski psiholozi, te kognitivni ekolozi smatraju da se inteligencija može definisati kao stepen mentalne ili ponašajne fleksibilnosti koja dovodi do novih rješenja koja nisu dio uobičajenog repertoara ponašanja.” Autor ne ostaje samo na prezentaciji i analizi mišljenja dobrih poznavalaca prirode inteligencije, već citiranjem mišljenja istraživača o neurološkim osnovama sposobnosti, ukazuje na vezu između inteligentnog ponašanja i određenih procesa u neurološkom supstratu, posebno mozgu. Autor navodi i pretpostavku Jerisona o ekvivalentnosti i mjerljivosti ponašajnih i neuralnih informacija kao osnove za analizu evolucije uma. Očito je i da Jerisonova definicija inteligencije – “inteligencija je bihevioralna posljedica ukupnog kapaciteta neuralnog procesiranja informacija reprezentativne odrasle jedinke vrste, korigovana za kapacitet kontrole rutinskih tjelesnih funkcija”- ukazuje ne samo na povezanost između neuralnih kapaciteta i inteligencije, već i na mogućnost procjenjivanja inteligencije u evolucijskim trendovima.

Prof.dr. Nermin Đapo prezentira i načine procjenjivanja kognitivnih kapaciteta, odnosno inteligencije naših davnih predaka. U širem razmatranja mogućnosti mjerenja autor ističe da nije moguće direktno, već samo indirektno mjerenje. Indirektno mjerenje, ustvari procjenjivanje, bazira se na analizi materjalnih ostataka i arheološke građe . Ovi podaci su omogućili i bolji uvid u kognitivne kapacitete i posebno u kapacitete inteligencije. U okvirima detaljnijih razmatranja sadržanih u dva pristupa procjenjivanja veličine i morfologije mozga , u kvantitativnom i kvalitativnom procjenjivanju, prof.dr. Nermin Đapo konstatuje da se, na osnovi dosadašnjih spoznaja, može pouzdanije govoriti o evoluciji inteligencije naših evolucijskih predhodnika i evolucijskih procesa vrsta bliskih čovjeku.

Sistematski pregled rezultata naučnih analiza fosilnih ostataka različitih populacija hominina sadržanih u djelu prof.dr. Nermina Đape “**Evolucija inteligencije čovjeka**”, ukazuje na opće i posebne promjene, izražene u kvantitativnim odnosima u milionima godina. Prezentirani podaci, zapravo, govore šta se i kako dešavalo u životu različitih populacija hominina i koliko su te promjene uticale na razvoj njihove inteligencije. Autor navodi u

svakom povjesno različitom vremenskom periodu , u periodu australopitecena, homo habilisu, homo erectusu/ergasteru, arhaičnim sapiensima (praljudima) i homo sapiensu, ono što je utvrđeno da se posebno dešavalo u svakom periodu, a naročito promjene koje su značajne za povjesno tumačenje evolucije inteligencije hominina ali i za pouzdanije objašnjavanje evolucije inteligencije od strane savremenih istraživača strukture i funkcije mozga kao bitne neurofiziološke osnove inteligentnog ponašanja.

U analizi sadržaja djela “ **Evolucija inteligencije čovjeka**” uočavaju se mnoge, naučno provjerene spoznaje, ne samo iz psihologije, već i iz drugih naučnih disciplina , posebno iz paleoantropologije, fizičke antropologije, neuronauke i evolucijske biologije , koje uvjerljivo pokazuju da se psihološko objašnjenje porijekla i suštinskih odrednica inteligencije, ne može temeljiti samo na uže kognitivnom i psihometrijskom tumačenju, već i na dokazima o procesima evolucije inteligencije. Ova važna potreba koju N. Đapo , potpuno opravdano naglašava , duboko je utkana i u četvrtom poglavlju u kome on detaljno razmatra rezultate savremenih teorijskih sagledavanja složenih i dinamičkih procesa evolucije ljudske inteligencije. Iz pregleda relativno široko opisanih i temeljno analiziranih ,psihološki vrlo značajnih, spoznaja sadržanih u teorijskim gledištima neurologa Merlina Donalda, arheologa Stevena Mithena i autora teorijske konceptualizacije evolucije inteligencije psihologinje Lede Cosmides i antropologa Johna Toobyja. Posebna pažnja u razmatranju posvećena je pitanjima evolucije inteligencije u okviru evolucijske psihologije, evoluciji generalne inteligencije i evoluciji inteligencije u okviru evolucijske edukacijske psihologije.

Merlin Donald, tumačenja evolucijskih stadija kognitivnog razvoja čovjeka, temelji na podacima i spoznajama većeg broja naučnih disciplina (antropologije, arheologije, kognitivne psihologije, lingvistike i neurobiologije). Na rezultatima istraživanja antropologa i arheologa, Merlin Donald ukazuje na različiti tempo kulturnih promjena, na spori (Homo erectus), na brzi (Homo sapiens) i na jako brzi (Homo sapiens sapiens) tempo i naglašava izvanredan uticaj kulture na evoluciju kognitivnih struktura i to ne samo u toku biološke evolucije , već i nakon nje. Kultura, ustvari, “ima moć restrukturiranja uma, ne samo s obzirom na specifičan sadržaj, što je očigledno, nego i s obzirom na fundamentalnu neurološku organizaciju.” Teoriju evolucije kognicije objašnjava pojmom reprezentacije, odnosno prevazilaženjem, nadržavanjem ranijeg sistema reprezentacije novim sistemom reprezentacije. Ljudski um je ishod reprezentacijskih stadija predhodnih procesa glavnih adaptacija uma primata. Reprezentacijska struktura savremenog uma čovjeka je sinteza svih prednosti njegovih evolucijskih predhodnika.

U prezentaciji i tumačenju gledišta arheologa Stevena Mithena o evoluciji ljudskog uma, Nermin Đapo ukazuje, između drugih značajnih mišljenja vrsnog arheologa, i činjenicu da on, svoja shvatanja o tokovima razvoja čovjekovog uma, temelji ne samo na istraživanju i analizi arheološke građe već i na mišljenju da poznavanje znakova um savremenog čovjeka omogućava omogućava razumijevanja prirodi uma njegovih evolucijskih predhodnika. Koliko Mithen uvažava psihološke spoznaje o umu čovjeka, vidljivo je iz njegovih analiza poznatih teorija inteligencije i proučavanja dostignuća razvojne psihologije o načinima dječijeg, intuitivnog razumijevanja različitih pravila koji upravljaju fizičkim objektima i živim bićima. Mithen, kako ističe Nermin Đapo, “smatra da postoje barem tri domena znanja koji su intuitivni i ukorijenjeni u djetetovom umu: psihologija, biologija i fizika.” Analiza arheološke građe i fosilnih ostataka omogućava, pak, pružaju odgovor o paralelnosti razvojnih stadija uma djece i stadija evolucije uma predhodnika današnjih ljudi. Širim opisom i studioznim sagledavanjem tri

ključna perioda razvoja ljudskog uma, posebno perioda modernog čovjeka i njegovog uma, Nermin Đapo pokazuje koliko je Mithenov arhitektonski pristup u arheološkim istraživanjima značajan i to ,ne samo za arheologiju, već i za kognitivnu psihologiju. Vremenski dugotrajni evolucionarni procesi integracije specijaliziranih modula odnosno kognitivnih domena, značio veliki korak u pojavi modernog čovjeka. Integracija socijalne i prirodne inteligencije omogućila je uspješnije “razumijevanje” umova drugih ljudi, a povezivanje tehničke i prirodne inteligencije je , pak, “omogućilo sposobnost manipulacije drugim ljudima.” Mithen ukazuje i na izrazitu važnost evolucije jezika i proširenja uma u komunikacijama između ljudi , u ispoljavanju reflektivne svjesnosti kao važnog svojstva socijalne inteligencije kao i njene evolucionarne prednosti u povećanju fleksibilnosti, senzitivnosti i kreativnosti. Mithen naglašava i ulogu pojave agrikulture koja je mogla uticati na razvoj uma djece i dovesti do pojave novih kognitivnih domena.

U širem razmatranju evolucije opće inteligencije, evolucije inteligencije u okvirima evolucionarne psihologije i evolucionarne edukacione psihologije, Nermin Đapo analizira spoznaje do kojih su došli rodonadželnici evolucionarne psihologije odnosno psihologinje Lede Cosmides i antropologja Tooby i Donald Simonsa. Iz rezultata njihovih istraživanja vidljivo, između ostalog, da je evolucionarna psihologija sinteza savremenih načela psihologije i evolucionarne biologije, da osnivači i sljedbenici evolucionarne psihologije definiraju ljudski um kao “skup računarnih uređaja za rješavanje adaptivnih problema opstanka i reprodukcije sa kojima su se suočavali naši preci iz epohe pleistocena” i da su njene primarne postavke nastale iz tri naučne tradicije, iz kognitivne psihologije, iz rezultata istraživanja načina društvenog življenja lovaca sakupljača i tokova i ishoda revolucije u evolucionarnoj biologiji. Tooby i Cosmides ističu takođe da su konceptualne osnove evolucionarne psihologije sadržane u četiri postavke: svaki organ tijela ima određenu njemu svojstvenu funkciju, u toku dugog evolucionarnog vremena programi su kreirani prirodnom selekcijom, evoluirani programi su prilagođeni okolnostima u kojima su nastali i ne znači da će ti programi odgovoriti novim promjenama i različiti programi koji se nalaze u mozgu su specijalizirani za rješavanje različitih zahtjeva adaptacije. Iz šire razrade gledišta Cosmidesa i Toobyja zapaža se da oni smatraju da se može govoriti o tri komplementarna nivoa objašnjenja u evolucionarnoj psihologiji, o adaptivnom problemu, kognitivnom programu i neurofiziološkoj osnovi, da je prirodna selekcija “dizajnirala neuralne krugove i potepeno oblikovala ljudski mozak” , da zbog sporosti prirodne selekcije nisu dizajnirani neuralni krugovi za uspješnu adaptaciju današnjem načinu življenja čovjeka, ali i da se razumijevanje funkcioniranja uma modernog čovjeka može bazirati na činjenici da je “lubenja modernog čovjeka dom uma čovjeka iz kamenog doba.”

Nermin Đapo prezentira i opisuje opći i užu, psihološki značaj i drugih gledišta Toobyja i Cosmidesa . Detaljniji opisi značenja i važnosti dviju inteligencija, namjenske i improvizacione inteligencije i kognitivne niše omogućava bolje inteligentno razumijevanje načina čovjekovog rješavanja adaptivnih kompjutacionih problema. Prva forma inteligencije programirana, dizajnirana je za rješavanje svrhovito određenih adaptivnih kompjutacionih problema. Improvizaciona forma inteligencije je, pak, programirana za rješavanje nepovonastalih problema jer “posjeduje komponente dizajnirane da koristi prolazne ili nove uslove lokalnog okruženja kako bi postigao adaptivnih ishod.” Čovjek je, zahvaljući ishodima korištenja improvizacione inteligencije, uspješnije rješavao nove probleme . Iako improvizaciona inteligencija zasebna funkcija ljudskog uma, ipak to ne znači da ona ne zavisi od namjenske inteligencije i od zgrnutih akumuliranih informacija za situaciju i okolnosti s kojima se čovjek suočava. U

objašnjavanju evolucije inteligencije u evolucijskoj psihologiji Tooby i De Vore ukazuju na značaj sintagme kognitivna niša. Analogna je sintagmi ekološka niša koja pokazuje kakva je pozicija i uloga živih bića biljnog i životinjskog svijeta, u opstanku u okruženju. Svaka vrsta je genetski programirana da reagira na okolinske zahtjeve na načine koje su im svojstvene. Detaljni opisi ulaska homonida u kognitivnu nišu pokazuju da je to jedan važan korak u razvoju specijalnih sposobnosti, posebno razvoja fleksibilnijih rješenja u procesima adaptacije i jedna realna mogućnost za čovjekov opstanak oslobađanjem zavisnosti od "specifičnih okolina i ponašajno kontrolisanih znakova." "Srž ovih uređenih i kognitivno organiziranih sekvenci ponašanja je – kako ističu Tooby i De Vore – kauzalna ili instrumentalna inteligencija, odnosno sposobnost kreiranja i održavanja modela kauzalnih efekata svijeta kao vodiča za formiranje sudova o tome koja akcija vodi ka kojem rezultatu."

U širem razmatranju generalnosti ljudske inteligencije i njene ključne važnosti u ostvarivanju evolucijskih ciljeva, autor prezentira Gottfredsonove definiciju inteligencije, opisuje je na sva tri nivoa-fenotipskom, genetskom i funkcionalnom-, naglašava prediktivnu vrijednost generalne inteligencije i ukazuje da je ona svojstvena i životinjama koje pokazuju "stvaralačku sposobnost" u procesima adaptacije na nove situacije u prirodnom okruženju. Ilustrativni primjeri životinja (plava sjenica, gavran, ždral) pokazuju kako životinje iznalaze kreativna rješenja probleme. U tumačenju fleksibilnog ponašanja kojeg ispoljavaju neke životinje čak se koristi sintagma "inovativne životinje." U prezentiranju i razmatranju gledišta dobrih poznavalaca prirode generalne inteligencije, najsadržajnije opisane u definiciji Gottfredsonove – "Inteligencija je generalni mentalni kapacitet koji, između ostalog, uključuje sposobnost rezoniranja, planiranja, rješavanja problema, apstraktnog mišljenja, razumijevanja kompleksnih ideja, brzog tempa učenja i učenja iz iskustva" - autor nastoji da pokaže kako se inteligentno ponašnje manifestira ne samo kod čovjeka, već i kod životinja. Iz njegovih opisa vidljivo je kakav je i koliki je stvarni značaj opće inteligencije. Nermin Đapo nastoji i da prezentiranjem i razmatranjem pokaže od kolikog su značaja, za naučnu psihologiju, spoznaje o motivaciji-kao ključu rješenja "problema okvira", o hipotezama smrtnih posljedica od inovacija i o koevoluciji opće inteligencije i kulture. Iz kraćeg pregleda i ovih sadržaja vidljiva je njihova vrijednost.

U tretmanu evolucije inteligencije u okviru evolucijske edukacijske psihologije prof. dr. Nermin Đapo, na rezultatima studioznih analiza prezentiranih gledišta poznatih istraživača problematike o hipotezi ekološke dominacije/socijalne kompeticije, evoluciji sposobnosti učenja, motivaciji za kontrolom, biološki primatnim domenima, evoluciji generalne inteligencije i biološki sekundarnim znanjima, ukazuje na značaj ovih spoznaja za razumijevanje bitnih bioloških, sredinskih i, uže shvaćenih, psiholoških uvijeta i odrednica u razvoju ljudskog uma. On, zapravo, između ostalog, pokazuje da se hipoteza dominacije/socijalne kompeticije tumači primarnim uticajem nužnog suočavanja čovjeka sa drugim ljudima u složenijim i teže predvidivim socijalnim uvjetima. To je značilo da se intenzitet selekcije uvjetovan djelovanjem vanjskih prirodnih sila smanjio a da se povećavala selekcija kroz interakciju sa drugim ljudima odnosno veći primat su dobile ljudske sposobnosti i vještine. Na analizi citiranih gledišta Gearya, West –Eberharda i Asha i Galupa, autor konstatuje da su evolucija sposobnosti za učenje i motivacija za kontrolom rezultirali iz potrebe prilagođavanja različitim klimatskim fluktuacijama, različitim ekološkim zahtjevima i promjenljivim okolnostima socijalne kompleksnosti. Kolika je važnost motivacije za kontrolu vidljiva je iz razine usmjerenosti čovjekovog mozga na faktore i okolnosti od kojih uveliko zavisi opstanak i reprodukcija vrste. Značaj potreba za kontrolom aspekata života, odnosno kontrolom međuljudskih odnosa,



socijalnih događaja i različitih resursa, nagalašen je i izražen u općeprihvaćenom mišljenju u psihologiji. Geary tvrdi da je motivacijska dispozicija sastavni dio funkcionalnog sistema kontrole ljudskih resursa. Ukazuje i na pet komponenti sadržanih funkcionalnim sistemima : motivacijska, emocionalna, kognitivna, psihološka i ponašajna komponenta. Na šemi su prikazani funkcionalni sistemi koji omogućavaju pristup i kontrolu nad esencijalnim resursima. Njihovi nazivi – motivacija za kontrolom, ponašajna strategija postizanja kontrole, afektivni, svjesni psihološki i kognitivni podražavajući mehanizmi i temečljni modularni sistemi: socijalni, biološki i fizički moduli- jasno ukazuju na njihovu prirodu , međusobne odnose i na smjer djelovanja. Na kraju šireg razmatranja problematike sadržane u okvirima četvrtog poglavlja “Evolucija inteligencije u okviru evolucijske edukacijske psihologije”, Nermin Đapo ukazuje i na druge, psihološki izvanredno važne, spoznaje. Sagledava, zapravo, vrijednost gledišta o modularnoj plastičnosti, o evoluciji generalne inteligencije i biološki sekundarnim znanjima. Na rezultatima analiziranih citiranih naučnoistraživačkih spoznaja , autor konstatuje da je plastičnost svojstvo sva tri modula narodnog znanja, da su modularni sistemi otvoreni za modifikaciju putem iskustva i da je manifestacija modularne plastičnosti najviše izražena u ranom razvojnom periodu. I širim tretmanom evolucije generalne inteligencije , utemeljene na autorovim analizama mnogobrojnih naučnoistraživačkih spoznaja, posebno saznanja do kojih je došao Geary, autor, između ostalog, konstatuje da generalna inteligencija omogućava čovjeku “suočavanje sa evolucijski novim situacijama i učenje evolucijski novih informacija, sadržaja i kompetencija”.

Prezentirani pregled sadržaja i načina tretmana problematike sadržane u djelu prof.dr.Nermina Đape “**Evolucija inteligencije čovjeka**”, uvjerljivo ukazuje na izrazitu vrijednost naučnih spoznaja o uvjetima i determinantama razvoja čovjeka do kojih su došli istraživači iz određenih naučnih disciplina. Opisom i znalačkom interpretacijom paleoantropoloških, neuronaučnih i evoluciono bioloških rezultata teorijskih i empirijskih istraživanja, prof.dr. Nermin Đapo otkriva važnost ovih spoznaja za šire i dublje razumijevanje nastanka univerzuma, nastanka i razvoja života na našoj planeti i, posebno, razvoja morfoloških i funkcionalnih osnova mozga čovjeka.

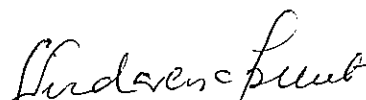
O objektivnoj vrijednosti ostvarenja prof.dr. Nermina Đape “**Evolucija inteligencije čovjeka**” govore i drugi brojni,u rukopisu detaljno opisani, ishodi autorovog studioznog analiziranja i znalačkog interpretiranja gledišta istaknutih istraživača početaka i tokova evolucije čovjeka, posebno evolucije mozga čovjeka . Za dublje i šire psihološko razumijevanja procesa evolucije inteligencije, izdvojiti ćemo sljedeće pokazatelje: spoznaje o mijenjanju i oblikovanju mozga naših davnih predaka u uvjetima djelovanja prirodne selekcije i potrebe prilagođavanja okolinskim promjenama koji su trajali milionima godina, uticaji evolucije generalne inteligencije u razvoju bioloških sekundarnih znanja i kompetencija , porast uloge inteligencije u mijenjanju okoline odnosno uspješnoj adaptaciji čovjeka složenijim društvenim odnosima i kompleksnijim zahtjevima kulture, djelotvornost učenja i fleksibilnosti u iznalaženju inovativnih rješenja u uvjetima različitih okolnosti i nalazi o prediktivnim, teorijskim i aplikativnim , vrijednostima generalne inteligencije. Iz Gottfredsonove definicije inteligencije iskazane na fenotipskom, genetskom i funkcionalnom nivou i rezultata istraživanja psihologinje Lede Cosmides i antropologa Tooby i Donalda Simonsa vidljivo, između ostalog, da je evolucijska psihologija sinteza savremenih načela psihologije i evolucijske biologije, da osnivači i sljedbenici evolucijske psihologije definiraju ljudski um kao “skup računalnih uređaja za rješavanje adaptivnih problema opstanka i reprodukcije sa kojima su se suočavali naši preci

iz epohe pleistocena” i da su njene primarne postavke nastale iz tri naučne tradicije, iz kognitivne psihologije, iz rezultata istraživanja načina društvenog življenja lovaca sakupljača i tokova i ishoda revolucije u evolucijskoj biologiji i da su analizirana stanovišta velikih mislilaca svijeta poslužila kao pouzdani izvor činjenica i za neuropsihološko i psihosocijalno tumačenje razvoja psiholoških osobina čovjeka, posebno njegovih kognitivnih potencijala.

Za naučnu psihologiju, posebnu kognitivnu psihologiju, važne su i druge, u djelu prof.dr. Nermina Đape, prezentirane i interpretirane spoznaje o koevolucija mozga i ponašanja, o mozgu kao medijatoru između ponašanja i okoline, o dugo vremenskom razmaku, razmaku od više miliona godina, utvrđeni su vidovi evolucionih promjena koji su vidljivih u povećanju koeficijenta encefalizacije *H. sapiensa*, u pouzdanijem uvidanju razlika između mozga današnjeg čovjeka i mozga ostalih živih bića i objašnjavanju razlika između paleontologa u tumačenju tempa i načina evolucije mozga modelom stabilnog i linearnog povećanja i modelom isprekidanih povećanja, o tri arhitektonske faze evolucije uma koje ukazuju na vidove inteligentnog ponašanja čovjeka, na dominaciju opće inteligencije, na nadopunu opće inteligencije tehničkom, prirodnom i socijalnom inteligencijom i na rekonstrukciju evolucije inteligencije utemeljene na analizi arheološke građe i fosilnih ostataka. Autor opisuje i analizira spoznaje o ishodima suočavanja čovjeka sa drugim ljudima, u složenijim i teže predvidivim socijalnim uvjetima, koje je dovelo do smanjenja intenziteta uticaja vanjskih prirodnih sila odnosno do povećanja ishoda međuljudske interakcije i intenzivnijeg djelovanja sposobnosti i vještina čovjeka. Interakcija između generalne inteligencije i narodnog znanja ima posebnu važnost usposobnosti prilagođavanja i sposobnosti učenja u novim okolinskim kontekstima. Prof.dr. Nermin Đapo ističe i da Mithen ukazuje i na izrazitu važnost evolucije jezika i proširenja uma u komunikacijama između ljudi, u ispoljavanju refleksivne svjesnosti kao važnog svojstva socijalne inteligencije kao i njene evolucijske prednosti u povećanju fleksibilnosti, senzitivnosti i kreativnosti. Mithen naglašava i ulogu pojave agrikulture koja je mogla uticati na razvoj uma djece i dovesti do pojave novih kognitivnih domena.

Mada ni u zaključnim konstatacijama nisu predstavljene sve konstatacije autora utemeljene na rezultatima brojnih opisanih, analiziranih, argumentiranih i znalački komentarisanih metodološki dobro fundirana istraživanja, ne samo psiholoških već i drugih naučnih disciplina, ipak je moguće konstatovati, da djelo **“Evolucija inteligencije čovjeka”** omogućava dublje razumijevanje evolucije inteligencija, kako generalne tako i inteligencije u okvirima evolucijske i edukacijske psihologije. Nakon publikovanja ovog vrlo značajnog ostvarenja prof. dr. Nermina Đape, psihologija će biti obogaćena novim, širim naučno dobro metodološki utemeljenim istraživanjima i očekujemo da će biti čitana ne samo od psihologa, već i drugih čitalaca koji se interesuju za saznavanjem evolucije i funkcije složenih neuropsiholoških procesa, posebno strukture i funkcije mozga.

Sarajevo, 15.4.2017.

  
Prof.dr. Ismet Dizdarević



Rijeka, 18. travnja 2017.g.

### Recenzija rukopisa „Evolucija inteligencije čovjeka“ (autor: prof. dr. Nermin Đapo)

Evolucijska psihologija pristup je u kojem se saznanja, principi i teorije evolucijske biologije koriste za istraživanja strukture ljudskog uma. To nije neko posebno područje istraživanja, nego način razmišljanja koji se može primijeniti na bilo koje područje kojim se psihologija bavi. Ovaj pristup polazi od pretpostavke da su psihološki procesi jednako kao i anatomske strukture i fiziološki mehanizmi olakšavali preživljavanje i reprodukciju u okolini naših predaka, pa su mehanizmi koji se nalaze u našem umu jednako tako produkti evolucijskih procesa kao što je to i naše tijelo. Knjiga „*Evolucija inteligencije čovjeka*“ jedan je od prvih priručnika koji na našem jezičnom području sustavno i cjelovito prikazuje izuzetno važno područje polazeći od gore navedenih pretpostavki i na najbolji način pokazuje da radikalni preokret koji se u proteklih nekoliko desetljeća dogodio u psihologiji postaje polako sve utjecajniiji i u našoj regiji.

Ovaj se udžbenik sastoji od četiri poglavlja. Prvo je poglavlje uvod u teoriju evolucije, i u njemu autor opisuje osnovne koncepte teorije evolucije, sintetičku teoriju evolucije, ljudski genom, mutacije, genetski drift, prirodnu selekciju i adaptacije. Drugo se poglavlje bavi definicijom i procjenom inteligencije, a treće evolucijom inteligencije hominina, od *Australopithecina* do *Homo sapiensa*. Četvrto poglavlje centralno je poglavlje knjige i u njemu autor opisuje nekoliko najvažnijih teorijskih perspektiva u razumijevanju evolucije inteligencije čovjeka. U prvom dijelu tog poglavlja opisana je teorija Merlina Donalda o stadijima razvoja simboličkih kapaciteta ljudi kroz razvoj kulture, a u drugom dijelu koncepcija o evoluciji uma koju je predložio Steven Mithen. Treći dio ovoga poglavlja bavi se najznačajnijim konceptualnim i empirijskim osnovama shvaćanja evolucije inteligencije u okviru suvremene evolucijske psihologije, a četvrti evolucijom generalne inteligencije. U zadnjem dijelu ovoga poglavlja autor opisuje evoluciju inteligencije u okviru evolucijske edukacijske psihologije.

Općenito, može se reći da ova knjiga na jasan i razumljiv način uvodi čitatelja u glavna teorijska i empirijska dostignuća na području evolucije inteligencije. Da bi adekvatno obuhvatio svu složenost fenomena inteligencije i njezine evolucije autor je uspješno integrirao saznanja iz različitih znanstvenih područja, ne samo iz različitih dijelova psihologije nego i iz biologije, antropologije, arheologije i sl. Zbog toga će ovaj priručnik biti vrijedan resurs ne samo za studente psihologije i psihologe, nego i za druge struke koje zahtijevaju znanja o osnovama ljudskog ponašanja. Dodatna vrijednost ovoga priručnika je i u tome što su u njemu uspješno integrirana novija teorijska i istraživačka dostignuća i stariji, danas već klasični doprinosi ovom području. Iako prikazuje vrlo opsežno i složeno područje, ovaj je priručnik dobro strukturiran, čime snažno doprinosi boljem razumijevanju evolucije inteligencije i različitih procesa koji su u nju uključeni. Uz to, ovaj priručnik čitatelja

dovoljno detaljno upućuje u konceptualne osnove evolucijske teorije, dakle u temelje za razumijevanje i suvremene evolucijske psihologije. U njemu su na jasan i pregledan način opisana najvažnija empirijska i teorijska dostignuća evolucijske biologije važna za razumijevanje evolucije inteligencije, a evolucijsku psihologiju prikazuje kao empirijsku znanost, koja počiva na deriviranju jasnih hipoteza iz postojećih teorija i njihovom pažljivom testiranju.

Zaključno, može se reći da ovaj priručnik na jasan i razumljiv način uvodi čitatelja u izuzetno važno područje evolucijske psihologije – evolucije inteligencije. To je područje prikazano kao koherentan predmet istraživanja, premda je jasno naglašeno da evoluciju inteligencije nije moguće razumjeti samo sa stajališta psihologije. Nadalje, s obzirom na koncepciju koja uključuje i pregled teorija i najvažnijih područja istraživanja, ovaj je priručnik dobro strukturiran, zanimljivo napisan, informativan i, što je naročito važno, ne preinformativan. Prezentirani sadržaj pažljivo je odabran i nije opterećen nepotrebnim detaljima. Na taj je način područje evolucije inteligencije prikazano i dovoljno ekstenzivno i duboko, a da se istovremeno od čitatelja ne zahtijeva veliko predznanje. Zbog toga je ovaj priručnik prikladan za svakoga tko se želi informirati o području evolucijske psihologije, odnosno evolucije inteligencije, a posebno je prikladan za uvodne kolegije o evolucijskoj psihologiji na preddiplomskim ili diplomskim studijima psihologije i srodnim studijima, a bit će vrlo koristan čak i onima koji su relativno dobro upućeni u suvremena dostignuća evolucijske psihologije.



Prof. dr. Igor Kardum

## **Biografija**

Nermin Đapo rođen je 14. 1. 1970. godine u Mrkonjić Gradu. Diplomirao je na Filozofskom fakultetu u Sarajevu, Odsjek za psihologiju. Od 1997. godine zaposlen je na Odsjeku za psihologiju. Na Filozofskom fakultetu u Zagrebu 2001. godine odbranio je magistarsku radnju pod naslovom *Kompozitno pamćenje i kohezija memorijskih tragova*. Doktorsku disertaciju *Interna i eksterna validacija dinamičkog testiranja inteligencije* odbranio je 2006. na Odsjeku za psihologiju Filozofskog fakulteta u Sarajevu. U okviru stručnog i naučnog usavršavanja boravio je na LMU u Minhenu, Njemačka i Institutu za psihologiju u Geteborgu, Švedska. Područje stručnog i naučnog rad su primijenjena statistika, inteligencija, kognitivna psihologija, evolucijska psihologija. Objavio je više naučnih i stručnih članaka, u autorstvu i koautorstvu, u domaćim i internacionalnim časopisima (*Naša škola, Didaktički putokazi, Psihologijske teme, Group Dynamics: Theory, Research and Practice, Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, Mankind Quarterly, Personality and Individual Differences, Temas em Psicologia*). Sudjelovao je kao voditelj ili konsultant na više istraživačkih i aplikativnih projekata. Učestvovao je na domaćim i međunarodnim naučnim i stručnim skupovima i seminarima.