

# Neuroekonomija i neuroznanost

---

**Janjiš, Adrian**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:506464>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-17**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



**Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**  
**Fakultet ekonomije i turizma**  
**„Dr. Mijo Mirković“**

**ADRIAN JANJIŠ**

# **NEUROEKONOMIJA I NEUROZNANOST**

Završni rad

Pula, rujan 2022.

**Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**  
**Fakultet ekonomije i turizma**  
**„Dr. Mijo Mirković“**

**ADRIAN JANJIŠ**

# **NEUROEKONOMIJA I NEUROZNAKOST**

Završni rad

**Adrian Janjiš, redoviti student**

**JMBAG: 0303090733**

**Studijski smjer: Turizam**

**Predmet: Bihevioralna ekonomija**

**Znanstveno područje: Društvene znanosti**

**Znanstveno polje: Ekonomija**

**Znanstvena grana: Neuroekonomija**

**Mentor: dr. sc. Saša Stjepanović**

Pula, rujan 2022.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Adrian Janjiš, kandidat za prvostupnika ekonomije, smjera turizam, ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

Adrian Janjiš

U Puli, 20. rujan 2022. godine



## IZJAVA o korištenju autorskog djela

Ja, **Adrian Janjiš**, dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom „**NEUROZNANOST I NEUROEKONOMIJA**“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 20. rujan 2022.

Potpis

Adrian Janjiš

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. KONCEPT I RAZVOJ NEUROZNANOSTI .....	3
2.1. Teorijsko poimanje neuroznanosti.....	3
2.2. Povijesni razvoj neuroznanosti.....	7
2.3. Značaj neuroznanosti za napredak društvenog razvoja .....	9
2.4. Područja primjene neuroznanosti.....	11
3. ODREDNICE RAZVOJA NEUROEKONOMIJE .....	14
3.1. Teorijsko poimanje neuroekonomije.....	14
3.2. Povijesni razvoj neuroekonomije.....	16
3.3. Znajačni teoretičari i kritika neuroekonomije .....	18
3.4. Područja istraživačke implementacije neuroekonomije .....	21
4. UTJECAJ NEUROZNANOSTI NA EKONOMJU .....	23
4.1. Korelacija neuroznanosti i ekonomije.....	23
4.2. Primjer Pepsi Paradoxa .....	24
5. ZAKLJUČAK.....	27
LITERATURA .....	29

# 1. UVOD

U svom najosnovnijem smislu, neuroznanost je proučavanje živčanog sustava – od strukture do funkcije, razvoja do degeneracije, zdravlja i bolesti. Pokriva cijeli živčani sustav, s primarnim fokusom na mozak. Nevjerojatno složen, ljudski mozak definira tko je čovjek i što radi, u kontekstu razvoja njegove svijesti objašnjive medicinskom dijagnostikom. Ljudske moždane stanice i njihovi sklopovi stvaraju nove misli, ideje i pokrete i jačaju stare. Njihove pojedinačne veze (sinapse) odgovorne su za bebine prve korake i svaki životni učinak, a svaka misao i pokret zahtijevaju izuzetno precizno vrijeme i veze.

Ljudski mozak ima 86 milijardi neurona ( $8,6 \times 10^{10}$ ); neuroznanstvenici istražuju kako se oni međusobno povezuju i s drugim dijelovima živčanog sustava i ostatka tijela. Kombinirajući različite pristupe s novim tehnologijama, neuroznanstvenici vode istraživanja u liječenju bolesti i poremećaja koji utječu na živčani sustav. Stoga je neuroznanost multidisciplinarna znanost koja se bavi proučavanjem strukture i funkcije živčanog sustava. Obuhvaća evoluciju, razvoj, staničnu i molekularnu biologiju, fiziologiju, anatomiju i farmakologiju živčanog sustava, kao i računsku, bihevioralnu i kognitivnu neuroznanost.

Ekonomija, psihologija i neuroznanost danas se spajaju u jedinstvenu disciplinu neuroekonomije s krajnjim ciljem stvaranja jedinstvene, opće teorije ljudskog donošenja odluka. Neuroekonomija pruža biologima, ekonomistima, psiholozima i društvenim znanstvenicima dublje razumijevanje o tome kako oni sami donose odluke i kako drugi odlučuju. Neuroznanost, kada je povezana sa psihologijom i ekonomijom, stvara moćne nove modele koji objašnjavaju zašto donosimo odluke. Neurobiološki mehanizmi donošenja odluka, odluke pod rizikom, povjerenje i suradnja su središnja istraživačka pitanja ove znanstvene discipline. Primjenom neuroznanstvenih tehnika znanstvenici danas dobivaju dokaze iz tehnika snimanja mozga (fMRI, TMS, itd.) i upoznaju se s objašnjavajućim modelima koji stoje iza njih.

Cilj ovoga završnog rada jest istražiti odrednice, razvoj i područja primjene neuroznanosti u širokoj primjeni te se analitički usmjeriti na istraživanje neuroekonomije, istražujući njezina područja primjene, korelaciju s neuroznanosti te prikaz primjene neuroznanosti u ekonomiji na primjeru Pepsi Paradoxa. Svrha je rada

ukazati na nužnost primjene neuroznanosti u ekonomskoj znanstvenoj disciplini jer ista može donijeti prihvatljive istraživačke rezultate koji mogu unaprijediti budućnost ekonomije.

Struktura završnog rada podijeljena je na pet zasebnih cjelina. U uvodu je opisana neuroznanost i neuroekonomija, opisani su cilj, svrha i struktura rada te su prikazane znanstvene metode koje će se u radu koristiti. Drugo poglavlje obrađuje teorijske odrednice neuroznanosti, njegov povijesni razvoj i područja primjene. U trećem poglavlju obrađuje se definicija neuroekonomije, povijesni razvoj, područja primjene i glavni teoretičari te kritika neuroekonomije. Četvrto poglavlje prikazuje korelaciju neuroznanosti i ekonomije s aplikativnim primjerom Pepsi Paradoxa. U zaključku će se dati završna misao autora o istraženom temi.

U izradi završnog rada, u različitim kombinacijama i kompilaciji tokom poglavlja, autor je koristio znanstvene metode istraživanja koje se prožimaju kroz cijeli rad, a koje su sljedeće: metoda analize i sinteze, metoda indukcije i dedukcije, metoda ukazivanja na prednosti i nedostatke, komparativna metoda te generalizirajuća metoda.



## 2. KONCEPT I RAZVOJ NEUROZNAOSTI

Neuroznanost je znanost o mozgu i živčanom sustavu, gdje je ljudski mozak vrlo kompleksan za istraživanje. Neuroznanost je kao takva multidisciplinarna kategorija i složen je proces primjene u drugim znanstvenim disciplinama s kojima je povezana. Neuroznanstvenici proučavaju kako stanice mozga signaliziraju jedna drugoj, na primjer koje kemikalije koriste; proučavaju kako se moždane stanice međusobno povezuju, na primjer slanjem malih električnih impulsa; i proučavaju cijele sustave moždanih stanica na radu, na primjer gledajući povezane aktivnosti u vizualnim područjima mozga, slušnim područjima mozga i područjima mozga koja razmišljaju (Goswani, 2020.). Neuroznanstvenici također proučavaju kako je mozak evoluirao, kako se stanice u mozgu u razvoju diferenciraju u, recimo, vizualne naspram slušnih moždanih stanica i kako moždane stanice znaju kamo u mozgu ići kako bi obavljale svoje određene poslove.

U ovom će se poglavlju obraditi pojam neuroznanosti, njezin povijesni razvoj, uloga i značaj za napredak društva te područja u kojima se neuroznanost primjenjuje.

### 2.1. Teorijsko poimanje neuroznanosti

Neuroznanost ispituje strukturu i funkciju ljudskog mozga i živčanog sustava. Neuroznanstvenici koriste staničnu i molekularnu biologiju, anatomiju i fiziologiju, ljudsko ponašanje i spoznaju i druge discipline kako bi mapirali mozak na mehaničkoj razini (Purves, 2016.). Procjena je znanstvenika da ljudi u mozgu imaju stotinu milijardi neurona ili moždanih stanica, od kojih svaka ima oko tisuću poveznica s drugim tjelesnim stanicama. Značajan izazov s kojim se susreće suvremena neuroznanost mapirati sve mreže komunikacije od stanice do stanice – moždane sklopove koji utječu na obradu svih misli, osjećaja i ponašanja. Rezultirajuća slika, koja se pojavljuje malo po malo, poznata je kao "konektom".

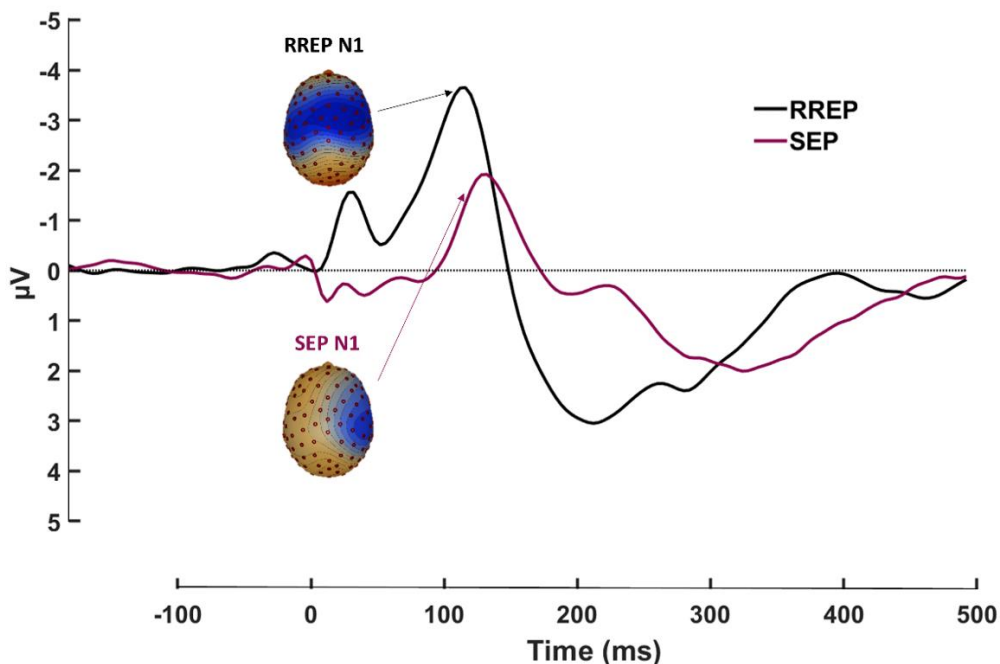
Definicija neuroznanosti glasi (Merriam – Webster, 2022.): „grana poput neurofiziologije, znanosti o životu koja se bavi anatomijom, fiziologijom, biokemijom ili molekularnom biologijom živaca i živčanog tkiva, a posebno njihovim odnosom prema ponašanju i učenju“.

Kognitivne neuroznanstvenike zanima što je s mozgom kada ljudi imaju emocije, misli, ili kada stvaramo umjetnost, ili glazbu, ili kada čitaju i pišu. Bilo koja od

ovih ljudskih sposobnosti i vještina je nevjerovatno složena tema proučavanja. Kako osoba može stvoriti novu pjesmu ili naslikati sliku koja nikad prije nije viđena su neki od problema interesa neuroznanstvenika. Uključeno je više moždanih mehanizama, a individualne razlike u neurokemikalijama također mogu igrati ulogu. Na primjer, neki od najkreativnijih umjetnika bili su prilično nesretni ljudi, a veza između kreativnosti i poremećaja raspoloženja intrigantna je tema u neuroznanosti. Kognitivni neuroznanstvenici također proučavaju ova pitanja razvojno. Dakle – sve ono što ljudska bića čini ljudima su teme proučavanja neuroznanosti.

Kada je beba začeta, ona se sastoji od samo nekoliko stanica, ali do trenutka kada se beba rodi, samo u mozgu ima više od 100 milijardi stanica (Pinnel, 2002.). Čak i novorođenče ima više računalne snage od najmoćnijeg superračunala. Ne samo što imaju svojih 100 milijardi moždanih stanica, već se procjenjuje da bebe svake minute rastu za još milijun moždanih stanica. To znači da postoje bilijuni potencijalnih veza koje nude ogroman potencijal učenja. Ali bebama nisu potrebna posebna okruženja za učenje. Razvojni kognitivni neuroznanstvenici pokušavaju shvatiti kako gledanje, dodirivanje, mirisanje, kušanje i slušanje svijeta oko sebe omogućuje bebama da stvore enciklopediju svega što dožive i pohrane to u svoj mozak.

Slika 1. Zapis evociranih potencijala uz primjenu kratkog električnog šoka (SEP) i kratkog prekida daha (RREP)



Izvor: Jelinčić, V. (2021): To Vam je sve u glavi: psihologija i neuroznanost kroničnih tjelesnih tegoba, dostupno na <https://medium.com/penkala-blog/to-vam-je-sve-u-glavi->

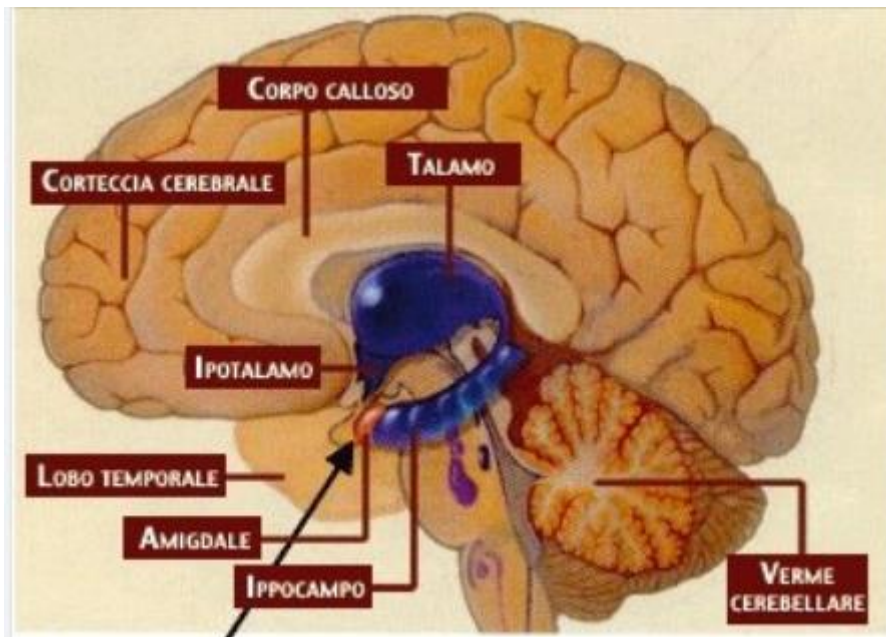
[psihologija-i-neuroznanost-kroni%C4%8Dnih-tjelesnih-tegoba-4b595f400424,](https://www.researchgate.net/publication/355954004/psihologija-i-neuroznanost-kroni%C4%8Dnih-tjelesnih-tegoba-4b595f400424)

pristupljeno 31.01.2022.

Neuroznanstvenici sa Sveučilišta Cambridge 2012. godine otkrili su specijalizirani skup neurona u amigdali majmuna koji podupiru dio ovog društvenog aspekta donošenja odluka. Čini se da ti neuroni "čitanja uma" ili "simulacije" rekonstruiraju mentalni proces socijalnog partnera na temelju prethodnog promatračkog učenja (Denworth, 2019.). Njihovo otkriće može pomoći znanstvenicima u daljnjem razumijevanju kritičke društvene vještine teorije uma. To bi također moglo pružiti uvid u to što ide po zlu za osobe s autizmom i drugim poremećajima koji imaju poteškoća s društvenim interakcijama.

Amigdala predstavlja moždani dio povezan s emocijama. "Udžbenička funkcija amigdale bila je uvjetovanje straha, učenje o podražajima koji su prijetnje, a također i prepoznavanje emocija kod drugih ljudi" (Denworth, 2019.). No 2012. godine neuroznanstvenik Fabian Grabenhorst i njegovi kolege sa Sveučilišta Cambridge izvijestili su o otkriću skupa "neurona odlučivanja" u amigdali koji utječu na donošenje odluka temeljenih na nagradi. "Kada donesete odluku između različitih opcija, najprije dodijelite subjektivnu vrijednost različitim opcijama, a zatim napravite svoj izbor", kaže Grabenhorst. "Upravo to rade neuroni odlučivanja. Prvo procjenjuju različite opcije, a zatim signaliziraju izbor" (Denworth, 2019.).

Slika 2. Cerebralna amigdala kao centar emocija



Izvor: Yestherapyhelps.org (2022): Cerebralna amigdala: struktura i funkcije, dostupno na <https://hr.yestherapyhelps.com/cerebral-amygdala-structure-and-functions-11649>, pristupljeno 31.01.2022.

Sposobnost mozga da razradi nove veze i neuronske sklopove – neuroplastičnost – leži u osnovi svakog učenja. Biologija i psihologija se ujedanjuju u području neuroznanosti kako bi se pozabavile pitanjima poput uloge mozga u percepciji boli ili temeljni uzrok Parkinsonove bolesti (Bear, 1996.). Računalne simulacije, slike i drugi alati daju istraživačima i medicinskim stručnjacima novi uvid u fizičku anatomiju mozga, njegovih pet milijuna kilometara ožičenja i njegov odnos s ostatkom uma i tijela.

Kao što su računala ožičena električnim vezama, mozak je ožičen neuralnim vezama. Ove veze povezuju zajedno njegove različite režnjeve i također povezuju senzorni ulaz i motorni izlaz s centrima za poruke mozga, dopuštajući informacijama da ulaze i šalju se natrag. Stoga je jedan od glavnih ciljeva trenutnih neuroznanstvenih istraživanja proučiti kako ovo ožičenje radi i što se događa kada je oštećeno. Novi razvoji u skeniranju mozga omogućuju istraživačima da vide detaljnije slike i utvrde ne samo gdje bi moglo doći do oštećenja, već i kako to oštećenje utječe, na primjer, na motoričke vještine i kognitivno ponašanje u stanjima kao što su multipla skleroza i demencija (Šimić, 2012.).

Disciplina koja se brzo širi, otkrića neuroznanosti porasla su skokovima i granicama tijekom posljednjih pola stoljeća. Međutim, uvijek će biti potrebno više rada za potpuno razumijevanje neuronskih korijena ljudskog ponašanja, svijesti i pamćenja.

## 2.2. Povijesni razvoj neuroznanosti

Živčani sustav su proučavali stari Egipćani. Oni su primjenjivali trepanaciju, kiruršku praksu bušenja ili struganja rupe u lubanji da bi se tako potencijalno liječile mentalne bolesti ili za ublažavanje pritisaka u glavi. Ove su metode primijenjene još u neolitik. Iz rukopisa pronađenih koji datiraju iz 1700. godine prije Krista shvaćeno je da su Egipćani već tada imali uvid u simptome oštećenja mozga.

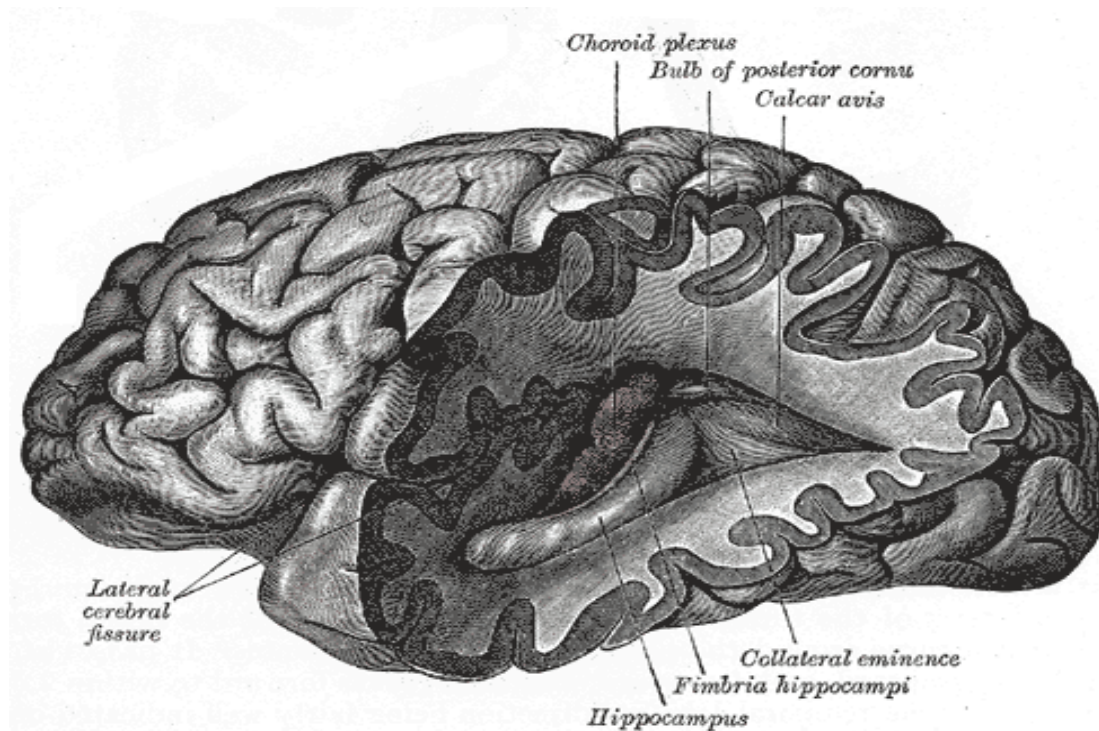
Kada su se nekada davno primjenjivali pregledi mozga, tadašnji liječnici su liječenje doživljavali kao „kranijalno punjenje“ (Squire, 2008.). Egipćani su od doba svoga srednjeg kraljevanja počeli vaditi mozak pokojnika u svrhu mumifikacije jer se tada smatralo da je inteligencija smještena u srcu kao središnjem organu. Herodot je naveo kako je prvi korak u mumifikaciji obuhvaćao izvlačenje mozga kroz nosnicu pomoću komada iskrivljenog željeza te se time lubanja oslobađala jednog dijela mozga, a ostalo se ispiralo lijekovima (Kendel, 2013.).

Tek je Hipokrat osporio tezu da srce predstavlja glavni organ izvora svijesti. On je vjerovao i ukazao da mozak ne uključuje samo osjet, već da je većina tjelesnih organa, uključujući oči, uši i jezik, povezano s mozgom i sa inteligencijom te da predstavljaju izvore ljudskih osjetila. Aristotel je, međutim, naglašavao srce kao organ sjedišta inteligencije jer je naglašavao da ljudska toplina dolazi isključivo iz srca. Njegovo stajalište se prihvaćalo do trenutka kad je rimski liječnik Galen, koji je liječio rimske gladijatore nakon bitki, zamijetio da su gladijatori sa udarcima u glavu doživjeli oštećenje mozga i time izgubili mentalne sposobnosti (Squire, 2008.).

Stari Grci bili su među prvim ljudima koji su proučavali mozak. Pokušali su razumjeti ulogu mozga i kako on radi te objasniti neuralne poremećaje. Aristotel, grčki filozof, imao je teoriju da je mozak mehanizam za hlađenje krvi (Squire, 2008.). Pierre Paul Broca (1824-1880) bio je francuski liječnik, kirurg i anatom. Radio je s pacijentima koji su imali oštećenje mozga. Zaključio je da su različite regije u mozgu uključene u određene funkcije.

Dio mozga poznat kao Brocino područje odgovoran je za neke govorne i druge funkcije. Oštećenje ovog područja tijekom moždanog udara može dovesti do Brocine afazije, kada osoba više ne može proizvesti točan ili koherentan govor. U 19. stoljeću von Hemholtz, njemački liječnik i fizičar, mjerio je brzinu kojom živčane stanice proizvode električne impulse. Tijekom 1873. godine, Gamillo Golgi, talijanski liječnik, patolog i znanstvenik, koristio je sol srebrnog kromata da vidi kako izgledaju neuroni (Kandal, 2013.).

Slika 3. Bočni pogled na mozak – hipotalamus i neuroanatomske značajke



Izvor: Gray, H. (1918): Anatomy: Descriptive and Surgical, John William Parker, Londn, UK, str. 58

Početak 20. stoljeća, Santiago Ramón y Cajal, španjolski patolog, histolog i neuroznanstvenik, pretpostavio je da su neuroni neovisne jedinice živčanih stanica. Godine 1906. Golgi i Cajal zajedno su dobili Nobelovu nagradu za fiziologiju ili medicinu za svoj rad i kategorizaciju neurona u mozgu. Od 1950-ih, istraživanja i praksa u suvremenoj neurologiji napravili su veliki napredak, što je dovelo do razvoja u liječenju moždanog udara, kardiovaskularnih bolesti, multiple skleroze (MS) i drugih stanja (Kandal, 2013.).

Tek u 20. stoljeću neuroznanost dobiva status specifične znanstvene discipline te se izdvaja iz znanosti kao integralni dio koji proučava živčani sustav u okviru drugih znanosti. Tako su navedeni David Rioch, Francis O. Schmitt i Stephen Kuffler, kao

znanstvenici koji su značajni u doprinosu razvoju neuroznanosti (Squire, 2008.). Rioch je prikazao osnovna anatomska i fiziološka istraživanja u kliničkoj psihijatriji na Institutu za istraživanje vojske Walter Reed, a ta je istraživanja počeo 1950 – tih godina. Schmitt je doprinio uspostavom istraživačkog programa u domeni neuroznanosti na Odsjeku za biologiju na Massachusetts Institute of Technology, gdje je u neuroznanost spojio biologiju, kemiju, fiziku i matematiku.

U sve većem interesu za neuroznanost razvijene su međunarodne neuroznanstvene institucije koje omogućuju sastanke na forumima i panelima brojnim neuroznanstvenicima diljem svijeta. Na primjer, Međunarodna organizacija za istraživanje mozga osnovana je 1961., Međunarodno društvo za neurokemiju 1963., Europsko društvo za mozak i ponašanje 1968. i Društvo za neuroznanost 1969. godine (Squire, 2008.). U posljednjem desetljeću je primjena rezultata istraživanja neuroznanosti također potaknula primijenjene discipline kao što su neuroekonomija, neuroedukacija, neuroetika i neuropravo. Znanstveni razvoj omogućio je neuroznanstvenicima da proučavaju strukturu, funkcije, razvoj, abnormalnosti i načine na koje se živčani sustav može mijenjati.

### **2.3. Značaj neuroznanosti za napredak društvenog razvoja**

Kognitivna neuroznanost ima za cilj otkriti kako moždane strukture utječu na obradu informacija i preslikavanje mentalnih kognitivnih funkcija u određena područja mozga. To se radi pomoću tehnika snimanja mozga kao što su fMRI i PET skenovi.

Znanstveno proučavanje živčanog sustava pruža ključne uvide u rad uma i mozga, te je stoga neophodno za psihologiju. Neuroznanost ljudima omogućuje da razumiju mnoge radnje uma koje djeluju kroz mreže neuronskih veza. Proučavajući kako te neuronske veze funkcioniraju, ljudi mogu bolje razumjeti i normalnu ljudsku spoznaju, kao i bolest – tj. kada se te neuronske veze pokvare.

Društvo za neuroznanost (Society of Neuroscience, 2020.) navodi sljedeće kao 'temeljne koncepte' područja od utjecaja neuroznanosti na napredak ljudskog društva:

- Mozak je najsloženiji organ u tijelu.
- Neuroni komuniciraju pomoću električnih i kemijskih signala.
- Genetski uvjetovani sklopovi temelj su živčanog sustava.
- Životna iskustva mijenjaju živčani sustav.
- Inteligencija nastaje kada mozak razmišlja, planira i rješava probleme.
- Mozak omogućuje prenošenje znanja jezikom.
- Ljudski mozak nam daje prirodnu znatiželju da razumijemo kako svijet funkcionira.
- Temeljna otkrića promiču zdrav život i liječenje bolesti.

Proučavanje živčanog sustava poboljšava razumijevanje ljudske osnovne biologije i tjelesnih funkcija. Poznavanje načina na koji stvari obično funkcioniraju može pomoći u rasvjetljavanju onoga što se može dogoditi kada postoje problemi. Može pomoći istraživačima pronaći načine za sprječavanje ili liječenje problema koji utječu na mozak, živčani sustav i tijelo.

Osim ispitivanja normalnog razvoja i aktivnosti živčanog sustava, neuroznanost proučava bolesti, poremećaje i ozljede koje utječu na dijelove živčanog sustava, kako se razvija i kako dobro funkcionira. Postoji više od 1000 poremećaja mozga i živčanog sustava, uključujući (Society of Neuroscience, 2022.):

- Intelektualne i razvojne teškoće, kao što su Downov sindrom i Fragile X sindrom.
- Poremećaji u ponašanju, kao što su poremećaj pažnje/hiperaktivnosti i poremećaji iz spektra autizma.
- Poteškoće u učenju i poremećaji čitanja.
- Problemi s mentalnim zdravljem, kao što su shizofrenija, opsesivno-kompulzivni poremećaj i ovisnost.
- Degenerativne bolesti, kao što su Alzheimerova bolest, Parkinsonova bolest i Niemann-Pickova bolest.
- Poremećaji mišićno-koštanog sustava, kao što su mišićna distrofija i moždani udar.
- Strukturni defekti, kao što su defekti neuralne cijevi, koji uključuju spina bifida, hidrocefaliju i mijelomeningokelu.



- Ozljede, uključujući traumatske ozljede mozga i leđne moždine, kao i kako tijelo obrađuje bol.
- Rak, uključujući tumore mozga kao što su paragangliomi.
- Poremećaji imunološkog sustava, kao što je HIV/AIDS.
- Epilepsija, napadaji i moždani udar-

Razumijevanje kako spriječiti i liječiti ove poremećaje i bolesti ključno je za održavanje cjelokupnog zdravlja i dobrobiti svih ljudi.

## 2.4. Područja primjene neuroznanosti

Suvremene neuroznanstvene aktivnosti usmjerene na istraživanje mozga mogu se vrlo grubo kategorizirati u nekoliko glavnih grana, na temelju predmeta i opsega sustava u ispitivanju, kao i u primjeni eksperimenata te kurikularnih pristupa. Ipak, neki neuroznanstvenici se specijaliziraju za potpodručja neuroznanosti.

Tablica 1. Glavne grane neuroznanosti

Afektivna neuroznanost	Istraživanje gleda kako se neuroni ponašaju u odnosu na emocije.
Bihevioralna neuroznanost	Ovo je studija o tome kako mozak utječe na ponašanje.
Klinička neuroznanost	Medicinski stručnjaci, kao što su neurolozi i psihijatri, promatraju poremećaje živčanog sustava iz osnovnih nalaza neuroznanosti kako bi pronašli načine za njihovo liječenje i prevenciju. Također traže načine za rehabilitaciju onih koji su pretrpjeli neurološka oštećenja. Klinički neuroznanstvenici mentalne bolesti smatraju poremećajima mozga.
Kognitivna neuroznanost	Ovo se bavi načinom na koji mozak formira i kontrolira misli te neuralne čimbenike koji su u osnovi tih procesa. Tijekom istraživanja znanstvenici mjere moždanu aktivnost dok ljudi obavljaju zadatke. Ovo područje

	kombinira neuroznanost s kognitivnim znanostima psihologije i psihijatrije.
Računalna neuroznanost	Znanstvenici pokušavaju razumjeti kako mozak računa. Oni koriste računala za simulaciju i modeliranje moždanih funkcija te primjenjuju tehnike iz matematike, fizike i drugih računalnih područja za proučavanje moždanih funkcija.
Kulturna neuroznanost	Ovo područje se bavi interakcijom između kulturnih čimbenika, a to su genomski, neuralni i psihološki procesi. To je nova disciplina koja može pomoći objasniti varijacije u zdravstvenim mjerama između različitih populacija. Nalazi također mogu pomoći znanstvenicima da izbjegnu kulturološke predrasude pri osmišljavanju eksperimenata.
Razvojna neuroznanost	Ovo promatra kako mozak i živčani sustav rastu i mijenjaju se, od začeca do odrasle dobi. Prikupljene informacije pomažu znanstvenicima razumjeti više o tome kako se neurološki sustavi razvijaju i evoluiraju. Omogućuje im da opišu i razumiju niz razvojnih poremećaja. Također nudi naznake o načinima regeneracije neuroloških tkiva
Molekularna i stanična neuroznanost	Znanstvenici promatraju ulogu pojedinačnih molekula, gena i proteina u funkcioniranju živaca i živčanog sustava na molekularnoj i staničnoj razini.
Neuroinženjering	Istraživači koriste inženjerske tehnike kako bi bolje razumjeli, zamijenili, popravili ili poboljšali neuronske sustave.
Neuroimaging	Ovo je grana medicinskog snimanja koja se koncentrira na mozak. Neuroimaging se koristi za dijagnosticiranje bolesti i procjenu zdravlja mozga. Također može biti korisno u proučavanju mozga, kako funkcionira i kako različite aktivnosti utječu na mozak.

Neuroinformatika	Ovo područje uključuje suradnju između računalnih znanstvenika i neuroznanstvenika. Stručnjaci razvijaju učinkovite načine za prikupljanje, analizu, dijeljenje i objavljivanje podataka.
Neurolingvistika	Stručnjaci istražuju kako nam mozak omogućuje stjecanje, pohranjivanje, razumijevanje i izražavanje jezika. Pomaže logopedima da razviju strategije za pomoć djeci s poteškoćama u govoru ili osobama koje žele vratiti govor nakon, na primjer, moždanog udara.
Neurofiziologija	Ovo promatra kako se mozak i njegove funkcije odnose na različite dijelove tijela, te ulogu živčanog sustava, od substancične razine do cijelih organa. Pomaže znanstvenicima razumjeti kako ljudska misao funkcionira i pruža uvid u poremećaje koji se odnose na živčani sustav.

Izvor: obrada autora prema Medical News Today (2020): What is neuroscience?, dostupno na <https://www.medicalnewstoday.com/articles/248680>, pristupljeno 31.01.2022.

Neuroznanost je sve više povezana s mnogim područjima i znanstvenim disciplinama gdje se ista može eksploatirati u razvojne svrhe i napredak ljudskih kompetencija.

### **3. ODREDNICE RAZVOJA NEUROEKONOMIJE**

Novo polje neuroekonomije razmatra kako se ekonomsko donošenje odluka zapravo događa unutar mozga. Neuroekonomija pokušava premostiti razlike u znanstvenim disciplinama koje uključuju neuroznanost, psihologiju i ekonomiju te ih međusobno povezati. U tom kontekstu su ekonomija i psihologija zapravo, jedna disciplina. Psihologija i ekonomija su komplementarne discipline, koje u mnogim slučajevima proučavaju iste fenomene: donošenje odluka, vrijednosno prosuđivanje, heuristiku. Jedna strana tome pristupa iz fenomenološke perspektive vođene eksperimentom, a druga iz apstraktne, teorijske perspektive.

U ovom poglavlju će se objasniti teorijske odrednice neuroekonomije, njezin povijesni razvoj, značajni teoretičari neuroekonomije i kritičizam ove discipline, kao i najznačajnija područja njezine primjene.

#### **3.1. Teorijsko poimanje neuroekonomije**

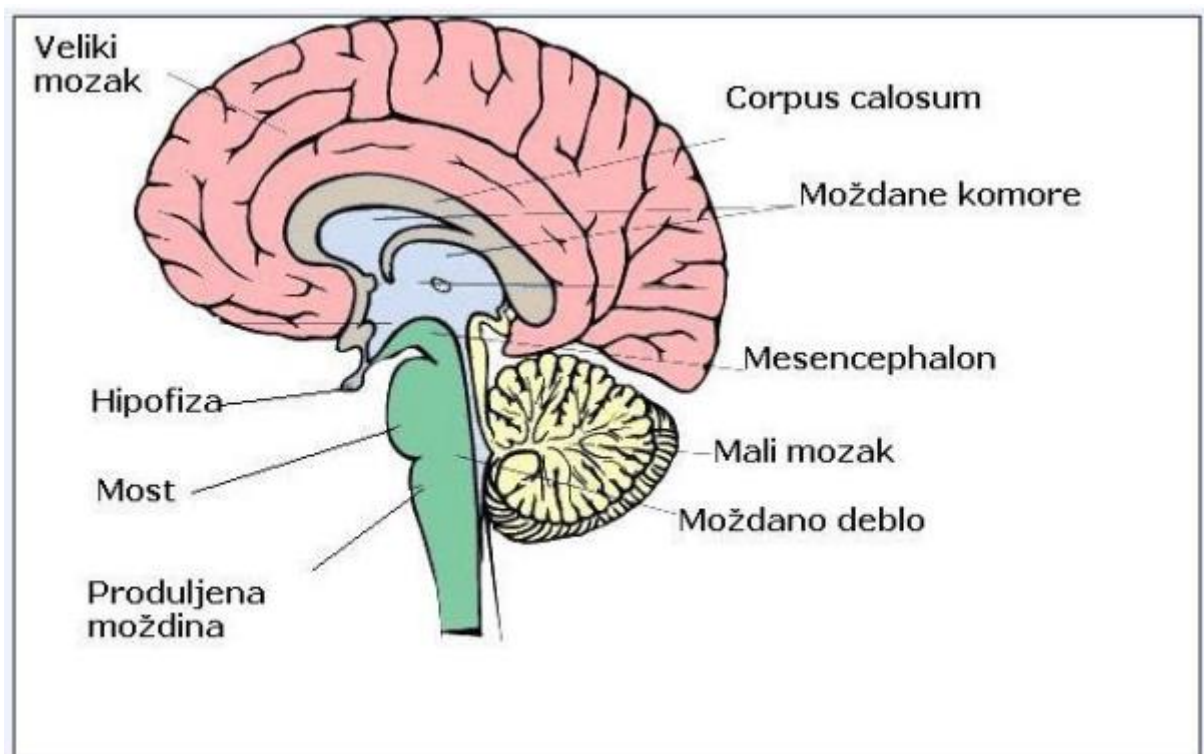
Neuroekonomija pokušava povezati ekonomiju, psihologiju i neuroznanost kako bi stekla bolje razumijevanje ekonomskog donošenja odluka. Osnove ekonomske teorije formirane su na temelju pretpostavke da nikada nećemo otkriti zamršenosti ljudskog uma. Međutim, s napretkom tehnologije, neuroznanost je proizvela metode za analizu moždane aktivnosti.

Neuroekonomija je primjena neuroznanstvenih alata i metoda na ekonomska istraživanja koja pokušava premostiti discipline neuroznanosti, psihologije i ekonomije. Ona analizira moždanu aktivnost koristeći napredne slike i biokemijske testove prije, tijekom i nakon ekonomskih izbora (Montag, 2015.). I pokušava pokazati veze između ekonomske aktivnosti i fiziološke aktivnosti u određenim dijelovima mozga.

Neuroekonomija je korisna za poslovanje jer istražuje moždane procese koji su u osnovi donošenja odluka. Temelj za proučavanje neuroekonomije je potreba da se popune određene praznine u konvencionalnim ekonomskim teorijama. Ekonomsko odlučivanje, temeljeno na teoriji racionalnog izbora, sugerira da će investitori objektivno procijeniti rizik i reagirati na najracionalniji način, ali tretira unutarnje djelovanje uma donositelja odluka kao crnu kutiju koja je izvan dosega ekonomskog istraživanja (Glicmer, 2008.).

Povijest je pokazala perpetuiranje mjehurića imovine i, nakon toga, financijske krize. Neuroekonomija pruža uvid u to zašto ljudi možda ne djeluju kako bi optimizirali korisnost i izbjegli financijske poteškoće. Obično emocije duboko znaju utjecati na pojedinačne odluke ljudi koji osjećaju da nešto važno moraju odlučiti i poduzeti. Mozak često više reagira na gubitke nego na dobitke, što može potaknuti iracionalno ponašanje. Iako emocionalni odgovori nisu uvijek neoptimalni, rijetko su u skladu s konceptom racionalnosti. Kako neuroekonomija postaje sve razvijenija, područje studija pokazuje potencijal za poboljšanje razumijevanja mehanizama koji utječu na donošenje odluka (Reyna, 2014.).

Slika 4. Anatomski prikaz mozga kao osnova za proučavanje u neuroekonomiji



Izvor: Prezi.com (2019): Anatomija mozga, dostupno na <https://prezi.com/rvlf1qw9dc6u/anatomija/>, pristupljeno 31.01.2022.

Ključni uvid neuroekonomije za područje ekonomije je da se mozak sastoji od više sustava koji međusobno djeluju. Neuroekonomija je također usko povezana s područjem eksperimentalne ekonomije. Neuroekonomska istraživanja uglavnom se sastoje od opservacijskih studija u kojima se ljudima ili životinjama nudi jedan ili više skupova izbora, dok istraživači promatraju, mjere i bilježe različite fiziološke ili biokemijske varijable prije, tijekom i/ili nakon što su izbori napravljeni ili izravno

kontrolirani. Eksperimenti u kojima istraživači kemijski ili elektromagnetski mijenjaju moždanu funkciju nekih ispitanika, a zatim uspoređuju izbore koje su napravili liječeni i kontrolni subjekti (Montag, 2015.).

Istraživači neuroekonomije koriste alate poput magnetske rezonancije (MRI) i pozitronske emisijske tomografije (PET) kako bi promatrali protok krvi i aktivnost u različitim regijama mozga, te testove krvi ili sline za mjerenje razine neurotransmitera i hormona.

Bihevioralna ekonomija pokazala je da pojedinci djeluju na način na koji bi to predviđala ekonomska teorija; odnosno da bi optimizirali svoju korist od onoga što čine ili u što ulažu. U tom smislu bi se moglo pomisliti da je ljudski um promjenjiv. Uvid u mehanizme koji nas pokreću može nam pomoći razumjeti što se zapravo događa. Problem je u tome što ekonomski model pretpostavlja da je čovjek samo jedna osoba i da je evoluirao kako bi se nosio s okolnostima u kojima se nalazi (Reyna, 2014.). Obje su loše pretpostavke.

Evolucija radi na rješavanju lokalnih problema za okolnosti u kojima nastaju. Na primjer, kad su ljudi bili na razini majmuna, nije bilo bankovnih računa, nije bilo hladnjaka i nije bilo vlasničkih prava. Nije bilo načina da se planira budućnost. Postojalo je samo ono što su imali upravo tada i to su konzumirali kao takvo, jer osim ako im genetika nije dala neku vrlo određenu rutinu za zakopavanje stvari i njihovo kasnije pronalaženje, nije bilo općeg rješenja koje su imali za rješavanje kako zaštititi stvari za budućnost.

Ekonomija ponašanja probila je ovu barijeru primjenjujući uvide iz psihologije na slučajeve u kojima se čini da ljudi ne slijede teoriju ekonomskog racionalnog izbora ili optimiziraju korisnost. Neuroekonomija pokušava napraviti sljedeći korak proučavajući odnose između ekonomskih odluka i vidljivih pojava u životinjskom ili ljudskom mozgu. Uvid u mehanizme koji pokreću pojedince može pomoći u boljem predviđanju budućnosti ekonomije.

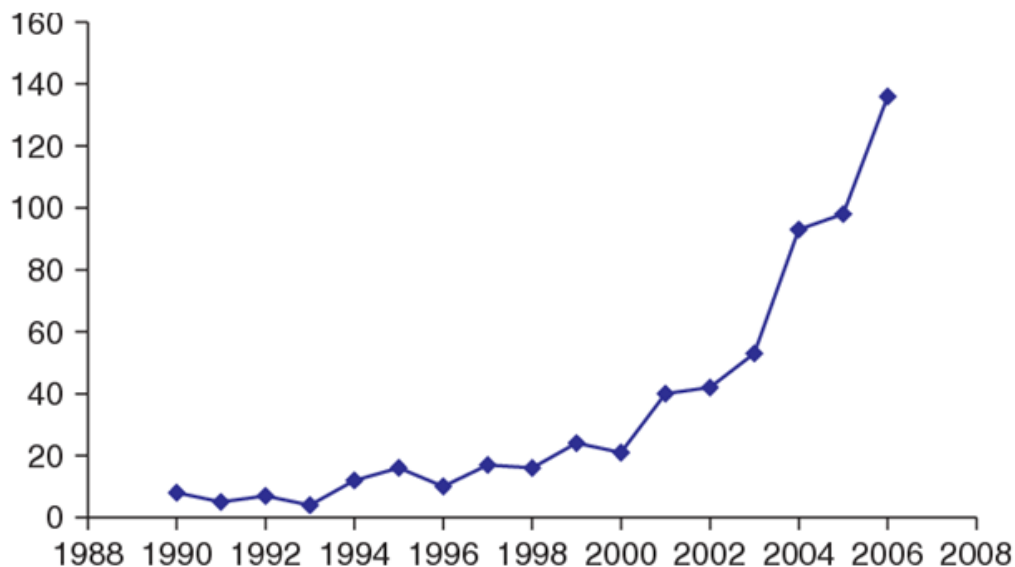
### **3.2. Povijesni razvoj neuroekonomije**

Godine 1989. Paul Glimcher pridružio se Centru za neuroznanost na Sveučilištu u New Yorku. Primarne aktivnosti i obrada tema iz neuroznanosti počinju se događati u kasnim 1990 – ima jer su se znanstvenici tada počeli okretati kognitivnoj neuroznanosti. Došlo je do revolucije i unapređenja kod tehnologije medicinskog

snimanja mozga, koja su doprinijela nastanku križanja između bihevioralnog i neurobiološkog ispitivanja. Istodobno su se jačale kritičke tenzije i mišljenja koja su postavile neoklasične i bihevioralne škole koje su u znanosti htjele postaviti određene modele u odnosu na ljudsko ponašanje. Tako su znanstvenici iz bihevioralne ekonomije nastojali pomoću računalnih i psiholoških procesa potvrditi svoje nalaze o iracionalnim izborima (Glicmer, 2008.). Ovi konvergirajući trendovi postavljaju temelj kojim je nastala neuroekonomija koja ima brojne komplementarne motivacije unutar svoje primarne discipline.

Tako su ekonomisti koji su se bavili biheviorizmom i psiholozi koji su proučavali kognitivne ljudske funkcije počeli zahtijevati snimanje mozga da bi temeljem tih nalaza mogli vršiti eksperimente koji bi doprinijeli razvoju njihovih znanstveno utemeljenih teorija o načinima donošenja odluka potrošača. Nasuprot njima, neki fiziolozi i neuroznanstvenici su iskoristili ekonomiju kako bi u svojim istraživanjima mogli razviti modele temeljene na algoritmima kojima bi pomoću neuronskog hardvera mogli utjecati na ljudski izbor (Glicmer, 2008.). Neoklasični ekonomisti također su tvrdili da ovo spajanje vjerojatno neće poboljšati prediktivnu moć postojeće otkrivene teorije preferencija.

Slika 5. Porast broja radova o studijama odlučivanja u neuroznanstvenoj literaturi, 1990.-2006. godine



Izvor: Glicmer, P. (2008): Neuroeconomics: Decision Making and the Brain, Elsevier, UK, str. 44

Iako je nailazila na rane kritike u svom nastanku, neuroekonomija se počela brzo razvijati 1990-ima do 2000-ih. Navodi mnogo više znanstvenika iz matičnih

područja ekonomije, neuroznanosti i psihologije da uoče mogućnosti takve interdisciplinarnе suradnje. Susreti između znanstvenika ranijih istraživača koji su se bavili neuroekonomijom postali su intenzivni u 2000 – tima, a potrebno je istaknuti značajan sastanak takvih znanstvenika koji se održao tijekom 2002. na Sveučilištu Princeton. U organizaciji neuroznanstvenika Cohena i Paxona, taj je sastanak stekao veliku slavu u domeni neuroznanosti i predstavlja trenutak osnivanja suvremenog Društva za neuroekonomiju (Montag, 2015.).

Naknadni zamah nastavio se tijekom desetljeća 2000-ih u kojem je broj znanstvenih istraživanja o neuroznanosti rastao, a objavljeni znanstveni radovi koji su sadržavali riječi "donošenje odluka" i "mozak" impresivno je rastao. Krična točka u 2008. dosegnuta je kada je objavljeno prvo izdanje *Neuroeconomics: Donošenje odluka i mozak* (Glicmer, 2008.). Ovo je označilo prijelomni trenutak za područje jer je akumuliralo veliki opseg znanstvenog sadržaja koji je išao u objavu i kojim se počela baviti akademska zajednica.

### **3.3. Značajni teoretičari i kritika neuroekonomije**

Najznačajniji teoretičari koji su doprinijeli svojim radom u razvoju neuroekonomije su Vernon Lomax Smith, Ernst Fehr, George Loewenstein i David Laibson.

Vernon Lomax Smith američki je ekonomist i profesor poslovne ekonomije i prava na Sveučilištu Chapman. Ranije je bio profesor ekonomije na Sveučilištu Arizona, profesor ekonomije i prava na Sveučilištu George Mason i član uprave Mercatus Centra. Zajedno s Danielom Kahnemanom, Smithu je 2002. godine dodijeljena Nobelova nagrada iz područja ekonomije jer je doprinio razvoju bihevioralne ekonomije zbog svojih eksperimenata iz tog područja. Radio je na uspostavljanju 'laboratorijskih pokusa kao alata koje je koristio za svoju analizu iz domene eksperimenata u ekonomiji na način da je tako proučavao alternativne tržišne mehanizme" (Gherstad i Smith, 2014.).

Smith je osnivač i predsjednik Međunarodne zaklade za istraživanje u eksperimentalnoj ekonomiji, član odbora savjetnika za The Independent Institute, viši suradnik na Institutu Cato u Washingtonu DC. Godine 2004. Smith je dobio počasni



doktorat na Universidad Francisco Marroquín, institucija koja je nazvala Vernon Smith Centar za istraživanje eksperimentalne ekonomije po njemu.

Ernst Fehr je austrijsko-švicarski bihevioralni ekonomist i neuroekonomist te profesor mikroekonomije i eksperimentalnih ekonomskih istraživanja, kao i potpredsjednik Odjela za ekonomiju na Sveučilištu u Zürichu, Švicarska. Njegovo istraživanje pokriva područja evolucije ljudske suradnje i društvenosti, posebice pravednosti, reciprociteta i ograničene racionalnosti.

Također je poznat po svojim važnim doprinosima novom polju neuroekonomije, kao i biheviorističkoj ekonomiji, bihevioralnim financijama i eksperimentalnoj ekonomiji. Prema IDEAS/REPEC-u, on je drugi najutjecajni ekonomist njemačkog govornog područja, a rangiran je na 86. mjestu u svijetu (Munziger.e, 2022.). 2010. godine Ernst Fehr osnovao je, zajedno sa svojim bratom Gerhardom Fehrom, FehrAdvice & Partners, prvu globalno operativnu konzultantsku tvrtku u potpunosti posvećenu biheviorističkoj ekonomiji.

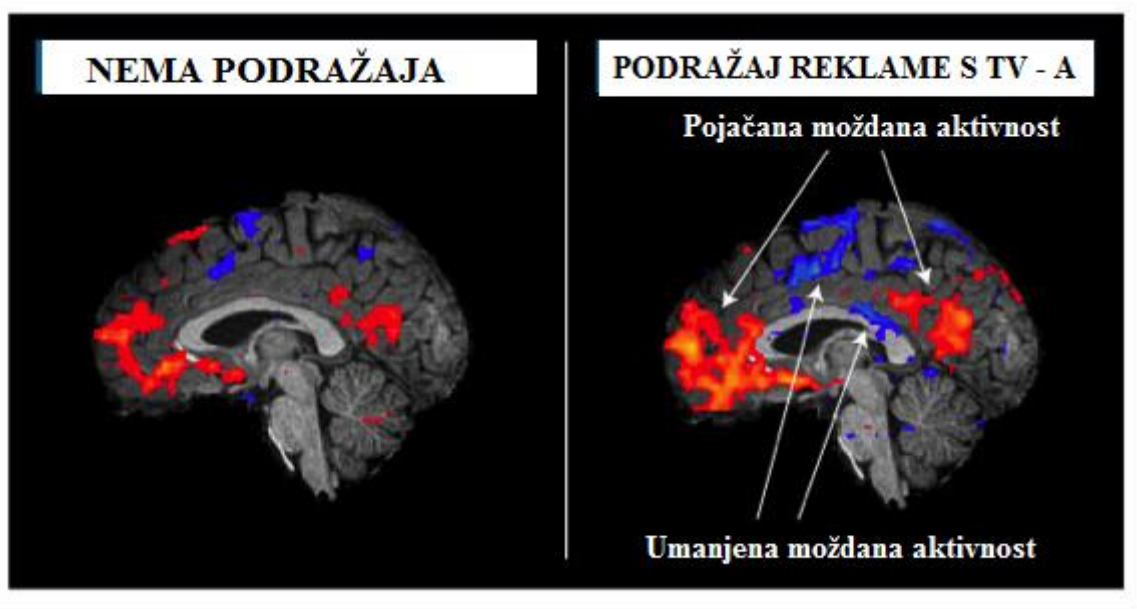
George Loewenstein je američki pedagog i ekonomist. On je profesor ekonomije i psihologije na Odjelu društvenih znanosti i znanosti o odlučivanju na Sveučilištu Carnegie Mellon i direktor Centra za istraživanje bihevioralnih odluka. Lider je u područjima bihevioralne ekonomije (koja je također zaslužna za suosnivača) i neuroekonomije.

David Laibson profesor je ekonomije na Sveučilištu Harvard, gdje predaje od 1994. Njegovo istraživanje usredotočeno je na makroekonomiju, intertemporalni izbor, bihevioralnu ekonomiju i neuroekonomiju. Godine 2016. postao je predsjedavajući ekonomskog odjela Harvarda. Laibson je dobro poznat po svom radu na vremenskoj nedosljednosti, posebno po svom modelu kvazihiperboličkog diskontiranja. Jedan od njegovih najistaknutijih ranih doprinosa bio je rad "Zlatna jaja i hiperboličko sniženje" iz 1997. u QJE gdje je proučavao intertemporalno ponašanje potrošača koji nije dosljedan u vremenu.

Od početaka razvoja neuroekonomije i tijekom brzog rasta u akademskoj zajednici ta je znanstvena disciplina snažno kritizirana, najviše od strane Glenna W. Harrisa i Emanuela Donchina kao prvih kritičara. Oni su kritizirali samu pojavu neuroznanosti kao znanstvenu disciplinu koja je tek nastala a prvi je svoju zabrinutost objavio 2008. u članku „Neuroekonomija: kritičko preispitivanje“ Harris pretpostavlja da je velik dio uvida u ekonomsko modeliranje potpomognut neuroznanošću "akademski

marketinška pompa" i da se prava supstanca polja tek treba predstaviti i da se treba ozbiljno preispitati (Harris, 2008.).

Slika 6. fMRI snimka mozga prije i nakon djelovanja propagandne poruke na gledatelja TV – a



Izvor: obrada autora prema Gorbach, A. (2018): Neuromarketing: all you need to know, dostupno na <https://awario.com/blog/neuromarketing/>, pristupljeno 31.01.2022.

Navedeni pregled indicirao je premisu kako su prve fMRI studije snimane za neuroekonomiju ukazivale na to da je neka regija mozga čovjeka utjecala na njegovu kognitivnu funkciju donošenja odluke, ali se kasnijim istraživanjima pokazalo kako se za donošenje te odluke angažira više moždanih funkcija. U odnosu na istraživanje prakse obrnutog zaključivanja, ona nije donijela značajniju korist neuroznanosti, već naprotiv, donijela je određene štete njezinu razvoju. Tako se fMRI ne može u neurekonomiji koristiti kao samostalna istraživačka metoda, već kao integralni dio uz izvještaje i podatke o ponašanju pojedinaca.

Valjanost korištenja funkcionalnog neuroimaginga u potrošačkoj neuroznanosti može se poboljšati pažljivim osmišljavanjem studija, provođenjem meta-analiza i povezivanjem psihometrijskih i bihevioralnih podataka s podacima iz neuroimaginga.

### 3.4. Područja istraživačke implementacije neuroekonomije

Neuroekonomija se može podijeliti na tri središnja područja proučavanja (Chen, 2021.): intertemporalni izbor, društveno odlučivanje i donošenje odluka pod rizikom i neizvjesnošću.

Intertemporalni izbor je proces kojim ljudi odlučuju što će i koliko učiniti u različitim vremenima. Ljudi različito cijene ekonomska dobra u različito vrijeme, a izbori napravljeni u jednom trenutku utječu na izbore koji su dostupni drugima. Neuroekonomske studije u ovom području nastoje razumjeti kako moždana aktivnost i kemija mogu utjecati na preferenciju vremena i impulzivnost.

Studije društvenog odlučivanja povezuju rezultate izbora temeljenih na teoriji igara koji uključuju više subjekata u interakciji s promatranjima mozga i neuronske aktivnosti (Chen, 2021.). Teorija igara primjenjuje matematičke modele sukoba i suradnje između racionalnih, inteligentnih donositelja odluka. Neuroekonomske studije o društvenom izboru usredotočile su se na to kako se aspekti povjerenja, pravednosti i reciprociteta u društvenim odlukama odnose na funkciju mozga.

Studije odlučivanja pod rizikom i neizvjesnošću opisuju proces odabira između alternativa gdje su ishodi fiksni, ali variraju prema distribucijama vjerojatnosti koje donositelji odluka mogu, ali i ne moraju znati (Chen, 2021.). Ove studije proučavaju kako se preferencija rizika, odbojnost prema riziku i gubitku te nepotpune informacije u odnosu na odluke odražavaju u mozgu i živčanom sustavu.

Neuroekonomija je korisna za poslovanje jer istražuje moždane procese koji su u osnovi donošenja odluka. Na primjer, zašto potrošači preferiraju jedan proizvod u odnosu na drugi, posebno je važno za razumijevanje poduzeća. Osim toga, neuroznanost može pomoći u rasvjetljavanju zašto se poslovni čelnici odlučuju na određene smjerove djelovanja. Neuroznanost također može pomoći u odgovoru na mnoga hitna pitanja koja su relevantna u poslovnom kontekstu, uključujući (Chen, 2021.):

- "Kako možemo donijeti najbolju odluku?"
- "Kako možemo identificirati najproduktivnije dijelove mozga?" i
- "Kako možemo potaknuti mozak da bude kreativan?"

Stjecanje boljeg razumijevanja ljudskog donošenja odluka korisno je za sve. Neuroekonomija se uvelike bavi situacijama u kojima pojedinac mora napraviti jedan izbor između mnogo različitih opcija. Postojeći neoklasični modeli ekonomije nisu u stanju objasniti određena ljudska ponašanja, uključujući određene ekonomske odluke. Neuroekonomija ima mogućnost poboljšanja točnosti ekonomskih teorija uzimajući u obzir društvene, kognitivne i emocionalne čimbenike u donošenju ekonomskih odluka.

Neuroekonomija pokušava premostiti discipline neuroznanosti, psihologije i ekonomije. Još uvijek postoje mnoga pitanja o tome kako neuroznanost može informirati studij ekonomije. Međutim, jasno je da, općenito, neuroznanstvena otkrića mogu informirati, voditi i postaviti ograničenja na postojeće modele ekonomije.

Neki od najvažnijih nalaza neuroekonomije postavili su ozbiljne izazove standardnim ekonomskim pretpostavkama. Iz tog razloga, potaknuo je više promjena u području ekonomije nego u području psihologije.

## 4. UTJECAJ NEUROZNANOSTI NA EKONOMJU

Neuroznanost ima značajnu ulogu i primjenu u ekonomiji te je sinergijom ove dvije discipline i nastala neuroekonomija. Stoga će se u ovom poglavlju pojasniti korelacija neuroznanosti i ekonomije te će se pojasniti ovaj utjecaj na aplikativnom primjeru neurekonomskeg istraživanja Pepsi Paradox iz 2004. godine.

### 4.1. Korelacija neuroznanosti i ekonomije

Kombinirajući biologiju, medicinu, ekonomiju, psihologiju i inženjerstvo za bolje razumijevanje osnovnih moždanih procesa, razvila se neuroznanost koja ima posebne relacijske veze s ekonomijom.

Ako se ljudski mozak često uspoređuje s računalom, jedan aspekt ključno nedostaje. Ciljeve obrade informacija u računalima definiraju ljudi, a ciljeve biološkog mozga određuje potreba za opstankom u neizvjesnim i konkurentnim okruženjima. Pojedinci trebaju maksimizirati vrijednosti hrane, pića i seksualnih nagrada. Biološki mozgovi su kroz evolucijsku selekciju razvili mehanizme koji služe tim ciljevima. Čini se da su isti mehanizmi također operativni za složenije funkcije nagrađivanja u svakodnevnom životu modernih društava koje uključuju novac, novost, izazov, ponos i mnoge druge privlačne poticaje, događaje i konstrukcije (Dhalmi, 2012.).

Korak od hrane i tekućih nagrada do novčanih nagrada i financijskih ulaganja stvorio je novo polje pod nazivom neuroekonomija koje kombinira ekonomsko odlučivanje, eksperimentalnu psihologiju i neuroznanost. Područje se razvilo u posljednjih pet godina iz psihologije i znanosti o mozgu vezanih uz nagrađivanje i donošenje odluka, te iz bihevioralne ekonomije koja se bavi teorijom očekivane korisnosti i igrama. Iako se bihevioralna ekonomija dobro razvila u posljednjih 30 godina, gotovo da nema znanja o tome kako mozak tretira temeljne psihološke procese.

Neuroekonomija je područje u nastajanju s ogromnim potencijalom za razumijevanje osnovnih moždanih procesa koji vode naše svakodnevne odluke u uvjetima neizvjesnosti, emocija i društvenih interakcija. Ovo znanje je ključno za razumijevanje kako te odluke idu krivo u takvim patološkim stanjima kao što su

ovisnost o drogama, kockanje, frontalne lezije mozga, shizofrenija i poremećaj pažnje i hiperaktivnosti (ADHD) (Dhalmi, 2012.). Istraživački projekti obuhvaćaju različite discipline kao što su biologija, medicina, ekonomija, psihologija i inženjerstvo.

Neuroekonomija proučava neuralnu aktivnost u ljudskom mozgu kada čovjek donosi ekonomske odluke. Neuroekonomija je specijalizacija bihevioralne ekonomije koja planira upotrijebiti neuronske podatke za stvaranje matematičkog i neurodiscipliniranog pristupa mikrotemeljima ekonomije (Dhalmi, 2012.).

Postoji širok izbor tehnika koje se koriste u neuroekonomiji za mjerenje moždane aktivnosti. Neke od ovih tehnika su toliko invazivne, na primjer, snimanje pojedinačnih neurona, da se mogu koristiti samo na životinjama. Međutim, to je vrijedno jer ljudi dijele primitivni mozak sisavaca s drugim sisavcima i stoga lekcije naučene iz neuroekonomskih eksperimenata na životinjama mogu pružiti vrijedne informacije. Druge tehnike, na primjer, funkcionalna magnetska rezonancija, FMRI, manje su invazivne i sposobne su izmjeriti hemodinamski odgovor, odnosno promjene u protoku krvi u različite dijelove mozga, dok se s različitom točnošću određuju na relativno male i specifičnim područjima (Dhalmi, 2012.). Utvrđivanje uzročnosti je problem s mnogim od ovih tehnika. Tolika je brzina napretka u neuroznanosti da je sada moguće biti sigurniji u izravnu uzročnost koristeći vrlo nove tehnike kao što je transkranijalna magnetska stimulacija, TMS.

Također je moguće plodonosno primijeniti starije tehnike koje se oslanjaju na psihofizička mjerenja, kao što su proširenje zjenica, otkucaji srca, vodljivost kože itd. Na primjer, proširenje zjenica se pojačava kada se šalju lažne ili pogrešne informacije. To ima očite implikacije za ekonomiju, na primjer, u predviđanju istinitosti poruka u asimetričnoj informacijskoj igri. Kada suradnici kažnjavaju nesuradnike, aktivacija u dorzalnem striatumu (koji je krug nagrađivanja mozga) daje informaciju zašto su ishodi u igri javnog dobra sa i bez kazne toliko različiti. Postojeći neoklasični modeli ne mogu ponuditi uvjerljivo objašnjenje.

## **4.2. Primjer Pepsi Paradoxa**

Krajem 1900-ih Coca-Cola i Pepsi, najveće svjetske marke kole, pokrenute su u Georgiji, odnosno Sjevernoj Karolini (Hampp, 2012.). Od tada su sudjelovali u

nečemu poznatom kao "Cola Wars" koji ih je suprotstavio jedni drugima u konačnom rivalstvu u kojem su tvrtke počele predstavljati mnogo više od običnog pića. U ovom takozvanom "Cola ratu" Pepsi je, čini se, uvijek bio samo jedan korak iza, što dovodi do pitanja "zašto."

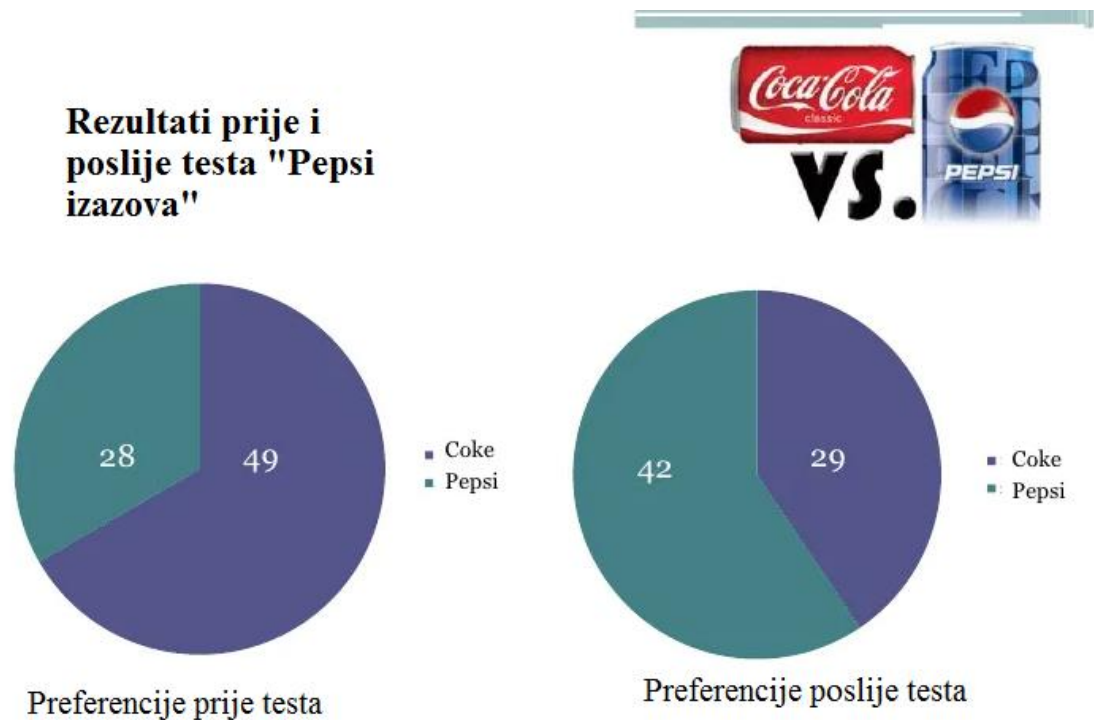
Godine 1975. PepsiCo je pokrenuo eksperimentalni projekt Pepsi Challenge. Dvije neoznačene čaše kole predstavljene su jedna pored druge (jedna koja je sadržavala Pepsi, a druga Colu), a ljudi su bili zamoljeni da navedu svoje preferencije za svaku kolu nakon testa okusa. PepsiCo je primijetio je da su ljudi skloni birati Pepsi kao preferiranu kolu. Ovdje se Pepsi paradoks odnosi na pitanje nemogućnosti osvajanja tržišta prednost u odnosu na manje preferirani proizvod suparnika.

Kada je u pitanju prodaja gaziranih pića, Coca-Cola, Diet Coke, Pepsi i Diet Pepsi su rangirani na prvom, drugom, trećem i sedmom mjestu (Hartlaub, 2014.). Sugerirano je da je jak imidž robne marke ključ dominacije Coca-Cole nad Pepsijem. Predloženo je da je ovaj fenomen posljedica ideje grupnog članstva: u tome će se ljudi identificirati ne samo s onim što konzumiraju, već i s onim što ne konzumiraju, pa u "Cola ratu" Coca-Cola i Pepsi postaju dijametralno suprotne (Hartlaub, 2014.).

Studije su dosljedno otkrile da je preferencija mnogo više od okusa ili kvalitete proizvoda te da se to odražava i neurološki. Kako bi se to unaprijedilo, razvijeno je rastuće područje neuromarketinga kako bi se razumjeli biološki biljezi povezani s ponašanjem potrošača i stavovima prema robnim markama. Ovo polje može imati ogroman utjecaj na marketing i način na koji nam tvrtke pokušavaju prodati naše proizvode istinskim razumijevanjem zbog čega nešto želimo.

Ponovno je "Pepsi Challenge", kao test slijepog okusa Coca-Cole i Pepsija, proveden 2004. godine te je skrenuo pozornost na neuromarketing (Vlasceanu, 2014.). 2003. godine neuroznanstvenik Read Montague postavio je pitanje, ako većina ljudi više voli Pepsi, zašto njegova prodaja ne dominira na tržištu. Da bi došao do odgovora, pozvao je neke potrošače i poveo ih na MRI snimanje kako bi pratio moždane aktivnosti. Na polovici sudionika koja je rekla da preferira Pepsi, njegov tim otkrio je da imaju razvijenu moždanu regiju zvanu trbušni putamen, a koja je povezana s traženjem nagrade te je bila aktivna kad su ljudi pili svoje omiljeno piće. No stvari su se promijenile kad su potrošačima rekli što piju, omjer se pomaknuo na 3:1 u korist Coca Cole. Ovaj su put primijetili da je drugi dio mozga aktivan, medijalni prefrontalni korteks koji se povezuje s višim razmišljanjem.

Slika 7. Rezultati testa „Pepsi izazova“ iz 2004. godine



Izvor: izrada autora prema Neurosensum (2018): THE PEPSI CHALLENGE: How Neuroscience Discovered the Hidden Truth, dostupno na <https://medium.com/@neurosensum/the-pepsi-challenge-how-neuroscience-discovered-the-hidden-truth-e5da7997f046>, pristupljeno 01.02.2022.

Dokazi pokazuju da postoje nominalne razlike u neuralnoj aktivnosti kada nisu dane informacije o robnoj marki, ali aktivnost mozga postaje sve više diferencirana s markama i uvođenjem preferencija proizvoda. U tom kontekstu postoji jača moždana aktivnost u ventralnom striatumu, uz prefrontalni korteks, koji je povezan s donošenjem odluka temeljenih na nagradi, kada su sudionici gledali poznate oznake s dobrom reputacijom u odnosu na manje poznate oznake. Sudionici s oštećenjem prefrontalnog korteksa nisu bili pod utjecajem informacija o robnoj marki koje su bile prisutne u testovima okusa. Zapravo, nije bilo razlike u njihovim preferencijama. To sugerira da ako kortikalni lokus za donošenje odluka ne radi ispravno, naša preferencija za Coca-Colu u odnosu na Pepsi zapravo nestaje. Stoga se preferencija kole ne temelji samo na okusu.



## 5. ZAKLJUČAK

Neuroekonomija, kao dio znanstvenog područja istraživanja neuroznanosti, pokriva istraživanje bioloških mikrotemelja ekonomske spoznaje i gospodarskog ponašanja. Ista pokušava dokazati da superiorno razumijevanje načina na koji se odabiru, donosi superiorna očekivanja u vezi s odabirom opcija. U konačnici, čuva strogost ekonomske analize u definiranju odluke temeljene na vrijednosti i povezuje tehnike snimanja s ekonomskim uzorkom kako bi objasnio kako se pojedinci odlučuju na strategiju uzimajući u obzir različite moguće izbore. Neuroekonomija je adekvatno pripremljena regulirati pojam o tome kako su izbori determinirani mentalnim stanjima.

Uz pomoć neuroekonomije se poboljšava uspostavljeni ekonomski prijedlog za oblikovanje odluka. To se postiže integrirajući istraživanje u psihologiju, kršenja zdravog prosuđivanja se identificiraju i priznaju kao sveobuhvatna i istraživanje neuroznanosti koja je dokazala da mozak djeluje na odgovarajući, raspoređeni način kako bi različiti posebno dizajnirani sustavi sinkrono rukovali unosom. Neuroekonomija čuva strogost ekonomske analize u definiranju odluke temeljene na vrijednosti i priznaje da je donošenje odluka vođeno evolucijskim načinom, a ne neizbježno optimalno.

Teoriju ekonomskog ponašanja u odnosu na neuronsko računanje teško je zamisliti. Prikladnost neuroekonomije za ekonomsku analizu povezana je sa širim pitanjem učinkovitosti eksperimentalnog pristupa u ekonomiji i svijesti pojedinaca, funkcioniranja mozga i kako to procijeniti. Unaprjeđujući istraživanje donošenja odluka u mozak, neuroekonomija se više usredotočuje na izbore, kodiranje dokaza i spoznaju, čineći ekonomsku teoriju prognostičnijom. Ciljno usmjereni mozak konstruiran je tako da koristi osnažujuće sheme učenja kako bi optimalno iskoristio neosobne propise koje je uspostavila organizacija i uveo u igru suradnju radi pokretanja osobnih dogovora koji omogućuju pojedincima da izbjegniju i izmijene propise svojih organizacija.

Mozak je opremljen i za ekonomsku i za socijalnu koherentnost. Ekonomski i društveno koherentne preferencije ukorijenjene su u različite neuronske mreže koje funkcioniraju skladno i zasebno reguliraju donošenje odluka. Prosocijalne odluke mogu se tumačiti kao vođene preferencije koje generiraju ili ekonomski ili društveno korisne nagrade. Takvi se izbori temelje na pojavljivanju ekstrinzičnih nagrada koje povezuju

vlastiti interes sa zajedničkim interesom i/ili se oslanjaju na indikacije koje smanjuju vjerojatnost iskorištavanja. Neuronske mreže koje pokrivaju obradu nagrađivanja, kognitivnu kontrolu i društvenu kogniciju su moždani sustavi koji se pouzdano koriste kada se pojedinci suočavaju sa zbunjujućim situacijama koje podrazumijevaju timski rad, a povezane su na takav način da je (ne)suradnički izbor posljedica modulacijskih učinaka sustava na onom bivšem.

U navedenom kontekstu dolazi do velike povezanosti neuroznanosti i ekonomije, gdje se primjenom neuroekonomskih istraživanja u suvremenim uvjetima mogu dobiti značajni rezultati koji će omogućiti poduzećima snažniji napredak u poslovanju i prodaji svojih proizvoda i usluga.

# LITERATURA

## Knjige:

1. Bear, M. (1996): Neuroscience, Sinauer Associates, Sunderland.
2. Dhalmi, S. (2012): Encyclopedia of Human Behavior (Second Edition), University of Leicester, UK.
3. Gjerstad, S., Smith, Vernon L. (2014). Rethinking Housing Bubbles, Cambridge University Press New York.
4. Glicmer, P. (2008): Neuroeconomics: Decision Making and the Brain, Elsevier, UK.
5. Gray, H. (1918): Anatomy: Descriptive and Surgical, John William Parker, Londn, UK.
6. Kandal, E. et. al. (2013): Principles of Neural Science 4th Edition, Franklin Media, USA.
7. Montag, C. (2015): Neuroeconomics, Springer, UK.
8. Pinel, J. (2002): Biološka psihologija, Naklada Slap, Zagreb.
9. Purves, D. (2016): Neuroznanost, Medicinska naklada, Zagreb.
10. Reyna, V. (2014): Neuroeconomics, Judgment, and Decision Making, Psychology Press, USA.
11. Squire, L. (2008): Fundamental Neuroscience: 3rd Edition Hardcover – 2, Academic Press, USA.
12. Šimić, G. (2012): Uvod u neuroznanost emocija i osjećaja, Naklada Ljevak, Zagreb.

## Znanstveni članci:

1. Chen, J. (2021): Neuroeconomics, dostupno na <https://www.investopedia.com/terms/n/neuroeconomics.asp>, pristupljeno 31.01.2022.
2. Gorbach, A. (2018): Neuromarketing: all you need to know, dostupno na <https://awario.com/blog/neuromarketing/>, pristupljeno 31.01.2022.
3. Hammp, A. (2012): The Cola wars, Billboard, Vol. 15, No. 2, str. 1 – 10, Prometheus Global Media.

4. Harrison, G. W. (2008): Neuroeconomics: A Critical Reconsideration, Neuroeconomics, Vol. 24, No. 3, str. 303–344
5. Hartlaub. (2014): Sweet! America's Top 10 Brands of Soda, Vol. 2014, No. 5, dostupno na msnbc.com, pristupljeno 31.01.2022.
6. Vlăsceanu, S. (2014): Neuromarketing and Neuroethics, Procedia - Social and Behavioral Sciences, No. 127, str. 763–768.

### **Internet izvori:**

1. Denworth L. (2019): The Role of "Mindreading" Neurons, dostupno na <https://www.psychologytoday.com/us/blog/brain-waves/201904/the-role-mindreading-neurons>, pristupljeno 31.01.2022.
2. Goswani, U. (2020): What is neuroscience, dostupno na <https://www.thebritishacademy.ac.uk/blog/what-is-neuroscience/>, pristupljeno 31.01.2022.
3. Jelinčić, V. (2021): To Vam je sve u glavi: psihologija i neuroznanost kroničnih tjelesnih tegoba, dostupno na <https://medium.com/penkala-blog/to-vam-je-sve-u-glavi-psihologija-i-neuroznanost-kroni%C4%8Dnih-tjelesnih-tegoba-4b595f400424>, pristupljeno 31.01.2022.
4. Medical News Today (2020): What is neuroscience?, dostupno na <https://www.medicalnewstoday.com/articles/248680>, pristupljeno 31.01.2022.
5. Merriam – Webster Dictionary (2022): Neuroscience definition, dostupno na <https://www.merriam-webster.com/dictionary/neuroscience>, pristupljeno 31.01.2022.
6. Munzinger.de (2022): Ernest Fehr, dostupno na <https://www.munzinger.de/search/go/document.jsp?id=00000028268>, pristupljeno 31.01.2022.
7. Neurosum (2018): THE PEPSI CHALLENGE: How Neuroscience Discovered the Hidden Truth, dostupno na <https://medium.com/@neurosum/the-pepsi-challenge-how-neuroscience-discovered-the-hidden-truth-e5da7997f046>, pristupljeno 01.02.2022.

8. Prezi.com (2019): Anatomija mozga, dostupno na <https://prezi.com/rvlf1qw9dc6u/anatomija/>, pristupljeno 31.01.2022.
9. Society of Neuroscience (2015): Core Concepts, dostupno na <https://www.brainfacts.org/core-concepts>, pristupljeno 31.01.2022.
10. Society of Neuroscience (2021): About neuroscience, dostupno na <https://www.brainfacts.org/core-concepts>, pristupljeno 31.01.2022.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Evocirani potencijali kao odgovor na kratki električni šok (SEP) i kratki prekid daha (RREP).....	4
Slika 2. Cerebralna amigdala kao centar emocija.....	6
Slika 3. Bočni pogled na ljudski mozak, s hipokampusom među ostalim neuroanatomskim značajkama.....	8
Slika 4. Anatomski prikaz mozga kao osnova za proučavanje u neuroekonomiji.....	15
Slika 5. Porast broja radova o studijama odlučivanja u neuroznanstvenoj literaturi, 1990.-2006. godine.....	17
Slika 6. fMRI snimka mozga prije i nakon djelovanja propagandne poruke na gledatelja TV – a.....	20
Slika 7. Rezultati testa „Pepsi izazova“ iz 2004. godine.....	26

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Glavne grane neuroznanosti.....	11
--	----

## SAŽETAK

Ekonomija, psihologija i neuroznanost danas se spajaju u jedinstvenu disciplinu neuroekonomije s krajnjim ciljem stvaranja jedinstvene, opće teorije ljudskog donošenja odluka. Neuroekonomija pruža biologima, ekonomistima, psiholozima i društvenim znanstvenicima dublje razumijevanje o tome kako oni sami donose odluke i kako drugi odlučuju. Neuroznanost, kada je povezana sa psihologijom i ekonomijom, stvara moćne nove modele koji objašnjavaju zašto donosimo odluke. Neurobiološki mehanizmi donošenja odluka, odluke pod rizikom, povjerenje i suradnja su središnja israživačka pitanja ove znanstvene discipline.

Prikladnost neuroekonomije za ekonomsku analizu povezana je sa širim pitanjem učinkovitosti eksperimentalnog pristupa u ekonomiji i svijesti pojedinaca o tome kako mozak funkcionira i kako to procijeniti. Unaprjeđujući istraživanje donošenja odluka u mozak, neuroekonomija se više usredotočuje na izbore, kodiranje dokaza i spoznaju, čineći ekonomsku teoriju prognostičnijom.

**Ključne riječi:** neuroznanost, neuroekonomija, mozak, odluke, psihologija



## **SUMMARY**

Economics, psychology, and neuroscience today merge into a single discipline of neuroeconomics with the ultimate goal of creating a single, general theory of human decision-making. Neuroeconomics provides biologists, economists, psychologists, and social scientists with a deeper understanding of how they make their own decisions and how others make decisions. Neuroscience, when linked to psychology and economics, creates powerful new models that explain why we make decisions. Neurobiological decision-making mechanisms, at-risk decisions, trust, and collaboration are central research issues of this scientific discipline.

The suitability of neuroeconomics for economic analysis is related to the broader question of the effectiveness of the experimental approach in economics and the awareness of individuals about how the brain works and how to assess it. By advancing research into brain-based decision-making, neuroeconomics focuses more on choices, coding evidence, and cognition, making economic theory more prognostic.

Key words: neuroscience, neuroeconomics, brain, decisions, psychology