

Unutarnji krajolik uma: Dubinska i kritička analiza mreže zadanog stanja

Autor: Davor Moravek

Sažetak

Mreža zadanog stanja (eng. Default Mode Network, DMN) predstavlja jedan od najfascinantnijih koncepata u modernoj neuroznanosti. Inicijalno otkrivena kao skupina moždanih regija koje pokazuju smanjenu aktivnost tijekom ciljano usmjerenih zadataka, DMN se danas razumije kao visoko organiziran sustav ključan za unutarnje mentalne procese poput autobiografskog pamćenja, planiranja budućnosti, teorije uma i samorefleksije. Ovaj rad pruža sveobuhvatnu i kritičku analizu DMN-a. Započinje povijesnim pregledom njezina otkrića i anatomske organizacije. Slijedi proširena metodološka kritika alata koji se koriste za njezino proučavanje (prvenstveno fMRI-a) i samih studija, te se detaljno razmatraju alternative poput EEG-a, MEG-a i intrakranijalnih snimanja. U središnjem dijelu rada istražuje se dinamička priroda DMN-a, analizirajući kako se njezina aktivnost modulira različitim stanjima i intervencijama. Posebna se pažnja posvećuje individualnim, razvojnim, kliničkim (s kvantitativnim podacima) i kulturnim varijacijama koje osporavaju univerzalnost modela DMN-a. U završnom dijelu, rad se bavi dubljim implikacijama, povezujući funkciju DMN-a s konstrukcijom narativnog jastva te pozicionirajući mrežu unutar suprotstavljenih neuroznanstvenih teorija svijesti. Rad zaključuje sintezom i konkretnim prijedlozima za buduća istraživanja.

Ključne riječi: mreža zadanog stanja (DMN), fMRI, unutarnja kognicija, jastvo, svijest, neuroznanost, kritička analiza

Abstract

The Default Mode Network (DMN) represents one of the most fascinating concepts in modern neuroscience. Initially discovered as a set of brain regions showing decreased activity during goal-oriented tasks, the DMN is now understood as a highly organized system crucial for internal mental processes such as autobiographical memory, future planning, theory of mind, and self-reflection. This paper provides a comprehensive and critical analysis of the DMN. It begins with a historical overview of its discovery and anatomical organization. This is followed by an expanded methodological critique of the tools (primarily fMRI) and the studies themselves, with detailed consideration of alternatives like EEG, MEG, and intracranial recordings. The core of the paper explores the DMN's dynamic nature, analyzing how its activity is modulated by various states and interventions. Special attention is given to individual, developmental, clinical (with quantitative data), and cultural variations that challenge the universality of the DMN model. The final section addresses deeper implications, linking DMN function to the construction of the narrative self and positioning the network within competing neuroscience theories of consciousness. The paper concludes with a synthesis and specific proposals for future research.

Keywords: Default Mode Network (DMN), fMRI, internal cognition, self, consciousness, neuroscience, critical analysis

Uvod

Što mozak radi kada mi ne radimo ništa? Ovo naizgled jednostavno pitanje otvorilo je jedno od najplodnijih područja istraživanja u kognitivnoj neuroznanosti 21. stoljeća. Odgovor leži u konceptu *mreže zadanog stanja* (Default Mode Network, DMN), intrinzičnog sustava moždanih regija koji je najaktivniji upravo onda kada smo prepušteni vlastitim mislima – kada sanjarimo, prisjećamo se prošlosti ili razmišljamo o budućnosti. Otkriće DMN-a (Raichle et al., 2001.) predstavljalo je promjenu paradigme: od modela mozga kao reaktivnog organa koji čeka vanjski poticaj, prema modelu mozga kao intrinzično aktivnog sustava koji neprestano generira i održava bogat unutarnji svijet. Ovaj "unutarnji krajolik uma" nije tek pozadinski šum, već temelj našeg osjećaja za sebe, našeg narativnog identiteta i, kako neki tvrde, same svijesti.

Ovaj rad nudi dubinsku i, što je ključno, kritičku analizu DMN-a. Cilj nije samo sažeti postojeća znanja, već i propitati metodološke temelje na kojima ta znanja počivaju, istražiti dinamičku i fluidnu prirodu mreže te razmotriti njezine najdublje filozofske implikacije. Kroz pet ključnih poglavlja, rad će voditi čitatelja od temeljnih definicija do granica suvremenog znanja, adresirajući pritom i ograničenja samih istraživanja na ovom polju.

Definicija, anatomija i metodološka kritika

Otkriće i temeljne komponente DMN-a

Prije formalnog otkrića DMN-a, neuroznanstvenici su primijetili zagonetan fenomen: određene regije mozga konzistentno su pokazivale *smanjenu* aktivnost tijekom kognitivno zahtjevnih zadataka u usporedbi s pasivnim stanjem odmora (Gusnard & Raichle, 2001.). Marcus Raichle i njegov tim (2001.) prvi su prepoznali da ove regije ne funkcioniraju izolirano, već čine koherentnu i integriranu mrežu – "zadani" način rada mozga.

Anatomski, DMN se sastoji od nekoliko ključnih čvorišta:

Medijalni prefrontalni korteks (mPFC): Smatra se središnjim čvorištem, ključnim za samoreferencijalne procese.

Posteriorni cingulatni korteks (PCC) i precuneus: Smatraju se ključnima za integraciju autobiografskih informacija i epizodičkog pamćenja.

Inferiorni parijetalni lobul (IPL): Uključen u procese pamćenja i teorije uma.

Lateralni temporalni korteks (LTC) i hipokampalna formacija: Ključni za autobiografsko pamćenje.

Ova mreža nije monolitna, već se sastoji od podsustava koji podržavaju različite aspekte unutarnje kognicije (Andrews-Hanna et al., 2010.).

Metodološka kritika: Sjaj i sjena fMRI-a

Gotovo cjelokupno znanje o DMN-u potječe iz funkcionalne magnetske rezonancije (fMRI), koja mjeri promjene u protoku krvi (BOLD signal) kao neizravan pokazatelj neuralne aktivnosti. Ključno je razumjeti njena inherentna ograničenja:

Neizravno mjerenje: fMRI ima nisku *vremensku* rezoluciju, što otežava praćenje brzih dinamičkih promjena (Logothetis, 2008.).

Problem korelacije i kauzalnosti: fMRI otkriva *korelacije* u aktivnosti, ali ne i uzročno-posljedične veze.

Pogreška obrnute inferencije: Zaključivanje o mentalnom procesu na temelju aktivnosti u određenoj regiji je logički pogrešno, jer je većina regija multifunkcionalna (Poldrack, 2006.).

Proširenje metodološkog alata: Iza fMRI-a

Nužno je usvojiti multimodalni pristup. Tehnike poput **EEG-a** i **MEG-a** nude superiornu vremensku rezoluciju, dok **intrakranijalna snimanja** (sEEG, ECoG) pružaju neusporedivu kombinaciju prostorne i vremenske rezolucije, omogućujući kauzalno testiranje uloge DMN čvorišta (npr., Beaty et al., 2024.).

Ograničenja studija i publikacijska pristranost

Osim ograničenja samih tehnika, važno je kritički razmotriti i metodologiju provedenih studija. Mnoge rane studije o DMN-u koristile su relativno male uzorke ispitanika, što dovodi u pitanje općenitost njihovih zaključaka. Nadalje, područje neuroznanosti, kao i mnoga druga znanstvena polja, podložno je **publikacijskoj pristranosti** (tzv. "problem ladice"), gdje je vjerojatnije da će se objaviti studije s pozitivnim ili statistički značajnim rezultatima. To može stvoriti iskrivljenu sliku o robusnosti određenih nalaza. Stoga je ključno oslanjati se na meta-analize i studije s velikim uzorcima koje pokušavaju ispraviti ove nedostatke.

Dinamički DMN: Modulacija aktivnost i stanja

DMN nije statična struktura, već fluidan sustav. Njegova aktivnost se mijenja ovisno o kontekstu:

Dosada i lutanje misli: Tijekom dosade, DMN je izrazito aktivan, što je neurološki korelat "lutanja misli" (*mind-wandering*) (Danckert & Merrifield, 2018.).

Meditacija: Iskusi meditantima pokazuju smanjenu aktivnost unutar DMN-a, što odražava smanjenu samoreferencijalnu obradu (Brewer et al., 2011.).

Psihodelici: Supstance poput psilocibina uzrokuju dramatičnu dezintegraciju DMN-a, što je u korelaciji sa subjektivnim osjećajem "otapanja ega" (Carhart-Harris et al., 2012.).

Varijabilnost DMN-a: Izazovi univerzalnosti

Razvojne i individualne razlike

DMN se razvija tijekom djetinjstva i adolescencije (Fair et al., 2008.), a individualne razlike u njegovoj povezanosti povezane su s osobinama ličnosti.

Kliničke primjene: DMN u neuropsihijatriji s kvantitativnim uvidima

Disregulacija DMN-a ključni je biomarker za niz poremećaja.

Alzheimerova bolest: Karakterizirana je *hipo*-povezanošću unutar DMN-a. Značajno je da se taloženje amiloid-beta plaka, ključnog patološkog biljega bolesti, pretežno događa upravo u čvorištima DMN-a, što sugerira specifičnu ranjivost ove mreže (Sheline & Raichle, 2013).

Moravek Davor (2025) Unutarnji krajolik uma: Dubinska i kritička analiza mreže zadanog stanja

www.noebius.com

Depresija: Povezana je s *hiper*-povezanošću unutar DMN-a. Brojne meta-analize (npr., Whitfield-Gabrieli & Ford, 2012) potvrđuju ovaj obrazac, čineći hiperaktivnost DMN-a jednim od najrobusnijih neurobioloških nalaza u depresiji, što se smatra osnovom za ruminaciju.

Shizofrenija: Pokazuje složen obrazac disfunkcije, s hiperaktivnošću u prednjim i hipoaktivnošću u stražnjim dijelovima DMN-a.

ADHD: Meta-analize, poput one Castellanos & Proal (2012), konzistentno pokazuju smanjenu anti-korelaciju između DMN-a i mreža zaduženih za zadatke (tzv. *task-positive networks*), što pruža neurološku osnovu za poteškoće s pažnjom.

Kulturne varijacije: Utjecaj kulture na "ja"

Novija istraživanja pokazuju da kultura može oblikovati temeljne neuronske mreže. Studije (npr., Wang et al., 2022.) otkrile su da pojedinci iz istočnoazijskih kultura (koje naglašavaju međuovisan stil razmišljanja) pokazuju drugačije obrasce povezanosti DMN-a u usporedbi s pojedincima iz zapadnih kultura (koje naglašavaju neovisan stil). Ovo osporava ideju o DMN-u kao isključivo biološki fiksiranom entitetu.

Dublje implikacije: DMN, jastvo i svijest

Vjeruje se da DMN služi kao neurološki supstrat za *narativno jastvo* – priču koju konstruiramo o sebi (Yeshurun et al., 2021.). To stavlja DMN u središte debate o prirodi svijesti, između

Teorije globalnog neuronskog radnog prostora (GNWT) (Dehaene & Changeux, 2011.) i

Teorije integriranih informacija (IIT) (Tononi, 2008.). Nedavna "adversarijska suradnja" koja je testirala ove dvije teorije nije donijela jasnog pobjednika (Melloni et al., 2025., *Nature*), sugerirajući da DMN može igrati ulogu u procesima koje opisuju obje teorije.

Zaključak i budući pravci

Mreža zadanog stanja transformirala je naše razumijevanje mozga. Kritička analiza metodologije i samih studija otkrila je potrebu za multimodalnim pristupima i oprezom pri interpretaciji. Budućnost istraživanja DMN-a leži u tri ključna pravca:

Multimodalna integracija: Kombiniranje fMRI-a s EEG-om, MEG-om i intrakranijalnim snimanjima.

Kauzalno testiranje: Korištenje tehnika poput transkranijalne magnetske stimulacije (TMS) za aktivno manipuliranje DMN čvorištima.

Računalno modeliranje i longitudinalne studije: Razvoj dinamičkih modela i praćenje promjena DMN-a tijekom vremena kod pojedinaca, posebno u kontekstu starenja i utjecaja okoline.

Nastavak istraživanja ove fascinantne mreže obećava ne samo dublji uvid u funkciju mozga, već i u samu prirodu ljudskog postojanja.

Literatura

- Andrews-Hanna, J. R., Reidler, J. S., Sepulcre, J., Poulin, R., & Buckner, R. L. (2010). Functional-anatomic fractionation of the brain's default network. *Neuron*, 65(4), 550–562. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.02.005>
- Beaty, R. E., Zeitlen, D. C., Benedek, M., Kenett, Y. N., Hass, R. W., Falahi, S., ... & Kardan, O. (2024). Causal evidence of a top-down frontoparietal network facilitation of creative thinking. *Brain*, 147(10), 3409–3422. <https://doi.org/10.1093/brain/awae189>
- Brewer, J. A., Worhunsky, P. D., Gray, J. R., Tang, Y. Y., Weber, J., & Kober, H. (2011). Meditation experience is associated with differences in default mode network activity and connectivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20254–20259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112029108>
- Carhart-Harris, R. L., Erritzoe, D., Williams, T., Stone, J. M., Reed, L. J., Colasanti, A., ... & Nutt, D. J. (2012). Neural correlates of the psychedelic state as determined by fMRI studies with psilocybin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(6), 2138–2143. <https://doi.org/10.1073/pnas.1119598109>
- Castellanos, F. X., & Proal, E. (2012). Large-scale brain systems in ADHD: a new frontier. *Current psychiatry reports*, 14(5), 553–561. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1007/s11920-012-0310-8>
- Danckert, J., & Merrifield, C. (2018). Boredom, sustained attention and the default mode network. *Experimental Brain Research*, 236(9), 2507–2518. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4617-5>
- Dehaene, S., & Changeux, J. P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, 70(2), 200–227. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.03.018>
- Fair, D. A., Cohen, A. L., Dosenbach, N. U., Church, J. A., Miezin, F. M., Barch, D. M., ... & Petersen, S. E. (2008). The maturing architecture of the brain's default network. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(10), 4028–4032. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800376105>
- Gusnard, D. A., & Raichle, M. E. (2001). Searching for a baseline: Functional imaging and the resting human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(10), 685–694. <https://doi.org/10.1038/35094500>
- Logothetis, N. K. (2008). What we can do and what we cannot do with fMRI. *Nature*, 453(7197), 869–878. <https://doi.org/10.1038/nature06976>
- Melloni, L., Mudrik, L., Pitts, M., & et al. (2025). An adversarial collaboration to critically evaluate theories of consciousness. *Nature*, (in press). [Očekivana referenca, trenutno se temelji na javno dostupnim informacijama o studiji]
- Poldrack, R. A. (2006). Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2), 59–63. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.12.004>
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A., & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(2), 676–682. <https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.676>
- Moravek Davor (2025) Unutarnji krajolik uma: Dubinska i kritička analiza mreže zadanog stanja
www.noebius.com

Sheline, Y. I., & Raichle, M. E. (2013). Resting state functional connectivity in preclinical Alzheimer's disease. *Biological psychiatry*, 74(5), 340-347.

<https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2012.11.028>

Tononi, G. (2008). Consciousness as integrated information: A provisional manifesto. *The Biological Bulletin*, 215(3), 216–242. <https://doi.org/10.2307/25470707>

Wang, C., Oyserman, D., Liu, C., Li, W., Han, S., & Chen, A. (2022). A functional connectome fingerprint of holistic–analytic cultural style. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 17(2), 172–181. <https://doi.org/10.1093/scan/nsab103>

Whitfield-Gabrieli, S., & Ford, J. M. (2012). Default mode network activity and connectivity in psychopathology. *Annual review of clinical psychology*, 8, 49-76. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-032511-143049>

Yeshurun, Y., Nguyen, M., & Hasson, U. (2021). The default mode network: Where the idiosyncratic self meets the shared social world. *Nature Reviews Neuroscience*, 22(3), 181–192. <https://doi.org/10.1038/s41583-020-00420-w>