
*Propadanje
fundamentalne
znanosti
na logici tržišta:
slučaj STEM-a*

Andrej Dundović

Propadanje fundamentalne znanosti na logici tržišta: slučaj STEM-a

==== *Andrej Dundović* ====

Institut za kozmologiju i filozofiju prirode
andrej.dundovic@icpn.hr

Sažetak

U ovom tekstu osvrćemo se na aktualne STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) politike u obrazovanju i znanosti, ali i na širu društvenu pojavu prioritiziranja ovih područja. Podsjećamo da osnovni cilj isticanja STEM-a proizlazi iz diktata tržišta, a ne romantiziranog poticanja istraživanja i razvoja kritičkog mišljenja. Tržište tako, i kroz STEM, a radi svojih imanentnih mehanizama, slabi fundamentalna istraživanja nauštrb onih primijenjenih, čak i kod onih disciplina koje su nominalno dio STEM-a. To slabljenje dovodi do postepenog nestajanja značajnih otkrića i novih ideja nužnih za daljnji napredak znanosti i tehnike, ali i spoznaje uopće.

1 Uvod

Laik koji promotri razvoj znanosti i tehnike zadnjih desetljeća može postaviti naoko jednostavno pitanje: ako je 20. stoljeće dalo kvantnu teoriju, opću teoriju relativnosti, ostvaren je veliki napredak u razumijevanju genetike uključujući pronalazak strukture i funkcije molekule DNA, pronađen je penicilin, ljudi su se po prvi puta otisnuli u svemir i sletjeli na Mjesec, konstruirana su digitalna računala pogonjena tranzistorima, ovladalo se energijom iz termonuklearne fisije, a postavljene su i druge velike teorije u najrazličitijim domenama istraživanja koje su temelj modernog razumijevanja svijeta, kako je moguće da današnje društvo 21. stoljeća, koje historijski nikad nije bilo bogatije u smislu materijalne proizvodnje, s nikad više stanovništva, pa i sveučilišta, znanstvenih instituta te znanstvenika, ne donosi takav revolucionarni, kvalitativni napredak kakav je dalo 19. i 20. stoljeće, već se čini kao da se napredak sastoji od rafiniranja i nadogradnje postojećih velikih ideja prošlog vremena?

Stručni bi krugovi na to odgovorili da se sigurno ne radi o diskontinuitetu, sa svega na ništa – postoji i danas primjera značajnih otkrića i novog napretka, a mnogo toga nije prošlo još ni evaluaciju značajnosti, ali bi se većina složila da postoji određen negativan trend [1, 2, 3, 4, 5]. Tek bi rijetki pokušavali definirati novu metriku koja bi ipak pokazivala daljnji galopirajući progres i pozitivan trend [6].

Štoviše, uobičajene analize znanstvenog i tehnološkog napretka često ne ulaze u kvalitativnu ocjenu novih dosega i spoznaja¹, već pokušavaju napredak u znanju kvantificirati korelirajući ga s ekonomskim rastom, brojem patenata i sl. Ono što stoji kao nedvojbena činjenica, te izaziva najviše pozornosti pa i nevjerice, je kad se takvi trendovi i korelacije razlože na umnožak produktivnosti pojedinog znanstvenika i ukupnog broja znanstvenika, bilo u pojedinoj zemlji ili svijetu. S obzirom na to da je ukupan broj znanstvenika drastično porastao u odnosu na 20. stoljeće, a umnožak nije pratio takav rast, ili je čak doživio pad, zaključak je da su znanstvenici postali značajno neproduktivniji u odnosu na svoje prethodnike [7].

U pokušaju da se objasni taj rezultat, u pravilu se ne propituje sadržaj znanstvenih radova ili razvoj pojedinog područja, nego se analizama pristupa apstraktno i za sva područja isto, pa su i prijedlozi uzroka ovog opažanja generičke konstrukcije, a najčešća je ona da u suštini nema više lako dostupnih ideja jer su već sve takve osmišljene. Taj se prijedlog uobičajeno opisuje analogijom voćnjaka u kojem su svi plodovi dostupni na niskim granama (eng. *low-hanging fruit*), koji se mogu lako pobrati, već pobrani, a za branje onih na višim granama potrebno je više napora i alata. Dok se s ovim objašnjenjem može složiti u konkretnim istraživanjima recimo novih životinjskih vrsta na određenom području, novih organa u ljudskom tijelu, ili planeta u Sunčevom sustavu, odnosno empirijskim domenama koja istražuju sustave konačnog broja već *a priori* definiranih predmeta istraživanja, teško se to može primijeniti na prostor ideja općenito. Uz to, može se čovjek složiti da je realno moguće iscrpiti konstruktivne varijacije određene ideje ili iscrpiti one ideje do kojih se dolazi određenim postupkom, no teško je argumentirati da postoji svijet s konačno mnogo ideja te da je on sada naprosto apsolutno iscrpljen ili blizu apsolutnom iscrpljenju. To bi izazvalo teške daljnje implikacije, kao na primjer da se nalazimo u posebnom trenutku povijesti gdje se došlo “do kraja” spoznaje, da čovjek ne može spoznati više od ovoga što se već danas zna, ili da je Priroda jednostavno konačna i to je to što se o njoj može otkriti, a ostalo što se ne može objasniti eventualno pripada inherentno nasumičnim mehanizmima iza

¹Iznimke u ovim analizama postoje, npr. [2] gdje se radi distinkcija između *otkrića*, *izuma* i *inovacija* te se promatra njihova učestalost u vremenu i prostoru te se zaključuje da postoji pad u učestalosti otkrića.

kojih ne stoji nikakav red. Možda je ostala tu i tamo neka ideja *skrivena visoko u krošnj*, ali objektivno se tu nema što više učiniti.

Tražiti za sebe tako vrlo posebno mjesto u cijelom prostor-vremenu civilizacija na Zemlji ili čak svemira kako bi se objasnila trenutna situacija jedan je od filozofski najskupljih izlaza, tim više što nas povijest uči da se svaki takav “centrizam” u nekom trenutku raspadne i postane opće mjesto ismijavanja kasnijih generacija (npr. geocentrični sustav). Uz to, dobro je poznato da civilizacije ulaze u periode “manjka ideja” i “mračna doba” da bi se opet budile kroz renesanse u kojima se otvaraju cijeli novi svjetovi ideja – zašto ta stagnacija recimo ne bi bila slučaj i sada?

Stoga je mudrije tražiti objašnjenje za oskudicu novih spoznaja u samom sustavu na kojem počiva znanstvena produktivnost. Tu postoji cijeli niz teza koje identificiraju problem u načinu provođenja znanstvenog rada te u načinu na koji društvo podržava taj rad. Doduše, postoje i teze koje nalaze razloge stagnacije izvan sustava proizvodnje znanja, npr. u okolišu. Tako je jedna već ponavljana teza da drastično povećanje olova i drugih supstanci u atmosferi i hrani izazvane recentnom ljudskom djelatnošću utječu u prosjeku na pad kognitivnih kapaciteta pučanstva [8], a time i na znanstvenu produktivnost [9]. Iako tu postoje određene individualne korelacije i utjecaji koji se mogu prihvatiti, za argumentiranje pouzdanog kauzaliteta i općenitosti kod takvih tvrdnji potrebno je podosta logičke gimnastike, čime uvjerljivost takvih razloga kao onih dominantnih značajno opada.

Vratimo se zato na one teze koje traže razloge u samom modernom sustavu istraživanja i znanosti. Tu se najčešće navodi problem hiperprodukcije niskokvalitetnih radova koji guše cijeli sustav znanosti [1] te velik teret administracije koju prosječan znanstvenik mora voditi kako bi ostao u sustavu te se zato ne može posvetiti istraživanjima [3]. Oba su razloga zapravo posljedice sve veće kontrole sustava s nazivnim ciljem efikasnijeg trošenja javnih sredstava i povećane produktivnosti. Međutim, ono što se dogodilo obrnuto je od željenog: pad efikasnosti i produktivnosti. Takav efekt nije posve neočekivan jer postavljanje mjera kojim bi se sustav kvantificirao, a što ujedno ostvaruje povratnu vezu na sustav, nepovratno mijenja ponašanje sustava, odnosno sustav se prilagođava kako bi zadovoljio samu mjeru² [10].

Uzroci zašto se sustavu znanosti uvode sve više mjera kontrole mogu se tražiti u potrebi održavanja permanentnog gospodarskog rasta koji je pak neophodan za održavanje aktualnog ekonomskog sustava temeljenog na rastu. Gospodarski rast

² Nekad se takav fenomen spominje i pod nazivom Goodhartov zakon: *Kada mjera postane cilj, prestaje biti dobra mjera.*

postiže se najjednostavnije rečeno ili povećanjem obujma ukupne proizvodnje ili podizanjem produktivnosti. Kako globalizacija nije ostavila puno prostora za povećanjem ukupne proizvodnje, ostaje podizanje produktivnosti koje u suštini počiva na tehnološkom razvoju, odnosno onom koji se veže na znanstvenu produktivnost i to najviše u prirodoslovnim i tehničkim područjima. Preduvjet uspješnog znanstvenog rada, koja može ostvariti potrebnu produktivnost, jest sloboda znanstvenog istraživanja i ulaženje u temeljna pitanja, a "siljenjem" produktivnosti ta se sloboda reducira ili ukida. Na taj način aktualni ekonomski sustav, u želji da podigne produktivnost te odgodi krize koje nastupaju usporavanjem ili prestankom rasta, zapravo sputava i uništava znanstveni, odnosno tehnološki napredak. I tu kontradikciju ne može razriješiti. Gospodarski rast kao nekakva svrha po sebi također se može propitivati, i sve češće se propituje u kontekstu aktualne ekološke krize [11], ali i kao održivog koncepta uopće [12].

Negativan utjecaj mehanizama znanstvene metrike na znanstvenu produktivnost kao i prekarnost i birokratiziranost znanstvenog procesa opisana je u mnogo navrata do sada, no kako tržište negativno utječe na progres u fundamentalnoj znanosti i obrazovanju na primjeru tzv. STEM politika nedovoljno je obrađeno i osviješteno te je upravo to tema nastavka ovog teksta.

2 STEM

STEM je kratica koja dolazi od prvih slova sintagme *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, odnosno (prirodne) znanost(i), tehnologija, inženjerstvo i matematika te potječe iz konteksta novih obrazovnih politika i školskih kurikuluma 90-ih godina u SAD-u. Danas se taj pojam proširio po cijelom svijetu i na područja koja nisu neposredno vezana uz obrazovanje, npr. na tržište rada, nacionalnu sigurnost i imigracijske politike [13].

Osnovna teza iza STEM politika slijedi jednostavnu logiku: usmjeravanjem obrazovanja na STEM discipline dovest će do jačanja radne snage u područjima koja su ključna za razvoj gospodarstva, a što će dovesti do općeg prosperiteta. Ponekad se želi prikriti ta ekonomska motivacija pa se govori i o važnosti razvoja znanosti, "rješavanja problema" i kritičkog mišljenja kroz STEM edukaciju kao vrijednosti po sebi, a na prigovor očitog marginaliziranja humanističkih, društvenih i umjetničkih područja kratica se gdjekad proširuje na STEAM gdje A stoji za "Arts", odnosno umjetnosti³. Zadnjih godina tržišno marginalizirane discipline pokušavaju definirati svoj zajednički nazivnik kojim bi popravile svoj status, npr. inici-

³Umjetnosti u praksi ulaze u ovaj koncept ukoliko proizvode sadržaj koji se može lako komercijalizirati, tako se često spominje važnost kulturnjaka za proizvodnju video igara [14].

jativa SHAPE (eng. *Social sciences, Humanities and the Arts for People and the Economy*) [15], međutim, s obzirom na neveliku popularnost termina u javnim politikama, ne baš uspješno.

Politike u Hrvatskoj prate ovaj globalni trend bez ikakvog kritičkog refleksa pa su u sustavu visokog obrazovanja uvedene državne STEM stipendije, a ukinute stipendije za općenitu izvrsnost koje su pokrivala sve vrste studija (tzv. A-kategorija državnih stipendija). Na nižim stupnjevima obrazovanja pokreću se različite inicijative, što institucionalne, što izvaninstitucionalne za jačanje STEM predmeta. Pored toga, i općeniti natječaji namijenjeni organizacijama civilnog društva financirani sredstvima Europske unije refokusiraju se iz onih izvorno predloženih za "popularizaciju znanosti" u "popularizaciju STEM-a" [16]. Iz ovih trendova može se uočiti širi obrazac gdje pojam "znanosti" ustupa svoje mjesto pojmu "STEM", a kako je znanost svojevrsni nadskup STEM-u, nije teško u osnovi identificirati neželjeni komplement koji se želi destimulirati, ponajprije humanističke i društvene znanosti, tim više ako nisu ekonomske primjenjive.

Iako STEM navodno odiše "egzaktnošću" sam nije egzaktno definiran skup, pa odabir disciplina koje se u njega ubrajaju ovisi o zemlji, domeni upotrebe pojma i aktualnim politikama. Tako Nacionalna zaklada za znanost SAD-a koristi širu definiciju u koju su uključene psihologija i društvene znanosti (poput političkih znanosti i ekonomije) uz bazične znanosti (npr. fizika, kemija, matematika) i inženjerstvo. Nasuprot njima, Ministarstvo domovinske sigurnosti SAD-a koristi užu definiciju bez psihologije i društvenih znanosti, ali uz eksplicitno navođenje računalne znanosti i informatike [13]. U Njemačkoj se umjesto pojma STEM koristi kratica MINT (njem. *Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik*, dok na razini cijele Europske unije ne postoji točna definicija, već ovisi od zemlje do zemlje.

U Hrvatskoj Ministarstvo znanosti i obrazovanja definira Pravilnikom [17] za STEM stipendije što se smatra STEM disciplinama, a iz popisa se može zaključiti da je to jedna od užih definicija u optičaju.

Ipak, ne opterećujući se previše različitim definicijama STEM-a, lako je uočiti što STEM znači u praksi, naročito ako se istraži geneza pojma – to su sve one discipline koje su potrebne tržištu, pa kako se mijenjaju potrebe, tako se mijenjaju i definicije, ili naglasak unutar definicija. Tržište također favorizira određena područja u znanosti.

3 Tržište ne traži fundamentalne znanosti

Logika tržišta nije poseban misterij – trošak obrazovanja i specijalizacije radne snage treba minimizirati i po mogućnosti prebaciti na drugoga, a najčešće je to javni sektor. Stoga nije neobično da zahtjevi kapitala uvijek idu u smjeru “škole i fakulteti ne prate potrebe tržišta rada”, “fakulteti uče previše teorije, a premalo praktičnih stvari”, “treba nam više specijalističkih studija, a manje općih” itd. Upravo su STEM politike proizašle iz ovih pritisaka – transformacija obrazovanja u što efikasniji servis tržišta. Znanost u kontekstu STEM-a, premda predstavlja prvo slovo kratice, tu je isključivo promidžbe radi, odnosno radi uvjeravanja javnosti u ispravnost ovih politika na temelju u prosjeku pozitivnih konotacija koje znanost stvara, ali ne i sadržaja. Naravno, i kad se govori o znanosti, u pravilu se misli na one primijenjene, a ne temeljne, odnosno fundamentalne⁴.

Različite kampanje popularizacije STEM-a dovele su do toga da su prve asocijacije vezane za STEM djeca koja se igraju robotima, a ulaganje u STEM znači kupovinu robota, tableta i slične opreme. Međutim, samo opremanje škola ne mijenja negativan trend [18], npr. broj je upisanih nastavničkih smjerova fizike iz godine u godinu sve manji [19]. Ovaj paradoks zapravo nije paradoks: ako se djecu stimulira STEM-om s ciljem da bi se što prije i efikasnije razvila u profitabilnu radnu snagu, nužna je posljedica da će ta djeca kasnije rezonirati s istim idejama te neće odabirati neprofitabilnije karijere učitelja ili znanstvenika. Prema tome, osim samog tržišta koje stvara enormne razlike u vrednovanju pojedinih zanimanja koje dijele slične razine kompetencije i znanja, obrazovni sustav to još dodatno potiče i tako sam sebe sabotira.

Ova tranzicija s temeljnih na primijenjene znanosti postala je očita i u financiranju istraživanja, toliko da otvara pitanja o daljnjem napretku znanosti kod kreatora politika [20]⁵:

Nažalost, R&D⁶ u SAD-u odstupa sve više od temeljnih znanosti unazad zadnjih par desetljeća. Ovo je djelomično zato što privatni sektor – koji financira neizmjereno više primijenjeno istraživanje i razvoj iznad osnovne znanosti – pretekao je javni sektor kao najvećeg financijera R&D-a. Ali čak i unutar javnog sektora, primijenjena is-

⁴Iako je teško u praksi odrediti što je primijenjeno, a što temeljno, može se upotrijebiti definicija Nacionalne zaklada za znanost SAD-a koja temeljna istraživanja definira kao “aktivnosti usmjerene stjecanju novog znanja ili razumijevanja bez specifične neposredne komercijalne primjene ili koristi”, dok je primijenjeno istraživanje ono “usmjereno na rješavanje specifičnog problema ili dostizanja određenog komercijalnog cilja”, www.nsf.gov/statistics/randdef/rd-definitions.pdf.

⁵Slobodan prijevod autora.

⁶Kratice od “Research and Development”, odnosno istraživanje i razvoj.

traživanja i razvoj obuhvaćaju sve veći i veći udio istraživačkih dolara. Kao rezultat toga, bez obzira na svu priču o znanosti danas, mi značajno podinvestiramo znanstvena istraživanja.

U Njemačkoj plaće na doktorskim pozicijama, iako ujednačene kolektivnim ugovorima javne službe (*Tarifvertrag für den Öffentlichen Dienst der Länder – TV-L*), redovito se skaliraju postotkom plaćenog radnog vremena bez obzira na radno opterećenje, pa tako pozicije “udaljenije” od primjene i tržišta, npr. doktorske u području teorijske fizike bit će na 50% radnog vremena (time i plaće), dok one u eksperimentalnoj fizici čvrstog stanja ili biokemiji 75%, a one u računarstvu ili u područjima gdje se prakticira puno analiza podataka na 100%. Iza te prakse stoji jednostavno obrazloženje koje nudi gotovo svaki voditelj istraživačke grupe: da bi privukli doktorande, moraju ponuditi uvjete barem približno konkurentne onima na tržištu, a to su uvjeti teži što je pozicija za koju traže kandidate bliža onakvima kakve traži i “industrija”. Iz ovog jasno proizlazi financijska penalizacija onog fundamentalnijeg u usporedbi s onim primjenjivijim.

Što se tiče postojećih fundamentalnih istraživanja, ona sve teže opstaju i nalaze financiranje te su prisiljena na udruživanje u sve veće kolaboracije, tzv. centre izvrsnosti i megalomanske projekte. Zajednički nastup daje im veću vidljivost te time veću šansu za osiguravanjem financiranja, ali i ekonomski su “interesantniji” jer obično zahtijevaju značajniju podršku i uključivanje gospodarskih subjekata. Takav oblik okrupnjivanja istraživanja opravdava se implicitno kao subvencioniranje gospodarstva, a ne kao zadatak po sebi, koji će dovesti do više ili boljih otkrića.

Nažalost, istraživanja u takvim mastodontima pate zbog visoke birokratiziranosti te uniformizacije ideja što je upravo suprotno onome što bi znanost treba njegovati: sloboda za razvoj što više novih ideja i raznovrsnih pristupa.

Iz priloženog može se uočiti, iako neizostavni dio STEM-a, fundamentalne prirodne znanosti u praksi imaju slične uvjete kao one discipline marginalizirane STEM-om: humanističke, društvene i umjetnost – ne mogu se slobodno baviti svojim predmetom već neprestano moraju dokazivati svoju “isplativost” i “korisnost”. Možda uzgred treba napomenuti i da jačanje tzv. kritičkog mišljenja počiva upravo na propitivanju postojećeg, razmatranju historijskog slijeda, analiziranju različitih pristupa... svemu onome što se tržišno karakterizira kao nepotrebno i neefikasno. Uostalom, da je toliko važan razvoj kritičkog mišljenja, onda bi svoje mjesto pod suncem našao i barem dio društveno-humanističkih područja kojima je kritika već u nazivu discipline, npr. književna kritika.

4 Put prema fundamentalnijem

Iako je u uvodu ovog teksta odbačen koncept da se do novih spoznaja i otkrića više ne dolazi zato što su sve (lako) dostupne spoznaje već “pobrane”, može se ista analogija iskoristiti da se zamisli kompleksniji scenarij da su vočke pobrane samo u dijelu voćnjaka u kojem trenutno obitavamo, ali da postoje neposječeni dijelovi voćnjaka koji se tek trebaju posjetiti i gdje nove spoznaje ponovno vise na niskim granama. To je koncept znanstvenih revolucija, koji nikako nije nov, štoviše proučavan je u različitim školama mišljenja, npr. [21], samo se čini da se danas ignorira ili banalizira, možda zbog uvjerenja da se nalazimo na “kraju povijesti”, nadmoćno, iznad svih ranijih perioda ljudske civilizacije? No takav stav može djelovati kao samoispunjavajuće proročanstvo te zbilja dovesti do “kraja”, ali ne povijesti već jednog društvenog ustrojstva koje će se urušiti u nemogućnosti da prevlada vlastite proturječnosti. Jedna od tih proturječnosti je ta da s jedne strane ovisi o neprekidnom gospodarskom rastu, koji može počivati jedino na novim idejama kad su svi ostali, materijalni resursi konačni, a s druge strane mehanizme stvaranja novih ideja, kao što su obrazovanje i temeljna znanost, sustavno zatire. Ali i čemu ekonomski rast? Empirija pokazuje da on nije uzročno-posljedično vezan s ostvarivanjem slobode mišljenja i razvoja pojedinca, kao niti postizanju društvenih jednakosti, dok čovjekov razvoj i Prirodu shvaća samo kao smetnju, a u najboljem slučaju jedan od resursa za eksploataciju.

Čovjek otkriva Prirodu kroz sve apstraktnije koncepte, koji su sve udaljeniji od neposrednih osjetila i zorova, a na što ukazuje sav dosadašnji razvoj znanosti. Najočitiiji primjeri za to su kvantna mehanika i opća teorija relativnosti. Nadalje, novi se koncepti ne pronalaze slučajno izvođenjem novih varijacija i posljedica ustaljenih teorija, već upravo propitivanjem istih, posjećivanjem “temelja” spoznaje. To se sigurno neće postići usmjeravanjem novih generacija u područje konkretnog i sve veće primjene, STEM i sličnim politikama, već upravo suprotno – usmjeravanjem ka onom fundamentalnom i apstraktnom, povezujući i ujedinjujući znanosti s filozofijom i umjetnošću. Takav pristup, osim što može vratiti kvalitativni napredak znanosti 19. i prve polovice 20. stoljeća, omogućit će ljudima i lakše savladavanje aktualnih i budućih civilizacijskih izazova. Radi toga u školama treba poticati matematiku, prirodoslovlje, filozofiju i umjetnost, kao i druge temeljne discipline, izgrađujući svestrana ljudska bića. Ne ona koja bi što lakše služila tržištu, jer im ono ionako ne obećaje da će ih trebati kad završe svoje obrazovanje.

Literatura

- [1] Johan S. G. Chu and James A. Evans. Slowed canonical progress in large fields of science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(41), 2021.
- [2] Peter Cauwels and Didier Sornette. Are 'flow of ideas' and 'research productivity' in secular decline? *Technological Forecasting and Social Change*, 174:121267, 2022.
- [3] Tyler Cowen and Ben Southwood. Is the rate of scientific progress slowing down? *GMU Working Paper in Economics*, (21-13), 2019.
- [4] Robert J Gordon. *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living since the Civil War*. Princeton University Press, 2016.
- [5] Benjamin F Jones. The burden of knowledge and the 'death of the renaissance man': Is innovation getting harder? *The Review of Economic Studies*, 76(1):283–317, 2009.
- [6] John Timmer. Is scientific progress slowing? depends how you measure it. <https://arstechnica.com/science/2011/07/is-science-getting-harder-first-define-easy/>, July 2011.
- [7] Nicholas Bloom, Charles I Jones, John Van Reenen, and Michael Webb. Are ideas getting harder to find? *American Economic Review*, 110(4):1104–44, 2020.
- [8] Bruce P Lanphear et al. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental health perspectives*, 113(7):894–899, 2005.
- [9] Ben Southwood. Scientific slowdown is not inevitable. <https://www.worksinprogress.co/issue/good-ideas-arent-getting-harder-to-find/>, Apr 2022.
- [10] Marilyn Strathern. 'improving ratings': audit in the british university system. *European review*, 5(3):305–321, 1997.
- [11] Herman E Daly and Joshua Farley. *Ecological economics: principles and applications*. Island press, 2011.
- [12] Dennis Meadows and Jorgan Randers. *The limits to growth: the 30-year update*. Routledge, 2012.

- [13] Heather B Gonzalez and Jeffrey J Kuenzi. Science, technology, engineering, and mathematics (stem) education: A primer. Congressional Research Service, Library of Congress Washington, DC, 2012.
- [14] Matea Duhaček (HINA). Državni tajnik: Game dizajn u velikom je porastu i nudi prilike za sve kulturnjake. <https://www.tportal.hr/kultura/clanak/-drzavni-tajnik-game-dizajn-u-velikom-je-porastu-i-nudi-prilike-za-sve-kulturnjake-20220609>, Jun 2022.
- [15] Julia Black. SHAPE – A focus on the human world. <https://www.socialsciencespace.com/2020/11/shape-a-focus-on-the-human-world/>, Nov 2020.
- [16] Ministarstvo rada, mirovinskoga sustava, obitelji i socijalne politike. Godišnji plan objave Poziva na dostavu projektnih prijedloga OPULJP-a. <http://www.esf.hr/europski-socijalni-fond/razdoblje-2014-2020/godisnji-plan-objave-operacijaprojekata-esf/>, 2019.
- [17] Ministarstvo znanosti i obrazovanja. Pravilnik o uvjetima i načinu ostvarivanja prava redovitih studenata na državnu stipendiju u stem područjima znanosti. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_09_106_1553.html, Sep 2022.
- [18] Lana Kovačević. Kada vatrogasno rješenje postane trajno: Djece je sve manje, a hrvatske škole vape za nastavnicima fizike i matematike. www.vecernji.hr/vijesti/kada-vatrogasno-rjesenje-postane-trajno-djece-je-sve-manje-a-hrvatske-skole-vape-za-nastavnicima-fizike-i-matematike-1625457, Oct 2022.
- [19] Portal Studentski.hr. Porazno mali broj brucosa upisao nastavnički smjer fizike. <https://studentski.hr/studenti/vijesti/porazno-mali-broj-brucosa-upisao-nastavnicki-smjer-fizike>, Jul 2021.
- [20] M. Anthony Mills. U.S. Science Funding is Increasingly Biased Against Basic Science. https://www.realclearscience.com/articles/2020/09/26/us_science_funding_is_increasingly_biased_against_basic_science.html#!, Sep 2020.
- [21] Thomas S Kuhn. *The structure of scientific revolutions*. Chicago University of Chicago Press, 1970.