



Kaj pa, če nas sploh ni

Resničnost Ali lahko z meritvami in eksperimenti vsaj načeloma potrdimo ali ovržemo možnost, da smo v simulaciji

Če so simulacije dovolj natančne, bitja v simulacijah različne ne prepoznajo, podobno kot ljudje v sanjah. Zanje je njihov svet resničen. FOTO SHUTTERSTOCK

Na lestvici petsto najhitrejših superračunalnikov na svetu, ki jo objavijo dvakrat na leto, se je po dveh letih junija premešal vrstni red na vrhu. Primat je prevzel novi ameriški superračunalnik Frontier, ki zmore opraviti 1,1 trilijona ($1,1 \cdot 10^{18}$) računskih operacij na sekundo. To je tako veliko, da bi človek, ki s kalkulatorjem zmnoži dve številki v sekundi, lahko računal od začetka vesolja do danes, pa bi naredil manj kot Frontier v pol sekunde.

MATEJ HUŠ

Če je Frontier najzmogljivejši računski stroj, ki ga je ustvaril človek, so najkompleksnejši računski stroj izpod rok narave človeški možgani. Vsebujejo približno 100 milijard nevronov in še nekajkrat toliko drugih celic. Vsak nevron je povezan s svojimi sosedi, število vseh povezav ocenjujejo na 10^{14} do 10^{15} . Nekatere sinapse se prožijo redko, na primer vsako sekundo,

druge pa tudi dvestokrat v sekundi. Če vse navedeno zmnožimo, je rezultat približno 10^{18} . V človeških možganih se vsako sekundo zgodi kvečjemu toliko operacij kot v Frontierju. A enakost lahko tudi obrnemo. Če Frontier zmore toliko kot možgani, bi jih lahko torej – simuliral?

Zmoremo čedalje več

Nekdanji Intelov direktor Gordon Moore je leta 1965 opazil, da se število tranzistorjev v integriranih vezjih, posredno pa tudi računska moč, vsaki dve leti podvoji. Konservativno je ocenil, da se bo nadaljevalo še vsaj desetletje, a tudi več kot pol stoletja pozneje Moorov zakon še vedno drži. Računska moč človeštva raste eksponentno. Ali se bo trend nadaljeval v nedogled, ne vemo, toda ker je znanstvenikom doslej uspelo premagati še vsako prepreko, smo lahko optimistični.

In če bi lahko z današnjim ra-

čunalniškim prvakom simulirali ene možgane, bi lahko ob nadaljnji rasti računske moči simulirali dvoje možgane, njihovo okolico in čedalje večje kose sveta, vse do simulacije celotnega planeta, osončja in vesolja. Premislek vsiljuje eksistencialno strašljiv zaključek: kaj pa, če je to kakšna civilizacija že storila in je naša resničnost zgolj simulacija v njihovem superračunalniku?

Osnovna zamisel je že zelo stara, nove razsežnosti pa ji je vdahnil tehnološki razvoj v 20. in 21. stoletju. Antični kitajski filozof Čuang Ce je v 4. stoletju pred našim štetjem sanjal, da je metulj, nato pa se je vprašal, kako neki lahko ve, da ni morda obratno. Morda je metulj, ki sanja, da je človek? Približno istočasno je na drugem koncu sveta Platon govoril o votlini, kjer vidimo le silhuete resničnega sveta. Stoletja kasneje je v zahodni filozofiji René Descartes trdil, da v sanjah – naj jih kasneje prepo-

znamo kot še tako nelogične – ne vemo, da sanjamo. Morda se kdaj zbudimo tudi iz trenutne resničnosti.

Koncept stvarnosti kot simulacije je v popularni kulturi obravnavala cela vrsta avtorjev, denimo kulturna filma *Tron* (1982) in *Matrica* (1999), na zelo sodoben način pa *Trinajsto nadstropje* (1999). V prozi je koncept večkrat uporabil Philip K. Dick, posvetili so se mu tudi Arthur C. Clarke in številni drugi pisatelji. Ljudje se o resničnosti sveta na različnih ravneh preizprašujejo že zelo dolgo.

Kozmična neizbežnost

Znanstvene debate o simulirani resničnosti je leta 2001 vnovič obudil švedski filozof in futurolog Nick Bostrom z znamenitim člankom *Ali živimo v računalniški simulaciji? (Are you living in a computer simulation?)*. V njem postavi drzno hipotezo, ki nekoliko parafrazirano pravi, da mora nujno držati vsaj ena izmed treh možnosti: človeštvo ali druga inteligentna bitja izumrejo, preden dosežejo razvojno stopnjo, ko lahko simulirajo resničnost; čeprav to sposobnost dosežejo, tega ne želijo ali ne smejo storiti; skoraj zagotovo živimo v računalniški simulaciji.

Bostrom meni, da bi vsaka tehnološko dovolj razvita civilizacija, ki ima zadostno računsko moč za simuliranje svoje zgodovine, torej gradnjo replike sveta, to tudi storila. Razlogi so lahko raznovrstni, od poglobljenega raziskovanja prek radovednosti ali dolgočasnosti do sadizma. O vzgibih in motivih hipotetičnih supercivilizacij res ne moremo soditi.

Takšnih simulacij bi lahko pogladi več. Morda je eden izmed nešteto scenarijev, ki jih proučujejo, kako se življenje na povprečnem trdnem planetu prilagodi na naraščanje koncentracije ogljikovega dioksida, in mi smo se znašli v njem. Če so simulacije dovolj natančne, bitja v simulacijah razlike ne prepoznajo, podobno kot ljudje v sanjah. Zanje je njihov svet resničen.

Sčasoma se tudi civilizacije v simulaciji dovolj razvijejo, da začno pripravljati in poganjati lastne simulacije in tako naprej, v slojih kakor čebula. Matematika je neizprosna: velika večina bitij tedaj živi v eni izmed simulacij, od koder se sklepe ponuja kar sam. Za vsako razmišljujoče bitje, ki se to vpraša, je matematično verjetneje, da živi v simulaciji kakor v prvobitni resničnosti.

Bostrom torej ne trdi, da je mo-

žno, da živimo v simulaciji, kar ni noben revolucionaren premislek, temveč da je to *verjetno*. Bostromova argumentacija je spodbudila številne premisleke, bila je predmet mnogo razprav, člankov, doktorskih disertacij in seveda tudi kritik. Nekateri ugledni fiziki, denimo fizičarka Sabine Hossenfelder, jo odločno zavračajo, češ da ni dokazljiva in meji na psevdoznost. A predvsem je teza sprožila razpravo o simulirani resničnosti in razmisleke, ali in kako je možno preveriti, ali živimo v njej. Bostroma teza temelji še na treh pogojih: poganjanje simulacij sveta ali čutečih bitij ni prepovedano (poznavajoč človeški odnos do prepovedi, je to zelo šibka omejitev), tehnološki razvoj v prihodnosti ne bo trčil ob omejitve (Moorov zakon bo še veljal) in zavest ni odvisna od substrata.

Zadnji pogoj poenostavljeno povedano pomeni, da zavest ne potrebuje organskih nevronov in sinaps v lobanji, temveč se lahko (po)ustvari na vsaki ustrezni strojni opremi. To še zdaleč ni univerzalno sprejeta predpostavka, se zdi pa smiselna. Hans Moravec je že leta 1988 v knjigi *Mind Children* razmišljal o nevronske zamenjavi. Če bi katerikoli nevron zamenjali z elektronskim nadomestkom, ki bi se vedel enako in opravljal iste funkcije, zavest tega ne bi opazila. Če bi tako zamenjali vse nevrone, bi jo prenesli v računski stroj. Pri tem pustimo ob strani vprašanje, kako natančno bi morali poznati sestavo možganov – do sheme povezljivosti nevronov, do posameznih celic, do molekul, do atomov, do kvarkov – ker to pomeni le, da moramo počakati malce dlje, da se razvijejo boljši superračunalniki.

Digitalni možgani

S simulacijami se danes ukvarja na milijone raziskovalcev, ker so eksperimenti v računalniku pogosto hitrejši, cenejši in do okolja prijaznejši od resničnih. Včasih so simulacije tudi edini način, ker z resničnostjo ne moremo ali ne smemo eksperimentirati. Atomskih bomb ne smemo metati, vreme pa lahko vnaprej le simuliramo. Večini »rutinskih« simulacij je skupna osredotočenost, saj sploh ne poskušajo opisati celotne resničnosti ali je nadomestiti, temveč opazujejo zgolj vidik, ki nas zanima. Simulacija vrtnčenja vode v pomivalnem stroju ne želi nikogar prepričati, da je *resničen* pomivalni stroj, temveč inženirjem omogoča, da izdelajo boljšega.

Posebno mesto imajo simulacije

možganov, kjer je napredek opazen. Leta 2005 se je v Švici začel projekt Blue Brain, v katerem raziskovalci z EPFL in iz IBM skušajo izdelati digitalno rekonstrukcijo in simulacijo človeških možganov. Po sedemnajstih letih še vedno niso na cilju, se mu pa po lastnih besedah približujejo. Pomemben vmesni cilj bo simulacija mišjih možganov, kar želijo doseči leta 2024. Že leta 2007 so bili sposobni v računalniku reproducirati delovanje poljubnega nevrona, leta 2015 so znali simulirati tridimenzionalne povezave med nevroni, leta 2020 pa opisati 11 milijonov nevronov in 88 milijard sinaps v mišjih možganih. Ker so že leta 2018 izdelali celični atlas vseh nevronov v mišjih možganih, se leto 2024 za simulacijo mišjih možganov ne zdi nemogoče.

Eden najdražjih projektov je Human Brain Project, ki se je začel leta 2013 in ga je evropska komisija podprla z dobro milijardo evrov. Kako pomembno je to področje, priča dejstvo, da gre za eno izmed samo štirih aktualnih vodilnih pobud (*flagship*) Evropske unije (baterije, grafen, kvantne tehnologije, človeški možgani). Čeprav je HBP preživel več turbulenc in rezultati zaostajajo za optimističnimi napovedmi, se raziskave nadaljujejo, čeravno si ta hip nihče ne upa napovedati, kdaj bomo lahko simulirali vsaj dele človeških možganov. A četudi možganov še ne znamo reproducirati, smo se z raziskavami naučili ustvariti nevronske mreže, ki v tem desetletju postajajo splošno koristne, od napovedovanja zvižanja proteinov do prevajanja besedil in krmiljenja samovozečih avtomobilov.

Prepoznati simulacijo

Simulaciji možganov namenjamo posebno pozornost zaradi dveh razlogov. Ni le eden najkompleksnejših problemov, ključna je predvsem pri oceni, ali je simulacija prepričljiva. Že danes lahko popolnoma natančno simuliramo en atom vodika in zelo zelo natančno tudi precej večje skupke molekul. A vodik pač nima zavesti, da bi lahko cenil natančnost opisa in dejstvo, da se v simulaciji ne da razlikovati od resničnega vodika. Simulirani možgani v simuliranem svetu bi to dejstvo *občutili*.

David Kipping, profesor astronomije na Columbi, je predlanskim z Bayesovo statistiko ocenil, da je trenutno 50-odstotna verjetnost, da živimo v simulaciji. Izračun bi bil precej drugačen, če bi *mi* (že?) znali simulirati inteligentna bitja

v svojih računalnikih. David Chalmers, profesor filozofije in nevroznanosti na newyorški univerzi, je letos napisal težko pričakovano knjigo *Resničnost+ (Reality+)* o virtualnih svetovih in naravni resničnosti, v kateri med drugim trdi, da virtualni svetovi niso manjvredni podsvetovi.

Da bi bila katerakoli zamisel, torej tudi simulacija resničnosti, obravnave vredna znanstvena hipoteza, mora biti vsaj v teoriji preverljiva in ovrgljiva. Ključno vprašanje je, ali bi lahko z meritvami in eksperimenti vsaj načeloma potrdili ali ovrgli možnost, da smo v simulaciji.

Zohreh Davoudi z marylandske univerze je predlagala dva načina, kako bi lahko preverili resničnost našega sveta. Če sodimo po naših simulacijah, se v njih kopičijo numerični pogoški. Simulacija lahko te periodično odpravlja tako, da malenkostno prilagaja osnovne fizikalne konstante. Nekatere izmed njih znamo že desetletja meriti na milijardinke natančno, a sprememb nismo opazili. Druga možnost je iskanje ločljivosti simulacije. Če teče na končnem računalniku, potem je njena zrnatost končna, torej obstaja najmanjši drobec našega sveta – tako snovi kakor časa – ki ga ni možno drobiti. Morda sta to Planckova dolžina in Planckov čas.

To seveda ne pomeni, da je ves simulirani svet opisan tako natančno. Neil DeGrasse Tyson je napol v šali dejal, da je hitrost svetlobe absolutna omejitev pretoka informacij (in snovi) v vesolju zato, da ne bi prispeli do delov vesolja, ki so le lučke na nebesnem svodu in še niso sprogramirani. V tej pripombi je več kot le ščepec resničnosti. Ni

treba vseh kosov sveta simulirati enako natančno, če zavestna bitja z njimi ne interagirajo. Notranjost noge pri stolu je, dokler na stolu samo sedimo, povsem nepomembna, če le podpira našo težo. S tem odgovorimo na pomisleke profesorja fizike z MIT in nobelovca Franka Wilczeka, da je v svetu toliko nepotrebne kompleksnosti, da zagotovo ne gre za simulacijo. Morda so fizikalne omejitve v resnici omejitve simulacije, neverjetna sreča z vrednostmi fizikalnih konstant, zaradi katerih atomi, svet in mi sploh obstajamo, pa natančno nastavljeni parametri simulacije.

Skrajna možnost je, da poskusimo simulacijo zlomiti. Skrbno načrtovani eksperimenti na kvantni ravni in razvoj kvantnih računalnikov bi lahko pokazali nelogične in nekonsistentne rezultate, toda za zdaj jih še niso. A bizarnosti kvantne mehanike, denimo superpozicija stanj, so morda zgolj omejitve simulacije.

Konec simulacije

Ob koncu pa si lahko privoščimo še nekaj napuha. Če res živimo v simulaciji, bi nas njen izklop hipoma izbrisal, česar se sploh ne bi zavedeli. Ker pa si vendarle želimo ostati pri zavesti, moramo storiti vse, da se to ne zgodi. Prvič, če teče naša simulacija na omejenem računalniku, naše izumljanje čedalje hitrejših računalnikov pomeni, da tudi gostiteljska simulacija troši čedalje več računske moči. Če bomo šli predaleč, bi se lahko upravljavci odločili, da smo prepotratni, in nas ugasnili – podobno kot nasilno ustavimo program, ki zapolni ves pomnilnik v računalniku. Drugič, simulacijo lahko upravljavci ugasnejo, če postanemo preveč nasilni

ali dolgočasni. Bodimo prijazni in zanimivi ljudje. In tretjič, kaj bi vi storili, če bi bitja v vaši simulaciji odkrila, kje »živijo«?

Dr. Matej Huš je znanstveni sodelavec na [Kemijskem inštitutu](#), kjer raziskuje kemijske procese na ravni kvantne mehanike.

S simulacijami se danes ukvarja na milijone raziskovalcev, ker so eksperimenti v računalniku pogosto hitrejši, cenejši in do okolja prijaznejši od resničnih.

MOŽGANI

Človeški možgani so osupljivo kompleksni. Vsebujejo več kot 20.000 genov, 100.000 različnih vrst beljakovin, več kot bilijon molekul v vsaki celici, 100 milijard nevronov in do 1000 bilijonov sinaps.

Ni treba vseh kosov sveta simulirati enako natančno, če zavestna bitja z njimi ne interagirajo. Notranjost noge pri stolu je, dokler na stolu samo sedimo, povsem nepomembna, če le podpira našo težo.