ALTERNATOR
Misliti znanost.

Prelomna odkritja, ki to niso

18. 1. 2024

Številka: 01/2024

Avtor:

- Matej Huš

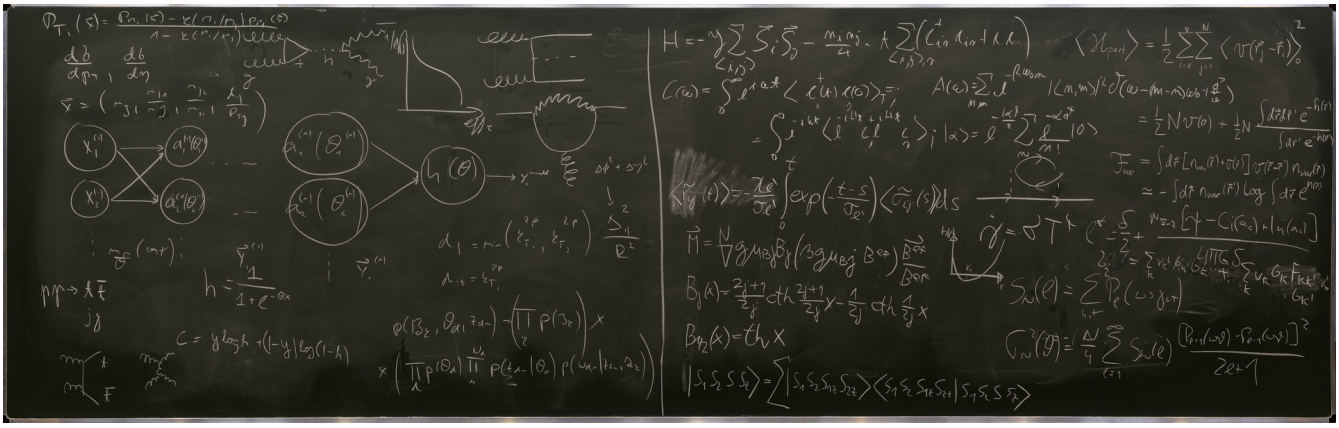


Foto: Arne Hodalič

Skoki in lezenje

Libanonsko-ameriški esejist in matematik Nassim Nicholas Taleb (https://books.google.si/books/about/The_Black_Swan.html?id=gWW4SkJjM08C&redir_esc=y) je dejal, da zgodovina in družbe ne lezejo, temveč skačejo. S tem je želel povedati, da razvoj in napredek nista monotono rastoči funkciji, ki skozi čas zlagoma povečujeta blaginjo prebivalstva, temveč da daljša obdobja občasno prekine preskok v razvoju, v razumevanju oziroma delovanju sveta, ki na novo opredeli razmerja. Znanost je v preteklosti nekaj tovrstnih skokov že doživela.

Newtonova teorija gravitacije (https://maa.org/press/periodicals/convergence/mathematical-treasure-english-translation-of-newton-s-principia-mathematica) je konec 17. stoletja zamenjala dotlej nejasno definirano »delovanje na daljavo«, ki je nekako potiskalo planete okoli zvezd. Einsteinova teorija relativnosti (https://doi.org/10.1002/andp.19053221004) je s svetlobno hitrostjo uvedla kozmično hitrostno omejitev in tako popolnoma spremenila pojmovanje časa in prostora (https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1915SPAW.....844E) , ki sta se iz negibnega odra spremenila v živahna in spreminjajoča se akterja v svetu. Kvantna mehanika je opravila z deterministčnim razumevanjem sveta in uvedla verjetnost kot inherentno lastnost stvarnosti. Posameznih dogodkov ne moremo napovedati; smiselno lahko govorimo o vedênju ansambla, medtem ko za posamezne delce napovedujemo le verjetnost.

Tudi na bolj aplikativnem področju je zgodovina polna skokov. Izboljševanje obstojnosti črnila in večanje ergonomije peres nista mogla povzročiti kvalitativne spremembe, ki jo je prinesel tiskarski stroj. Elektrika je korenito spremenila koncept prenosa energije, saj je nenadoma omogočila geografsko ločitev vira energije od porabnika. Onesnaževanje se je lahko iz mest prestavilo na odročna območja, kjer so stale elektrarne, medtem ko so po ulicah vozili čisti tramvaji in trolejbusi. Izum tranzistorja in tiskanih vezij je na smetišče zgodovine poslal elektronke, programljivi računalniki pa so približno istočasno upokojili luknjane kartice.

Toda pogled nazaj je vedno jasnejši od pregleda nad današnjimi razmerami, kaj šele od zrenja v prihodnost. Prečiščene in zloščene zgodbe o preteklih dosežkih – drugačne zaradi ekonomičnosti in človeške naklonjenosti zgodbam niti ne morejo biti – niso točna odslikava kompleksnosti, ovinkov in stranpoti v zgodovini. Našteti primeri se zdijo kot hipni skoki v razumevanju in delovanju sveta zgolj zato, ker jih gledamo z razdalje, ki zmanjša ločljivost našega zornega kota. Pogled od blizu pokaže, da je šlo za proces, ki je bil le nekoliko hitrejši od siceršnjega razvoja. Po kanonski razlagi je Einstein teorijo relativnosti pilil poldrugo desetletje, v resnici pa pri tem sploh ni bil sam, temveč je gradil na dognanjih Henrija Poincaréja (https://en.wikisource.org/wiki/Translation:On_the_Dynamics_of_the_Electron_(July)) in drugih, kasneje pa so njegovo delo prečistili Karl Schwarzschild (https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1916SPAW.....189S/abstract) , Alexander Friedman (https://doi.org/10.1007/BF01332580) , Georges Lemaître (https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1927ASSB...47...49L/abstract) in drugi.

Einsteina neupravičeno razglašajo za velikega nasprotnika kvantne mehanike, čeprav si je prav on leta 1905 zamislil koncept kvantov, resnična pa je njegova skepsa do københavnske interpretacije kvantne mehanike. Kolaps valovne funkcije ga ni nikoli prepričal, iskal je subatomsko deterministično podstat probabilistične kvantne mehanike. Podobno tudi Newtonovo odkritje teorije gravitacije ni bilo neka genialna zamisel, ki bi prinesla razodetje njegovim sodobnikom in spremenila njihov pogled na svet. Po knjižni objavi leta 1687 je preteklo še dobro stoletje, preden je Cavendish eksperimentalno potrdil Newtonov zakon.

Sodobnejši primer je Nobelova nagrajenka za medicino iz leta 2023. Katalin Karikó je vse od emigracije v ZDA leta 1985 verjela, da je molekule mRNK mogoče uporabiti kot predlogo, po kateri bi celice v telesu same izdelale zdravilo. Štiri desetletja pozneje vemo, da je to možno, tovrstna cepiva so celo ustavila največjo pandemije naše dobe, a pot Katalin Karikó je bila trnova. Na Univerzi v Pensilvaniji, kjer je leta 1989 postala docentka, ni nikoli dobila profesorskega mesta, njene raziskave pa so financerji zavračali kot po tekočem traku. Četudi so bile ideje dobre, prvi rezultati pa pozitivni, je morala akademski svet pred desetletjem zapustiti. Od prvega prebojnega članka (https://doi.org/10.1016/j.immuni.2005.06.008) , ki ga je z Drewom Weissmanom napisala leta 2005, je moralo do širšega sprejetja tehnologije in njene uporabe miniti še več kot poldrugo desetletje, vmes pa je Katalin Karikó izgubila ugled, službo in financiranje.

Izjemne trditve

Nekoliko daljši uvod je ključen za razumevanje dejstva, da skoki zgodovine ali znanosti izgubijo precejšnji del svoje hipnosti, če se jim dovolj približamo in nanje pogledamo z zadostno ločljivostjo. Redka so odkritja, ki udarijo kot strela z jasnega v znanstveno srenjo v enem samem članku, ki bi mu vsi raziskovalci soglasno prikimali in spremenili svoje mnenje. Proces je dolgotrajen. Oguljena fraza, da izjemne trditve terjajo izjemne dokaze, je zelo resnična. Poročila o izjemnih znanstvenih odkritjih, ki bi lahko revolucionarno predrugačila svet, so podvržena številnim podrobnim pregledom ter poskusom ponovitve in nadgradnje. Šele ko so odkritja zadostno neodvisno ponovljena in potrjena, jih s tresočo roko vključimo v učbenike. Pot od znanstvenega članka do sprejetja v kanon je v sodobnem svetu pogosto prezrta ali nerazumljena, kar znanstvenega procesa ne moti, a močno bega laično javnost in načenja zaupanje v znanost. Sostorilci so tudi znanstveniki, ki jih k temu sili ustroj sodobnega znanstvenega aparata, nerazumevanje pa podpihujejo službe za odnose z javnostmi, mediji in družbena omrežja.

Ni vsaka ligaška nogometna tekma tako prelomna, da bi odločila boj za naslov državnega prvaka, in ne padajo na vsaki tekmi rekordi. Nasprotno, številne tekme se končajo brez zadetkov, a se kljub temu znajdejo v rednih športnih novicah. Zanimanje za šport zraste, ko se podirajo rekordi, a tudi brez njih je to stalna rubrika v večini medijev. Z znanostjo je drugače. V medije najdejo pot zgolj znanstvena odkritja, ki so tako ali drugače prelomna – ali pa se kot taka samo oglašujejo – in bodo vsaj malce spremenila svet. Postopni razvoj (na primer izboljšava učinkovitosti postopka za čiščenje proteinov oziroma proizvodnjo amonijaka za umetna gnojila ali razvoj hitrejšega algoritma za strojno množenje posebne vrste matrik) v novice ne sodi. To je razumljivo, a ima tudi neželene posledice.

Velik del znanosti je dandanes projektno financiran. Temu raziskovalci evfemistično pravijo mehka sredstva (angl. *soft money*), čeprav bi jim pravilneje morali reči nestabilna ali negotova sredstva. Zaradi velikega števila prijav na razpise je konkurenca huda, pri ocenjevanju pa čedalje večjo vlogo igrajo napovedana uporabnost raziskav in pretekli raziskovalni dosežki prijavitelja. To spodbuja napihovanje dosežkov prek razumnih meja: od nekritičnega pritikanja pridevnika *prelomen* do pretiravanja pri vsebinskem opisu dosežka, ki meji na laž. Bolj milo sodimo preuranjene objave in pomanjkljivo preverjanje verodostojnosti meritev, obdelave, interpretacije in predstavitve rezultatov.

Kaj je znanstveni konsenz

Opisane pomanjkljivosti so še zlasti izrazite na ravni enega znanstvenega članka, precej dobro pa jih izravnajo in odpravijo kasnejši pregledi, preizkusi in ponovitve. Žal ta del postopka do laične javnosti pricurlja precej redko in še tedaj je pogosto neustrezno predstavljen, saj bolj spodkopava avtoriteto znanstvene metode kakor hvali njeno robustnost, da je izločila gnila jabolka. Velika večina znanosti temelji na induktivnem sklepanju, pri katerem veliko implicitnih dokazov povežemo v verigo, ki nas z veliko verjetnostjo prepriča o pravilnosti hipoteze. Lahko je dokazati neresničnost trditve, saj zadostuje že en trden protiprimer, precej težje pa je po množici ujemajočih se napovedi dokončno razglasiti teorijo za dovolj dobro.

V šoli po drugi strani spoznamo deduktivno sklepanje, ker je matematika aksiomatski sistem, kjer je en dokaz zadostna potrditev veljavnosti izreka, kar potem nepravilno posplošimo na delovanje znanosti. Koncept znanstvenega konsenza, preverjanja in preizpraševanja že obstoječih dokazov narobe razumemo bodisi kot demokracijo ali glasovanje o teorijah bodisi kot imanentno slabost. Spoznanje, da ni vsak znanstveni članek enako dober in da so lahko nekateri tudi kratko malo napačni, je v nasprotju z deduktivnim sklepanjem, ki bi ga tako radi preslikali tudi na znanost. A raziskovanje sveta, katerega del smo, je drugačno, znanstveni konsenz – dasiravno redko stoodstoten – pa je nujno sito. Deduktivno spoznavanje si lahko privoščimo zgolj v umetnih, aksiomatskih sistemih.

Zablode

Vse to vpliva na poročanje o znanosti, na njeno komuniciranje in naposled tako na razumevanje kot tudi na ugled v javnosti. Pred dvanajstimi leti so raziskovalci iz eksperimenta Opera, ki so merili čas preleta nevtrinov iz CERN-a na švicarsko-francoski meji do laboratorija v italijanskem Gran Sassu, poročali o nenavadnih rezultatih. Nevtrini so pot

preleteli 60 nanosekund prehitro. Po prvotnih meritvah marca 2011 so pol leta preverjali rezultate in jih septembra objavili. Izvajali so še dodatne eksperimente in tudi ti so novembra kazali, da nevtrini res letijo z nadsvetlobno hitrostjo. Verjetnost, da gre za naključno napako meritve, so ocenili na šest standardnih deviacij, kar je dovolj za razglasitev odkritja.

Čeprav so bili znanstveniki pri svojih izjavah previdni in so poročali zgolj o meritvah, pri tem pa ves čas poudarjali, da bi to pomenilo konec sodobnega razumevanja relativnostne teorije, so v medijih deževali naslovi o koncu Einsteinove teorije in novi fiziki. Zgodba je bila privlačna, lahko razumljiva, mediji pa so potrebovali odmevne naslove, ki so skrivoma ustrezali tudi službi za odnose z javnostmi v CERN-u. Leto pozneje so v Gran Sassu odkrili napako v sistemu za merjenje časa. Nevtrini so ves čas potovali s svetlobno hitrostjo, kar je bil pričakovan rezultat. Tudi ta novica je sicer zakrožila po medijih, a s precej manjšo odmevnostjo.

Raziskovalcem iz Gran Sassa ne moremo očitati nečednih namenov. Resneje pa bi lahko okarali predstavitev raziskave o simulaciji črvine iz novembra 2022, ki so jo pospremila tudi pretirano ozaljšana sporočila marketinških služb Caltecha in Fermilaba. Šlo je za objavo članka »Dinamika prehodne črvine na kvantnem procesorju« v znanstveni reviji *Nature* (https://doi.org/10.1038/s41586-022-05424-3) , kar je v današnji znanosti že samo po sebi velikanski uspeh (ali je to prav, je vprašanje, ki ga bomo tokrat preskočili), a medijske objave so bile napihnjene preko meja resničnosti. V vseh uveljavljenih medijih so se vrstili naslovi, da so znanstveniki ustvarili črvino, kar preprosto ni bilo res. Raziskovalci so na kvantnem računalniku ustvarili in simulirali poenostavljen matematični model, ki bi ga lahko interpretirali kot opis enodimenzionalne črvine v posebni vrsti vesolja. Črvini torej niso bili nič bližje, kot če jo narišemo na list papirja. Da so to storili s kvantnim računalnikom, je lep inženirski dosežek, a ni več kot to. Napihovanja dosežka pa ne moremo pripisati le marketinškim službam, temveč tudi znanstvenikom samim, ki so aktivno sodelovali v videopredstavitvi dosežka, ki ni bila povsem poštena. Bistveno resničnejši opis bi se osredotočil na še eno uspešno uporabo kvantnih računalnikov, ki počasi iz prihodnosti lezejo v sedanjosti, a to bi bilo precej manj revolucionarno od črvin, še vedno pa zelo dober primer iz znanosti.

Na koncu spektra je fiasko s superprevodnostjo pri sobni temperaturi, kjer so raziskovalni skupini z Univerze v Rochesterju dokazali objavljanje nepreverjenih, nepravilno obdelanih in slabo interpretiranih rezultatov. Prvi članek (https://doi.org/10.1038/s41586-020-2801-z) omenjene skupine iz leta 2020 je bil umaknjen dve leti pozneje, naslednji članek (https://doi.org/10.1038/s41586-023-06774-2) iz marca 2023 pa po le pol leta, tokrat na željo osmih soavtorjev. Še ena propadla zgodba je bil članek korejske skupine (https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.12008) , ki je prav tako opisoval superprevodnik pri sobni temperaturi, a je septembra 2023 po dvomesečnem zanimanju vsega sveta pot končal v košu za smeti, še preden bi bil recenziran.

V vseh primerih je znanstvena srenja opravila svoje delo. Kmalu po vsakokratni objavi, ki sicer ne bi zamajala nobene fizikalne teorije, bi pa v delovanje sodobnega sveta posegla vsaj tako kot izum elektrike, so raziskovalci po vsem svetu članke najprej temeljito prečesali, nato pa izpostavili svoje pomisleke in skušali ponoviti opisani rezultat. Ni jim uspelo, kar je naposled pripeljalo do umika člankov. A čeprav je znanost v resnici delovala, kakor mora (časovnica, ki se meri v mesecih, je za znanost nenavadno hitra), je nastala velikanska škoda. Javnost je začel razžirati črv dvoma – v vse objave, vsa odkritja, vse napovedi. To lahko vpliva na financiranje področja, njegovo privlačnost in pripravljenost mlajših raziskovalcev, da se vanj usmerijo. Niso povsem iz trte izviti očitki, da je fiasko dolgoročno ošibil področje in morebitna nova odkritja superprevodnih materialov prestavil še dlje v prihodnost.

Demokratizacija ali kapitulacija

Znanost je danes bolj na očeh javnost kot kadar koli prej, kar je dobro. To po eni strani krepi demokratičnost idej kot njen osnovni postulat, hkrati pa to utemeljeno zahtevajo javni financerji. Prednosti odprtega pristopa do znanosti najlepše kaže umetna inteligenca, ki je silovit razvoj v letu 2023 doživela prav zato, ker je Google odprl in vsem zainteresiranim raziskovalcem prosto ponudil svoj model transformerja (https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer_(machine_learning_model)) (načina globokega učenja). Snežno kepo so pomagali kotaliti OpenAI, Meta, Midjourney, Hugging Face in drugi, da smo danes kot družba vsi na boljšem.

Žal se znanstveni odprtosti ni prilagodilo poročanje o njej, komuniciranje znanosti pa ostaja zapostavljeno področje. Znanost je bolj izpostavljena, razumevanje znanstvenega postopka pa se ni izboljšalo. Široka dostopnost znanstvenih člankov, ki so zgolj klik stran, ima poleg pozitivnih posledic in demokratizacije tudi neželene učinke. Izostala je znanstvena pismenost v smislu razumevanja delovanja ustroja znanosti, pa naj gre za piramido trdnosti dokazov v posameznih vrstah medicinskih študij, opise posamičnih primerov ali velike metaanalize, splošno razumevanje razlike med članki osamelci in kanonom. S tem je povezan tudi razmislek o tem, kdo je kompetenten za tolmačenje posameznega področja.

Tu je krivda razpršena med šolski sistem, odločevalce in financerje, komunikatorje znanosti, znanstvenike in medije, a to nikogar ne odvezuje odgovornosti, temveč nas vse zavezuje k boljšemu delu. Odločevalcem pa jasno kaže, da je marsikaj narobe, od pretirano projektnega in tekmovalnega financiranja, ki kliče po šopirjenju, do manka sistemske podpore kakovostnemu komuniciranju znanosti, ki je danes domena redkih posameznikov. Pompozni naslovi, kot je »kriza ponovljivosti« (angl. *replication crisis*), so kljub načelni pravilnosti in upravičenosti v splošni javnosti pogosto kontraproduktivni, saj zavedanje problema enačijo s kapitulacijo namesto s prvim korakom k izboljšanju.

Nihče ni imun. John Ioannidis je leta 2005 napisal resnično prelomni članek (https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004085) z naslovom »Zakaj je večina objavljenih raziskovalnih zaključkov

napačnih«, v katerem je lucidno razpravljal o tej temi. Poldrugo desetletje pozneje pa je med pandemijo, ironično, sam postal glasnik teorij, ki jih je širša strokovna javnost prepričljivo zavrnila kot neutemeljeno psevdoznanost.

https://www.alternator.science/sl/daljse/prelomna-odkritja-ki-to-niso/