

PAVEL KUBÁT



I & AI
EveryThink

© 2026

Od úžasu k důkazům

Jeden velký příběh, ale tři různé úrovně jistoty.

Tři úrovně vědecké jistoty

Stupeň důkazů je v knize označený barvou. Nezaměňujeme model za experiment.

EXPERIMENT

Přímá měření a opakovatelná pozorování

MODEL

Matematicky formulovaná teorie a předpovědi

HYPOTÉZA

Nápad, který teprve potřebuje ověřit

AUTORSKÝ GRAF / MODELOVÉ SCHÉMA • Nejde o experimentální data.

Když slyšíme, že vesmír, gravitace a lidská mysl „jsou informace“, může to znít jako konečná odpověď. Ve skutečnosti je to začátek otázky. Slovo informace totiž v různých oborech znamená něco trochu jiného: někdy počet možností, jindy data, někdy míru nejistoty nebo stav fyzikální soustavy.

Původní patnáctistránková prezentace propojuje termodynamiku, teorii gravitace, neuronální geometrii a odvážnou hypotézu vesmíru, který sám sebe poznává. Toto vydání zachovává její myšlenkovou cestu, ale jednotlivá tvrzení odděluje podle toho, jak silné důkazy pro ně máme.

Zelenou používáme pro experimentální výsledky nebo zavedená pozorování, zlatou pro matematické modely a podmíněné závěry, korálovou pro zatím neověřené hypotézy. Barva neříká, zda je myšlenka krásná nebo chybná. Říká pouze, co o ní dnes lze odpovědně prohlásit.

Základ: původní prezentace, s. 1–15; vědecké prameny na konci.

Tři světy. Jedna otázka.

Mohou podobné matematické vzorce popisovat i velmi odlišné jevy?



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Fyzik studuje hmotu, energii a prostor. Neurovědec měří elektrickou aktivitu nervových buněk. Teoretik informace se ptá, kolik různých stavů umíme rozlišit. Všichni často pracují se stejnými nástroji: pravděpodobností, entropií, statistikou a geometrií.

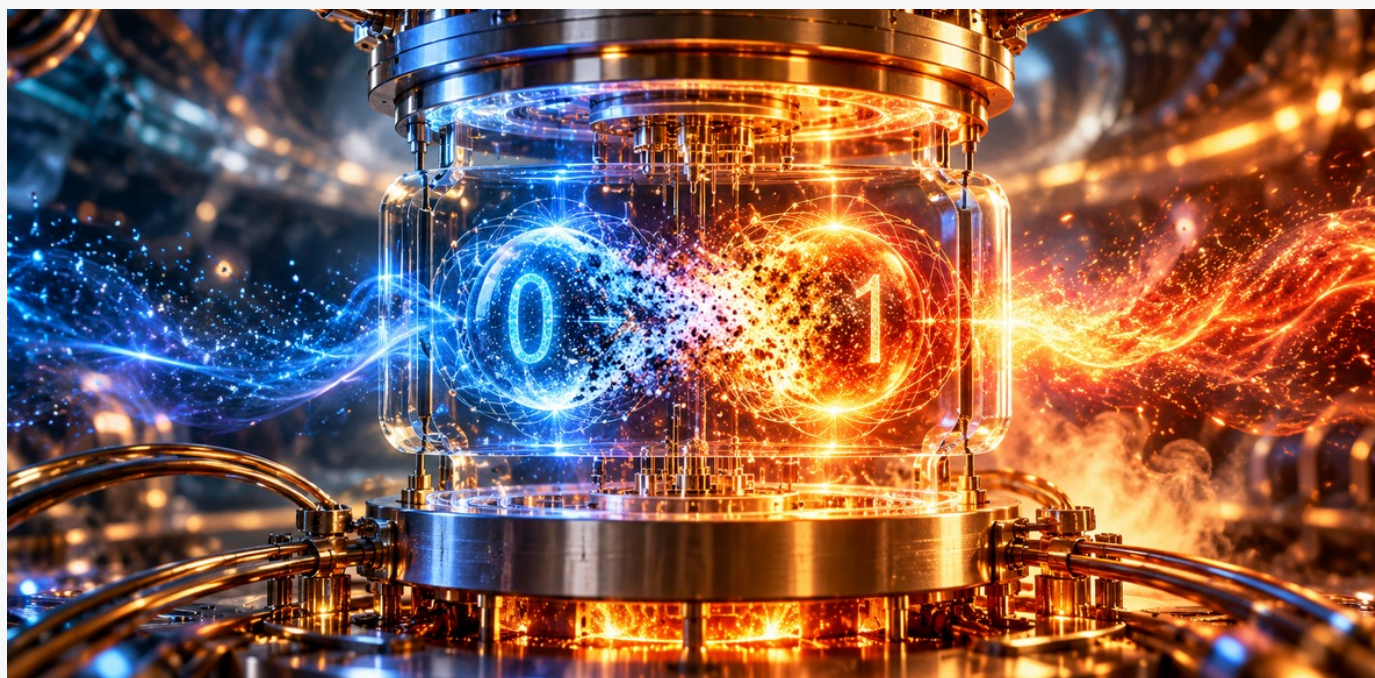
To je skutečná a hluboká spojnice. Ale ze společného slovníku ještě neplyne, že gravitace a myšlení mají stejný původ. Zákon, který skvěle popisuje šíření tepla, nemusí zároveň vysvětlovat vědomí. Přesně v tomto bodě se zajímavá analogie mění v hypotézu vyžadující důkaz.

Na následujících stranách půjdeme od nejpevnějšího kamene — měřitelné ceny zpracování informace — k odvážnější fyzice horizontů. Pak se přesuneme k neuronálním sítím a nakonec se podíváme, zda vzniká skutečný most mezi vesmírem a myslí, nebo zatím jen dobře vyhlížeující náčrt.

Souvislosti: [2], [5], [10].

Co je vlastně informace?

Informace není kouzelná substance. Věda s ní pracuje velmi přesně.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Představte si vypínač. Buď je vypnutý, nebo zapnutý. Pokud mají obě možnosti stejnou pravděpodobnost, jeho stav může nést jeden bit informace. Bit není konkrétní kov, proud ani magnet; je to jednotka rozlišení mezi dvěma možnostmi. Abychom ho ale skutečně uchovali nebo přečetli, potřebujeme nějaký fyzikální nosič.

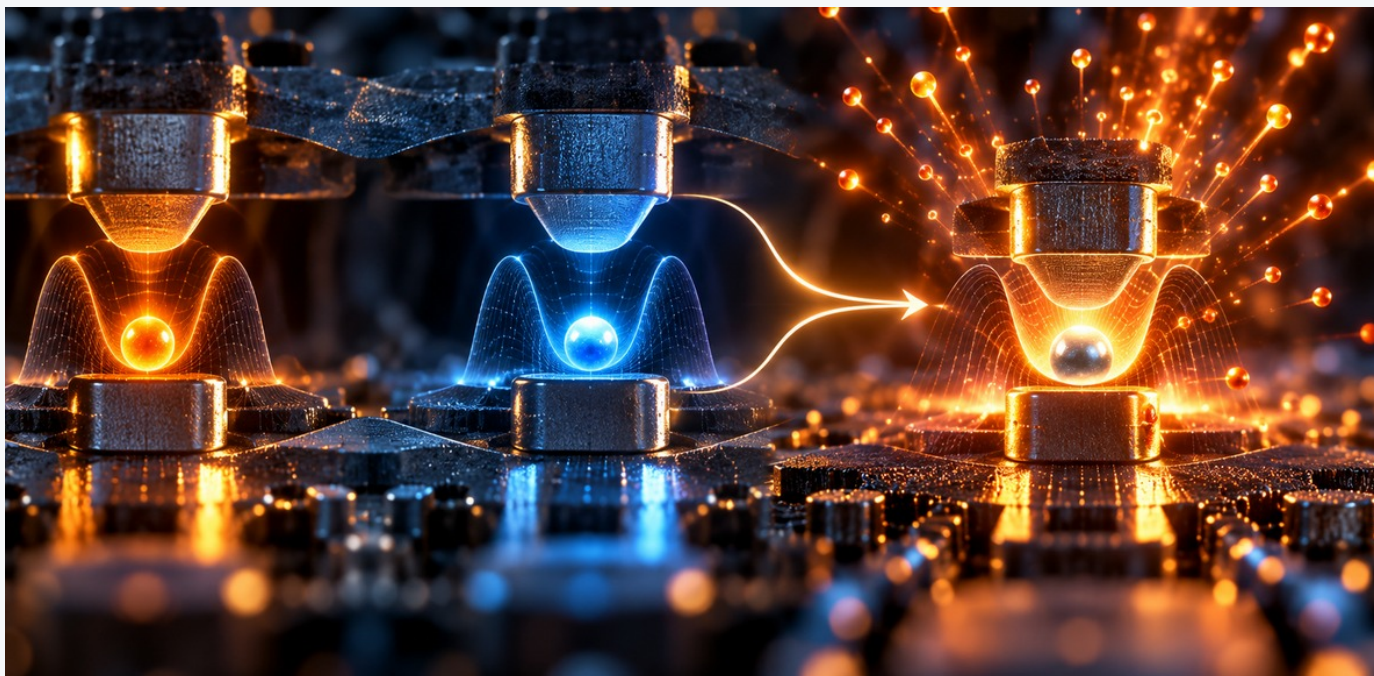
V teorii informace se často používá Shannonova entropie: udává, jak velká je nejistota ohledně výsledku. V termodynamice zase entropie pomáhá popsat množství mikroskopických uspořádání odpovídajících určitému makroskopickému stavu. Oba pojmy jsou matematicky příbuzné, nejsou však ve všech situacích volně zaměnitelné.

Z toho, že informaci lze vyjádřit číslem, neplyne, že realita je složená pouze z čísel. A z toho, že informace potřebuje fyzikální nosič, ještě neplyne, že veškerá fyzika vzniká z informace.

Souvislosti: Landauerův princip a jeho experimentální test [1].

Proč má mazání cenu?

Landauerův princip spojuje výpočet, teplo a druhý zákon termodynamiky.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Když počítač smaže bit tak, že původní hodnota 0 nebo 1 skončí ve stejném stavu 0, několik možných počátečních stavů se slije do jediného konečného. Tento logicky nevratný krok má za běžných předpokladů minimální termodynamickou cenu: okolí musí přijmout teplo. U jednoho bitu je $k_B T \ln 2$, kde k_B je Boltzmannova konstanta a T teplota.

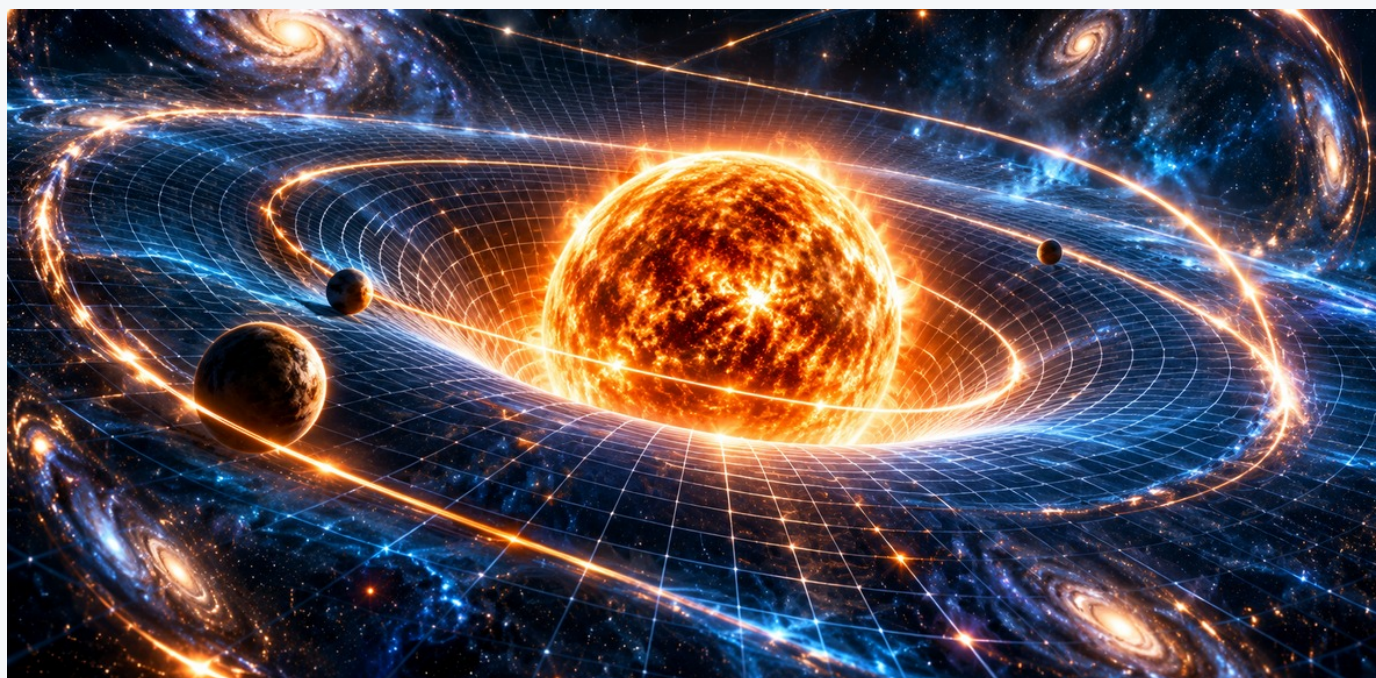
To není tvrzení, že každé kliknutí, čtení nebo přenos jednoho bitu nutně uvolní právě tolik tepla. Landauerova mez se týká logicky nevratného vymazání v odpovídajících podmínkách; reálná elektronika obvykle spotřebuje mnohem více a jiné logické operace mohou mít odlišné náklady.

V roce 2012 tým Antoina Béruta s jednou mikroskopickou částicí experimentálně ukázal chování blízké této mezi při dostatečně pomalém mazání. Tady máme skutečný, kontrolovatelný most mezi abstraktním bitem a fyzikálním teplem. [1]

Bérut a kol., Nature (2012), [1].

Prostor umí měnit pravidla pohybu

Obecná relativita popisuje gravitaci zakřivením časoprostoru.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

V Einsteinově obecné teorii relativity není gravitace jen neviditelná síla tahající tělesa k sobě. Hmota a energie ovlivňují geometrii časoprostoru a tato geometrie následně určuje pohyb těles i světla. Z toho umíme vypočítat například ohyb světla kolem hvězd nebo chování hodin v různě silném gravitačním poli.

Oblíbený obrázek kuličky na prohnuté síti je užitečná metafora, ale není úplným modelem gravitace: používá gravitaci k ilustraci gravitace a zobrazuje jen dvě prostorové dimenze. Skutečná teorie pracuje se čtyřrozměrným časoprostorem a přesnými rovnicemi.

Einsteinovy rovnice pozoruhodně dobře fungují. Otevřená je hlubší otázka, zda je časoprostor na nejmenších škálách základní součástí reality, nebo vzniká z ještě elementárnějšího popisu. Právě zde se otevírá prostor pro termodynamické a informační úvahy.

Teoretické rozšíření: Jacobson [2]; Verlinde [3].

Může mít gravitace termodynamický původ?

Jacobsonův výsledek z roku 1995 změnil způsob, jak lze číst Einsteinovy rovnice.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Teplota, teplo a entropie obvykle patří do světa parních strojů a hrnků čaje. Fyzik Ted Jacobson však ukázal, že pokud předpokládáme konkrétní vztah entropie k ploše lokálních horizontů a uplatníme termodynamický vztah $\delta Q = T dS$, lze za příslušných předpokladů odvodit Einsteinovy rovnice. [2]

Horizont tu není jen okraj černé díry. Jde také o hranici toho, co může pozorovatel v dané situaci kauzálně zaznamenat. Jacobson pracoval s lokálními Rindlerovými horizonty a s teplotou, kterou může při zrychleném pohybu přiřazovat pozorovatel vakuovému stavu.

Výsledek je matematicky výrazný: naznačuje, že rovnice gravitace lze chápat podobně jako stavové rovnice kapaliny. Nepotvrzuje však experimentem, z jakých mikroskopických „částic časoprostoru“ se gravitace skládá, ani že jejím původem musí být vědomí nebo digitální informace.

Ted Jacobson, Phys. Rev. Lett. 75 (1995), [2].

Kolik informace unese hranice?

U černých děr vede entropie k překvapivému vztahu s plochou.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

U běžné skříně čekáme, že množství věcí, které se do ní vejdu, bude souviset hlavně s objemem. U černých děr je situace jiná: Bekensteinova–Hawkingova entropie roste s plochou horizontu. Tento výsledek je klíčovou indicií takzvaného holografického principu. [4]

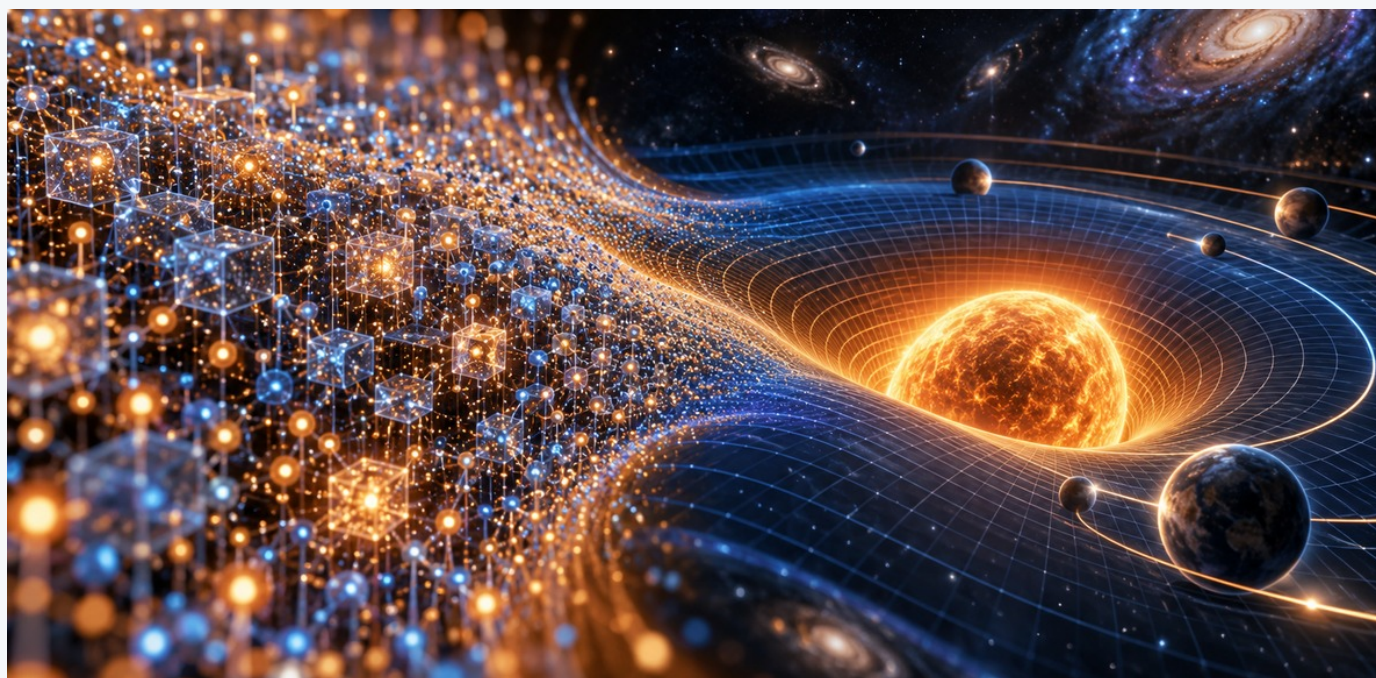
V některých přesně definovaných teoretických modelech lze děje v gravitačním prostoru popsat pomocí odpovídající kvantové teorie na jeho hranici. Nejznámějším příkladem je korespondence AdS/CFT, kterou otevřela práce Juana Maldaceny. [5]

Zde je hranice mezi vědou a příliš rychlým závěrem důležitá: matematická dualita ve speciálních modelech neznamena, že je naše skutečné kosmologické prostředí experimentálně prokázán hologram promítaný z dvourozměrného plátna. Slovo „holografický“ je především technický název hlubokého vztahu mezi popisy.

Hawking [4]; Maldacena [5].

Co když gravitace není základní?

Verlinde navrhl, že gravitační chování může vyplývat ze změn entropie.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Erik Verlinde rozpracoval myšlenku, podle níž by gravitace mohla být emergentní — tedy jevem vznikajícím na vyšší úrovni popisu, podobně jako tlak vzniká z pohybu molekul. V jeho návrhu hrají zásadní roli informace, entropie a holografické předpoklady. [3]

Proč je to přitažlivé? Protože by se nám podařilo vysvětlit gravitaci pomocí pravidel, která už známe z termodynamiky. Vědecky ale nestačí odvodit známý vztah z promyšlených předpokladů. Nový model musí také přinést odlišné, přesné a úspěšné předpovědi tam, kde se liší od zavedené teorie.

Entropická gravitace není dnes přijata jako experimentálně ověřená náhrada obecné relativity. Je to aktivní a diskutovaný teoretický směr. Původní prezentace ji místy podává jako dosažené vysvětlení; přesnější je říci: jde o jednu z cest, jak hledat hlubší původ geometrie a gravitace.

Erik Verlinde, JHEP 04 (2011) 029, [3].

Proč tisíce neuronů vytvářejí jednoduché tvary?

Neuronální variety jsou geometrickým jazykem pro kolektivní aktivitu.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Představte si orchestr. Každý hráč může zahrát jiný tón, přesto celek sleduje několik společných melodických pravidel. Podobně může současná aktivita mnoha neuronů vytvářet obrovské množství teoreticky možných vzorců, ale při konkrétním úkolu se skutečné odpovědi často pohybují v podstatně jednodušším prostoru.

Výzkumníci zaznamenávají aktivitu mnoha neuronů a každý okamžik představí jako bod ve vícerozměrném prostoru. Sled těchto bodů pak může vytvořit křivku, kruh, plochu nebo jinou strukturu. Souhrnně se mluví o neuronálních varietách, anglicky neural manifolds. Nejde o skutečný hmatatelný útvar uvnitř hlavy. Je to geometrický popis měřených stavů. [6, 7]

Takové popisy pomáhají vysvětlit například řízení pohybu, reprezentaci podnětů nebo přechody mezi stavy sítě. Neodpovídají samy o sobě na otázku, proč existuje subjektivní prožitek.

Gallego a kol. [6]; Chung & Abbott [7].

Mozek, který drží kompas

Ukázka geometrie v praxi: reprezentace směru u octomilek.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Když se octomilka otočí, její nervová soustava musí udržovat informaci o tom, kam je právě natočená. V části mozku, která souvisí s orientací, se aktivita neuronů přesouvá způsobem odpovídajícím směru zvířete. Seelig a Jayaraman to v roce 2015 pozorovali pomocí optického měření neuronální aktivity. [8]

Geometricky je směr zvláštní: po otočení o celých 360 stupňů jsme zpět na začátku. Proto se k popisu hodí kruh, nikoli nekonečná rovná čára. Výsledná „kruhová“ struktura není dekorace. Vyjadřuje topologii proměnné, kterou nervová soustava reprezentuje.

Takový příklad je mnohem přesvědčivější než obecné tvrzení, že všechny myšlenky mají stejnou geometrickou podobu. U konkrétního úkolu máme měření, matematický model a ověřitelné předpovědi. Právě tak vzniká most mezi neurovědou a geometrií.

Seelig & Jayaraman, Nature 521 (2015), [8].

Jak z chaosu vystoupí řád

Nízko-hodnostní modely vysvětlují, proč složitá síť může mít prostou dynamiku.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Neuronální síť má mnoho vzájemných spojení. Vědci ale zkoumají, zda lze část této složitosti zachytit několika dominantními vzory konektivity. Takovému zjednodušení se říká nízká hodnost (low rank): velkou tabulku vztahů přibližně vyjádříme pomocí malého počtu společných směrů.

Mastrogiuseppe a Ostojic ukázali, že v určité třídě rekurentních neuronových modelů může tato struktura konektivity vytvářet nízkorozměrnou kolektivní dynamiku. Model přitom umí předpovídat, jak změna spojení ovlivní možné výpočty. [9]

To je důležitý výsledek — nikoliv důkaz, že každá biologická nervová síť má přesně stejnou strukturu. Objevujeme použitelný mechanický vztah mezi propojením, pohybem stavu a výpočtem. Právě tak by měla vypadat přesnější verze věty „geometrie vytváří myšlení“.

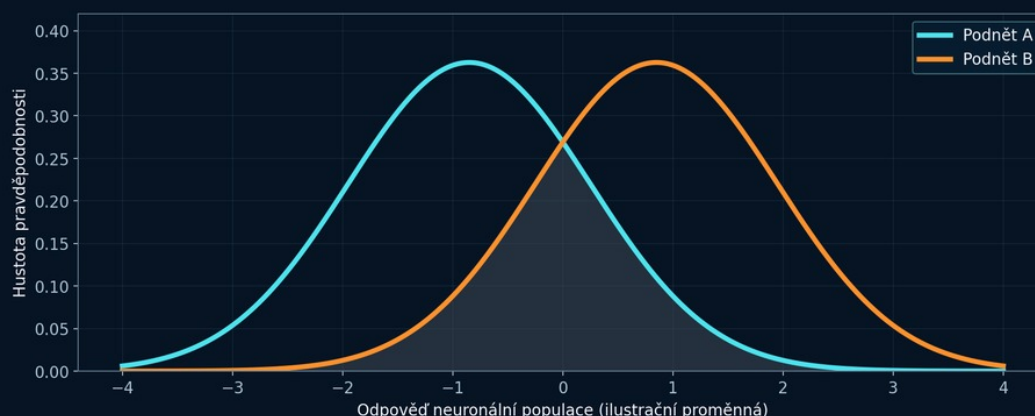
Mastrogiuseppe & Ostojic, Neuron 99 (2018), [9].

Jak mozek rozezná téměř stejné podněty?

Fisherova informace sleduje, jak dobře lze ze šumících odpovědí poznat rozdíl.

Kdy lze dva podněty rozlišit?

Modelové rozdělení pravděpodobnosti odpovědi; není to měření z experimentu.



AUTORSKÝ GRAF / MODELOVÉ SCHÉMA • Nejde o experimentální data.

Představte si dvě téměř stejné vůně. Neurony při opakovaném přičichnutí neodpoví vždy identicky: jejich aktivita kolísá. Pokud se vzory odpovědí pro obě vůně silně překrývají, rozlišení je těžké. Když se od sebe liší výrazně vůči šumu, je snadnější. Fisherova informace nabízí matematickou míru lokální rozlišitelnosti. [10]

Původní prezentace správně upozorňuje, že na kódování záleží i korelace mezi neurony — tedy to, zda jejich chyby kolísají společně. Některé korelace mohou omezovat informaci, ale není pravda, že každá společná fluktuace musí být pro mozkový kód škodlivá. Záleží na jejím směru vůči užitečnému signálu. [11]

V obrázku představují elipsy šum odpovědí. Stejná velikost rozptylu nemusí znamenat stejnou možnost rozlišení: klíčové je, kterým směrem se dva stavy od sebe vzdalují.

Kanitscheider a kol. [10]; Moreno-Bote a kol. [11].

Proč si pamatujeme včerejšek, ne zítřek?

Šipka času souvisí především s termodynamickou nevratností.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Mnohé základní fyzikální rovnice nerozlišují mezi přehráním děje dopředu a dozadu. V našem životě však sklenice běžně padá a rozbíjí se, zatímco její střepy se samy neskládají zpátky. Vysvětlení nabízí statistická fyzika: neuspořádanější makrostavy bývají slučitelné s mnohem větším počtem mikroskopických konfigurací.

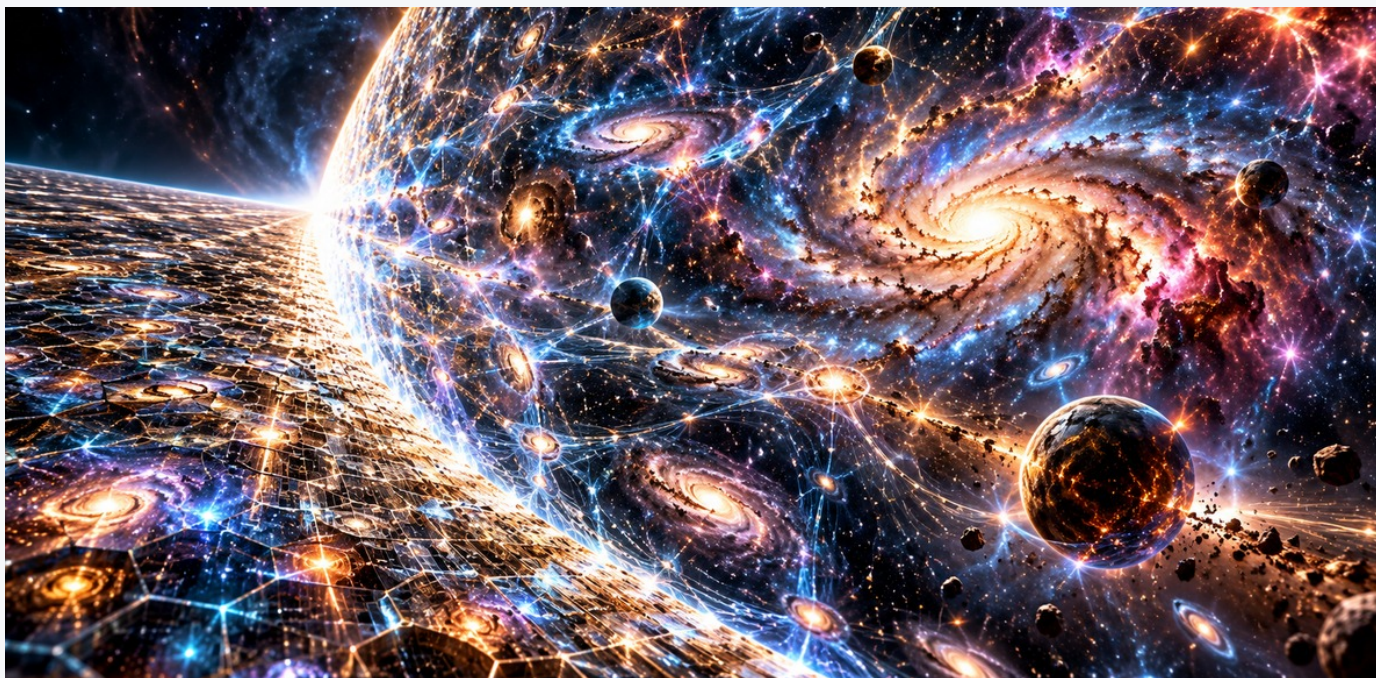
Druhý zákon termodynamiky říká, že entropie izolované soustavy typicky neklesá. Pro kosmickou šipku času je zároveň zásadní otázka, proč byl raný vesmír ve zvláštním stavu, který umožnil následnou nevratnost. Detaily počáteční nízké entropie a její kosmologický výklad zůstávají předmětem debat. [12]

Původní materiál navrhuje, že čas plyne proto, že se stále hromadí informace a význam. To je originální obraz, nikoli prokázaný fyzikální zákon. Množství užitečné informace nebo složitost struktur totiž nemusí za všech okolností růst zároveň s termodynamickou entropií.

Goldstein, Tumulka & Zanghi, Phys. Rev. D (2016), [12].

Je vesmír skutečně podobný mozku?

Zajímavý most existuje na úrovni matematiky, nikoli zatím společného původu.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Gravitace i neurální výpočty využívají matematické nástroje pracující se stavovými prostory, korelacemi, entropií a geometrií. Ve fyzice geometrie popisuje mimo jiné časoprostor nebo prostor možných kvantových stavů. V neurovědě může popisovat množinu vzorů neuronální aktivity.

To ale není tatáž geometrie v doslovném významu. U Einsteinovy teorie je geometrie součástí fyzikálního modelu prostoru a času. U neuronálních variet jde často o geometrii dat: podobnost a vzdálenost mezi stavy měřených buněk. Stejná slova se pojí s různými veličinami, jednotkami i druhy důkazu.

Přesto může být takové spojování užitečné. Dobrá analogie nám pomáhá klást nové otázky. Opravdová vědecká syntéza však musí ukázat nový výpočet nebo pokus: například předpovědět vlastnost, kterou dosavadní modely neumějí objasnit, a pak ji nezávisle změřit.

Jacobson [2]; Chung & Abbott [7]; Mastrogiuseppe & Ostojic [9].

Vesmír, který pozoruje sám sebe

Sebesimulace, emergentismus a panpsychismus: silné myšlenky, slabší testy.



AUTORSKÁ KONCEPTUÁLNÍ ILUSTRACE • Není to fotografie ani snímek experimentu.

Na konci původní prezentace se objevuje odvážná představa: fyzický svět, mysl a informace se mohou navzájem vytvářet v jakési smyčce. Text nazývá tento návrh hypotézou sebesimulace a pokouší se jím propojit emergentismus — vědomí vzniká ze složitých procesů — s panpsychismem — mentální aspekt je nějak přítomen už v základech reality.

Jde o filozoficky podnětnou spekulaci, nikoli o zavedenou vědeckou teorii. Samotná skutečnost, že vědomí vzniká ve vesmíru, nedokazuje, že vesmír jako celek je vědomý. A fakt, že umíme popisovat počítačovou simulaci, neukazuje, že realita sama nutně provádí výpočet v podobě programu.

Aby se z takové hypotézy stal empirický výzkum, musela by určit veličiny, mechanismus a pozorování, které ji jednoznačně odliší od alternativ. Bez toho zůstává její hodnota především ve formulaci nových otázek, ne v hotovém vysvětlení světa.

Původní dokument, s. 12 a 14; metodologická diskuse v [13].

Jak z velké myšlenky udělat vědu?

Každý skutečný průlom musí riskovat, že se ukáže jako chybný.

Jak vzniká testovatelná vědecká hypotéza

Postup od myšlenky k důkazu. Každý krok musí být reprodukovatelný.



AUTORSKÝ GRAF / MODELOVÉ SCHÉMA • Nejde o experimentální data.

Přitažlivost původního konceptu spočívá v propojení oborů. Další krok ale nemá být nová univerzální formulace, nýbrž jedna konkrétní otázka. Například: existuje přesně definovaná geometrická veličina, která v neuronálních datech předpoví výkon lépe než standardní modely? To lze ověřit.

Pro fyziku by podobně bylo nutné vybrat konkrétní model emergentní gravitace a vypočítat takovou předpověď, která se liší od obecné relativity. Pak zhodnotit, zda už existující pozorování tuto odchylku podporují, omezují nebo vylučují. Obdobné přání jednoty nestačí.

Pro filozofickou hypotézu sebesimulace je úkol těžší: musí nejprve stanovit, co znamená „simulovat“, jaký proces je fyzický a jaký pozorovatelný, a co by nemělo nastat, kdyby hypotéza byla nepravdivá. Teprve pak má smysl uvažovat o experimentech.

Metodika vychází z rozdílu mezi doloženými výsledky [1, 6, 8] a hypotézami [3, 13].

Šest slov, která otvírají dveře

Vědecká slova se nejlépe učí na obyčejných příkladech.

Šest pojmů, šest různých otázek

Slova z fyziky a neurovědy se nesmějí používat jako zaměnitelné metafor.

INFORMACE

Co lze rozlišit?

ENTROPIE

Kolik je možností?

BIT

Dvě alternativy

HORIZONT

Co je přístupné?

GEOMETRIE

Jak daleko jsou stavy?

VARIETA

Jaký tvar mají data?

AUTORSKÝ GRAF / MODELOVÉ SCHÉMA • Nejde o experimentální data.

INFORMACE — to, co nám umožní rozlišit alternativy. Například znalost, zda padla hlava nebo orel. **ENTROPIE** — podle kontextu míra nejistoty, počtu dostupných mikrostavů nebo termodynamické nevratnosti; není prostě synonymem „chaosu“.

GEOMETRIE STAVŮ — vzdálenosti a vztahy mezi možnými podobami systému; nemusí jít o prostor, po němž lze chodit. **NEURONÁLNÍ VARIETA** — zjednodušená geometrická struktura v kolektivních vzorcích mozkové aktivity.

HORIZONT — hranice toho, odkud mohou k určitému pozorovateli přicházet signály; v různých modelech může mít různé vlastnosti. **HYPOTÉZA** — testovatelný návrh vysvětlení; bez měřitelného rozlišení od alternativ jde spíše o filozofickou interpretaci.

Termíny odpovídají principům diskutovaným v [1], [2], [7], [10].

Pět odpovědí bez mlžení

Krátké shrnutí toho, co opravdu víme — a nevíme.

Pět odpovědí bez mlžení

Důležitější než efektní tvrzení je rozlišit znalost a otevřenou otázku.

- 01 INFORMACE JE FYZICKY REALIZOVANÁ
- 02 MAZÁNÍ MÁ TERMODYNAMICKÝ LIMIT
- 03 GRAVITACE JE DOBRĚ PŘEDPOVÍDANÁ RELATIVITOU
- 04 NEURONÁLNÍ AKTIVITA MÁ MĚŘITELNOU GEOMETRII
- 05 VESMÍRNÉ VĚDOMÍ ZATÍM PROKÁZANO NENÍ

AUTORSKÁ INFOGRAFIKA • Syntéza, ne naměřená data.

JE INFORMACE FYZICKÁ?

Zpracování a uchování informace vždy vyžaduje nějaký fyzikální způsob realizace. Některé operace, jako nevratné vymazání bitu, mají přesně popsané termodynamické limity.

JE GRAVITACE VYROBENÁ Z INFORMACE?

To nebylo prokázáno. Existují pozoruhodné teoretické souvislosti, včetně Jacobsonova odvození a holografických modelů, ale jejich širší výklad je otevřený.

MÁ MYŠLENKA GEOMETRII?

Vzorce aktivity neuronálních populací lze úspěšně popisovat geometricky. To ale neznamená, že myšlenka je hmotná plocha nebo že geometrie sama vysvětluje vědomí.

PLYNE ČAS PROTO, ŽE PŘIBÝVÁ INFORMACE?

Takový zákon nemáme. Nevratnost běžně souvisí s druhým termodynamickým zákonem a stavem raného vesmíru.

JE VESMÍR VĚDOMÝ?

Nevíme. Z předložených fyzikálních a neurovědních výsledků takový závěr nevyplývá.

Kde předloha předbíhala důkazy

Nejde o vyvrácení původní myšlenky. Jde o přesné určení hranic dnešních poznatků.



AUTORSKÁ INFOGRAFIKA • Syntéza, ne naměřená data.

GRAVITACE „VZNIKÁ Z INFORMACE“

Původní formulace sugeruje závěr. Správně: Jacobson přinesl podmíněné termodynamické odvození a Verlinde alternativní teoretický návrh, nikoli obecně přijímaný důkaz původu gravitace.

HOLOGRAFIE „ZOBRAZUJE CELÝ PROSTOR NA 2D HRANICI“

V některých teoriích fungují matematické holografické duality. Jejich existenci nelze bez dalšího přenést na kosmologii skutečného vesmíru.

„VYMAZÁNÍ BITU VŽDY SPOTŘEBUJE $kBT \ln 2$ “

Přesněji jde o minimální průměrnou tepelnou cenu za určitých podmínek logicky nevratného resetu; nikoli o energii každého pohybu dat.

„VĚDOMÍ JE VESMÍRNÝ PRINCIP“

U vědomí je nutné oddělit prokazatelnou aktivitu nervových sítí od filozofických interpretací panpsychismu a sebesimulace.

„ČAS JE NÁRŮST INFORMACE A KOMPLEXITY“

To není obecný fyzikální zákon. Šipka času se popisuje přes entropii a podmínky minulosti. Užitečná informace i složitost mohou lokálně růst nebo klesat.

Ověřitelné zdroje

Odborné studie a přímé odkazy; nikoliv anonymní popularizační tvrzení.

VĚDECKÉ PRAMENY / 01-07

U každé položky je přímý odkaz pro dohledání publikace.

[1] Bérut, A. a kol. (2012). Experimental verification of Landauer's principle linking information and thermodynamics. Nature 483, 187–189.

<https://doi.org/10.1038/nature10872>

[2] Jacobson, T. (1995). Thermodynamics of Spacetime: The Einstein Equation of State. Physical Review Letters 75, 1260–1263.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.75.1260>

[3] Verlinde, E. (2011). On the origin of gravity and the laws of Newton. Journal of High Energy Physics 04, 029.

[https://doi.org/10.1007/JHEP04\(2011\)029](https://doi.org/10.1007/JHEP04(2011)029)

[4] Hawking, S. W. (1975). Particle creation by black holes. Communications in Mathematical Physics 43, 199–220.

<https://doi.org/10.1007/BF02345020>

[5] Maldacena, J. (1997/1998). The Large N Limit of Superconformal Field Theories and Supergravity.

<https://arxiv.org/abs/hep-th/9711200>

[6] Gallego, J. A. a kol. (2018). Cortical population activity within a preserved neural manifold underlies multiple motor behaviors. Nature Communications 9, 4233.

<https://doi.org/10.1038/s41467-018-06560-z>

[7] Chung, S. & Abbott, L. F. (2021). Neural population geometry: An approach for understanding biological and artificial neural networks. Current Opinion in Neurobiology 70, 137–144.

<https://doi.org/10.1016/j.conb.2021.10.010>

Ověřitelné zdroje

Odborné studie a přímé odkazy; nikoliv anonymní popularizační tvrzení.

VĚDECKÉ PRAMENY / 08-13

U každé položky je přímý odkaz pro dohledání publikace.

[8] Seelig, J. D. & Jayaraman, V. (2015). Neural dynamics for landmark orientation and angular path integration. *Nature* 521, 186–191.

<https://doi.org/10.1038/nature14446>

[9] Mastrogiuseppe, F. & Ostojic, S. (2018). Linking Connectivity, Dynamics, and Computations in Low-Rank Recurrent Neural Networks. *Neuron* 99, 609–623.e29.

<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.07.003>

[10] Kanitscheider, I. a kol. (2015). Measuring Fisher Information Accurately in Correlated Neural Populations. *PLOS Computational Biology* 11(6), e1004218.

<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1004218>

[11] Moreno-Bote, R. a kol. (2014). Information-limiting correlations. *Nature Neuroscience* 17, 1410–1417.

<https://doi.org/10.1038/nn.3807>

[12] Goldstein, S., Tumulka, R. & Zanghì, N. (2016). Is the hypothesis about a low entropy initial state of the Universe necessary for explaining the arrow of time? *Physical Review D* 94, 023520.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.94.023520>

[13] Pockett, S. (2014). Problems with theories that equate consciousness with information or information processing. *Frontiers in Systems Neuroscience* 8, 225.

<https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00225>