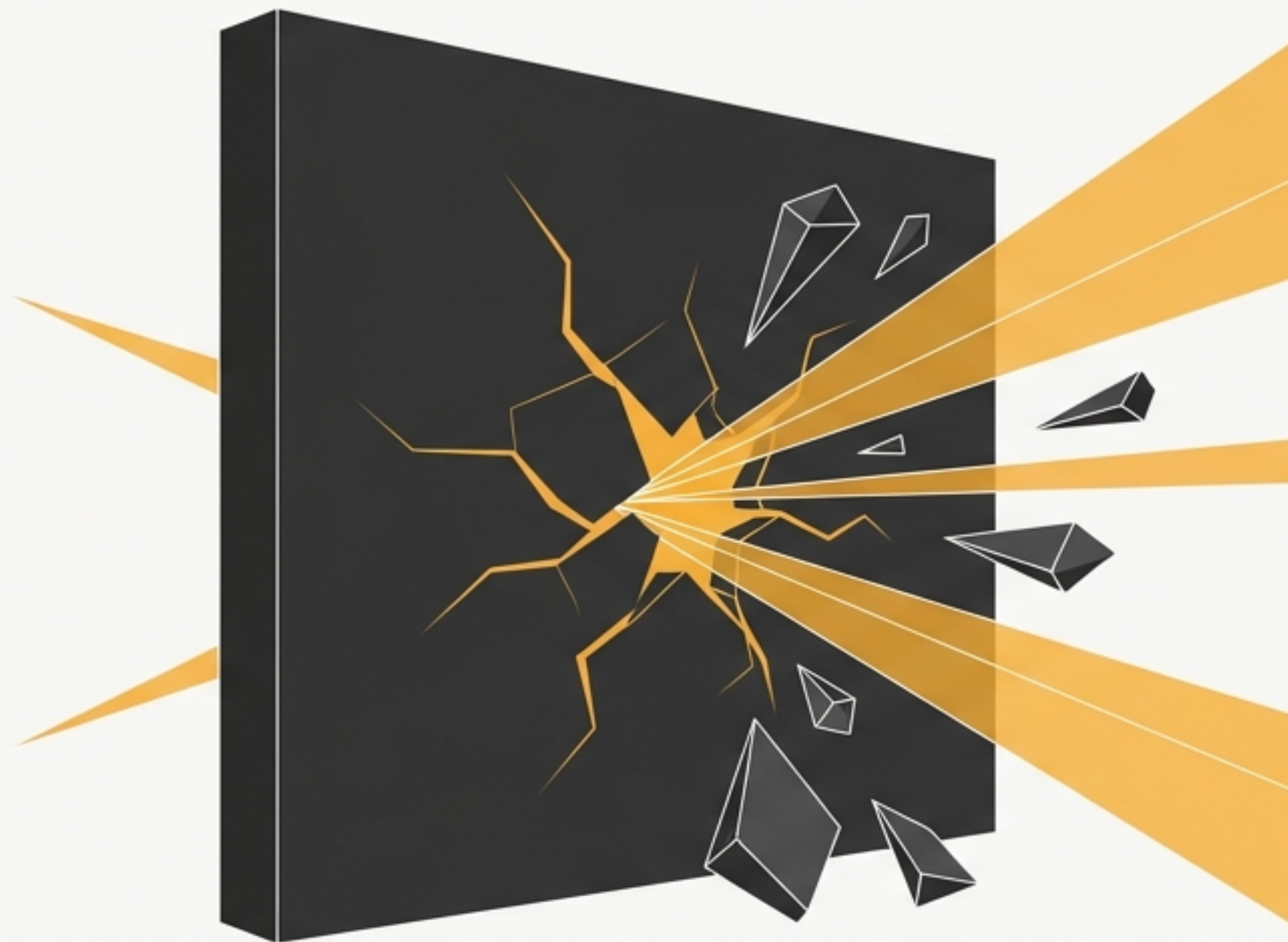


Računanje s svetlobno hitrostjo.

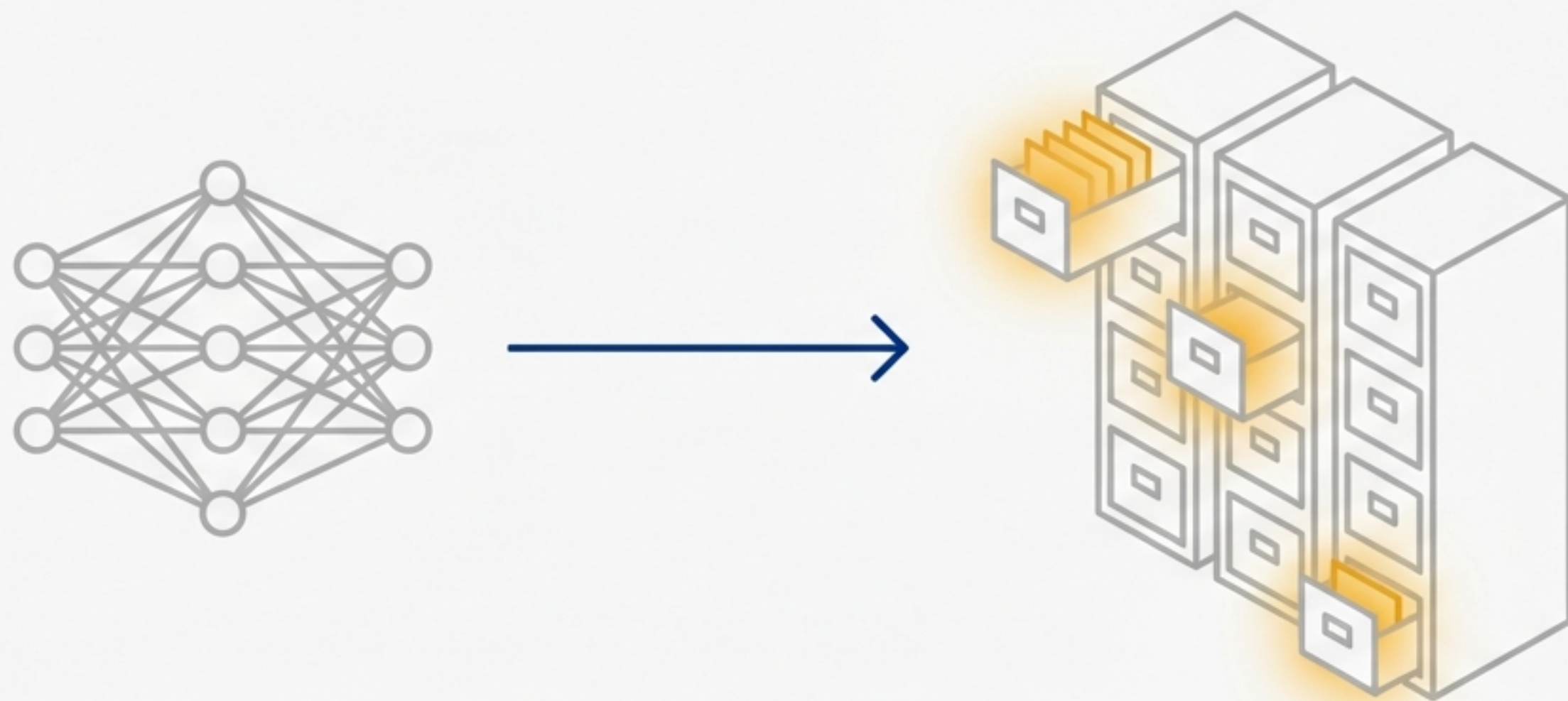
Kako nova arhitektura optičnega računalništva odpravlja največje ozko grlo umetne inteligence.



Na podlagi raziskave, objavljene v reviji *Nature Photonics*, november 2025.

Srce sodobne UI: Tenzorji.

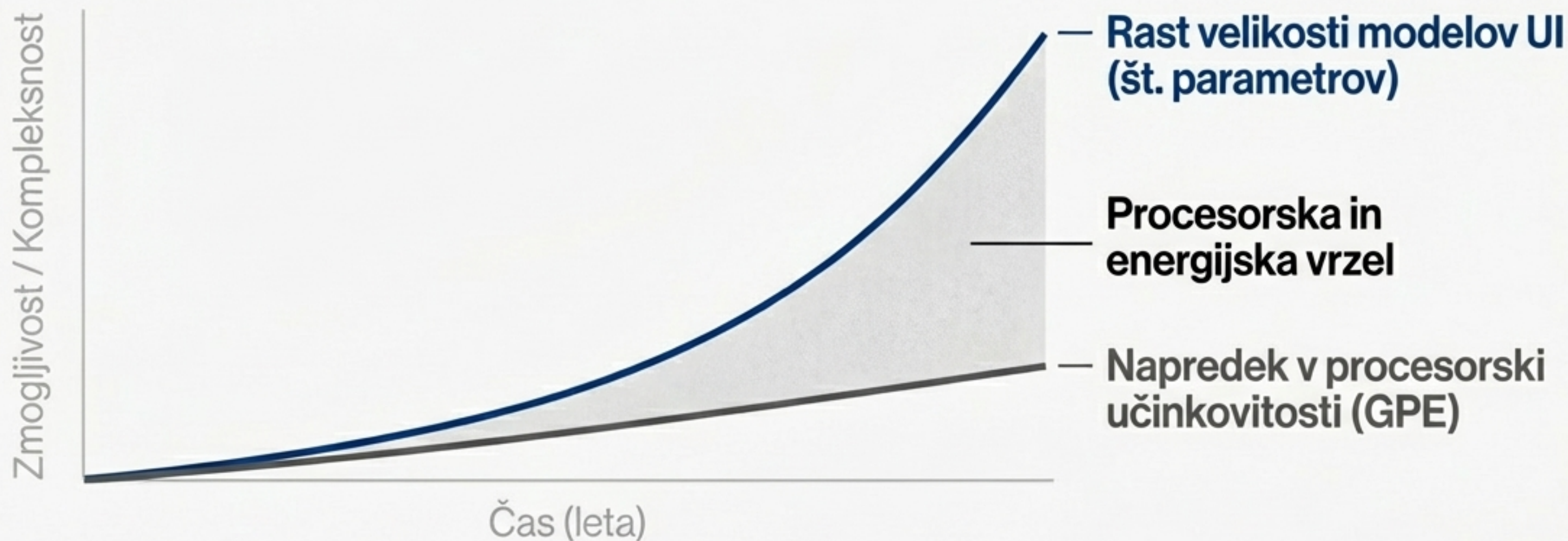
Učinkovitost velikih jezikovnih modelov (VJM) je odvisna od hitrosti obdelave podatkovnih struktur, imenovanih 'tenzorji'.



Tenzorje si lahko predstavljamo kot kartotečne omare. Ko se model UI uči, razvršča podatke vanje. Hitrost, s katero lahko model pregleduje te omare, predstavlja temeljno oviro za njegovo zmogljivost in velikost.

Skaliranje UI se sooča z zidom.

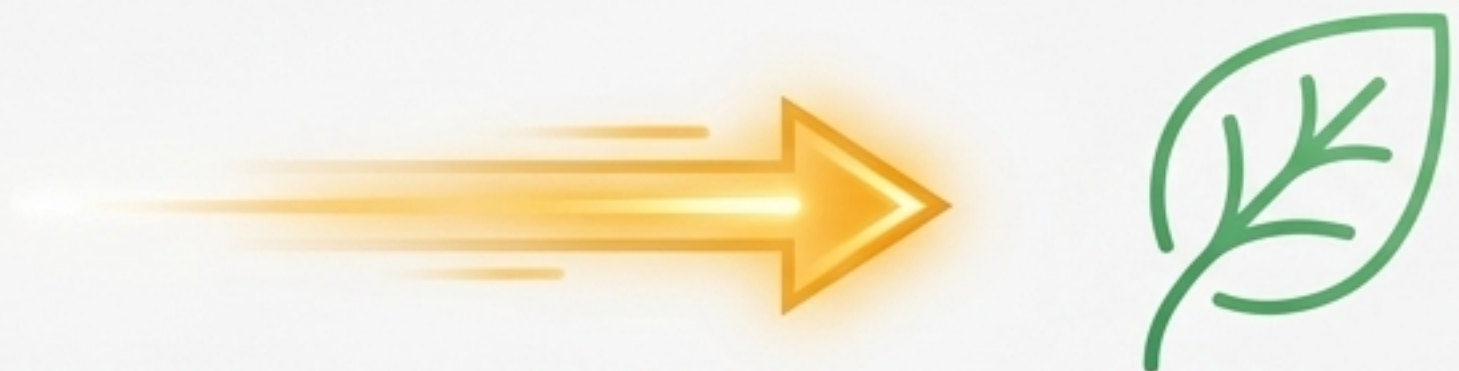
Eksponentna rast velikosti modelov UI prehiteva zmoglosti trenutne strojne opreme.



Najzmogljivejši modeli podjetij, kot so OpenAI, Google in Anthropic, za svoje delovanje potrebujejo na tisoče GPE-jev, ki delujejo vzporedno. To ustvarja ogromne stroške in porabo energije.

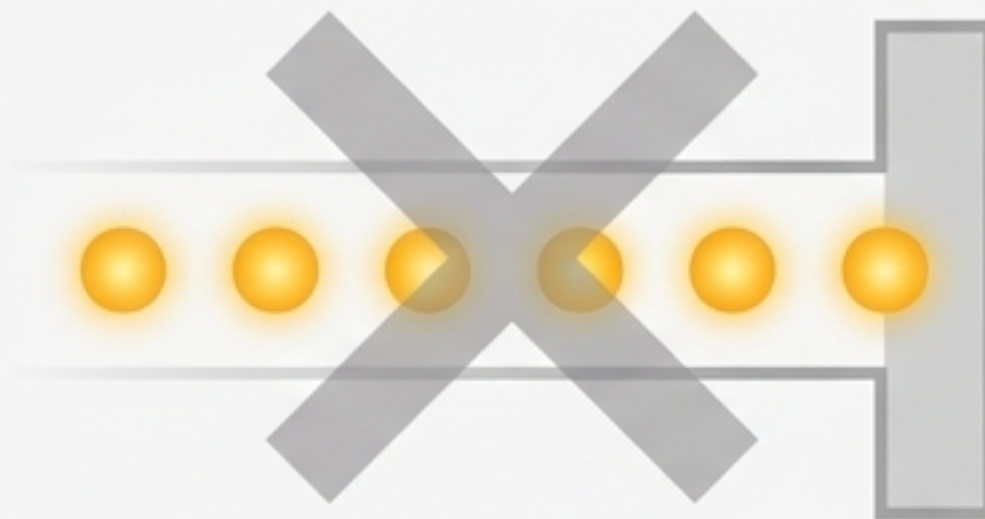
Paradoks optičnega računalništva

Prednost: Hitrost in učinkovitost



Računanje s svetlobo je na manjših nivojih bistveno hitrejša in energijsko učinkovitejša od elektronskih čipov.

Omejitev: Pomanjkanje vzporednosti



Za razliko od GPE-jev, ki jih je mogoče povezati za eksponentno povečanje moči, so se optični sistemi do sedaj izvajali le linearno. Ta nezmožnost skaliranja je bila ključno ozko grlo.

Preboj: Uvedba arhitekture POMMM.

POMMM

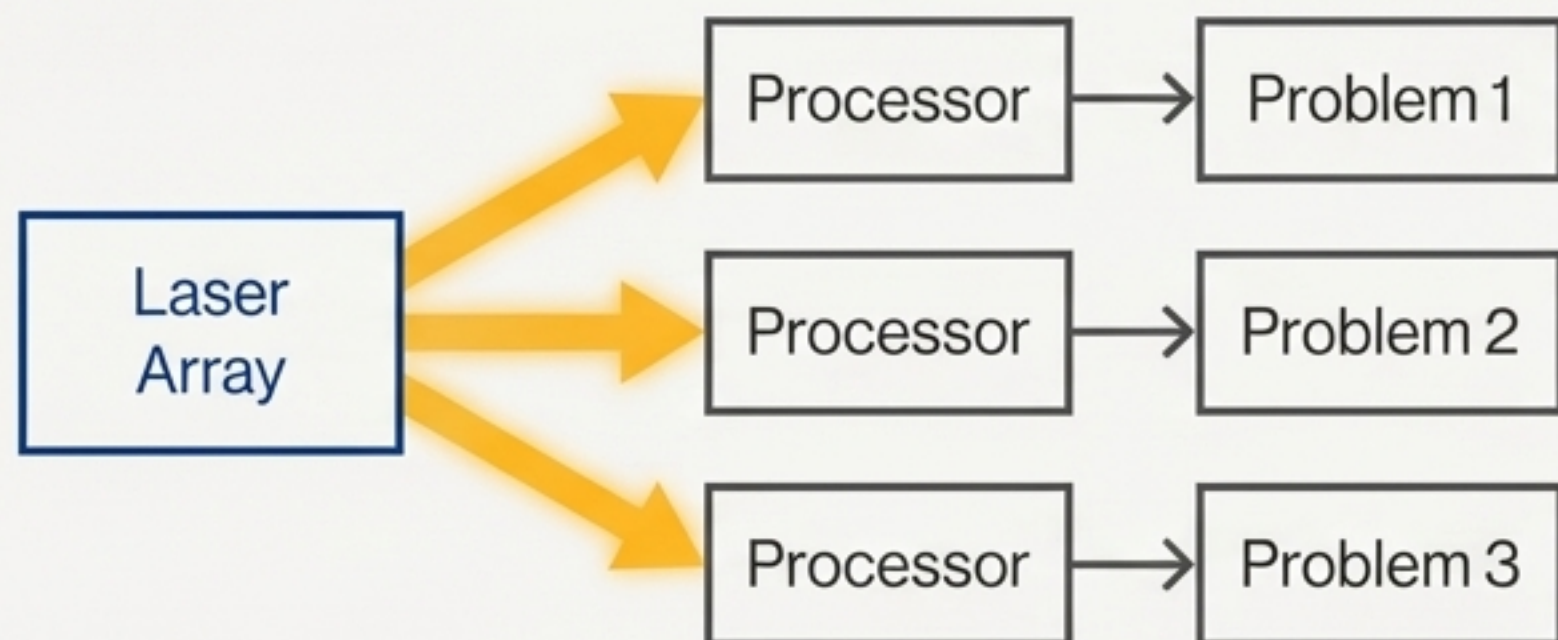
Parallel Optical Matrix-Matrix Multiplication

Vzporedno optično množenje matrik

Nova arhitektura, ki odpravlja ozko grlo skaliranja in omogoča sočasno izvajanje več tenzorskih operacij z enim samim laserskim pulzom.

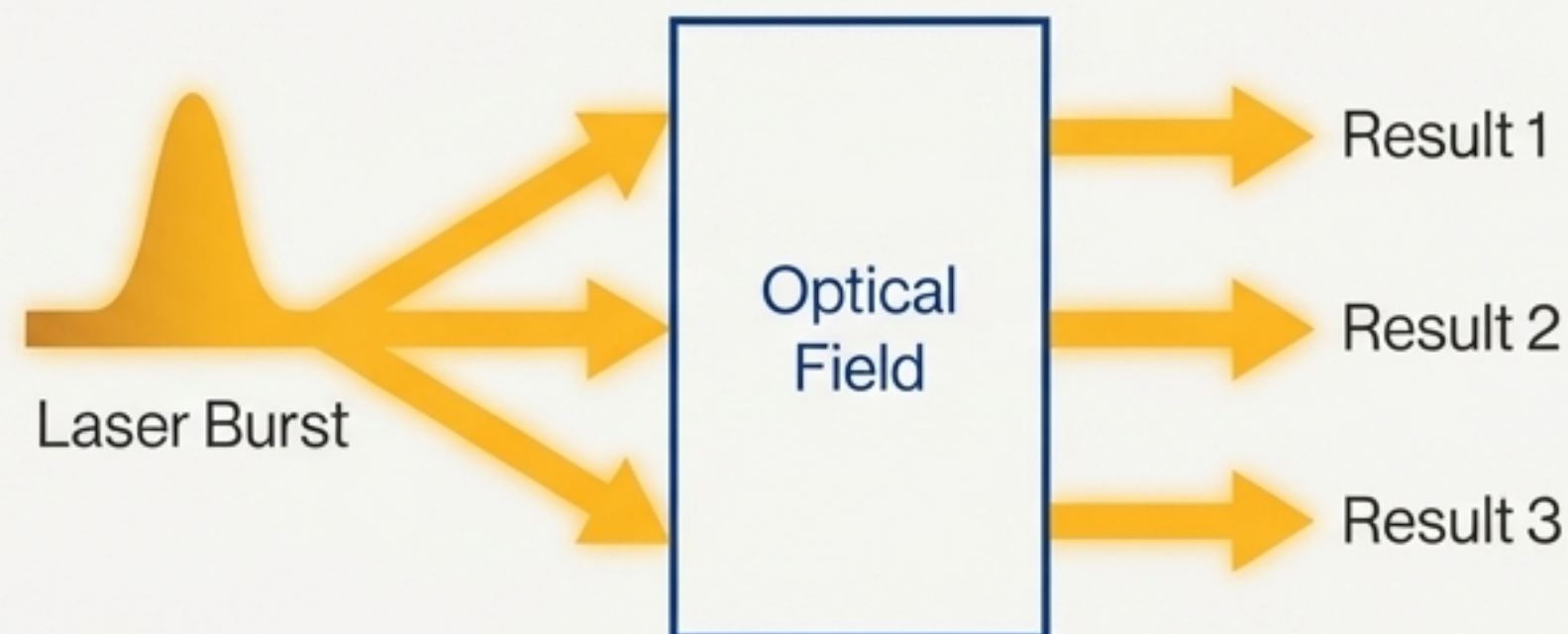
Od linearnega k vzporednemu: Kako deluje POMMM.

Prejšnje optične metode



Linearno procesiranje
(ena operacija naenkrat).

Arhitektura POMMM



Vzporedno procesiranje
(več operacij z enim pulzom).

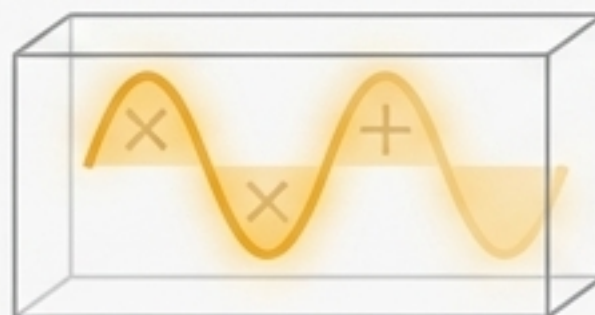
POMMM negira problem, ki je zaviral optično računanje.

Proces v treh korakih.

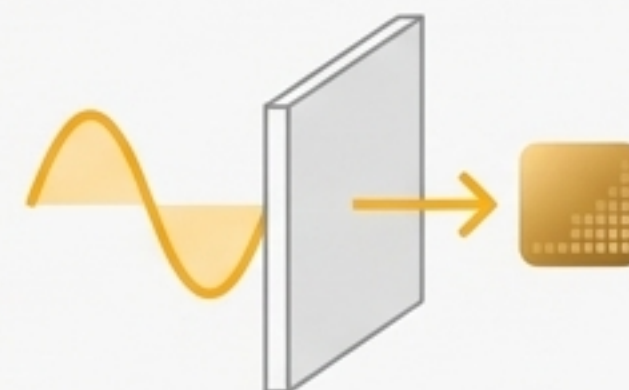
KODIRANJE



PROPAGACIJA



REZULTAT



KODIRANJE

Digitalni podatki se kodirajo v amplitudo in fazo svetlobnih valov, s čimer se podatki pretvorijo v fizične lastnosti optičnega polja.

PROPAGACIJA

Matematične operacije (množenje matrik) se izvedejo pasivno, medtem ko svetloba potuje. Za samo računanje ni potrebna dodatna energija.

REZULTAT

Izračuni so zaključeni v 'enem poskusu', s svetlobno hitrostjo.

Potencial, ki presega trenutno stanje tehnike.



Hitrost

Potencialno skaliranje hitrosti obdelave tenzorjev preko zmožnosti najsodobnejše elektronske strojne opreme (GPE).



Vzporednost

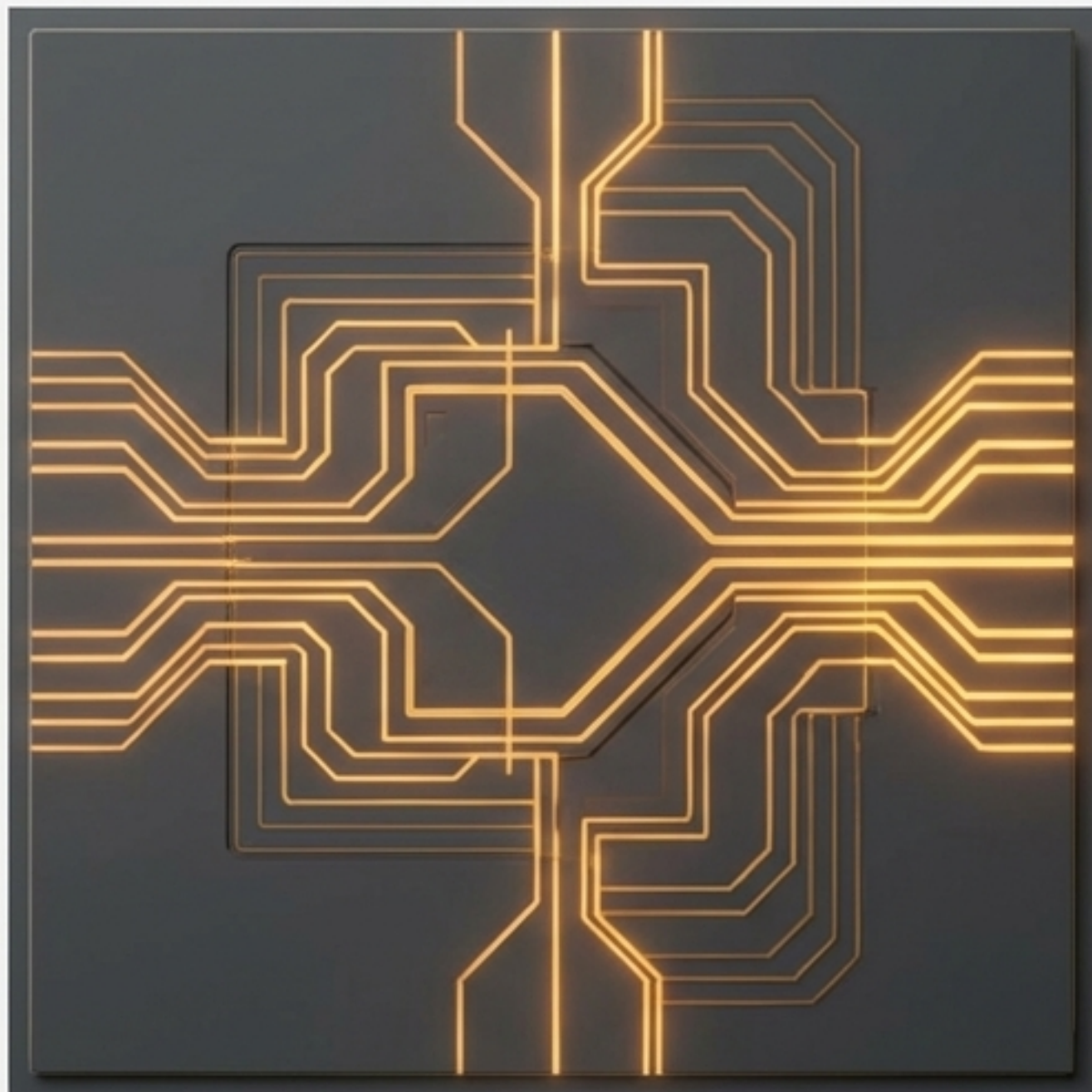
Odpravlja ključno oviro prejšnjih optičnih sistemov z omogočanjem sočasnega procesiranja več operacij.



Energija

Bistveno zmanjšan energetski odtis, saj se izračuni izvajajo pasivno, brez potrebe po dodatni energiji za preklapljanje ali nadzor med procesiranjem.

Na podlagi eksperimentalnega prototipa in primerjalnih testov, objavljenih v *Nature Photonics*.



“Ta pristop je mogoče implementirati na skoraj vsaki **optični platformi**. V prihodnosti nameravamo ta računski okvir integrirati neposredno na fotonske čipe, kar bo procesorjem na osnovi svetlobe omogočilo izvajanje kompleksnih nalog UI z izjemno nizko porabo energije.”

— **Zhipei Sun**

Vodja študije, vodja skupine za fotoniko na Univerzi Aalto

Od laboratorija do integracije v industrijo.



3–5 let

Ocenjen časovni okvir za integracijo pristopa v glavne platforme za umetno inteligenco.

Pospeševalnik na poti do splošne umetne inteligence (SUI)?

Skaliranje je vse, kar potrebujete.



Nekateri raziskovalci verjamejo, da je skaliranje obstoječih arhitektur UI z zmogljivejšo strojno opremo ključna pot do SUI. POMMM bi lahko bil manjkajoči del strojne sestavljanke, ki omogoča skaliranje daleč preko trenutnih omejitev.

Potrebne so nove arhitekture.



Drugi, kot je Yann LeCun iz Meta, trdijo, da veliki jezikovni modeli nikoli ne bodo dosegli statusa SUI, ne glede na to, kako daleč jih skaliramo.

Ne glede na to, katera pot je pravilna, POMMM odpravlja eno največjih tehničnih ovir na tem področju.

Zid, preboj in obzorje.



ZID

Skaliranje UI je omejeno s temeljnim procesorskim in energijskim ozkim grlom, ki ga GPE-ji ne morejo v celoti rešiti.



PREBOJ

Arhitektura POMMM omogoča vzporedno, pasivno računanje s svetlobno hitrostjo, s čimer odpravlja ključno oviro optičnih sistemov.



OBZORJE

Prihodnost veliko zmogljivejše, učinkovitejše in skalabilne umetne inteligence, ki bi lahko pospešila napredek na številnih področjih.

Ustvarjanje nove generacije optičnih računskih sistemov.

Za podrobnejšo analizo si preberite celotno študijo: *Nature Photonics*, 14. november 2025.
“Parallel optical matrix-matrix multiplication for high-speed, and low-latency deep learning”