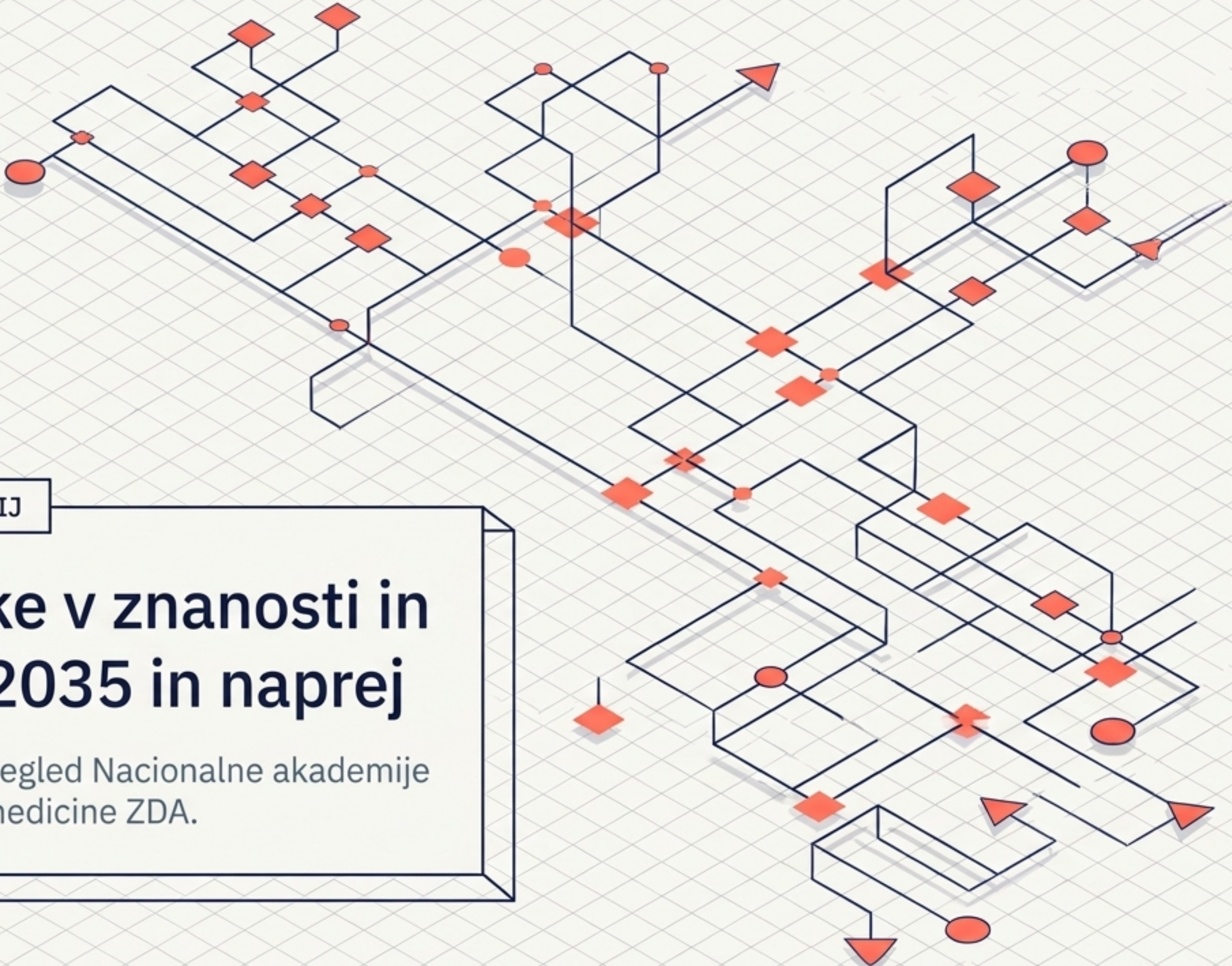




OPERACIJSKI SISTEM INOVACIJ

Meje statistike v znanosti in inženirstvu: 2035 in naprej

Znanstveno-inženirski pregled Nacionalne akademije znanosti, inženirstva in medicine ZDA.

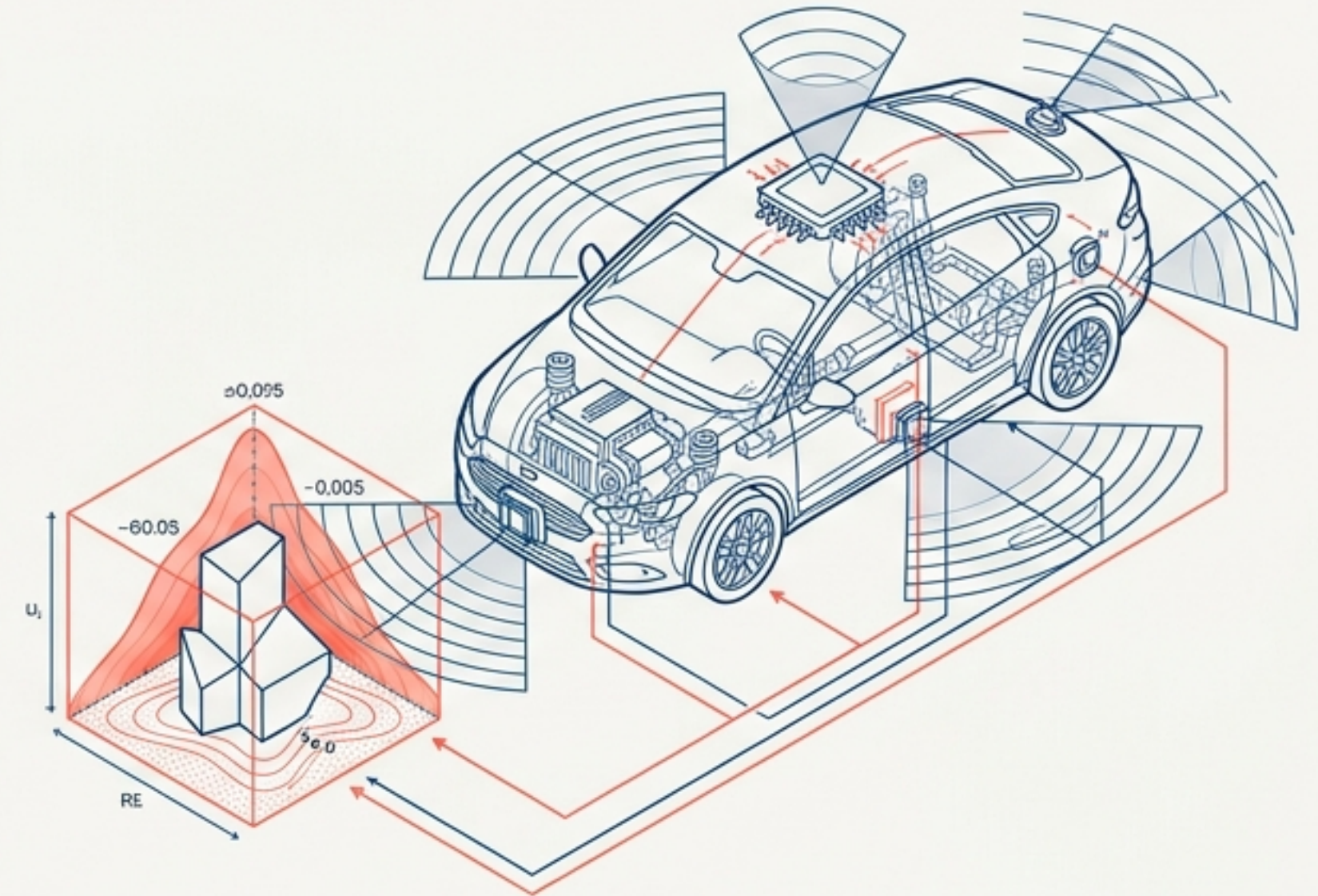
Statistika ni le analiza preteklosti, je jezik obvladovanja negotovosti

Zastarelo pojmovanje: Zgolj analiza preteklosti.



	A	B	C	D	E
1	Datum	Prodaja	Vrednost		
2	Q1	30	150		
3	Q2	30	192		
4	Q3	30	193		
5	Q4	30	155		
6	Q4	30	152		
7	Q4	30	185		
8					
9					
10					
11					
12					

Realnost: Upravljanje kompleksnih sistemov v realnem času.



- Temelj avtonomnih sistemov.
- Zasnova naprednih materialov in digitalnih dvojčkov.
- Edini matematični okvir za varno implementacijo umetne inteligence.

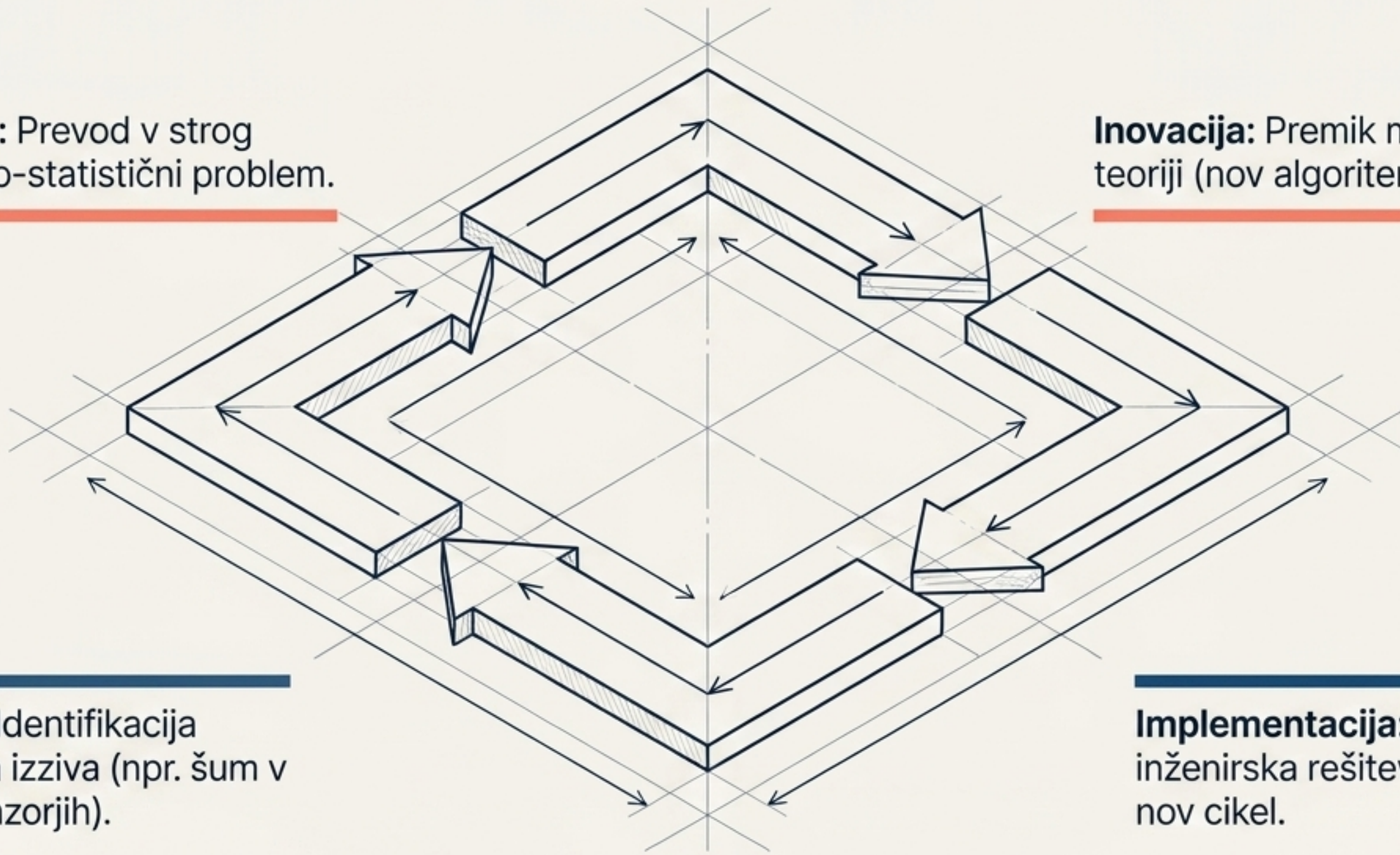
Inženirski problemi so motivacija za nenehno statistično inovacijo

Formulacija: Prevod v strog matematično-statistični problem.

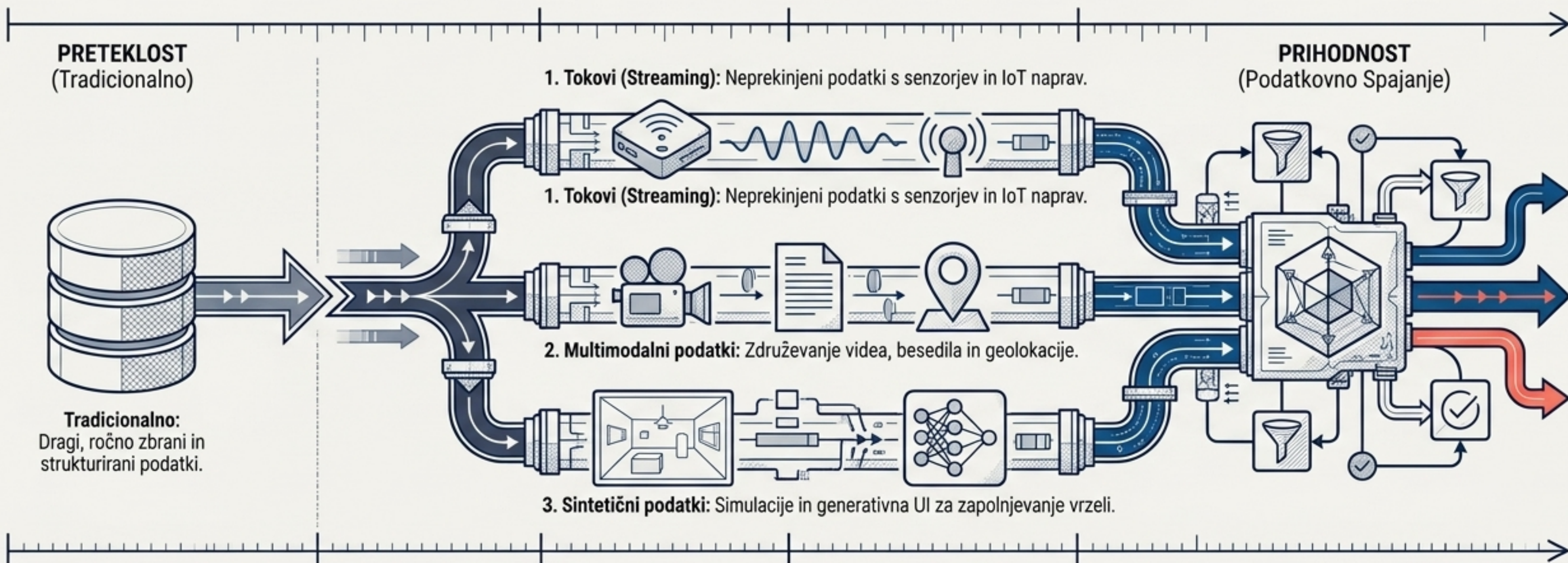
Inovacija: Premik mej v statistični teoriji (nov algoritem/metodologija).

Motivacija: Identifikacija inženirskega izziva (npr. šum v kvantnih senzorjih).

Implementacija: Zanesljiva inženirska rešitev, ki spodbudi nov cikel.



Prehod od dragih eksperimentov k multimodalnim in sintetičnim podatkom



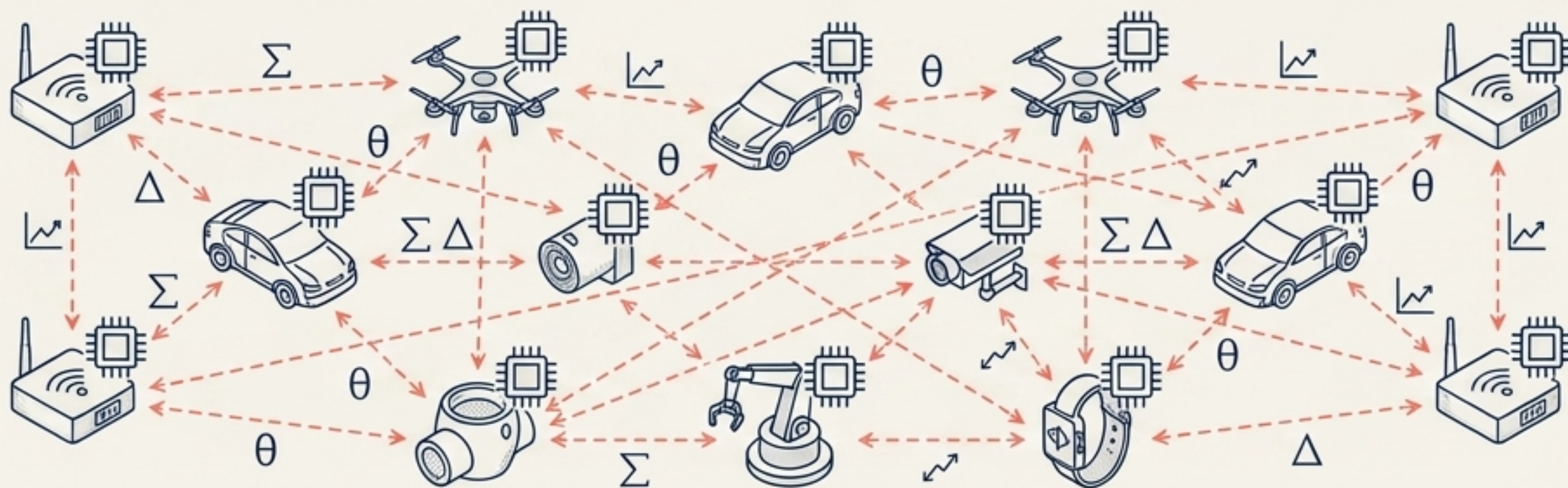
Inženirji prihodnosti ne bodo načrtovali le testov, temveč arhitekturo spajanja podatkov (Data Fusion) in validacije umetno ustvarjenih virov.

Robno računalništvo zahteva porazdeljeno statistično sklepanje

Centralizirano procesiranje (prepočasno in predrago)

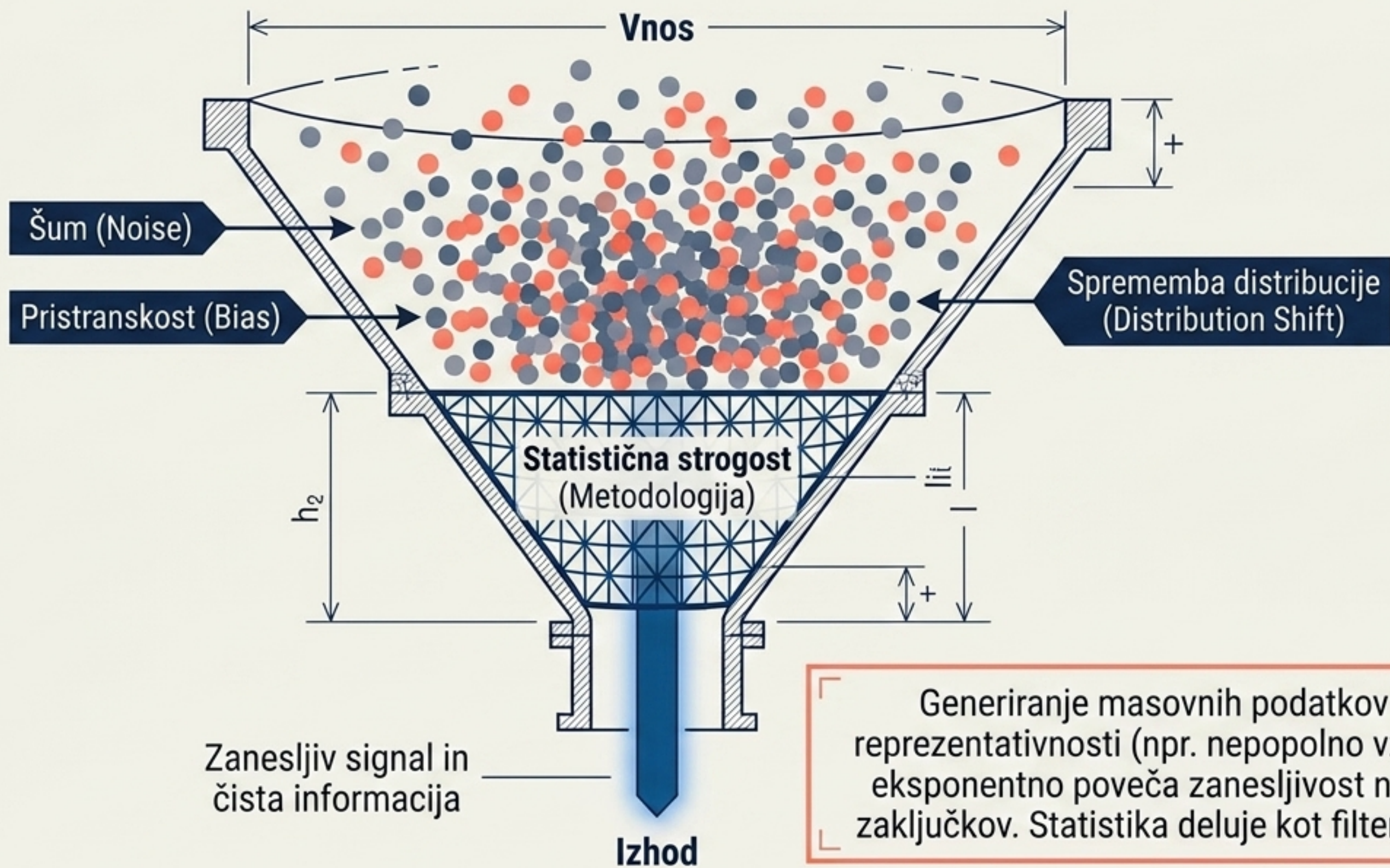


Porazdeljeno (Edge Computing)

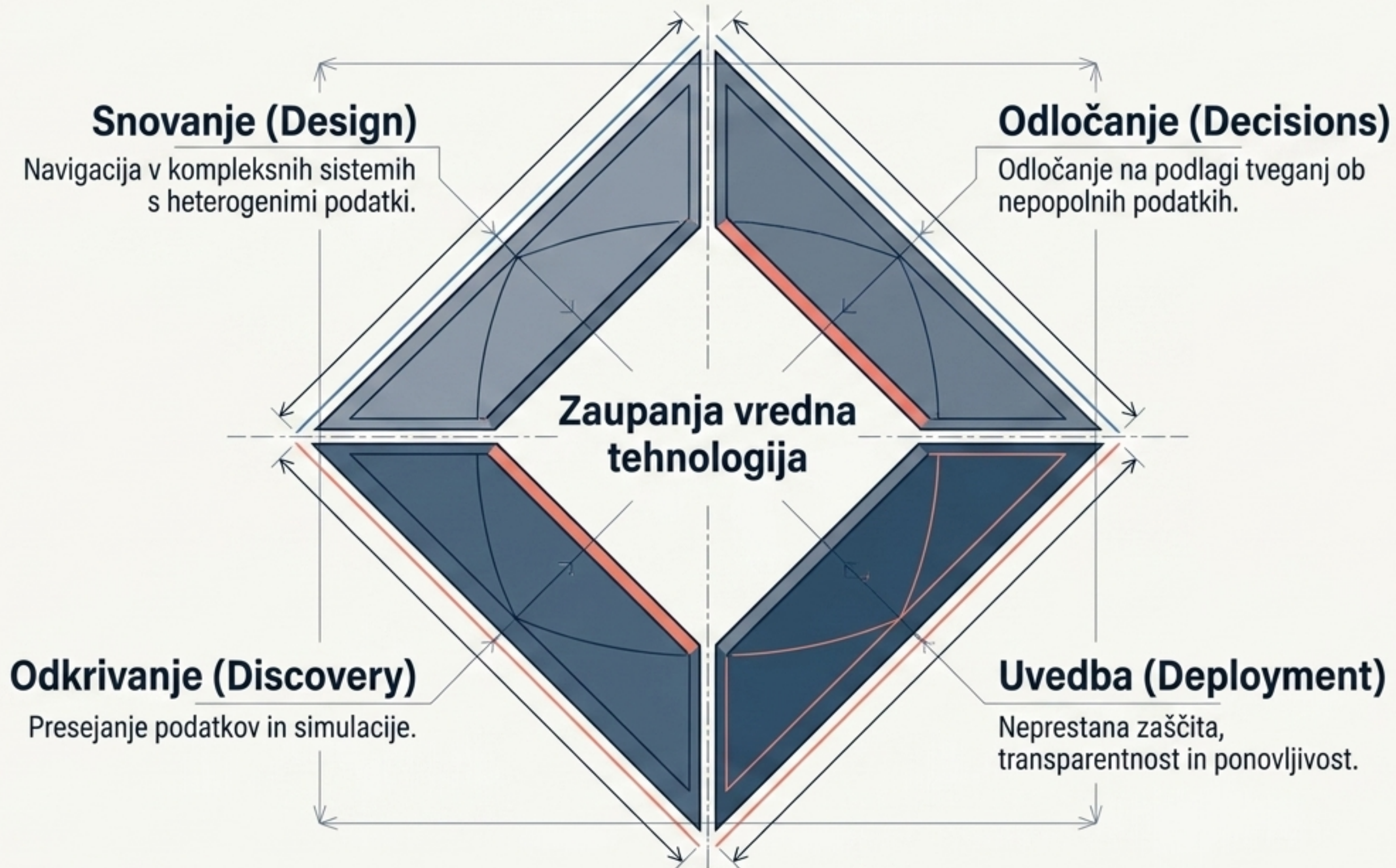


- Edge Computing: Algoritmi morajo teči neposredno na senzorjih (nizka latenca).
- Federated Learning: Model se uči lokalno, prenaša se le matematično znanje, ne surovi podatki.
- Omejitve komunikacije: Statistika minimizira prenos podatkov in varuje zasebnost.

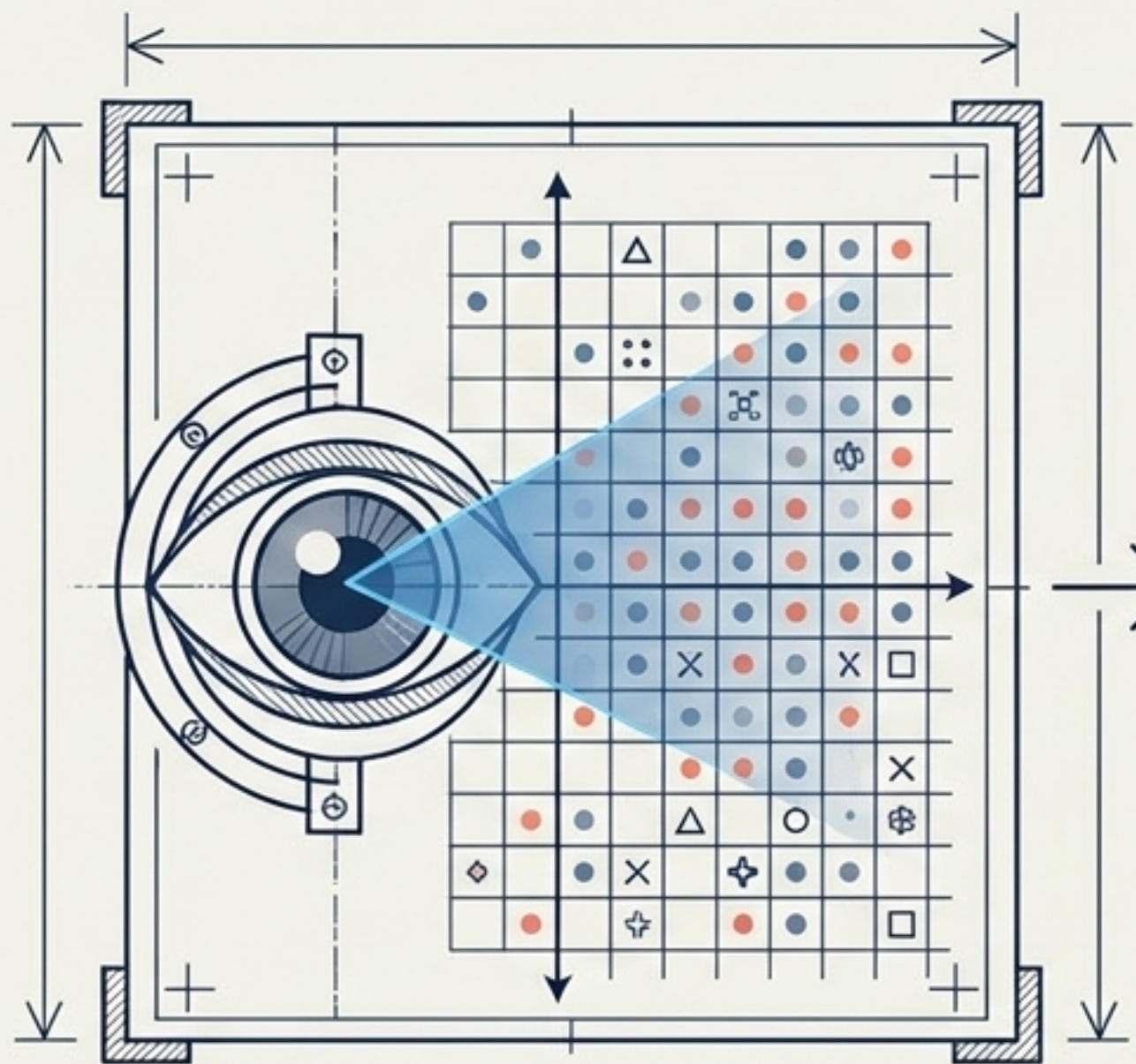
Več podatkov ne pomeni nujno več informacij: Problem obilja



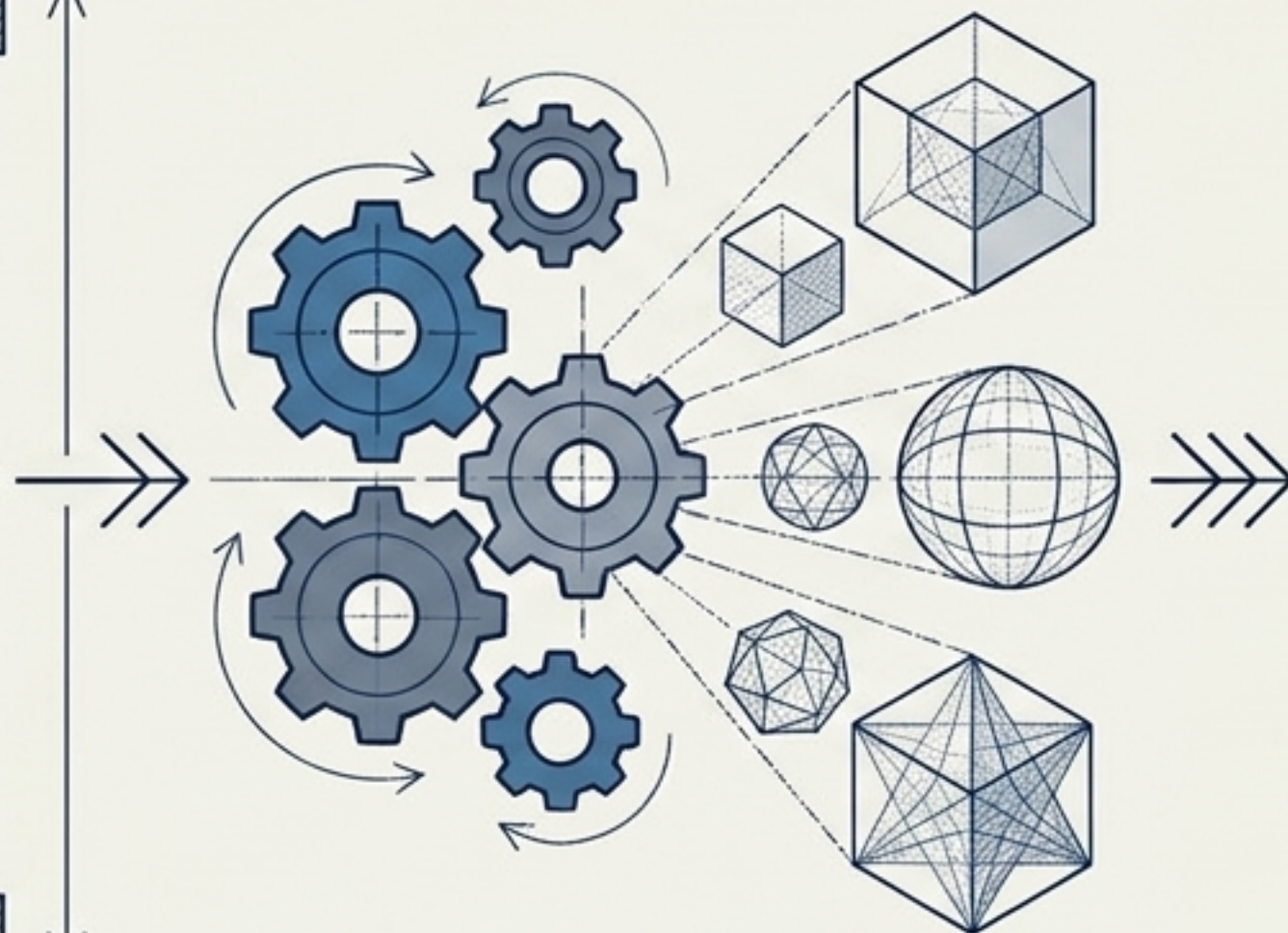
Okvir štirih faz: Statistika kot gonilna sila življenjskega cikla tehnologije



1. ODKRIVANJE: Od masovnih podatkov do simulacijskega sklepanja



Korak 1: Avtomatizirano postavljanje hipotez. UI agent preseja milijone podatkovnih točk.

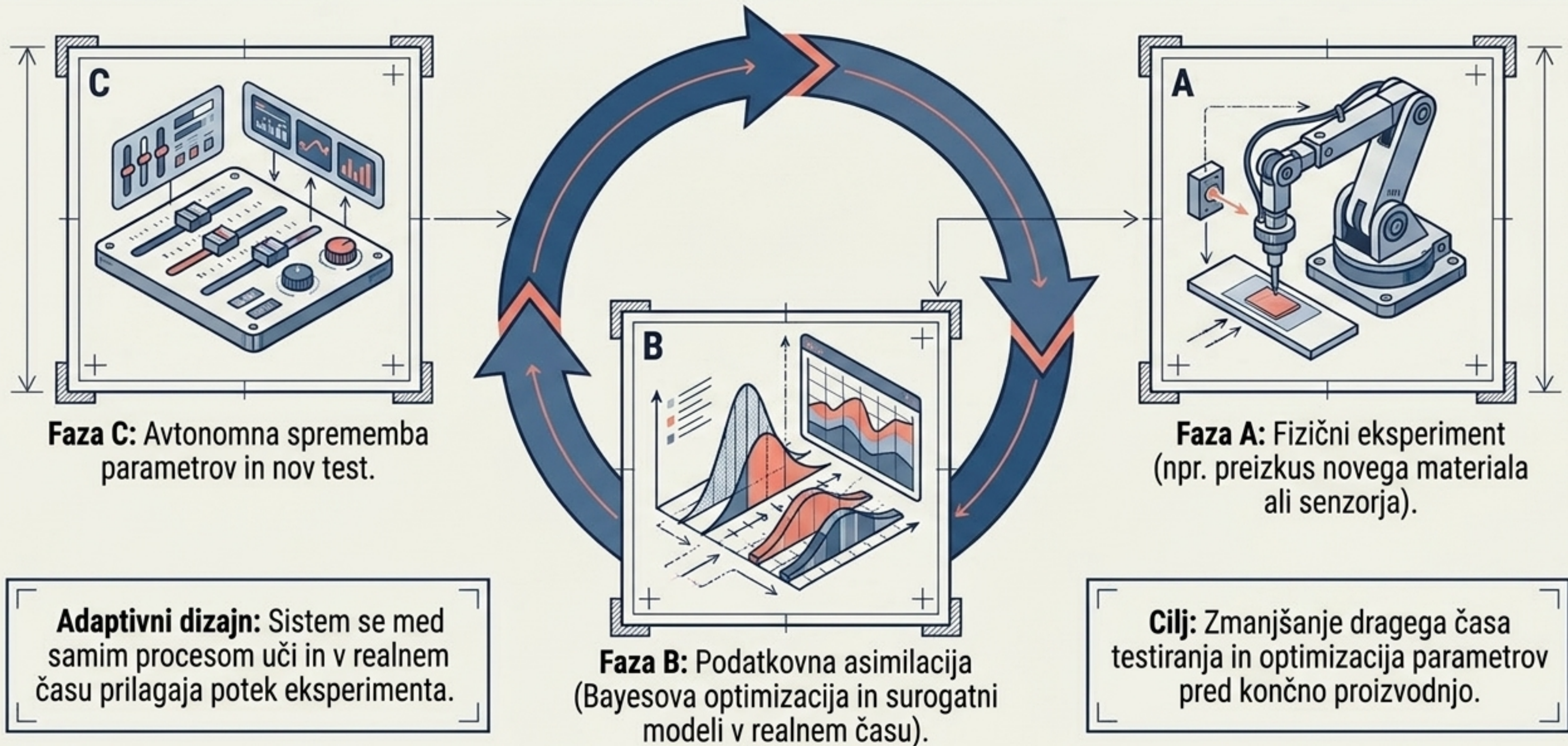


Korak 2: Simulacijsko sklepanje (SBI). Generiranje sintetičnih modelov, ki poustvarjajo pogoje fizičnega sveta.

Nevarnost halucinacij:

Testiranje hipotez na istih podatkih, ki so jih generirali, vodi v lažna odkritja. Stroga statistika loči dejanski signal od naključnega šuma.

2. SNOVANJE: Avtonomni adaptivni dizajn v kompleksnih sistemih

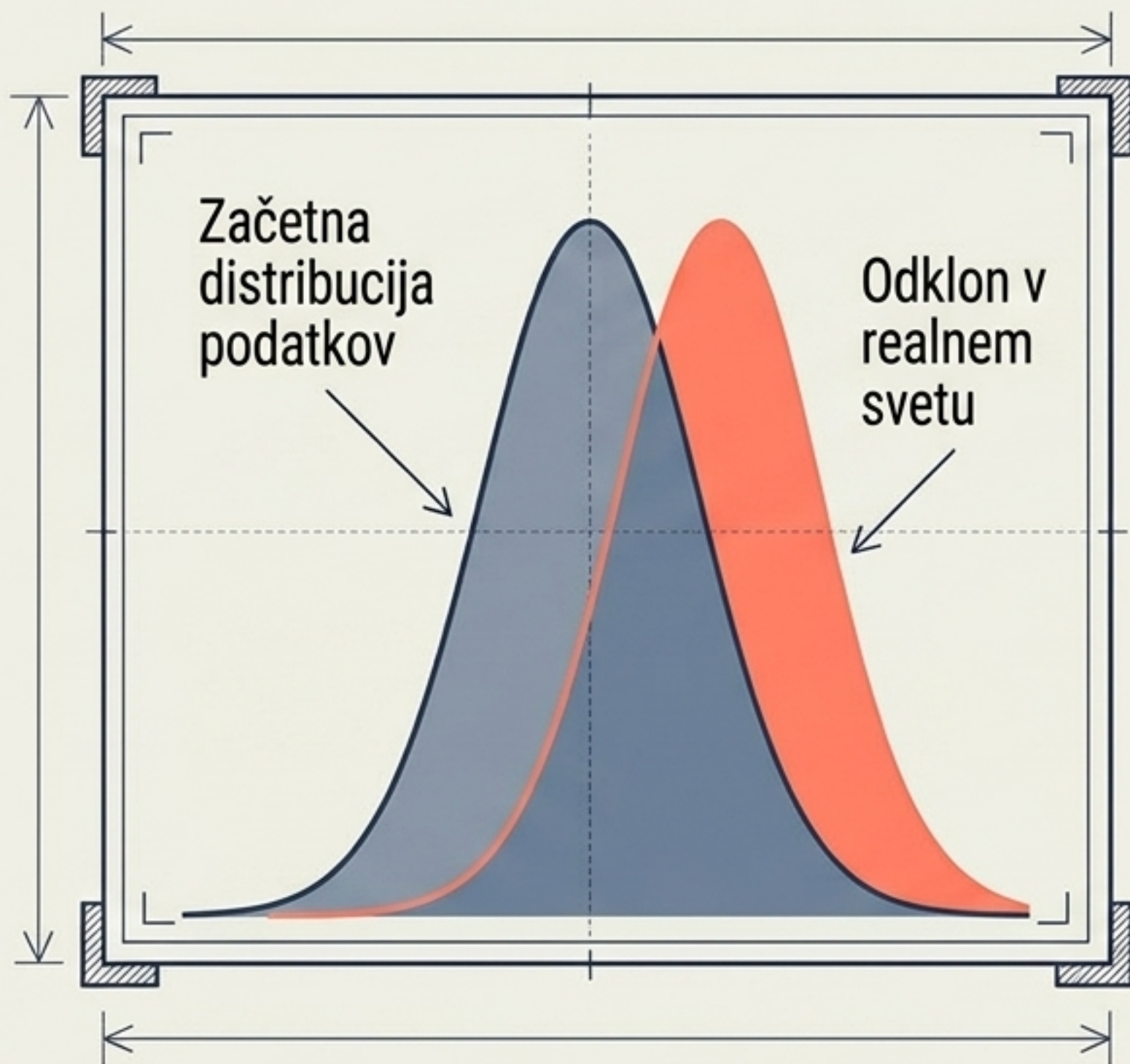


3. ODLOČANJE: Matematično optimiziranje inženirskega tveganja



Inženirska odločitev nikoli ni absolutna. Statistika omogoča natančno uravnoteženje stroškov napak v modelih strojnega učenja, preden ti odločajo o življenju in smrti.

4. UVEDBA: Neprestana zaščita in detekcija anomalij



Sprememba distribucije (Distribution Shift): Podatki v realnem svetu se sčasoma spremenijo in zanesljivost modela pade.

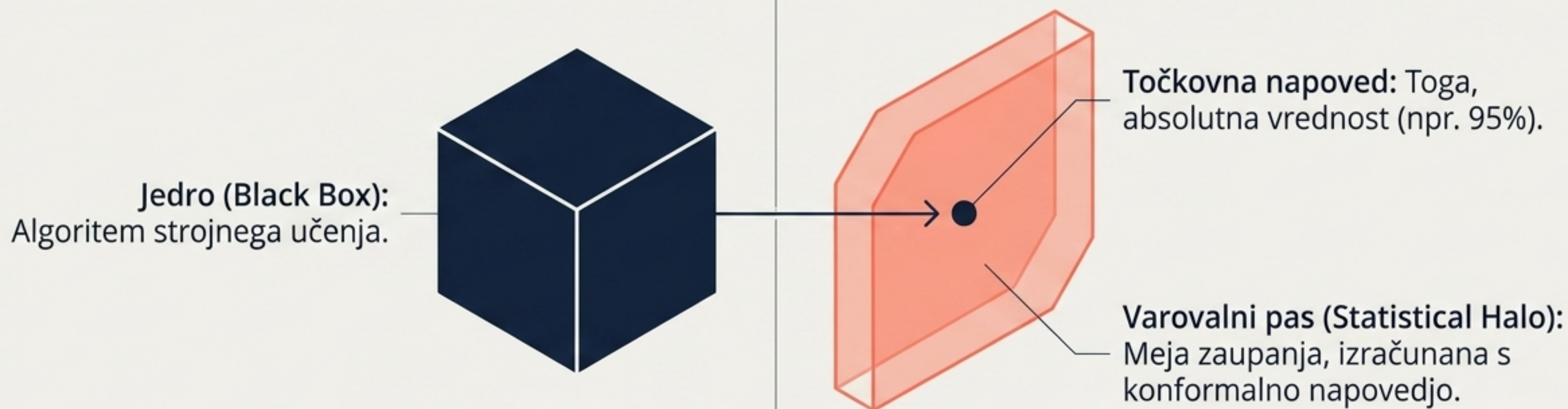


Kibernetska varnost: Detekcija vdorov in napadov s pomočjo statističnega prepoznavanja anomalij in odklonov.



Ponovljivost (Reproducibility): Zagotavljanje stalnega zaupanja v avtomatizirane sisteme.

Kvantifikacija negotovosti: Konformalna napoved kot varovalo UI



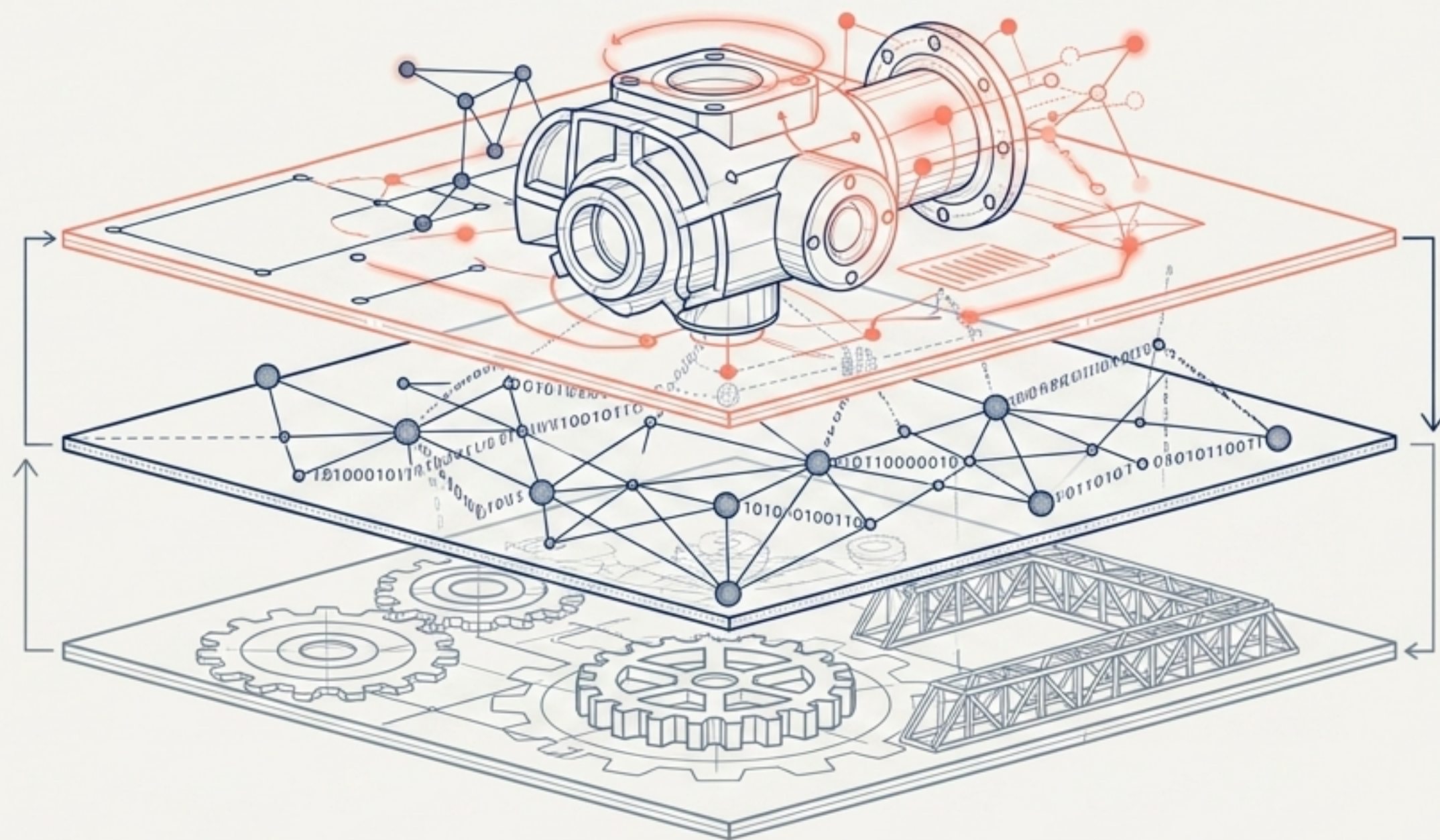
Kaj je konformalna napoved?

Okvir, neodvisen od distribucije, ki prebije črno škatlo algoritmov.

Inženirska vrednost:

Umetni inteligenci ne daje le odgovora, temveč zanesljive, matematično dokazljive meje zaupanja (ključno pri medicinski diagnostiki in letalstvu).

Arhitektura hibridnih modelov in digitalnih dvojčkov



Fizični sistem / Mehanistični modeli
(Zakoni fizike, termodinamika, mehanika).

Podatkovni model
(Senzorski tokovi in Strojno učenje/UI).

Hibridni digitalni dvojček
(Virtualna replika sistema z integrirano negotovostjo).

Ključno sporočilo: Čisto strojno učenje ignorira zakone fizike. Zgolj fizični modeli ne zmorejo obdelati vseh podatkov. Hibridno modeliranje združi oboje v dvosmerno interakcijo med **virtualnim in fizičnim svetom**.

Dvosmerna ulica: Simbioza strojnega učenja in statistike

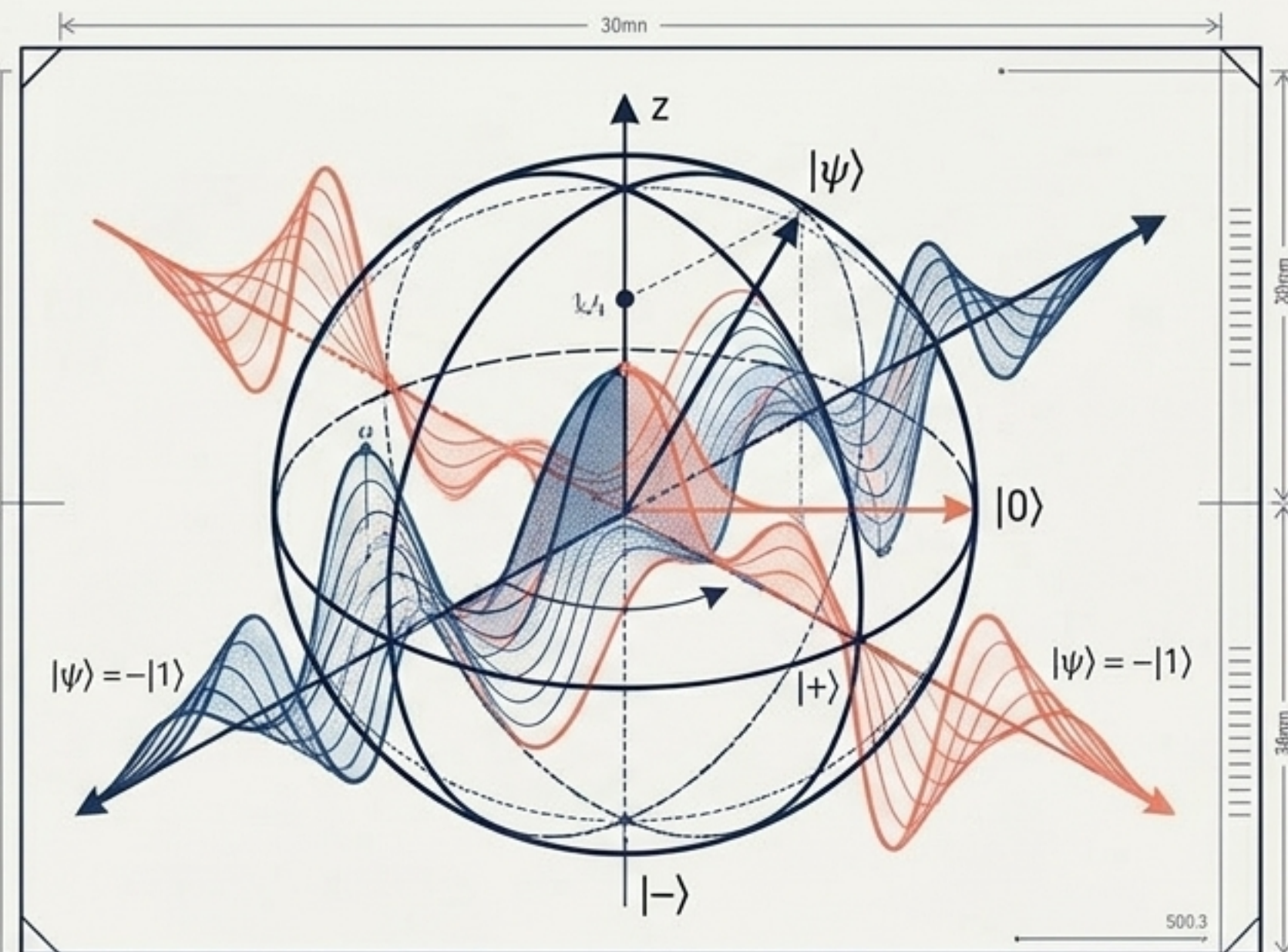


Povzetek: Umetna inteligenca je **vektor skalabilnosti**, statistika je **kompas pravilnosti**.

Kvantno računalništvo uvaja popolnoma nove vrste statističnega šuma



Klasični sistemi: Predvidljiv in statičen šum (0 in 1).

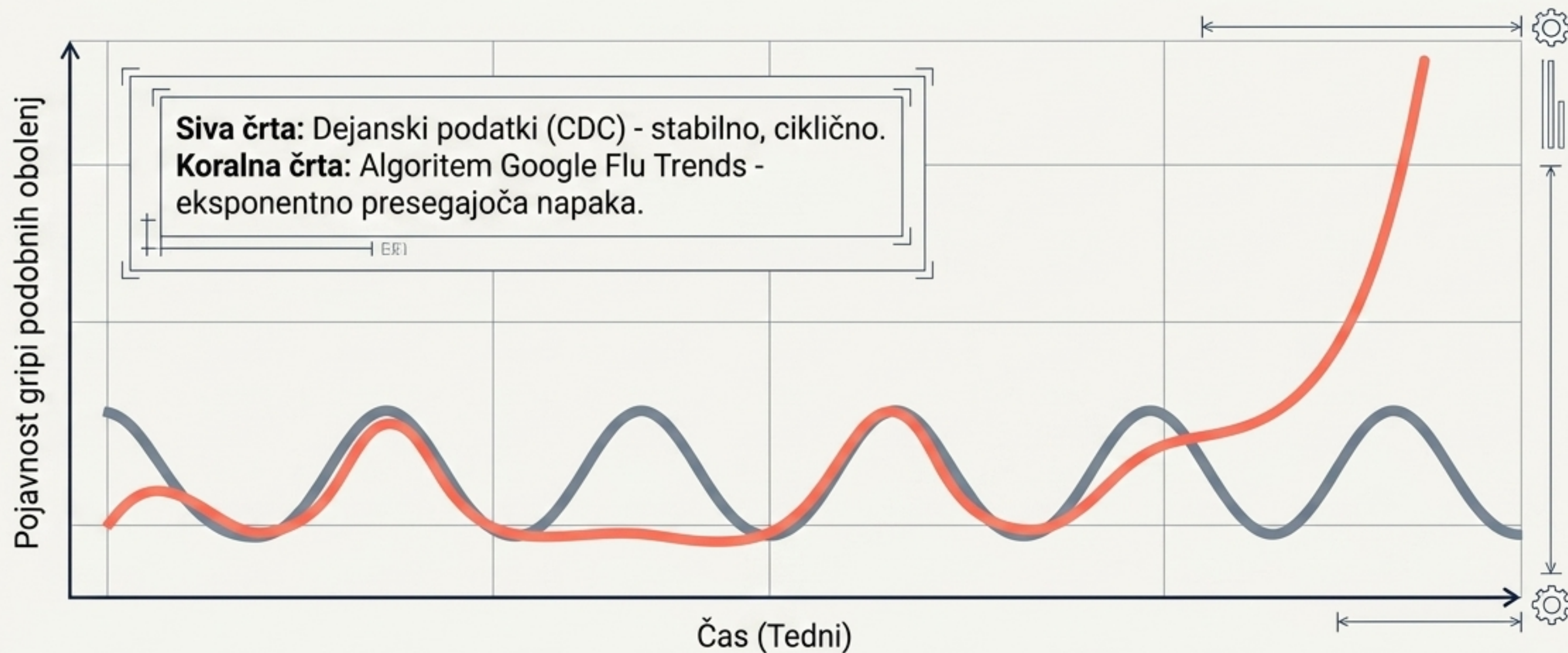


Kvantni sistemi: Multidimenzionalne distorzije, superpozicija in prepletenost.

Nova realnost: Kvantni senzorji prinašajo izjemno občutljivost, a hkrati šum na nivoju kvantne mehanike.

Zahteva: Razvoj povsem novih statističnih algoritmov (npr. Kvantni MCMC) za filtriranje napak v tehnologiji, kjer je vsako merjenje motnja samega sistema.

Lekcija iz preteklosti: Padec sistema Google Flu Trends

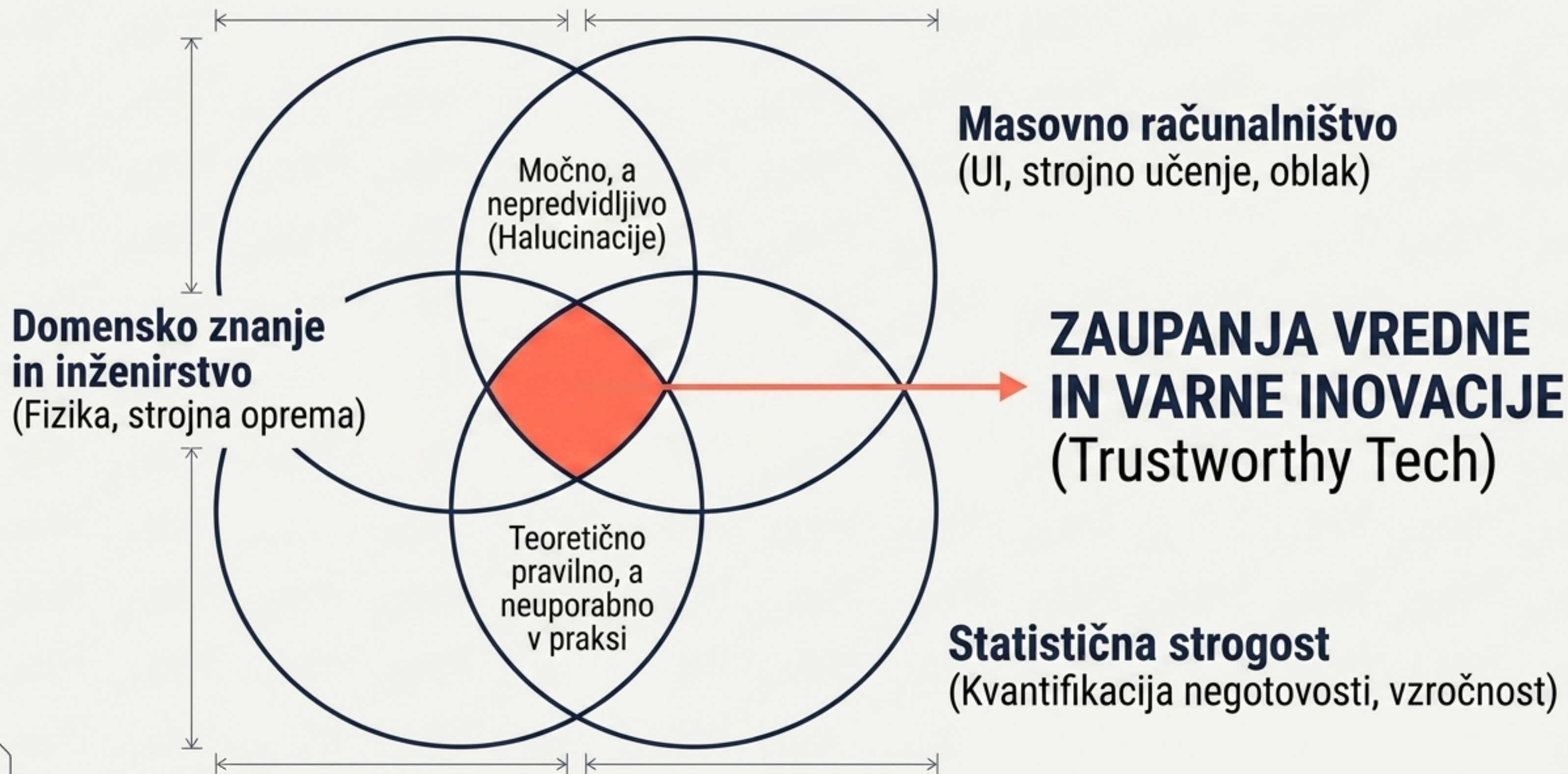


1	Kaj se je zgodilo?	2	Zaključek:
	Google je uporabil izključno strojno učenje na iskalnih poizvedbah, brez statistične validacije in upoštevanja zunanjih spremenljivk.		Zanemarjanje spremembe distribucije in zanašanje na oportunistične podatke ustvari algoritem, ki na koncu propade. Inženirstvo brez statistike je slepo.

Diagnostična matrika: Prehod na avtonomno statistiko prihodnosti

Dimenzija	Tradicionalna analitika	Statistika 2035+
Tip podatkov	Strukturirani, dragi in ročno zbrani	Multimodalni, pretočni in sintetični
Infrastruktura	Centralizirani strežniki in monolitne baze	Porazdeljeno omrežje (Edge / Kvantno)
Cilj modela	Razlaga preteklosti, statična poročila	Avtonomno adaptivno odločanje v realnem času
Pristop k UI	Inženir kot uporabnik zunanjega algoritma	Integrirana, hibridna in transparentna orodja z UQ

Zaupanja vredna tehnologija nastane le v presečišču strok

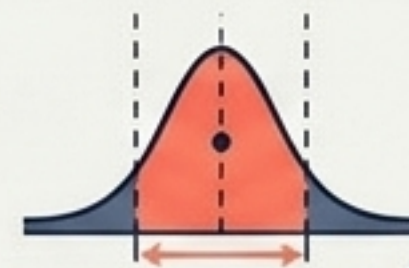


Profil inženirja 2035: Razmišljajte statistično, ne zgolj algoritemsko

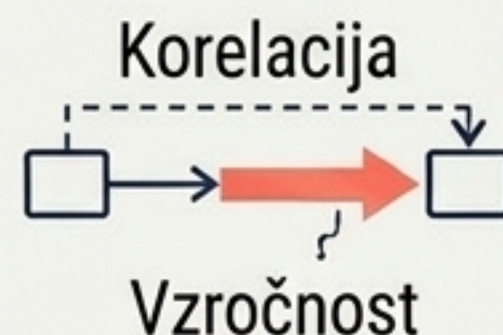
Ne bodite zgolj **"Black-Box"** uporabnik: Razumite predpostavke in omejitve orodij, ki jih implementirate. Zahtevajte transparentnost.



Zahtevajte **kvantifikacijo negotovosti**: Nikoli ne sprejmite točkovne napovedi (*point prediction*) brez pripadajoče matematične meje zaupanja.

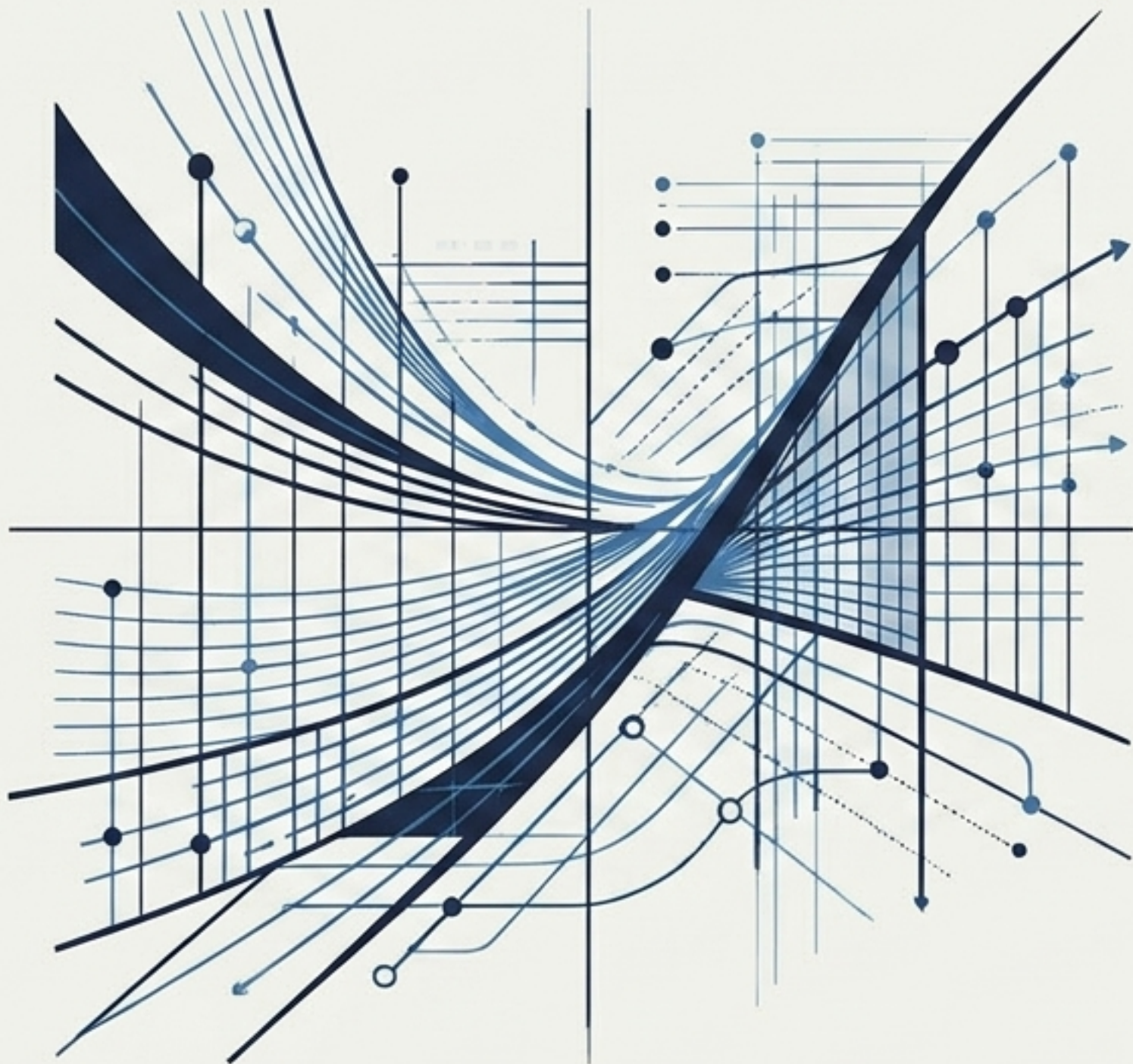


Iskanje **vzročnosti (Causality)**: Korelacija ni dovolj za izgradnjo varnih sistemov. Išcite **globoke mehanizme delovanja** in ne le površinskih vzorcev.



Postanite 'AI-savvy' arhitekt prihodnosti.

Temeljna literatura in viri za prihodnost



Vir: Frontiers of Statistics in Science and Engineering: 2035 and Beyond. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2026).

Statistika je jezik, s katerim
podatki postanejo modrost.
Uporabite ga za gradnjo
zanesljivega sveta.