# Propagarea erorilor prin aproximări succesive

de M. Belega

O eroare infimă apărută într-o aproximare poate părea neglijabilă atunci când este privită izolat. Dar atunci când rezultatul acelei aproximații este folosit ca intrare într-un pas următor, eroarea inițială nu doar că se transmite, ci se și amplifică. Prin multiplicarea aproximărilor într-un algoritm, erorile se compun între ele și pot conduce la un rezultat final catastrofal de eronat.

## 1. Principiul de bază

Dacă fiecare aproximație introduce o eroare relativă ε, atunci după n pași succesivi eroarea totală nu este o simplă sumă, ci o multiplicare:  
  
 ε\_final ≈ ε₁ × ε₂ × ε₃ × ... × εₙ  
  
Astfel, chiar și o eroare de ordinul 1% aplicată de zeci sau sute de ori duce la o deviație finală de ordinul sutelor de procente.

## 2. Exemplu simplu

O riglă decalibrată cu doar 0,5% va da o măsurătoare aproape corectă la un singur pas. Dar dacă aceeași măsurătoare este folosită ca bază pentru o construcție compusă din 50 de pași, rezultatul final poate devia radical de la realitate, chiar dacă fiecare eroare intermediară părea „nesemnificativă”.

## 3. În cosmologie

Același mecanism se regăsește în estimările cosmologice. Exemplul clasic este raza universului observabil (≈46 Gly):  
1. Se pornește de la o valoare teoretică pentru H₀ (care are deja tensiuni între metode).  
2. Aceasta este introdusă într-un model cosmologic (ΛCDM) cu ipoteze despre materie întunecată și energie întunecată.  
3. Se extrapolează pe miliarde de ani, folosind metrica FRW.  
4. Se ajustează cu date incomplete (CMB, BAO, supernove Ia).  
  
Fiecare nivel are o eroare mică, dar reală. În lanț, rezultatul devine o iluzie de precizie.

## 4. Concluzie

O eroare aparent nesemnificativă se poate amplifica exponențial prin propagarea în algoritmi complicați. Ceea ce pare un număr solid poate fi, de fapt, fragil. Astfel, valoarea de 46 Gly este rezultatul unei construcții teoretice dependente de un lanț de aproximări. Universul real ar putea fi mult mai mare și mai vechi, iar precizia aparentă a calculelor ascunde fragilitatea metodelor pe care se bazează.