

TEORIJE
KOMPLEKSNOSTI I
VEŠTAČKI ŽIVOT (A-LIFE)

20. 7. 2012.

OGRANIČENJA FORMALNIH SISTEMA

- 2. Hilbertov problem: dokazati da su aksiomi aritmetike konzistentni.
 - **NEMOGUĆE!** (Gödel 1931)
- 10. Hilbertov problem: naći algoritam za odlučivanje da li zadata Diofantova jednačina ima rešenje.
 - **NEMOGUĆE!** (Turing 1936; Davis, Robinson, Matijašević 1970)
- *Das Entscheidungsproblem* generalno nerešiv: potrebno je Tjuringovo proročište (*oracle*) – obično se podrazumeva...
- (Univerzalna) Tjuringova mašina

ALGORITAMSKA KOMPLEKSNOST

- String s
 - s_1 : hf2h27ygdgwudklslhdhgejdjdbsgghafaewrteuw
 - s_2 : aobaobaobaobaobaobaobaobaobaobaobaobaobaob
 - s_3 : 159265358979323846264338327950288419716
- Šta je ovde najkompleksnije?
- Mnogo programa koji generišu s
- Naći najkraći takav program
- Izmeriti njegovu dužinu u bitovima (npr. 7 za ASCII simbol)
- To je $K(s) = \min |d(s)|$
- Algoritamska (Kolmogorovljeva, bit-string) kompleksnost
- Kolmogorov, Solomonoff (1960-65), Chaitin (1975-danas) :
AIT (Algorithmic Information Theory)

BERIJEV PARADOKS



- Bibliotekar u Bodleiani...
- OPISUJMO brojeve rečima:
- 1 : „jedan“, „dva minus jedan“, „sledbenik nule“, itd.
- 7: „sedam“, „najveći jednocifren prost broj“, itd.
- 3571: „tri hiljade pet stotina sedamdeset jedan“, „petstoti prost broj“, itd.
- Beri: koji je **najmanji broj za čiji je opis potrebno više od milion reči?**



OSOBINE KOLMOGOROVLJEVE KOMPLEKSNOSTI

- Teorema: Minimalni opis ne može biti mnogo duži od samog stringa:

$$(\exists c)(\forall s) K(s) \leq |s| + c$$

- Dokaz: program koji generiše s i zaustavlja se!
- Teorema: $K(s)$ je neizračunljiva funkcija.
- Dokaz: svodjenjem na apsurd (Tjuring-ekvivalentno 10. Hilbertovom problemu)

ČEJTIŇOVA TEOREMA O NEPOTPUNOSTI

- Postoji konstanta L u aksiomatskom sistemu S takva da nema stringa s za koji se tvrdnja
- Dokaz: analogan dokazu Gedelove teoreme o nepotpunosti matematike!

$$K(s) \geq L$$

može dokazati u S .

ŠTA NAM JE JOŠ POTREBNO?

- Uopštenje AIT na druge entitete
- Kako stringovima opisati...bakterije... životinje... Kvazikristale... Penrouza... nas ovde?



SIMCITY, SIMEARTH,...

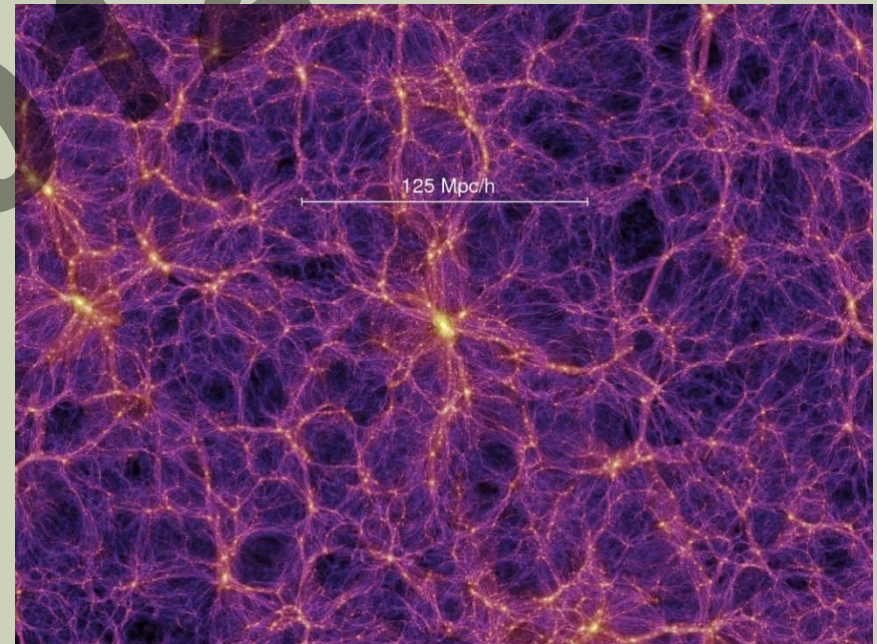
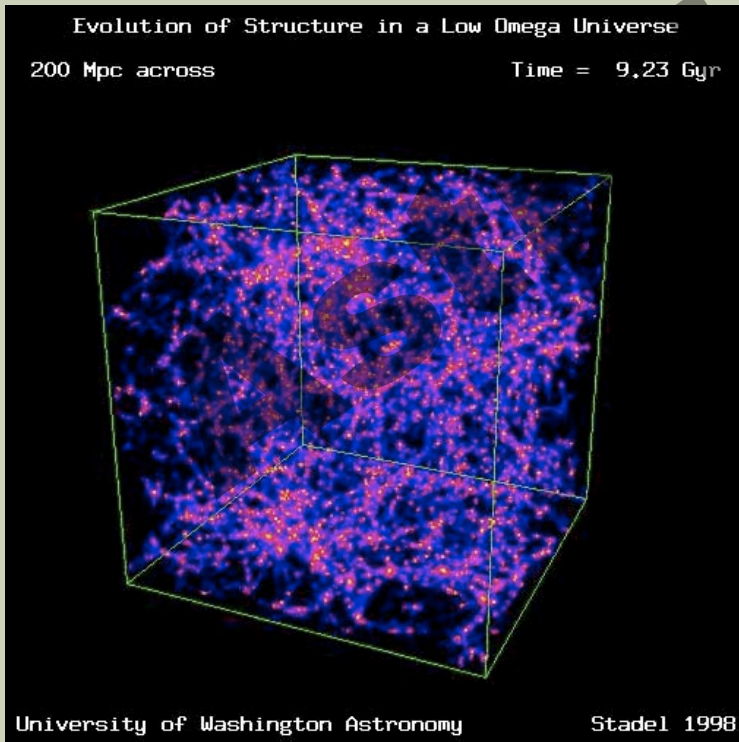
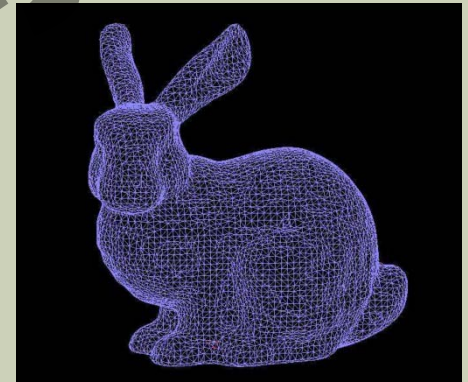
- Od početka 1990-tih
- Bezbrojni nastavci i analozi:
SimVille, The Sims, SimTower,
SimEarth...
- Emergentna kompleksnost na
najočigledniji način!



IDENTITAS INDISCERNIBILIVM

- Lajbnic: identičnost nerazličivosti
- Simulacija – emulacija
- Postoji li emulacija?

$$(\nabla F)(Fx \Leftrightarrow Fy) \Rightarrow x \equiv y$$



ZADATAK: PRIMENITI AIT NA BIOSFERU

- AIT omogućava poređenje kompleksnosti genetskih kodova, ali...
- ...razumevanje kompleksnosti evolucionih interakcija još je JAKO DALEKO.
- Povezivanje intuitivne sa algoritamskom kompleksnošću: **veliki zadatak za astrobiološku teoriju budućnosti!**



ŠTA JE VEŠTAČKI ŽIVOT? (A-LIFE)

- Predistorija: Arhita, Heron, imp. Teofil, Al-Džazari, de Vokanson...
- Originalna ideja: Tjuring (1936), fon Nojman (oko 1948; 1966)
- Moderna verzija: **Kristofer Lengton** (oko 1985)
- Veštački život \neq sintetički život (sintetička biologija)



■ Program (...01101011...) → računar → output



koji može biti drugi program!

■ DNK (...GATCCTAG...) → razviće → organizam

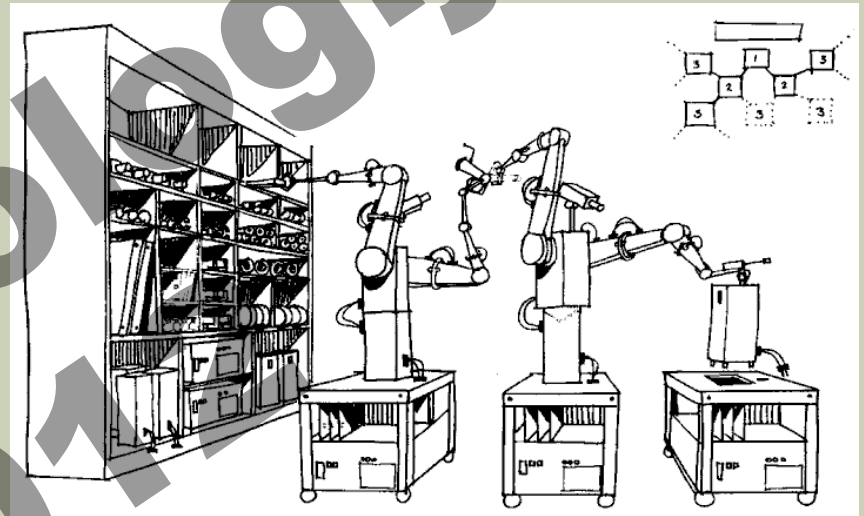


koji sadrži svoju DNK!

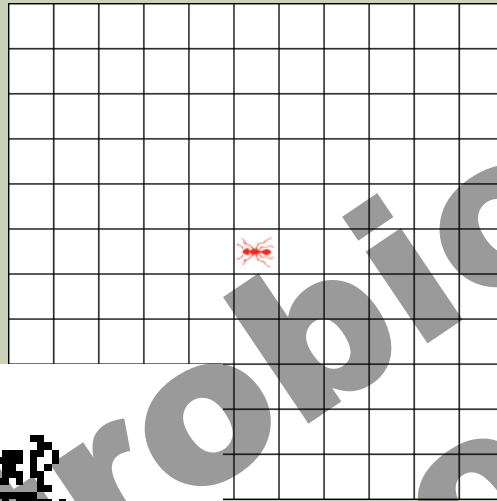
Astrobiologija
2012

FON NOJMANOVE MAŠINE

- Problem: kako spakovati informaciju o samom sebi?
- Fon Nojmanov kinematički model
- Priroda to radi bolje!
- Poreklo CA



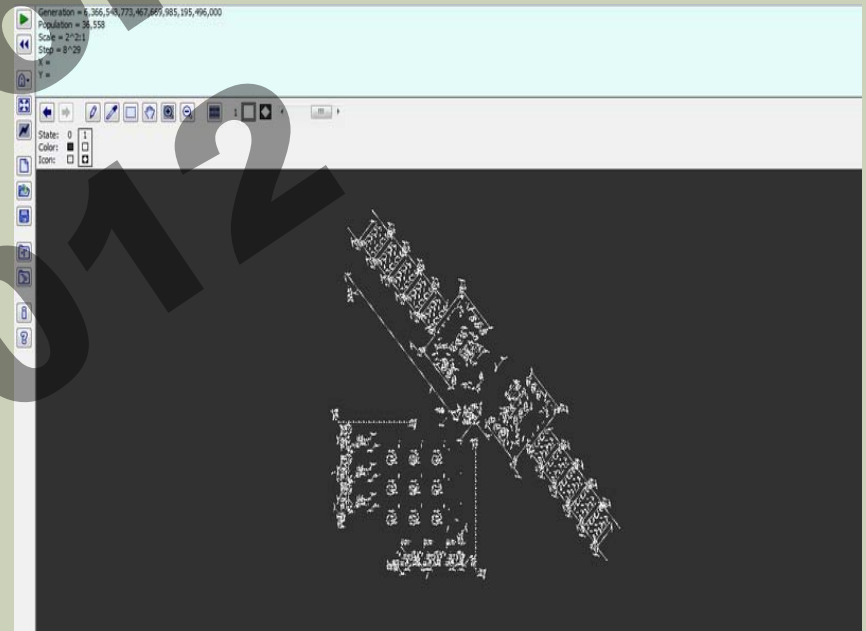
LENGTONOV MRAV



- Komplikovano emergentno ponašanje iz prostih pravila
- Belo polje: okreni se za 90 udesno, promeni boju polja, pomeri se za 1
- Crno polje: okreni se za 90 ulevo, promeni boju polja, pomeri se za 1
- Turmiti, kvajnovi, Patersonovi crvi, ...

CONWAY I "GAME OF LIFE"

- John. H. Conway (1970)
- Deterministički celularni automat
- „zero-player game“
- „Garden of Eden“ stanja?
- Moguć univerzalni konstruktor UNUTAR GoL!

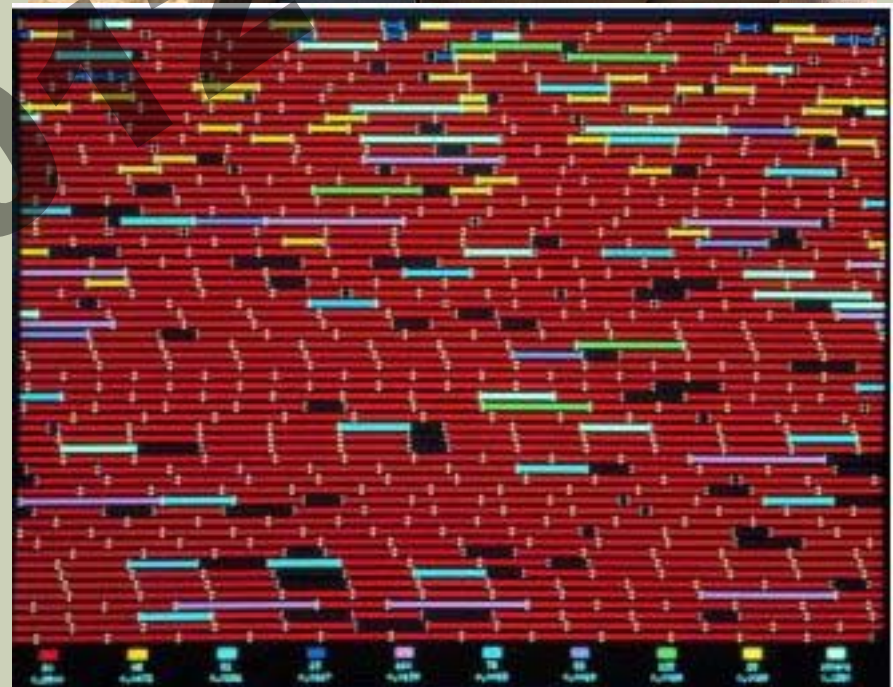


NEZAVISNOST OD SUPSTRATA?

- Vitalizam odbačen!
- Biološki vs. Digitalni supstrat
- Ima li ih još?

TOM RAY I „TIERRA“

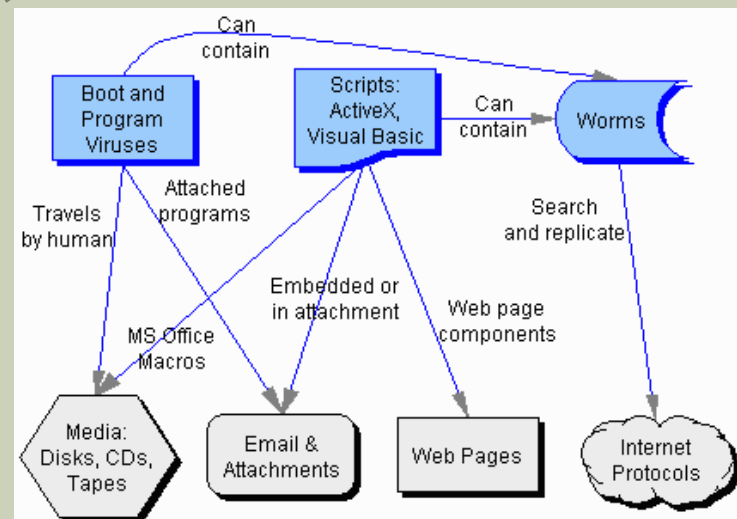
- „digitalna ekologija“
- Mutacije, evolucija, kohabitacija, parazitizam...
- OPTIMALNIJE od dizajna!



RAČUNARSKI VIRUSI



- Primer „digitalne ekologije“
- Da li rač. virusi dokazuju nezavisnost od supstrata?
- Da li postoje granice kompleksnosti virusa?
- Alastair Reynolds, *Revelation Space* (+ nastavci)



- *A-life*: „bottom-up“ pristup (za razliku od AI)
- Slaba *A-life* teza: *A-life* ispituje izolovane karakteristike života
- Jaka *A-life* teza (npr. Ray): *A-life* predstavlja stvaranje novog života
- ⇒ *A-life* prelazi u sintetičku biologiju
- Razvitak *A-life*-a pruža najbolju nadu za razvoj opšte teorije života / testiranje informatičkih definicija života