

Kako evolucija i mravi rade raspored sati

Prirodom inspirirano računarstvo

Bojana Dalbello - Bašić
Marko Čupić
Domagoj Jakobović
Zlatko Bratković
Tomislav Herman
Vatroslav Dino Matijaš
Goran Molnar
Vjera Omrčen



Fakultet elektrotehnike i
računarstva

dobrodošli!

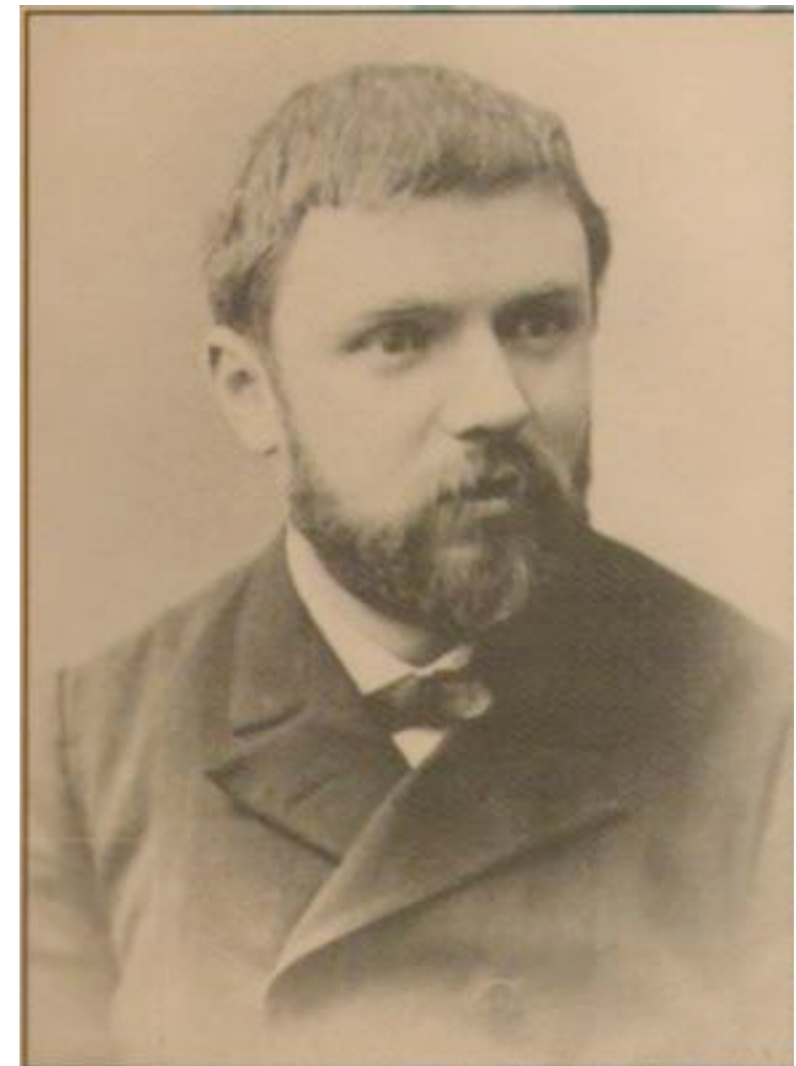
- prirodom inspirirani algoritmi
- rješavanje složenih problema
- primjena u praksi
- genetski algoritam i optimizacija
kolonijom mrava sastavljaju raspored
sati!

prirodom inspirirano računarstvo

- Priroda je oduvijek bila izvor inspiracije
- Umjetnost

priroda i znanost

- Henri Poincaré
(1854 - 1912):



priroda i znanost

- Henri Poincaré
(1854 - 1912):

Znanstvenik ne proučava prirodu jer je to korisno; on ju proučava jer uživa u njoj, a uživa u njoj jer je prelijepa.



priroda i znanost

- Henri Poincaré
(1854 - 1912):



priroda i znanost

- Henri Poincaré
(1854 - 1912):

Kad priroda ne bi bila prelijepa, ne bi bila vrijedna poznavanja, a kad priroda ne bi bila vrijedna poznavanja, život ne bi bio vrijedan življenja.



priroda i znanost

- Henri Poincaré
(1854 - 1912):



priroda i znanost

- Henri Poincaré
(1854 - 1912):

Naravno, pri tom ne mislim na ljepotu koja pruža užitke osjetilima, ljepotu kvaliteta i izgleda; ne potcjenjujem tu ljepotu, daleko od toga, ali ona nema ništa sa znanošću;



priroda i znanost

- Henri Poincaré
(1854 - 1912):



priroda i znanost

- Henri Poincaré
(1854 - 1912):

*Mislim na temeljniju
ljepotu, koja dolazi iz
skladnog ustroja dijelova,
kojeg čista inteligencija
može dokučiti.*



optimizacija

- Lat. Optimum – najbolje
- Prema rječniku: *optimum*
najbolje moguće, najpoželjnije;
najčešće uz navedena
ograničenja.
- npr. optimalni prihod, optimalna
koncentracija lijeka, optimalan
rezultat

optimizacija

- Temeljno obilježje inteligencije
- Prvi u povijesti zabilježen primjer: citat izgubljenog rada iz vremena prije

Aristotela:

Krug je geometrijski lik najveće površine uz zadan opseg.

Kugla je tijelo najvećeg obujma uz zadano oplošje.

optimizacija

- Velikani znanosti:
Newton, Huygens,
Euler rješavaju niz
problema
optimizacije

filozofska razmatranja

- Filozofska razmatranja:
optimira li sama priroda na neki način?

optimira li priroda?

- kolonije mrava pokazuju zadržujuća svojstva

mravi u prirodi

- neizravna komunikacija feromonima
- pokus 2 mosta

algoritam mravlje kolonije

- Marco Dorigo,
1991.

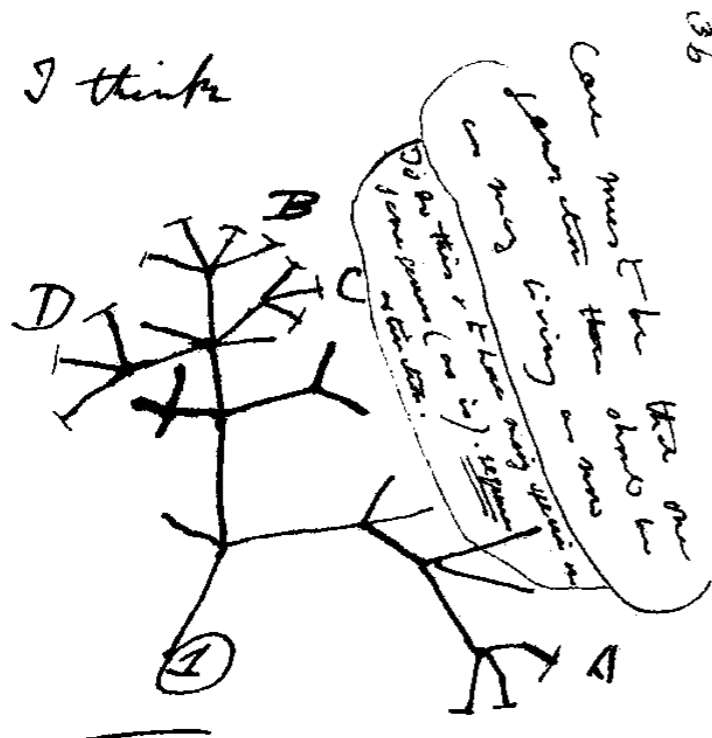


umjetni mravi

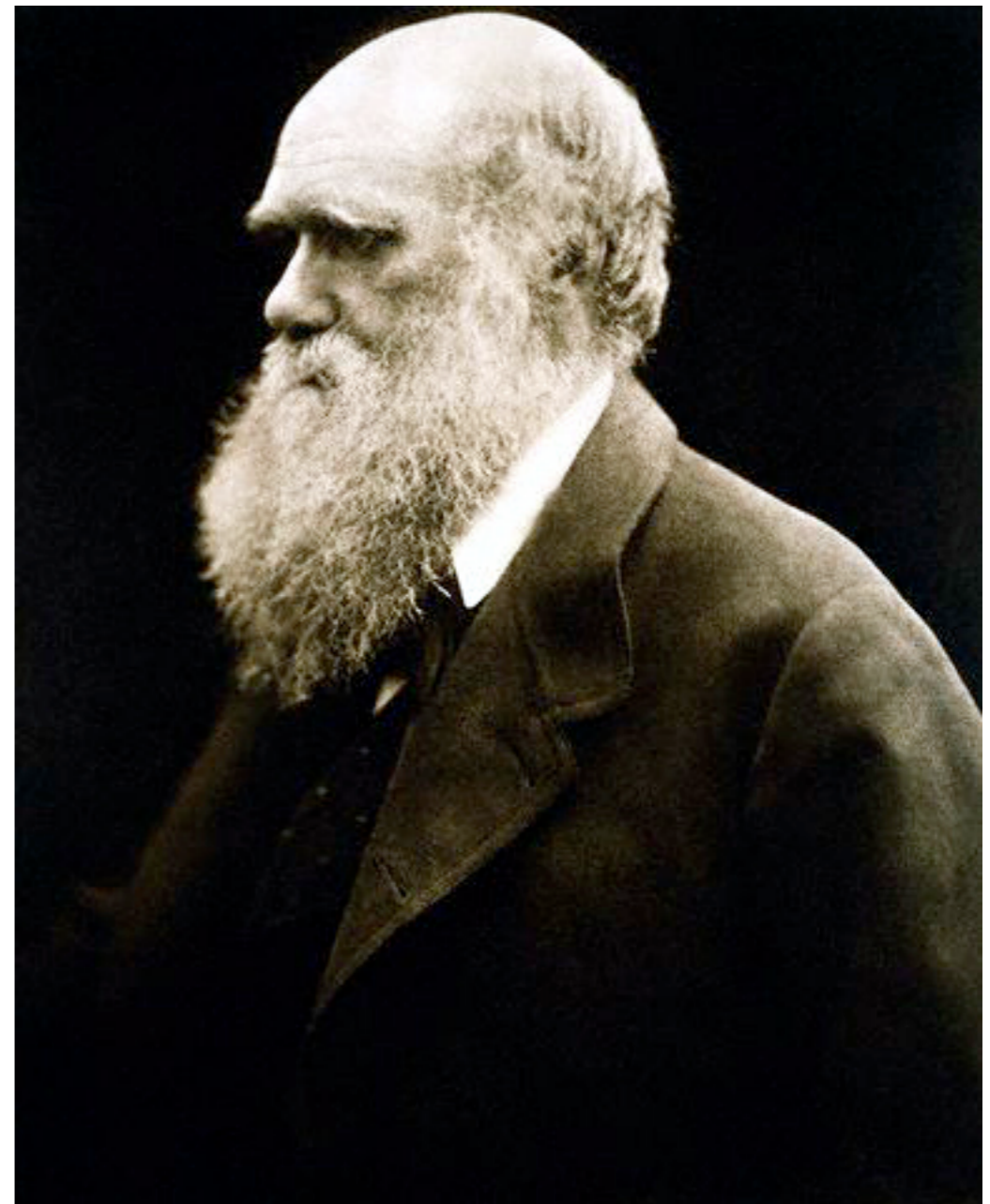
- velik broj mrava traži rješenja
- rješenje: staza kroz prikaz problema
- prikaz problema: sličan “labirintu” ili šumi
- dobra staza kroz labirint / šumu odgovara dobrom rješenju

evolucija

evolucija



Thus between A & B. various
sort of relation. C + B. The
first gradation, B & D
rather greater distinction
Thus genera would be
formed. - binary relation





- Charles Darwin: “Postanak vrsta”

- Charles Darwin: “Postanak vrsta”
- promjene živog svijeta su posljedica činjenice da u prirodi preživljavaju oni koji su najprilagođeniji životnim uvjetima

- Charles Darwin: “Postanak vrsta”
- promjene živog svijeta su posljedica činjenice da u prirodi preživljavaju oni koji su najprilagođeniji životnim uvjetima
- prekretnica u znanosti!

- Charles Darwin: “Postanak vrsta”
- promjene živog svijeta su posljedica činjenice da u prirodi preživljavaju oni koji su najprilagođeniji životnim uvjetima
- prekretnica u znanosti!

- *Raznolikost: svaka vrsta je jedinstveno prilagođena svom načinu života.*



- *Raznolikost: svaka vrsta je jedinstveno prilagođena svom načinu života.*



- *Raznolikost: svaka vrsta je jedinstveno prilagođena svom načinu života.*



- *Raznolikost: svaka vrsta je jedinstveno prilagođena svom načinu života.*



- *Raznolikost: svaka vrsta je jedinstveno prilagođena svom načinu života.*



načela evolucije

načela evolucije

- **Jedinstvo:** živa bića imaju zajedničkog pretka
 - biokemijsko jedinstvo

Darwinova teorija

prepostavke

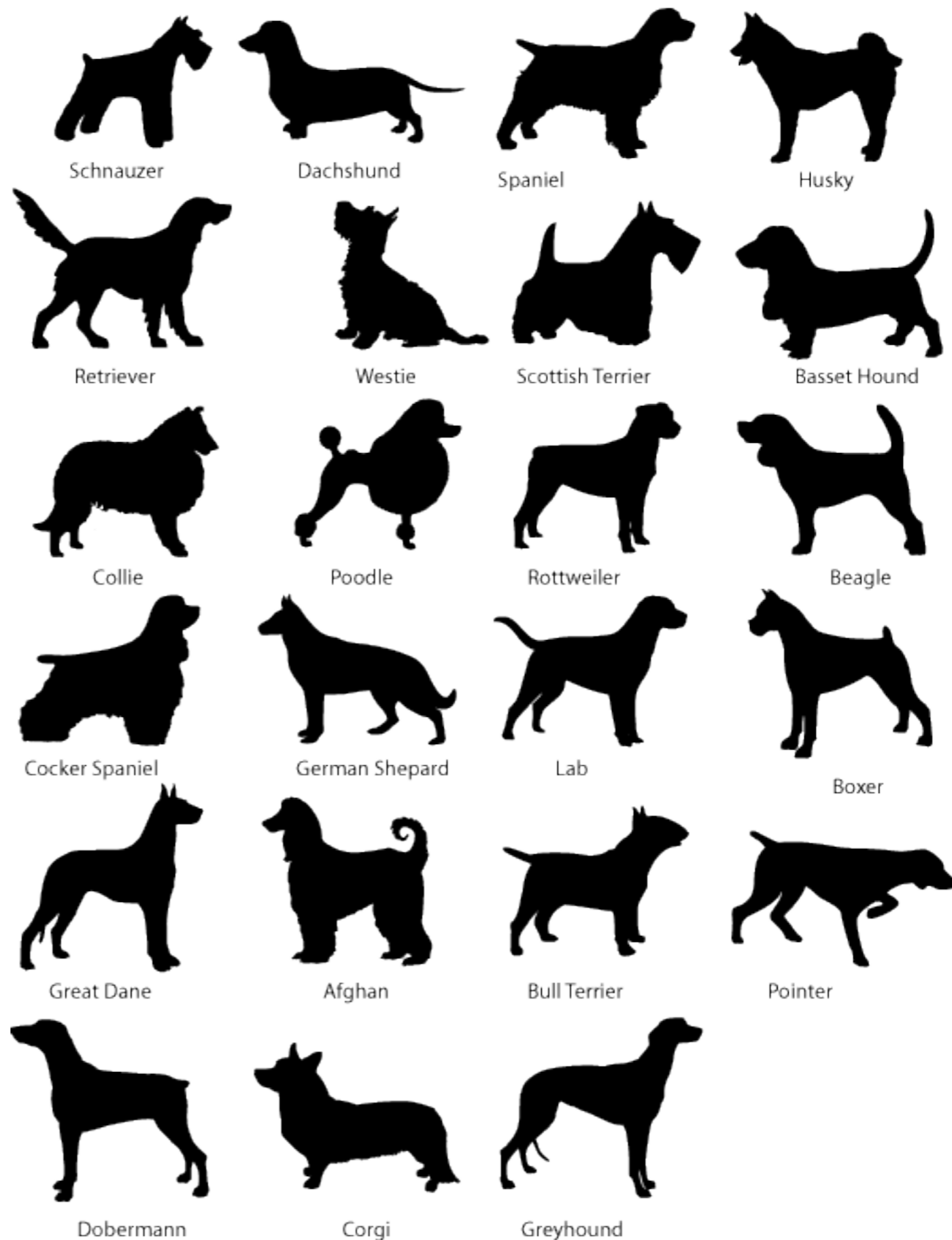


- Stabilna
veličina
populacije



- Stabilna veličina populacije

- Unutar iste vrste postoje varijacije







- U prosjeku više potomaka nego što je potrebno za nadomjestiti roditelje



- U prosjeku više potomaka nego što je potrebno za nadomjestiti roditelje
- Borba (nadmetanje) za preživljavanje

mutacija

- Slučajna promjena DNA
- Uzrok različitosti organizama
- Retrovirusi – praktički svaka jedinka mutira
- Slonovi – mutacije izuzetno rijetke



- najbolje prilagođene varijacije preživljavaju



evolucija i računarstvo

evolucija i računarstvo

- Evolucija je mehanizam kojim priroda optimira samu sebe

evolucija i računarstvo

- Evolucija je mehanizam kojim priroda optimira samu sebe
- Analogno evoluciji, računalo može simulirati prilagođavanje rješenja zadanom problemu

evolucija i računarstvo

- Evolucija je mehanizam kojim priroda optimira samu sebe
- Analogno evoluciji, računalo može simulirati prilagođavanje rješenja zadanom problemu
- Genetski algoritam (GA) oponaša evoluciju

genetski algoritam

- Što se zapravo događa tijekom evolucije?
- Kako to isprogramirati?

genetski algoritam

- John Henry Holland (1929.)
- Uzmimo nasumičnost i dodajmo evoluciju



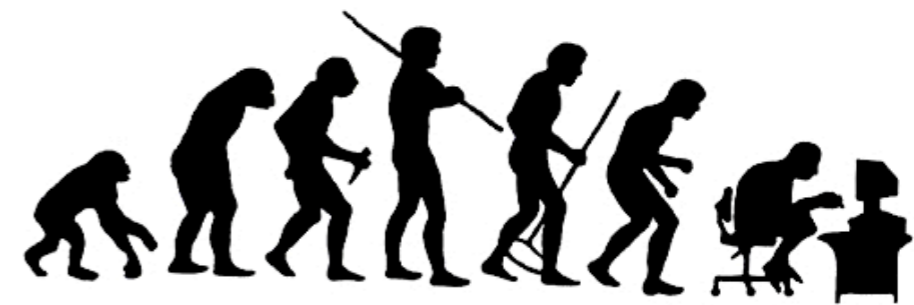
evolucija / GA

- Okolina
- Jedinka
- Prilagođenost jedinke okolini
- Optimizacijski problem
- Moguće rješenje
- Funkcija dobrote rješenja (*fitness*)

na računalu / u prirodi

Genetski algoritam

```
{  
  generiraj početnu populaciju;  
  
  ponavljaj dok nije zadovoljen uvjet završetka  
  evolucijskog procesa  
  {  
    odaberi jedinke koje opstaju;  
  
    krizaj neke od opstalih jedinki i dodaj  
    potomke u populaciju;  
  
    mutiraj neke jedinke iz populacije;  
  }  
  
  ispiši rješenje;  
}
```



the evolution of man geek

primjer problema

- Kako pomoću 50 poligona nacrtati sliku Mona Lise?



problem raspoređivanja

- Na FER-u: rasporede laboratorijskih vježbi sastavljaju
 - genetski algoritam i
 - algoritam mravlje kolonije

problem raspoređivanja

- Spada u kategoriju najtežih matematičkih problema
- Problemi:
 - Student ne može biti na više mjesta istovremeno
 - Prostorije imaju ograničen kapacitet
 - Široka lepeza specifičnih ograničenja

raspored vježbi @ FER

- 2436 studenata
- 31 prostorija
- 54 laboratorijske vježbe
- 180 radnih sati

- 100 događaja
- Za svaki je dostupno 30 termina
- Svaki događaj treba smjestiti u jedan od termina.
- U koliko termina možemo smjestiti prvi događaj?
 - 30

- Drugi?
 - Opet 30
- 100-ti?
 - Opet 30
- Koliko je to kombinacija???



- 30
- Za predmet 1: 30 kombinacija

- 30

- Za

30 kombinacija

- 30·30
- Za **predmet 2**: 30 kombinacija

- 30·30

- Za 30 kombinacija

- 30 · 30 · 30
- Za predmet 3: 30 kombinacija

- 30·30·30



- $30 \cdot 30 \cdot 30 \cdot \dots \cdot 30$
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{100}$

- itd, stotinu puta

- $30 \cdot 30 \cdot 30 \cdot \dots \cdot 30$
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{100}$

- itd, stotinu puta

- matematički zapis:

- $30 \cdot 30 \cdot 30 \cdot \dots \cdot 30$
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{100}$

- $30 \cdot 30 \cdot 30 \cdot \dots \cdot 30$
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{100}$

- itd, stotinu puta

- matematički zapis:

$$30^{100}$$

koliko je 30^{100} ?

koliko je 30^{100} ?

koliko je 30^{100} ?

- Pretpostavimo: računalo može ispitati milijardu mogućih rasporeda tijekom jedne sekunde

koliko je 30^{100} ?

- 15.000.000.000 godina

izrada rasporeda

- jednostavni pristup ovakvim problemima nije prikladan

rasporedi i GA

- Raspored zamislimo kao špil karata
- Svaka karta predstavlja jedan predmet



rasporedi i GA

- Na kartama:
 - termini
 - prostorije
 - studenti



raspored i GA

- mogući rasporedi se u računalu križaju i mutiraju
- evolucijom, nastaju sve bolji i bolji rasporedi

raspored:

raspored:



ELEKTRONIKA

Utorak 8-10h
Soba: D337
Studenti: Tomislav,
Zlatko,Vjera

Četvrtak 16-18h
Soba: D336
Studenti: Ivan, Ivana,Ivica

križanje

ELEKTRONIKA

Utorak 8-10h

Soba: D337

Studenti: Tomislav,
Zlatko,Vjera

Četvrtak 16-18h

Soba: D336

Studenti: Ivan, Ivana,Ivica

ELEKTRONIKA

Ponedjeljak 11-13h

Soba: D336

Studenti: Ivan,
Zlatko,Ivana

Četvrtak 12-14h

Soba: D336

Studenti: Vjera,
Tomislav,Ivica

križanje



ELEKTRONIKA
Utorak 8-10h
Soba: D337
Studenti: Tomislav,
Zlatko,Vjera

Četvrtak 16-18h
Soba: D336
Studenti: Ivan,
Ivana,Ivica



ELEKTRONIKA
Ponedjeljak 11-13h
Soba: D336
Studenti: Ivan,
Zlatko,Ivana

Četvrtak 12-14h
Soba: D336
Studenti: Vjera,
Tomislav,Ivica

križanje

ELEKTRONIKA

Utorak 8-10h

Soba: D337

Studenti: Tomislav,
Zlatko, Vjera

Četvrtak 16-18h

Soba: D336

Studenti: Ivan,
Ivana, Ivica

ELEKTRONIKA

Ponedjeljak 11-13h

Soba: D336

Studenti: Ivan,
Zlatko, Ivana

Četvrtak 12-14h

Soba: D336

Studenti: Vjera,
Tomislav, Ivica

FIZIKA

Ponedjeljak 18-20h

Soba: FIZLAB

Studenti: Pero,
Marko, Ana

Srijeda 18-20h

Soba: FIZLAB

Studenti: Goran,
Dino

križanje

ELEKTRONIKA

Utorak 8-10h
Soba: D337
Studenti: Tomislav,
Zlatko,Vjera

Četvrtak 16-18h
Soba: D336
Studenti: Ivan,
Ivana,Ivica

ELEKTRONIKA

Ponedjeljak 11-13h
Soba: D336
Studenti: Ivan,
Zlatko,Ivana

Četvrtak 12-14h
Soba: D336
Studenti: Vjera,
Tomislav,Ivica

ELEKTRONIKA

Utorak 8-10h
Soba: D337
Studenti: Tomislav,
Zlatko,Vjera

Četvrtak 16-18h
Soba: D336
Studenti: Ivan,
Ivana,Ivica

Srijeda 16-18h
Soba: FIZLAB
Studenti: Goran,
Dino

mutacija



ELEKTRONIKA
Ponedjeljak 11-13h
Soba: D336
Studenti: Ivan,
Zlatko,Ivana

Četvrtak 12-14h
Soba: D336
Studenti: Vjera,
Tomislav,Ivica

mutacija



mutacija

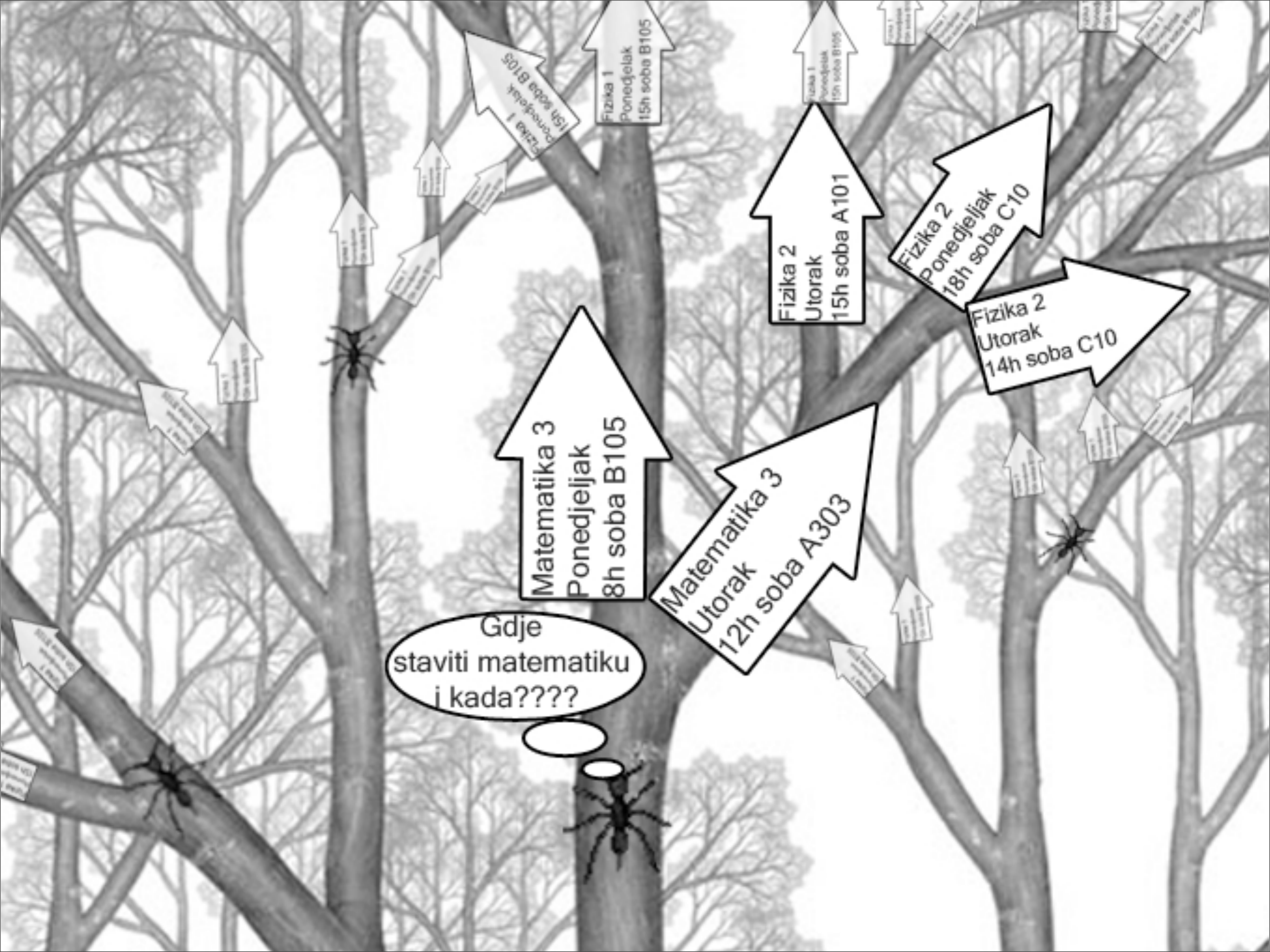


ELEKTRONIKA
Ponedjeljak 11-13h
Soba: D336
Studenti: Ivan,
Zlatko, Ivana

Četvrtak 12-14h
Soba: D336
Studenti: Vjera,
Tomislav, Ivica

mravi i raspored

- umjetni mravi pretražuju moguće rasporede kretanjem kroz “šumu svih mogućih rasporeda”
- staze koje vode do dobrih rasporeda, označavaju *feromonom*



Gdje
staviti matematiku
i kada????

Matematika 3
Ponedjeljak
8h soba B105

Matematika 3
Utorak
12h soba A303

Fizika 2
Utorak
15h soba A101

Fizika 2
Ponedjeljak
18h soba C10

Fizika 2
Utorak
14h soba C10

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

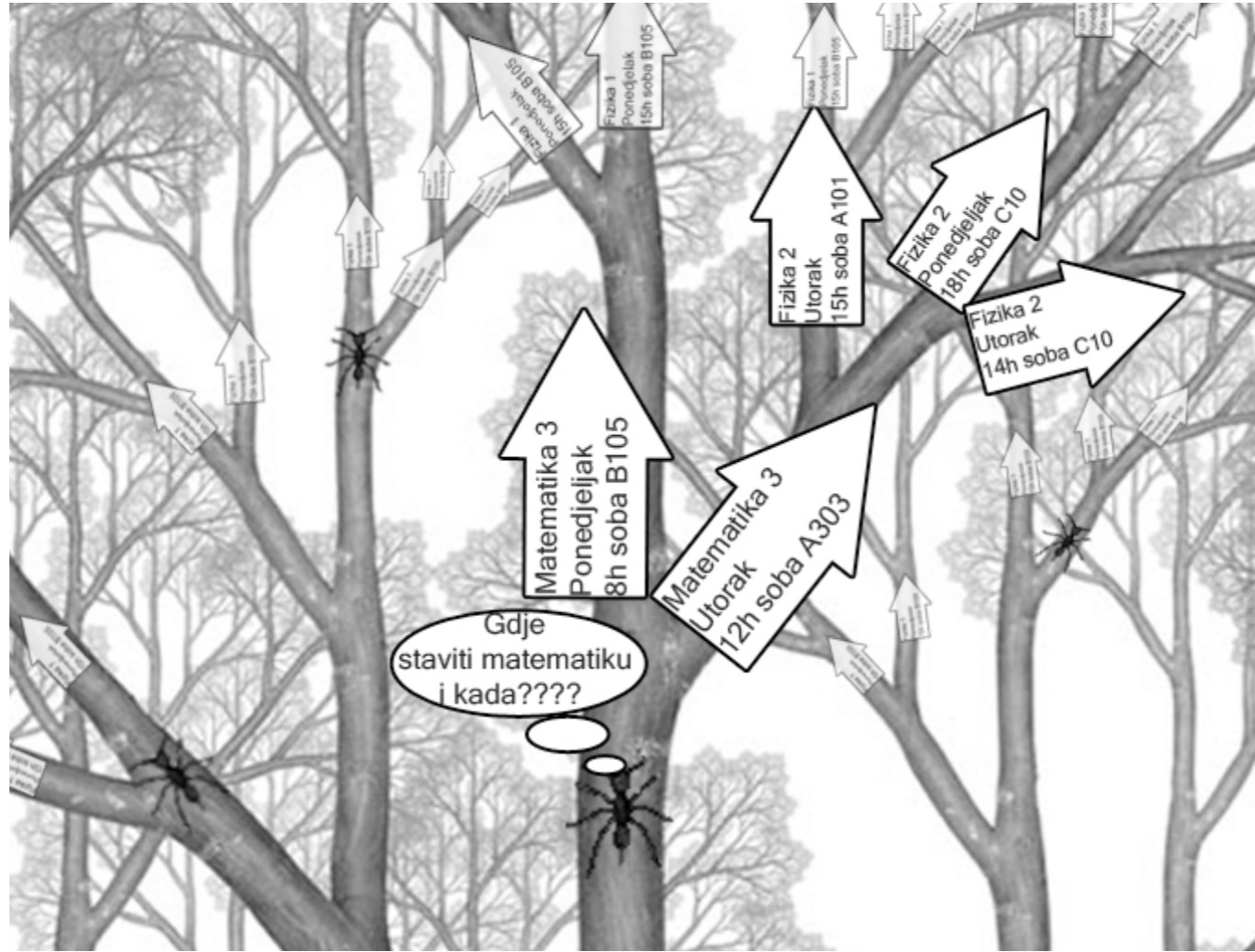
Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105





Gdje
staviti matematiku
i kada????

Matematika 3
Ponedjeljak
8h soba B105

Matematika 3
Utorak
12h soba A303

Fizika 2
Utorak
15h soba A101

Fizika 2
Ponedjeljak
18h soba C10

Fizika 2
Utorak
14h soba C10

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105





Gdje
staviti matematiku
i kada????

Matematika 3
Ponedjeljak
8h soba B105

Matematika 3
Utorak
12h soba A303

Fizika 2
Utorak
15h soba A101

Fizika 2
Ponedjeljak
18h soba C10

Fizika 2
Utorak
14h soba C10

Fizika 1
Ponedjeljak
15h soba B105

S01/B
Ponedjeljak
15h soba B105

S02/B
Ponedjeljak
17h

S03/B
Ponedjeljak
17h

S04/B
Ponedjeljak
17h

S05/B
Ponedjeljak
17h

S06/B
Ponedjeljak
17h

S07/B
Ponedjeljak
17h

S08/B
Ponedjeljak
17h

S09/B
Ponedjeljak
17h

S10/B
Ponedjeljak
17h

S11/B
Ponedjeljak
17h

S12/B
Ponedjeljak
17h

S13/B
Ponedjeljak
17h

S14/B
Ponedjeljak
17h

S15/B
Ponedjeljak
17h

S16/B
Ponedjeljak
17h


S17/B
Ponedjeljak
17h

S18/B
Ponedjeljak
17h

S19/B
Ponedjeljak
17h

S20/B
Ponedjeljak
17h





Marko - put je skroz ok.
Ivan - put je zakon.
Marko - bio opet, zakon :)
Pero - zapeo na putu, los.
Marko - los put :(
Ivana - super put.
Pero - preporucam put.

Pero - put je los.
Ivana - put nevalja.
Marko - put je dobar.
Goran - zapeo na putu, los.
Dino - put je ok.
Ljubica - uzas!
Branko - super put.

Ljevi put je kraci,
ali kazu ostali da je
desni put bolji.
Kuda krenuti????

zaključak

- prirodnom inspirirane tehnike:
područje intenzivnog istraživanja širom svijeta
- domaći znanstvenici aktivno sudjeluju
u polju

pitanja

**zahvaljujemo na
pozornosti**

zahvaljujemo na
pozornosti

