

Projektni zadatak – Simulacija virusa COVID-19

-Napredne tehnike programiranja-

Opis aplikacije

Simulacija virusa COVID-19 predstavlja aplikaciju koja simulira širenje zaraze virusom COVID-19. Na početku zaražen je samo nulti pacijent. Svaki naredni dan, određeni broj jedinki se može zaraziti. Mogu se zaraziti samo one jedinke koje su bile izložene virusu, odnosno, nalaze se u neposrednoj okolini zaražene jedinke. Verovatnoća da će se nezaražena jedinka zaraziti određena je parametrom *rate*. Ukoliko se jedinka zarazi, određeni broj dan će biti u inkubaciji (*incubation*) i u toku ovog perioda neće moći da zarazi druge jedinke. Kada istekne period inkubacije, jedinka će biti zaražena određeni period kada će moći da širi zarazu (*duration* - broj dana koliko je zaražena). Nakon što istekne i ovaj period, jedinka će se ili oporaviti ili će umreti (*mortality*). Ukoliko jedinka preživi imaće određeni imunitet, odnosno imaće manju mogućnost ponovne zaraze (*immunity*).

Neke od jedinki se mogu kretati, dok druge miruju. Kretanje jedinki je takvo da u svakoj iteraciji jedinka ima najveću šansu da se uputi ka centru okupljanja (škole, tržišni centri, itd.), dok su šanse za odlazak na ostala mesta na mapi manje. Kako u sistemu postoji bolnica (kapacitet iznosi $\frac{1}{4}$ ukupnog broja jedinki), ukoliko se kapacitet bolnice gotovo popuni na snagu stupa odluka o socijalnom distanciranju. U ovom slučaju, šanse da jedinke koje se kreću idu ka centru okupljanja bivaju male. Na kraju svakog dana, određeni broj jedinki će se testirati. Kako bismo simulirali tačnost testa, verovatnoća da se otkrije da zaražena jedinka ima virus je velika, 90%, i u ovom slučaju ukoliko ima mesta u bolnici, jedinka se hospitalizuje, i njene šanse da preživi se povećavaju na 90%. Ukoliko, pak, nema mesta u bolnici jedinka se šalje u karantin i dok ne ozdravi ne može se kretati.

Aplikacija je implementirana pomoću programskog jezika *Golang* – serijska i paralelna implementacija – dok je sama vizualizacija iteracija, kao i analitički podaci urađena pomoću *Pharo*. Takođe, izvršeni su eksperimenti jakog i slabog skaliranja čiji će rezultati biti prikazani u nastavku.

Eksperimenti jakog i slabog skaliranja

U eksperimentima skaliranja prati se ubrzanje koje se postiglo paralelizacijom, u odnosu na dimenzije ulaznih podataka i/ili broj procesa.

Tehnički detalji sistema:

- Operating System: Microsoft Windows 10 Pro
- CPU Type: Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50 GHz 2.70 GHz
- CPU Cores: 2 physical, 4 logical
- CPU Cash: 8MB
- Motherboard Name: HP 832B 23.27
- RAM: 8GB

Korišćene biblioteke:

- fmt
- math
- os
- strconv
- sync
- time

Procenat sekvencijalnog koda je 0.37%, dok je procenat paralelizovanog koda 0.63%. Korišćene vrednosti tokom eksperimenata skaliranja su sledeće: duration – 14, incubation – 5, rate – 0.8, mortality – 0.1, immunity – 0.7.

Napomena: Eksperiment je vršen 30 puta za svaki broj procesnih jedinica. Srednje vreme izvršavanja sekvencijalnog dela koda iznosi oko 55.49 ms.

Jako skaliranje

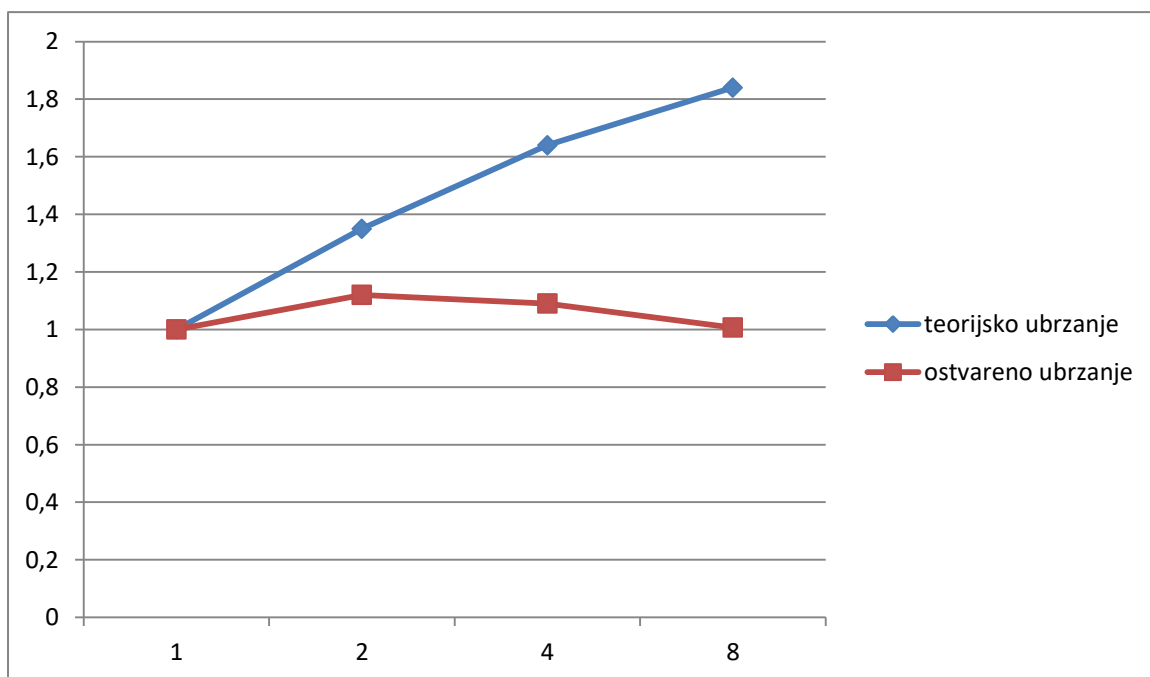
Teorijski, prema Ambdalovom zakonu, maksimalno ubrzanje je:

$$\text{speedup} = 1 / (s + p / N)$$

gde je:

- s - udeo vremena provedenog u izvršavanju koda kojeg nije moguće paralelizovati
- p - udeo vremena provedenog u izvršavanju koda koji se može paralelizovati
- N – broj procesnih jedinica

Rezultati:



Grafik 1 - Rezultati eksperimenta jakog skaliranja

Broj procesnih jedinica	Dimenzije	Srednje vreme izvršavanja (ms)	Standardna devijacija (ms)
1	1000X1000	115.37	7.75
2	1000X1000	103.15	5.76
4	1000X1000	106.72	10.35
8	1000X1000	114.54	14.54

Tabela 1 - Rezultati eksperimenta jakog skaliranja 0.48 p 0.52

Slabo skaliranje

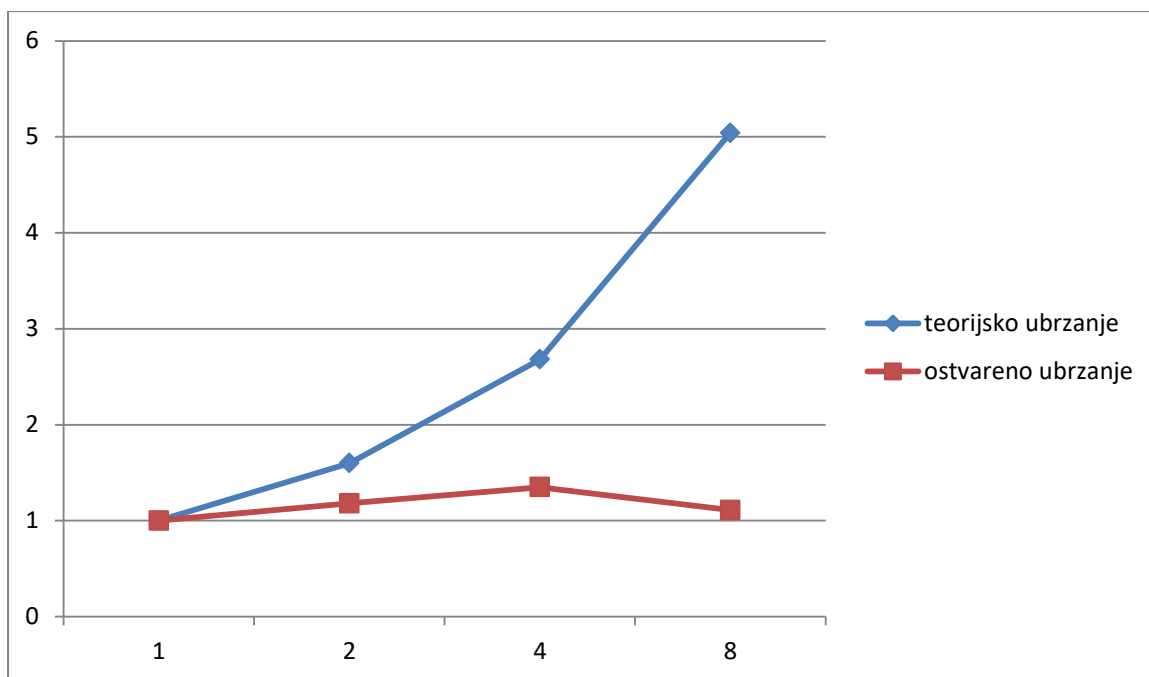
Povećavanjem broja procesnih jedinica povećavaju se dimenzije ulaznih podataka, na ovaj način obezbeđena je konstanta količina posla. U projektu, ovo je urađeno tako što se dimenzija kvadratnog grida proporcionalno menjala sa povećanjem broja procesnih jedinica.

Teorijski maksimum ubrzanja određen Gustafsonovim zakonom je:

$$\text{speedup} = s + p \times N,$$

iz formule vidimo da je maksimalno teorijsko ubrzanje neodređeno, odnosno određeno je sa brojem procesnih jedinica – N.

Rezultati:



Grafik 2 - Rezultati eksperimenta slabog skaliranja

Broj procesnih jedinica	Dimenzije	Srednje vreme izvršavanja (ms)	Standardna devijacija (ms)
1	1000X1000	110.56	17.01 ¹
2	2000X2000	347.82	70.24 ²
4	4000X4000	1527.35	166.45
8	8000X8000	32151.03	5411.80

Tabela 2 - Rezultati eksperimenta slabog skaliranja

¹ Pojavila se dva autlejera, 201.6845ms i 198.4754ms

² Autlejeri: 623.328ms i 573.4675ms