

Паралелно програмирање - II поправни колоквијум

ИНСТИТУТ ЗА МАТЕМАТИКУ И ИНФОРМАТИКУ, ПМФ КРАГУЈЕВАЦ

28. јун 2026.

Симулација ширења заразе у популацији (MPI) (16 ђоена)

Популација је представљена као дводимензионална матрица познатих димензија. Свака ћелија матрице представља једно место у посматраном простору и може бити у једном од следећих стања:

- O – празно поље,
- S – здрава особа осетљива на заразу,
- I – заражена особа,
- R – опорављена особа.

Свака ћелија интерагује са своје 4 суседне ћелије, које су хоризонтално и вертикално суседне. У сваком временском кораку долази до следећих прелаза стања:

- Празно поље остаје непромењено.
- Опорављена особа остаје опорављена и више се не може заразити.
- Заражена особа у наредном кораку више није заразна. Њено поље прелази у стање R или O , у зависности да ли је преживела заразу или не.
- Здрава особа може постати заражена уколико је бар један од њених суседа био заражен у претходном кораку.

Вероватноћа да један заражени сусед пренесе заразу на здраву особу једнака је p . Вероватноћа да заражена особа не преживи инфекцију једнака је d .

Уколико здрава особа има више заражених суседа, сваки од њих независно покушава да пренесе заразу. На пример, ако здрава особа има три заражена суседа, сваки од та три суседа покушава да је зарази са вероватноћом p .

Сви прелази стања у једном временском кораку израчунавају се на основу стања матрице из претходног корака.

За дато почетно стање популације (N , M и матрица величине $N \times M$), вредност вероватноће преноса заразе p и вредност вероватноће смртог исхода d , одредити да ли ће током симулације бити заражено више од 50% особа које су постојале у почетном стању.

У укупан број особа које су постојале у почетном стању улазе ћелије које су на почетку имале стање S , I или R . Особе које током симулације не преживе инфекцију и чија поља постану празна и даље се рачунају као део почетне популације и као особе које су биле заражене.

У сваком временском кораку исписивати:

- број особа које су тренутно заражене,
- број новозаражених особа у том кораку,
- број особа које у том кораку нису преживеле инфекцију,
- укупан број особа које су до тог тренутка биле заражене,
- проценат популације који је до тог тренутка био заражен.

Симулација се завршава када у матрици више нема заражених особа.

Пример

Нека су задате вредности:

$$p = 1, \quad d = 0.$$

У овом примеру сваки заражени сусед сигурно преноси заразу на здравог суседа, а заражене особе се након једног корака опорављају.

S	S	S	S	S
S	S	I	S	S
S	S	S	S	S
S	O	S	S	S
S	S	S	S	S

Почетно стање

S	S	I	S	S
S	I	R	I	S
S	S	I	S	S
S	O	S	S	S
S	S	S	S	S

Након једног корака

S	I	R	I	S
I	R	R	R	I
S	I	R	I	S
S	O	I	S	S
S	S	S	S	S

Након два корака

Слика 1: Пример ширења заразе кроз прва два временска корака.

Додатни захтев (4 поена)

Потребно је извршити експериментално мерење убрзања (*speedup*) програма. Покренути програм на различитом броју процеса:

$$r = 1, 2, 4, 8.$$

За сваку конфигурацију измерити време извршавања T_r , а затим израчунати убрзање по формули:

$$S_r = \frac{T_1}{T_r},$$

где је T_1 време извршавања са једним процесом.

Резултате представити у табеларној форми и приложити уз решење.

Бонус (3 поена)

Проширити симулацију тако да почетна матрица може садржати и вакцинисане особе, означене стањем:

- V – вакцинисана особа.

Вакцинисана особа се може заразити, али са смањеном вероватноћом у односу на здраву невакцинисану особу. Увести параметар ефикасности вакцине e , где важи $0 \leq e \leq 1$.

Ако је вероватноћа преноса заразе на здраву невакцинисану особу једнака p , онда је вероватноћа преноса заразе на вакцинисану особу једнака:

$$p_V = (1 - e)p.$$

Уколико се вакцинисана особа зарази, она у наредном стању прелази у стање I . Уколико се не зарази, остаје у стању V . Након што пређе у стање I , за њу важе иста правила као и за остале заражене особе: у следећем кораку може прећи у стање R или у стање O , ако не преживи инфекцију.

За бонус је потребно на крају симулације исписати и:

- укупан број вакцинисаних особа у почетном стању,
- укупан број вакцинисаних особа које су се заразиле,
- проценат вакцинисаних особа које су се заразиле у односу на укупан број вакцинисаних особа у почетном стању.

Напомена: Један процесор учитава све податке са тастатуре. Решење 1.с сачувати у директоријуму `~/Desktop/Rad/Име_Презиме_индекс_година`. Време предвиђено за израду задатка је 120 минута.