

Model perkolacji na przykładzie pożaru lasu

P. Szewerniak, K. Oratowski, P. Chajduła, M. Caputa

June 2020



1 Perkolacja

Naszym zadaniem było napisanie programu, który symuluje zjawisko pożaru lasu przy pomocy modelu perkolacji, który jest modelem stochastycznym - opiera się w pewnej mierze na losowości, i modyfikacji parametrów w taki sposób, aby las całkowicie się spalił lub pożar wygasł samoczynnie.

W fizyce statystycznej i matematyce teoria perkolacji opisuje zachowanie sieci gdy węzły albo połączenia zostaną usunięte. Jest ona typem przejścia fazowego z racji, że nasza sieć przekształca się w połączone ze sobą skupiska. W naszym przypadku tworzymy siatkę, która ma pokazywać "koordynaty" drzewa, drzewa palącego się lub przerwy. Pożar zaczyna się w losowym węźle, a następnie rozprzestrzenia się na sąsiadów wraz z iteracją. Pożar może albo strawić cały las albo zatrzymać się.

Kod składa się z kilku funkcji: inicjalizacja - ustalenie początkowego wyglądu siatki, narysowanie siatki, pokazanie stanu faktycznego na konkretnej iteracji oraz tworzenie nowej macierzy która zajmuje miejsce starej. Po kompilacji kodu aby wywołać odpowiednią funkcję należy wybrać przypisany klawisz: q - wyjście z programu, p - narysowanie jak siatka w danej iteracji wygląda, dowolna liczba naturalna - skok do konkretnego kroku.

2 Kod w pythonie

```
1 L = 15 #szerokość macierzy kwadratowej
2 initial_trees = 0.55 #jaki procent początkowo stanowią drzewa w siatce
3 p = 0.01 # prawdopodobieństwo na utworzenie się nowego drzewa w pustym miejscu
4 f = 0.0005 # prawdopodobieństwo na zajęcie się drzewa, nawet jeśli pole sąsiadujące nie jest w ogniu
5
6 try: #test kody w poszukiwaniu błędu
7     raw_input # funkcja która pobiera dane od użytkownika
8
9
10 except: # obsługa błędu
11     raw_input = input
12
13 import random # import biblioteki do generowania liczb losowych
14 tree, burning, space = 'TB.' # przypisanie wartości odpowiednim zmiennym
15 hood = ((-1,-1), (-1,0), (-1,1), #utworzenie macierzy, która przedstawia sąsiedztwo omawianego punktu
16         (0,-1), (0, 1),
17         (1,-1), (1,0), (1,1))
18
19 def initialise():
20     grid = {(x,y): (tree if random.random()<= initial_trees else space)
21            for x in range(L)
22            for y in range(L) } #wypełnienie siatki początkowej ze względu na początkową ilość drzew
23     return grid
24
25 def gprint(grid):
26     txt = '\n'.join(''.join(grid[(x,y)] for x in range(L)) #narysowanie siatki
27                    for y in range(L))
28     print(txt)
29
30 def quickprint(grid):
31     t = b = 0 #wyznaczenie zmiennych, które będziemy iterować - liczba drzew i drzew płonących
32     ll = L * L #całkowita siatka
33     for x in range(L):
34         for y in range(L):
35             if grid[(x,y)] in (tree, burning): #zliczanie jeżeli pole jest drzewem
36                 t += 1
37             if grid[(x,y)] == burning: #zliczanie jeżeli pole jest drzewem płonącym
38                 b += 1
39     print(('of %i cells, %i are trees of which %i are currently burning.' #wypisanie ilości drzew, jaki stanowią %
40           + ' (%.3f%%, %.3f%%)'
41           % (ll, t, b, 100. * t / ll, 100. * b / ll))
42
43
44 def gnew(grid): #tworzenie nowej macierzy, która zajmuje miejsce starej po kolejnym wykonaniu
45     newgrid = {}
46     for x in range(L):
47         for y in range(L):
48             if grid[(x,y)] == burning: #jeżeli punkt w starej macierzy to drzewo płonące to w naszej nowej siatce zamieni się w puste pole
49                 newgrid[(x,y)] = space
50             elif grid[(x,y)] == space: #jeżeli punkt w starej macierzy to puste pole to w nowej siatce może zamienić się w drzewo
51                 newgrid[(x,y)] = tree if random.random()<= p else space
52             elif grid[(x,y)] == tree: #jeżeli punkt w starej macierzy to drzewo to w nowej siatce może się ono zapalić od sąsiada lub
53                 #samoistnie w przeciwnym wypadku pozostaje drzewem
54                 newgrid[(x,y)] = (burning
55                                   if any(grid.get((x+dx,y+dy),space) == burning
56                                           for dx,dy in hood)
57                                   or random.random()<= f
58                                   else tree)
59     return newgrid
60
61 if __name__ == '__main__': # sprawdzenie warunku czy spacjaalna zmienna __name__ jest o wartości __main__
62     grid = initialise() #przypisanie wartości po wykonaniu funkcji initialise()
63     iter = 0 #przypisanie wartości 0 do zmiennej iteracyjnej
64     while True: #petla która będzie się wykonywać ciągle.
65         quickprint(grid) #wypisanie sytuacji (dziś! procentowy poszczególnych typów kratek)
66         inp = raw_input('Print/Quit/Cont/<return> %i: ' % iter).lower().strip() #przypisujemy do zmiennej inp wartość podaną od użytkownika,
67         #która zamienia duże litery na małe i usunę białe znaki
68         if inp: #program czeka na wejście od użytkownika
69             if inp[0] == 'p': #jeżeli użytkownik wpisze p narysuje siatkę
70                 gprint(grid)
71             elif inp.isdigit(): # poniższa część kodu wykonuje się gdy podana wartość przez użytkownika jest liczbą
72                 for i in range(int(inp)): #petla wypisuje stan procentowy zmiennych po każdej iteracji.
73                     iter +=1
74                     grid = gnew(grid)
75                     quickprint(grid)
76             elif inp[0] == 'q': #jesli użytkownik wpisze q wyłączy program
77                 break
78         grid = gnew(grid) #stara siatka jest zastąpiona przez nową
79         iter +=1
```

3 Wnioski

Przykładowy wygląd siatki gdzie: T - drzewo, B - drzewo palące się, . - pusta przestrzeń

```
.....TT...T..TTT
T.TTTT..T.....T
T.TT.TT.T.T..T.
.TT..TT.T..TTTT
T.T.TTT.T.TTT.T
.TTT..TT.T.TT.T
TTTTTT.TTT.TT.T
T.TTTTT..TT.TT.
T.T.T.TTT..TTTT
T.TTTTTTT.TTT..
T..TB..T.T.T.T.
.TTTB.B...T..TT
TTTT.TB.T.T..TT
T.TT.TT.T.T..TT
TT.TT.....TT.
Of 225 cells, 132 are trees of which 10 are
currently burning. (58.667%, 4.444%)
```

Przy rozmiarze macierzy 25x25 oraz prawdopodobieństwu zajęcia się drzewa, nawet pomimo braku palącego się sąsiada jest równe $f=0,00004$ jest szansa na wygaszenie się pożaru co prezentuje poniższy przykład. Zauważyliśmy zależność, że zwiększenie naszej próby tj. rozmiaru siatki wpływa to bardzo niekorzystnie na szanse całkowitego ugaszenia pożaru nawet przy takim samym prawdopodobieństwie samoistnego zapalenia się drzewa. Zwiększenie siatki wiąże się z większą ilością drzew czyli potencjalnie większą ilością dróg rozprzestrzeniania się pożaru.

Of 625 cells, burning. (99.680%,	623 are trees of which 0.000%)	0 are currently
Of 625 cells, burning. (99.680%,	623 are trees of which 0.160%)	1 are currently
Of 625 cells, burning. (99.520%,	622 are trees of which 0.800%)	5 are currently
Of 625 cells, burning. (98.720%,	617 are trees of which 0.960%)	6 are currently
Of 625 cells, burning. (97.760%,	611 are trees of which 1.280%)	8 are currently
Of 625 cells, burning. (96.640%,	604 are trees of which 1.600%)	10 are currently
Of 625 cells, burning. (95.040%,	594 are trees of which 1.920%)	12 are currently
Of 625 cells, burning. (93.600%,	585 are trees of which 2.240%)	14 are currently
Of 625 cells, burning. (91.840%,	574 are trees of which 2.560%)	16 are currently
Of 625 cells, burning. (90.240%,	564 are trees of which 2.880%)	18 are currently
Of 625 cells, burning. (88.800%,	555 are trees of which 3.200%)	20 are currently
Of 625 cells, burning. (86.400%,	540 are trees of which 3.520%)	22 are currently
Of 625 cells, burning. (85.120%,	532 are trees of which 3.840%)	24 are currently
Of 625 cells, burning. (82.560%,	516 are trees of which 4.160%)	26 are currently
Of 625 cells, burning. (79.680%,	498 are trees of which 4.480%)	28 are currently
Of 625 cells, burning. (76.480%,	478 are trees of which 4.800%)	30 are currently
Of 625 cells, burning. (73.600%,	460 are trees of which 5.120%)	32 are currently
Of 625 cells, burning. (70.880%,	443 are trees of which 5.440%)	34 are currently
Of 625 cells, burning. (69.280%,	433 are trees of which 5.760%)	36 are currently
Of 625 cells, burning. (65.120%,	407 are trees of which 6.080%)	38 are currently

burning. (57.120%, 0.000%)		
Of 625 cells, 392 are trees of which 40 are currently		
burning. (62.720%, 6.400%)		
Of 625 cells, 372 are trees of which 42 are currently		
burning. (59.520%, 6.720%)		
Of 625 cells, 352 are trees of which 44 are currently		
burning. (56.320%, 7.040%)		
Of 625 cells, 336 are trees of which 46 are currently		
burning. (53.760%, 7.360%)		
Of 625 cells, 314 are trees of which 48 are currently		
burning. (50.240%, 7.680%)		
Of 625 cells, 304 are trees of which 25 are currently		
burning. (48.640%, 4.000%)		
Of 625 cells, 308 are trees of which 0 are currently		
burning. (49.280%, 0.000%)		
Of 625 cells, 338 are trees of which 0 are currently		
burning. (54.080%, 0.000%)		
Of 625 cells, 372 are trees of which 0 are currently		
burning. (59.520%, 0.000%)		
Of 625 cells, 386 are trees of which 0 are currently		
burning. (61.760%, 0.000%)		
Of 625 cells, 402 are trees of which 0 are currently		
burning. (64.320%, 0.000%)		
Of 625 cells, 432 are trees of which 0 are currently		
burning. (69.120%, 0.000%)		
Of 625 cells, 448 are trees of which 0 are currently		
burning. (71.680%, 0.000%)		
Of 625 cells, 463 are trees of which 0 are currently		
burning. (74.080%, 0.000%)		
Of 625 cells, 478 are trees of which 0 are currently		
burning. (76.480%, 0.000%)		
Of 625 cells, 495 are trees of which 0 are currently		
burning. (79.200%, 0.000%)		
Of 625 cells, 513 are trees of which 0 are currently		
burning. (82.080%, 0.000%)		
Of 625 cells, 527 are trees of which 1 are currently		
burning. (84.320%, 0.160%)		
Of 625 cells, 534 are trees of which 5 are currently		
burning. (85.440%, 0.800%)		

Możemy zauważyć że przy dość niewielkiej zmianie parametru f tj o zwiększenie o 0.0001 nasz las będzie bliski spłonicia w całości. Taka sytuacja jednak nigdy nie następuje - liczba drzew spada do około 10 - 20 po czym ma chwile na regenerację - tworzą się nowe drzewa a żadne z istniejących jeszcze nie płonie. Czym wyższy parametr f tym szybciej "pozostałości" lasu po raz kolejny zaczyna się palić. Wartość też zwrócić uwagę, że niezależnie od wielkości parametru f nie udało nam się osiągnąć liczby 0 drzew.

Of 225 cells, 133 are trees of which currently burning. (59.111%, 7.556%)	17 are
Of 225 cells, 117 are trees of which currently burning. (52.000%, 7.556%)	17 are
Of 225 cells, 101 are trees of which currently burning. (44.889%, 8.889%)	20 are
Of 225 cells, 85 are trees of which currently burning. (37.778%, 10.222%)	23 are
Of 225 cells, 64 are trees of which currently burning. (28.444%, 9.778%)	22 are
Of 225 cells, 45 are trees of which currently burning. (20.000%, 12.889%)	29 are
Of 225 cells, 19 are trees of which currently burning. (8.444%, 2.222%)	5 are
Of 225 cells, 14 are trees of which currently burning. (6.222%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 15 are trees of which currently burning. (6.667%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 20 are trees of which currently burning. (8.889%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 21 are trees of which currently burning. (9.333%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 23 are trees of which currently burning. (10.222%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 24 are trees of which currently burning. (10.667%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 25 are trees of which currently burning. (11.111%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 26 are trees of which currently burning. (11.556%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 28 are trees of which currently burning. (12.444%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 29 are trees of which currently burning. (12.889%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 29 are trees of which currently burning. (12.889%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 32 are trees of which currently burning. (14.222%, 0.000%)	0 are
Of 225 cells, 33 are trees of which currently burning. (14.667%, 0.000%)	0 are

4 Bibliografia

- https://rosettacode.org/wiki/Forest_fire
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Percolation>
- <http://kft.umcs.lublin.pl/baran/epk/modelowanie/perkolacje/perc.pdf>
- Materiały pomocnicze od przewodzącego - Percolation on a 2D lattice.pdf