

Generacja grafów

Sprawozdanie z laboratorium 4 – Piotr Sarna LK1

Cel ćwiczenia

Podczas zajęć zapoznaliśmy się z dwoma algorytmami generującymi macierze sąsiedztwa różnych grafów według danych podanych przez użytkownika. Pierwszy z nich miał za zadanie wygenerować graf w sposób iteracyjny i losowy. Drugi z nich, Algorytm R-MAT (Recursive-Matrix) jak sama nazwa wskazuje wybiera odpowiednie wierzchołki do połączenia krawędzią w sposób rekurencyjny.

Wstęp teoretyczny

Graf to struktura danych składająca się z punktów zwanych „wierzchołkami” oraz linii je łączących zwanych „krawędziami”. Przy pomocy grafu można zwizualizować ścieżki nawigacji w mapach lub siatki znajomości osób na portalach społecznościowych.

Grafy dzielą się na kilka typów:

- Nieskierowane: każda krawędź jest obustronna tj. krawędź między wierzchołkami 1 i 2 to ta sama krawędź co między wierzchołkami 2 i 1.
- Skierowane: krawędzie zachowują się jak droga jednokierunkowa, krawędzie (1, 2) i (2, 1) to dwie różne krawędzie.

- Ważone: krawędzie przyjmują „wagi”, określające np. ich priorytet lub odległość między wierzchołkami.

Istnieje wiele sposobów opisu grafu, my skorzystamy z opisu grafu poprzez kwadratową macierz sąsiedztwa. Wierzchołkiem z którego wychodzi krawędź jest numer wiersza a wierzchołkiem do którego zmierza krawędź jest numer kolumny. Gdy istnieje połączenie między dwoma wierzchołkami, w macierzy sąsiedztwa w odpowiednim miejscu znajduje się cyfra różna od 0. Zero oznacza brak połączenia między dwoma wierzchołkami

Opis algorytmów

1. Algorytm generacji grafu losowego

Algorytm na wejściu przyjmuje następujące argumenty: liczba węzłów, liczba krawędzi, określenie czy graf jest skierowany oraz czy jest ważony. Cały proces jest powtarzany do momentu utworzenia odpowiedniej ilości krawędzi grafu. Algorytm losuje dwie wartości, będące współrzędnymi w macierzy sąsiedztwa. Jeśli graf jest ważony a na wybranej pozycji w macierzy jest wartość 0, losowana jest waga dla danej krawędzi. W przeciwnym wypadku wpisywana jest wartość 1. Jeśli graf jest nieskierowany, to ta sama wartość zostaje umieszczona po odwrotnej stronie macierzy. Po utworzeniu grafu w losowy sposób wypisuje go na ekranie.

Zapis algorytmu w pseudokodzie:

```
Zasada postępowania;  
powtarzaj:  
    wybierz parę węzłów i, j i jeśli nie istnieją krawędzie (i, j) to ją utwórz zgodnie z typem grafu  
dopóki nie osiągnięto wymaganej liczby krawędzi
```

Prezentacja działania mojej implementacji w C++

```
Konsola debugowania programu Microsoft Visual Studio  
Generacja grafow  
1. Algorytm generacji grafu losowego  
2. Algorytm R-MAT  
Wybierz algorytm:  
1  
Podaj ilosc wierzchołkow:  
10  
Podaj ilosc krawedzi:  
15  
Czy graf ma byc skierowany? Wpisz 1 jesli tak, 0 jesli nie:  
0  
Czy graf ma byc wazony? Wpisz 1 jesli tak, 0 jesli nie:  
1  
0 0 0 0 0 2 0 0 0 8  
0 0 3 0 0 8 0 9 0 2  
0 3 0 9 0 0 0 0 0 0  
0 0 9 0 6 4 1 0 0 4  
0 0 0 6 0 0 0 0 0 0  
2 8 0 4 0 0 5 4 0 0  
0 0 0 1 0 5 0 0 0 0  
0 9 0 0 0 4 0 0 1 4  
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0  
8 2 0 4 0 0 0 4 0 0
```

2. Algorytm R-MAT

Drugim podejściem do utworzenia macierzy sąsiedztwa grafu jest algorytm R-MAT. Użytkownik na wejściu m.in. podaje ilość wierzchołków grafu „N”. Co ważne „N” musi być potęgą liczby 2. Następnie algorytm samemu oblicza ilość krawędzi do utworzenia na podstawie gęstości grafu, czyli stosunku liczby krawędzi do liczby wszystkich możliwych do utworzenia krawędzi. Następnie algorytm losuje ćwiartki kwadratowej macierzy sąsiedztwa na podstawie prawdopodobieństwa wylosowania każdej ze ćwiartek podanego przez użytkownika.

Ćwiartki te są coraz mniejsze i pomniejszają się do momentu, gdy ćwiartką będzie pojedynczy element w macierzy sąsiedztwa. Następnie zawartość tej macierzy jest ustawiana w analogiczny sposób co w poprzednim algorytmie, zgodnie z typem generowanego grafu.

Zapis algorytmu w pseudokodzie:

```
powtarzaj:
  p ustaw jako N
  ustaw wartości początkowe w i k
  powtarza:
    zmniejsz p o połowę
    wybierz losowo kwadrat a, b, c, lub d i odpowiednio zmień ustawienia w i k
  dopóki p nie osiągnie 1
  wstaw krawędzi zgodnie z typem grafu
dopóki nie osiągnięto wymaganej liczby krawędzi
```

Wyznaczenie określonego kwadratu można oprzeć na 'współrzędnych' w i k oraz p (w pierwszej iteracji $p = N/2$), w następujący sposób:

- dla kwadratu a nie ulegają zmianie,
- dla kwadratu b - kolumna zmienia się o p
- dla kwadratu c - wiersz zmienia się o p
- dla kwadratu d - wiersz i kolumna zmienia się o p

Prezentacja działania mojej implementacji w C++

```
15:11.4
Konsola debugowania programu Microsoft Visual Studio

Generacja grafow
1. Algorytm generacji grafu losowego
2. Algorytm R-MAT
Wybierz algorytm:
2
Podaj ilosc wierzchołkow:
16
Podaj a:
0.35
Podaj b:
0.4
Podaj c:
0.1
Podaj d:
0.15
Podaj gestosc grafu:
0.8
Czy graf ma byc skierowany? Wpisz 1 jesli tak, 0 jesli nie:
0
Czy graf ma byc wazony? Wpisz 1 jesli tak, 0 jesli nie:
1
0 14 13 0 0 7 3 12 7 1 7 2 9 16 13 11
14 14 1 2 0 4 13 0 0 0 5 8 9 0 4 13
13 1 0 2 11 0 3 2 0 10 0 9 11 13 0 2
0 2 2 0 0 5 0 0 0 0 11 0 0 11 6 0
0 0 11 0 6 13 9 0 0 11 10 10 0 0 0 0
7 4 0 5 13 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 3
3 13 3 0 9 0 0 11 0 0 0 0 13 0 0 0
12 0 2 0 0 0 11 0 0 0 0 1 5 0 9 0
7 0 0 0 0 0 0 0 7 1 2 1 0 16 8 7
1 0 10 0 11 0 0 0 1 0 10 0 0 0 0 0
7 5 0 11 10 0 0 0 2 10 0 16 0 10 0 0
2 8 9 0 10 1 0 1 1 0 16 0 0 4 0 0
9 9 11 0 0 0 13 5 0 0 0 0 0 0 0 0
16 0 13 11 0 0 0 0 16 0 10 4 0 0 0 10
13 4 0 6 0 0 0 9 8 0 0 0 0 0 0 0
11 13 2 0 0 3 0 0 7 0 0 0 0 10 0 0
```

Wnioski

Grafy można zapisywać za pomocą macierzy sąsiedztwa, a ich losowe utworzenie może przebiegać w sposób iteracyjny lub rekurencyjny. Poznane algorytmy tracą na wydajności poprzez element losowego wybierania koordynatów komórek w macierzy sąsiedztwa, co może doprowadzić do wielokrotnego wyboru tej samej komórki i spowolnić program, jednak z reguły ich złożoność obliczeniowa jest bardzo dobra i porównywalna do liniowego $O(n)$.

Bibliografia

<https://www.geeksforgeeks.org/how-to-declare-a-2d-array-dynamically-in-c-using-new-operator/>

<https://stackoverflow.com/questions/7560114/random-number-c-in-some-range>