

Dokumentacja funkcjonalna: Dzielenie grafów

Michał Kozak, Jakub Lipiński

10.03.2025

1 Cel projektu

Celem projektu jest opracowanie oprogramowania w języku C umożliwiającego efektywny podział grafu na określona liczbę części zgodnie z zadanymi kryteriami. Aplikacja będzie działać jako narzędzie uruchamiane z linii poleceń, przyjmując wszystkie parametry wejściowe jako argumenty programu.

Podział grafu ma minimalizować liczbę przeciętych krawędzi oraz zapewniać względną równomierność rozkładu wierzchołków w każdej części. Dane wejściowe i wyniki działania programu będą zapisywane w pliku tekstowym lub binarnym, umożliwiając ich ponowne wykorzystanie w kolejnych operacjach.

2 Opis funkcji udostępnianych przez program

2.1 Wczytywanie grafu z pliku

- Program przyjmuje graf wejściowy zapisany w formacie tekstowym.
- Plik wejściowy zawiera listę wierzchołków i krawędzi opisujących strukturę grafu.
- Obsługa błędnych lub niekompletnych danych wejściowych.

2.2 Podział grafu na określona liczbę części

- Użytkownik określa liczbę części, na które graf ma zostać podzielony.
- Domyślnie graf dzielony jest na 2 części, jeśli użytkownik nie poda innej wartości.
- Program zapewnia, że liczba wierzchołków w poszczególnych częściach nie różni się o więcej niż zadany margines procentowy (domyślnie 10).
- Podział minimalizuje liczbę przeciętych krawędzi.

2.3 Obsługa parametrów z linii poleceń

- Wszystkie opcje programu są konfigurowane poprzez argumenty przekazywane w linii poleceń.
- Użytkownik może określić m.in. ścieżkę do pliku wejściowego, liczbę części oraz dopuszczalny margines różnicy w liczbie wierzchołków.

2.4 Zapisywanie wyników do pliku

- Program umożliwia zapis wyników działania w formacie tekstowym

3 Dane wejściowe:

Dane wejściowe to plik, który zawiera 5 linii. Pierwsze trzy linie opisują położenie poszczególnych wierzchołków w przestrzeni dwuwymiarowej jako postać macierzową. Dwie ostatnie linijki opisują zależności pomiędzy danymi wierzchołkami.

Szczegółowe znaczenia każdej linijki:

1. Maksymalna wielkość wiersza w macierzy. Czyli maksymalna liczba kolumn, która nie zawsze jest równa liczbie maksymalnej a jedynie mniejsza bądź równa.
2. Każda kolejna liczba oznacza kolejny węzeł (wierzchołek), a wartość liczby oznacza indeks wiersza, w którym dany węzeł będzie się znajdował (czyli w której kolumnie, licząc od 0). Ilość wszystkich liczb w tej linii oznacza ilość węzłów (wierzchołków).
3. Każde po kolei dwie liczby oznaczają zakres w którym znajdują się indeksy (czyli numerki kolumn) dla kolejnych wierszy macierzy. Ilość $- 1$ oznacza liczbę ogólną wierszy w macierzy.
4. Węzły są zapisane w grupach, gdzie każda grupa reprezentuje zbiór węzłów należących do jednego fragmentu grafu.
5. (opcjonalnie także 6, 7, ... (kolejna)) Oznaczają wskaźniki na pierwszą pozycję węzła (wierzchołka) dla każdej grupy w liście krawędzi z punktu 4.

4 Argumenty wywołania programu

Flaga	Argument	Opis
-i	[plik_wejsciowy]	Ścieżka do pliku tekstowego zawierającego definicje grafu. Wymagane.
-o	[plik_wyjsciowy]	Ścieżka do pliku wynikowego. Wymagane.
-p	[liczba_cześci]	Liczba części, na które ma zostać podzielony graf. Wymagane, domyślnie 2.
-m	[margines]	Maksymalna dopuszczalna różnica procentowa w liczbie wierzchołków między częściami. Opcjonalne, domyślnie 10%.
-h	(brak)	Wyświetla pomoc i kończy działanie programu.

5 Dane wyjściowe

Wynikiem działania programu będzie podział grafu na zadana liczbe części zgodnie z określonymi kryteriami. Program zwróci informacje o podziale, w tym przypisanie wierzchołków do poszczególnych części oraz liczbe przeciętych krawędzi. Dodatkowo uwzględni statystyki dotyczące równomierności podziału, czyli procentowa różnica w liczbie wierzchołków między największą a najmniejszą częścią.

5.1 Przykład

Polecenie:

```
./program -i graph.txt -o result.txt -p 2 -m 10
```

5.1.1 Plik wejściowy (graph.txt)

4

0;1;3;2;3;0;1;1;2;3

0;3;5;7

0;1;5;3;2;5;8;6;4;6;7;5;8;6;9;7;9

0;4;8;11;13;15

5.1.2 Plik wyjściowy (result.txt)

4

0;1;3;2;3;0;1;1;2;3

0;3;5;7

[PUSTY WIERSZ]

0;1;5;3;5;8

0;4

[PUSTY WIERSZ]

2;6;6;4;9;4;7

0;2;5

5.2 Krótki opis pliku wyjściowego:

Pierwsze trzy linijki bez zmian, tak samo jak w wejściowym. Kolejne linijki po pustym wierszu oznaczają podzielone grafy oraz zależności pomiędzy nimi dokładanie takie samo jak 4 i 5 linijka z pliku wejściowego.

6 Teoria

6.1 Algorytm BFS

Algorytm BFS (Breadth-First Search) to metoda przeszukiwania grafu, która eksploruje go poziomami – najpierw odwiedzając wszystkie wierzchołki na danym poziomie, zanim przejdzie do kolejnego. BFS działa na zasadzie kolejki: zaczynamy od wybranego wężła startowego, oznaczamy go jako odwiedzony i dodajemy do kolejki. Następnie pobieramy pierwszy element z kolejki, sprawdzamy jego sąsiadów i jeśli nie byli jeszcze odwiedzani, dodajemy ich do kolejki i oznaczamy jako odwiedzonych. Proces ten powtarzamy, aż kolejka stanie się pusta, co oznacza, że odwiedziliśmy wszystkie możliwe wierzchołki dostępne z punktu startowego.

Algorytm ten ma złożoność $O(V + E)$, gdzie V to liczba wierzchołków, a E liczba krawędzi. Działa efektywnie na grafach rzadkich i pozwala m.in. na znalezienie najkrótszej ścieżki w grafie nieskierowanym, sprawdzanie spójności grafu, a także podział grafu na mniejsze regiony. W kontekście naszego projektu BFS może być używany do analizy struktury połączeń oraz podziału dużego grafu na mniejsze, łatwiejsze do przetwarzania fragmenty, co pozwala na optymalizację obliczeń i lepszą organizację danych.

7 Komunikaty błędów

Numer błędu	Opis sytuacji i komunikat błędu
1	Błędna liczba argumentów w linii poleceń: "Błąd: Nieprawidłowa liczba argumentów. Proszę podać wszystkie wymagane argumenty."
2	Zła wartość liczby części: "Błąd: Liczba części musi być liczba całkowita większa od 0 i mniejsza lub równa liczbie wierzchołków."
3	Zły margines procentowy: "Błąd: Margines procentowy musi być liczba całkowita w przedziale od 0 do 100."
4	Błędny format pliku wejściowego: "Błąd: Plik wejściowy nie jest w poprawnym formacie."
5	Plik wejściowy nie istnieje: "Błąd: Nie znaleziono pliku wejściowego."
6	Błędna wartość w pliku wejściowym: "Błąd: Plik wejściowy zawiera błędne dane."
7	Nieprawidłowa opcja flagi: "Błąd: Nieznana flaga lub opcja w linii poleceń."
8	Błąd zapisu do pliku wynikowego: "Błąd: Nie udało się zapisać pliku wynikowego."
9	Niedostateczna liczba wierzchołków: "Błąd: Graf ma zbyt mało wierzchołków, aby wykonać podział."