

Rozważmy obraz monochromatyczny w formacie ASCII PGM (Portable Gray Map) reprezentowany jako macierz o wymiarach  $n \times m$ , w którym każdy element jest liczbą całkowitą z zakresu od 0 do 255. Zaimplementuj oparty na wątkach program generujący współbieżnie negatyw obrazu podanego na wejściu. Przez negatyw rozumiemy obraz w którym wartość piksela  $ij$  wyznaczana jest jako  $255 - p$  gdzie  $p$  to wartość tego piksela w obrazie wejściowym

Program należy zaimplementować w dwóch wariantach ze względu na podział zadania:

**Wariant 1:** Każdy wątek wyznacza wartości pikseli obrazu wyjściowego tylko dla tych pikseli obrazu wejściowego które przyjmują wartości z określonego zbioru/przedziału wartości. Zbiór liczb dla wątku można przydzielić w dowolny sposób, ale taki, by każdy wątek dostał inne liczby i zadanie było podzielone równo na wszystkie wątki. (50%)

**Wariant 2:** Podział blokowy –  $k$ -ty wątek oblicza wartości pikseli w pionowym pasku o współrzędnych  $x$ -owych w przedziale od  $(k-1) \cdot \text{ceil}(N/m)$  do  $k \cdot \text{ceil}(N/m) - 1$ , gdzie  $N$  to szerokość obrazu wejściowego a  $m$  to liczba stworzonych wątków. (30%)

Program przyjmuje następujące argumenty:

1. liczbę wątków,
2. sposób podziału obrazu pomiędzy wątki, t.j. jedną z dwóch opcji: numbers / block
3. nazwę pliku z wejściowym obrazem,
4. nazwę pliku wynikowego.

Po wczytaniu danych (wejściowy obraz) wątek główny tworzy tyle nowych wątków, ile zażądano w argumencie wywołania. Utworzone wątki równolegle wyznaczają wartości pikseli obrazu wyjściowego. Każdy stworzony wątek odpowiada za wygenerowanie części tego obrazu. Po wykonaniu obliczeń wątek kończy pracę i zwraca jako wynik (patrz `pthread_exit`) czas rzeczywisty spędzony na tworzeniu przydzielonej mu części wyjściowego obrazu.

Po zakończeniu pracy przez wszystkie stworzone wątki, wątek główny zapisuje powstały obraz do pliku wynikowego i wypisuje na ekranie czas rzeczywisty spędzony na wykonaniu zadania (z dokładnością do mikrosekund). W czasie całkowitym należy uwzględnić narzut związany z utworzeniem i zakończeniem wątków (ale bez czasu operacji wejścia/wyjścia).

Wykonaj pomiary czasu operacji w zależności od:

1. Stosunku rozmiaru obrazu do liczby wątków (przy czym uwzględnij przynajmniej następującą liczbę wątków: 1,2,4,8,16)
2. metody podziału zadania na podzadania

Wyniki (czasy dla każdego wątku oraz całkowity czas wykonania zadania w zależności od wariantu) zamieść w pliku `Times.txt` i dołącz wraz z komentarzem do archiwum z rozwiązaniem zadania (20%).

Format wejścia-wyjścia

Program powinien odczytywać i zapisywać obrazy w formacie ASCII PGM (Portable Gray Map). Pliki w tym formacie mają nagłówek postaci:

P2  
W H  
M  
....

gdzie:  $W$  to szerokość obrazu w pikselach,  $H$  to wysokość obrazu w pikselach a  $M$  to maksymalna wartość piksela. Zakładamy, że obsługujemy jedynie obrazy w 256 odcieniach szarości: od 0 do 255 (a więc  $M=255$ ). Po nagłówku, w pliku powinno być zapisanych  $W \cdot H$  liczb całkowitych reprezentujących wartości kolejnych pikseli. Liczby rozdzielone są białymi znakami (np. spacją). Piksele odczytywane są wierszami, w kolejności od lewego górnego do prawego dolnego rogu obrazu.

Przykładowe obrazy w formacie ASCII PGM (jak również opis formatu) można znaleźć pod

adresem: <http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/data/pgma/pgma.html>