

1. Implementacje macierzy / tablic 2D

1 Macierz zapisywana jako zlinearyzowana tablica dwuwymiarowa

1.1 Macierz prostokątna zapisywana w tablicy definiowanej jako 2D, ale przekazywana do funkcji jak tablica 1D

Szablon programu należy uzupełnić o definicję funkcji `prod_mat()`, która oblicza iloczyn macierzy korzystając z dwóch pomocniczych funkcji `get()` i `set()`, które obliczają adres każdego elementu macierzy na podstawie numerów wiersza i kolumny oraz liczby kolumn.

Informacje o adresach macierzy (dokładniej — początkowych ich elementów) jest przekazywana do każdej z tych funkcji jako parametr typu `int*`.

- **Wejście**

```
1
rows cols (liczba wierszy i kolumn 1. macierzy),
elementy 1. macierzy,
rows cols (liczba wierszy i kolumn 2. macierzy),
elementy 2. macierzy.
```

- **Wyjście**

```
elementy iloczynu macierzy.
```

- **Przykład**

```
Wejście:
```

```
1
2 3
1 2 3
4 5 6
3 2
10 20
30 40
50 60
```

```
Wyjście:
```

```
220 280
490 640
```

2 Tablica 2D o wierszach różnej długości – implementacja za pomocą tablicy wskaźników do początkowych elementów wierszy umieszczonych w ciągłym obszarze pamięci

Wiersze tablicy mają być wczytywane ze strumienia wejściowego – dla uproszczenia – z klawiatury. Założenia dotyczące danych w strumieniu wejściowym:

- Każdy ciąg liczbowy jest w linii (rekordzie) zakończonym znakiem nowej linii.
- W każdej linii są tylko liczby - liczba liczb jest dowolna, ale nie mniejsza niż 1.
- Liczby (w systemie dziesiętnym) są w postaci stałych całkowitych, oddzielone spacjami.

2.1 Tablica z wierszami typu numerycznego

Szablon programu należy uzupełnić o definicję funkcji

1. `read_int_lines_cont()`, która wczytuje linie (rekordy) zawierające ciągi liczb (ciągi o różnej liczebności) i zapisuje w postaci numerycznej (nie znakowej) do ciągłego obszaru pamięci. Adresy początkowego elementu każdego wiersza zapisuje w tablicy wskaźników przesyłanej pierwszym parametrem. Funkcja zwraca liczbę wczytanych linii.
2. `write_int_line_cont()`, która wypisuje wybrany wiersz tablicy.

- **Wejście**

2

numer wiersza, który ma być wyprowadzony (licząc od 1)

liczby wiersza 1.

liczby wiersza 2.

...

- **Wyjście**

elementy wskazanego wiersza tablicy.

- **Przykład**

Wejście:

2

2

2 3 1 -5

1 2 3

0 -5

Wyjście:

1 2 3

3 Tablica 2D o wierszach różnej długości – implementacja za pomocą tablicy wskaźników do początkowych elementów wierszy umieszczonych w odrębnych obszarach pamięci

Funkcje korzystają z dynamicznego przydziału pamięci.

3.1 Tablica z wierszami typu znakowego

Linie zawierające ciągi znaków ASCII są wczytywane ze strumienia wejściowego i zapisywane do obszarów pamięci przydzielanych dynamicznie funkcją `malloc()`.

Szablon programu należy uzupełnić o definicję funkcji

1. `read_char_lines()`, która wczytuje linie (rekordy) zawierające ciągi znaków. Każdy ciąg jest uzupełniany znakiem końca łańcucha i jest zapisywany do przydzielonej pamięci. Adresy początkowego elementu każdego wiersza zapisuje w tablicy wskaźników przesyłanej pierwszym parametrem. Funkcja zwraca liczbę wczytanych linii.
2. `write_char_line()`, która wypisuje wybrany wiersz tablicy.

- **Wejście**

```
3
numer wiersza, który ma być wyprowadzony (licząc od 1)
znaki wiersza 1.
znaki wiersza 2.
...
```

- **Wyjście**

elementy wskazanego wiersza tablicy.

- **Przykład**

Wejście:

```
3
2
To jest wiersz 1,
a to drugi.
Trzeciego nie ma.
```

Wyjście:

```
a to drugi.
```

4 Tablica z wierszami typu numerycznego

W szablonie programu znajduje się deklaracja struktury `line` opisującej pojedynczy wiersz tablicy: adres pierwszego elementu wiersza, liczbę elementów wiersza oraz średnią arytmetyczną tych elementów. Definicja tablicy tych struktur jest zdefiniowana w segmencie głównym.

Szablon programu należy uzupełnić o definicję funkcji

1. `read_int_lines()`, która wczytuje linie (rekordy) zawierające ciągi liczb (ciągi o różnej liczbie elementów), każdy ciąg jest zapisywany w postaci numerycznej (nie znakowej) do obszaru pamięci przydzielanej funkcją `malloc()`. Adresy przydzielanej pamięci, liczbę elementów wiersza oraz średnią arytmetyczną jego elementów zapisuje w tablicy struktur przesyłanej pierwszym parametrem. Funkcja zwraca liczbę wczytanych linii.
2. `sort_by_average()`, która przy użyciu funkcji `qsort()` sortuje wiersze tablicy wg rosnącej średniej elementów.
3. `write_int_line()`, która wypisuje wybrany posortowanej wiersz tablicy.

- **Wejście**

4
numer wiersza, (w kolejności rosnącej średniej) który ma być wyprowadzony (licząc od 1)
liczby wiersza 1
liczby wiersza 2
...

- **Wyjście**

elementy wskazanego wiersza tablicy
średnia arytmetyczna elementów tego wiersza

- **Przykład**

Wejście:

4
2
1 2 3 4 5
-1 2
8
12 3 1

Wyjście:

1 2 3 4 5
3.00

5 Macierze rzadkie: format skompresowanych wierszy (*Compressed sparse row, CSR*)

Użyteczny link: https://en.wikipedia.org/wiki/Sparse_matrix

5.1 format CSR

W formacie CSR macierz rzadka $M_{m \times n}$ jest reprezentowana w pamięci przy pomocy trzech wektorów: V , C (o długości N - liczba niezerowych elementów macierzy), oraz R (o długości $m + 1$).

Wektory te zawierają odpowiednio:

1. Wartości niezerowych elementów macierzy ułożone wierszami (wektor V).
2. Indeksy kolumn (wektor C , C_i jest indeksem kolumny, w której znajduje się element V_i).
3. Zakresy wierszy (wektor R , R_j jest całkowitą liczbą niezerowych elementów powyżej wiersza j , oznacza to, że zawsze $R_0 = 0$ i $R_m = N$).

Przykład:

Macierz $M_{4 \times 4}$ z pięcioma niezerowymi elementami

$$\begin{pmatrix} 5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 5 & 0 & 7 \end{pmatrix}$$

można przedstawić jako:

$$\begin{aligned} V &= [5 \ 8 \ 3 \ 5 \ 7] \\ C &= [0 \ 1 \ 2 \ 1 \ 3] \\ R &= [0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 5] \end{aligned}$$

Aby “rozpakować” i -ty wiersz, definiujemy $b_i = R_i$ i $e_i = R_{i+1}$ a następnie dla wszystkich elementów j , $b_i \leq j < e_i$ wstawiamy wartość V_j do kolumny C_j .

Aby rozpakować wiersz $i = 1$ (drugi wiersz), bierzemy $b_1 = R_1 = 1$ i $e_1 = R_2 = 2$. Czyli dla $j = 1$ mamy $V_1 = 8$ i $C_1 = 1$ co oznacza, że w wierszu o indeksie 1 mamy jeden niezerowy element (j przyjmuje tylko jedną wartość) o wartości 8 w kolumnie 1.

Format CSR jest bardzo wygodny do implementacji algorytmu mnożenia macierzy rzadkiej przez wektor x . Ponieważ w mnożeniu uwzględniamy tylko elementy o niezerowych wartościach, algorytm można zapisać w postaci:

```
for  $i \in \{1, 2, \dots, m - 1\}$  do
   $y_i = 0$ 
  for  $j \in \{R_i, \dots, R_{i+1} - 1\}$  do
     $y_i = y_i + V_j \times x_{C_j}$ 
  end for
end for
```

Szablon programu należy uzupełnić o definicję funkcji:

1. `read_sparse()`, która wczytuje linie zawierające trójki liczb całkowitych. Pierwsze dwie liczby są odpowiednio numerem wiersza i kolumny elementu macierzy, a trzecia stanowi jego wartość. Funkcja zwraca liczbę wczytanych trójek.
2. `make_CSR()`, która na podstawie wczytanych trójek generuje trzy wektory odpowiadające formatowi CSR.
3. `multiply_by_vector()`, która mnoży macierz rzadką w formacie CSR przez zadany wektor x .
4. `write_vector()`, która wypisuje wektor liczb całkowitych.

- **Wejście**

5

m n – liczba wierszy i kolumn macierzy

N – liczba elementów macierzy o niezerowych wartościach

N trójek wiersz, kolumna, wartość

i_0 j_0 v_0

i_1 j_1 v_1

...

n liczb całkowitych - wartości elementów wektora x

- **Wyjście**

elementy wektora V

elementy wektora C

elementy wektora R

elementy wektora $y = Mx$

- **Przykład**

Wejście:

5

4 4

5

2 2 3

3 1 5

0 0 5

3 3 7

1 1 8

1 2 3 4

Wyjście:

5 8 3 5 7

0 1 2 1 3

0 1 2 3 5

5 16 9 38