Съдържание

STL контейнери, адаптери и алгоритми

STL е съкращение от Standart Template Library. Той е част от стандартната C++ библиотека и множество алгортми, структури от данни и някои инструменти, които значително могат да ускорят писането на състезателни задачи.

Контейнери и адаптери

Клас “string”

Класът **string**, дефиниран в библиотеката <**string**>, е един от най-силните елементи на STL. Той предотставя удобен начин за работа със символни низове, като ни спестява много усилия.

Започваме с това, че в него са предефинирани операторите **=**, **+=** и **[]**. Благодарение на това следният код е абсолютно коректен:

```
string a = "alabala";
cout<<a<<endl;
a += "_suffix";
cout<<a<<endl;
cout<<a[3]<<endl;
```

Важно е да се отбележи, че символите в **string** са индексирани от 0! Можем да сравняваме два стринга с <, ==, >, като казваме че a < b, ако a е лексикографски преди b. В следния пример са показани други полезни член фукнции на класа **string**.

```
string a = "alabala!!!";
printf("%d\n", a.empty());
printf("%d\n", a.length()); // дължината на a

a.erase(4, 3);     // трие три символа от a, започвайки от позиция 3
printf("%s\n", a.c_str());

a.erase(5);  // трие всички символи в a,от позиция 5 нататък
printf("%s\n", a.c_str());
cout<<a.find("lab")<<endl;  // връща индекса на първото срещане на "lab" в a
                                        // Ако няма такова - връща
константата string::npos
a.insert(4, "ala");     // вкарва низа "ala" в a на позиция 4
printf("%s\n", a.c_str());
a.replace(3, 2, "ffff"); // заменя 2 символа в a, започващи от позиция 3, с
низа "ffff"

printf("%s\n", a.c_str());
printf("%s\n", a.substr(1, 3).c_str());

getline(cin, a);  // чете ред от cin
```

```
printf("%s\n", a.c_str());
cin>>a;     // чете дума от cin

printf("%s\n", a.c_str());
```

Клас "bitset"

Класа „bitset" предоставя много ефикасен начин за съхранение на битове (1, 0, true или false).

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <bitset>
using namespace std;

int main ()
{
      bitset<4> first (string("1001"));   // initialize from string
      bitset<4> second (string("0011"));  // initialize from string

      cout << (first^=second) << endl;  // 1010 (XOR,assign)
      cout << (first&=second) << endl;  // 0010 (AND,assign)
      cout << (first|=second) << endl;  // 0011 (OR,assign)

      cout << (first<<=2) << endl;      // 1100 (SHL,assign)
      cout << (first>>=1) << endl;      // 0110 (SHR,assign)

      cout << (~second) << endl;        // 1100 (NOT)
      cout << (second<<1) << endl;      // 0110 (SHL)
      cout << (second>>1) << endl;      // 0001 (SHR)

      cout << (first==second) << endl;  // false (0110==0011)
      cout << (first!=second) << endl;  // true  (0110!=0011)

      cout << (first&second) << endl;   // 0010
      cout << (first|second) << endl;   // 0111
      cout << (first^second) << endl;   // 0101

      cout<< first.to_ulong() << endl;    // 6
      cout<< second.to_ulong() << endl;   // 3

      bitset<10> third (155); // initialize from long
      cout<< third.to_string() << endl; // 0010011011

      cout<< third.count() << endl; // number of 1
      cout<< third.size() - third.count() << endl; // number of 0

      // flips only the bit at position pos
      cout << third.flip(2) << endl;     // 0010011111

      //changes all 0s for 1s and all 1s for 0s.
      cout << third.flip() << endl;      // 1101100000
```

```
        //convert to unsigned long integer
        cout << third.to_ulong() << endl;

        //resets all the bits in the bitset (sets al bits to 0).
        third.reset();
        cout << third.to_string() << endl; // 0000000000

        //sets (to 1) all the bits in the bitset.
        cout << third.set() << endl;       // 1111111111

        //The parameterized version, stores val as the
        //new value for bit at position pos.
        cout << third.set(2,0) << endl;    // 1111111011
        cout << third.set(2) << endl;      // 1111111111

        return 0;
}
```

Клас "pair"

Често в различни задачи се налага да дефинираме собствени структури. Като например

```
struct point { double x, y; };
struct edge { int from, to, cost; };
struct product { string name; int amount; };
```

В случаите, в които структурата ни ще се състои от 2 полета, можем да избегнем дефинирането й като използваме **pair**. Ето как би изглеждало това:

```
pair <double, double> point;
pair <string, int> product;
```

Разбира се може да използваме **pair** и когато структурата се състои от повече от 2 полета, но това може да усложни по-нататъшния ни код. Ето как би изглеждала структурата edge:

```
pair< pair<int, int>, int> edge;
```

Класът **pair** предоставя две член променливи с публичен достъп, съответно именувани **first** и **second**. Пример за използване на **pair** е:

```
pair <string, int> product;
product.first = "alabala";
product.second = 54;
printf("%s %d\n", product.first.c_str(), product.second);
```

Удобен начин за конструиране на **pair** е функцията ***make_pair***. Използвайки я, горния код би изглеждал така:

```
pair <string, int> product = make_pair("alabala", 54);
printf("%s %d\n", product.first.c_str(), product.second);
```

Важно е да се отбележи, че в **pair** са предефинирани операторите **<**, ==, **>**, както и операторът за присвояване **=**. Сравнението се извършва първо по полето **first** и ако стойностите в него са равни - по полето **second**. Т.е. ако имаме:

```
pair <string,int> a = make_pair("b", 3);
pair <string,int> b = make_pair("a", 1);
pair <string,int> c = make_pair("b", 3);
pair <string,int> d = make_pair("a", 2);
```

то изразът *(b < d) && (d < a) && (a == c)* ще има стойност *true*.

За да можем да използваме **pair** в програмата си трябва да включим библиотеката, в която е дефиниран, както и именуваното пространство **std**:

```
#include <algorithm>
using namespace std;
```

Resizable Array a.k.a. Vector: C++ STL <vector> (Java ArrayList)

Един обект **vector** е подобен на масив по това, че осигурява произволен достъп до елементите поставени в поредица. За разлика от традиционния масив един обект **vector** (по време на работа) може да променя размерите си динамично, така че да поддържа произволен брой елементи. Един обект **vector** може бързо да вмъкне или отстрани елементи от края на неговата последователност, но вмъкването или отстраняването на друга позиция не е толкова ефикасно. Това е така, защото обектът **vector** трябва да премести позициите на елементите, за да настани новия елемент или да затвори мястото, оставено от отстраненият елемент. Достъпът до елементите на вектор се осъществява чрез итератори. Дефиницията на шаблона за клас **vector** се съдържа във файла "vector" (#include <vector>).

Конструиране на **vector**:

```
vector<int> first;                                // empty vector of ints
vector<int> second (4);                           // four ints
vector<int> second (4,100);                       // four ints with value 100
vector<int> third (second.begin(),second.end());  // iterating through second
vector<int> fourth (third);                       // a copy of third
```

Да разгледаме пример, за конструиране на **vector**, използвайки първия конструктор:

```
vector <int> a;
for (int i = 0; i < n; i++)
{
      scanf("%d", &a[i]);
      a.push_back(tmp);
}
for (int i = 0; i < n; i++)
      printf("%d ", a[i]);
```

Както и с втория конструктор:

```
vector <int> a(n);
for (int i = 0; i < n; i++)
      scanf("%d", &a[i]);
for (int i = 0; i < n; i++)
      printf("%d ", a[i]);
```

По-добре е да се използва втория вариант, понеже още в самото начало ще бъде заделена необходимата памет и няма да има допълнителни заделяния при извикване на ***push_back***, както е случая при първия вариант. Това е така, понеже процесът по алокиране и заделяне на динамична памет е забележимо бавен, а тази операция се изпълнява всеки път, когато се промяна размера на вектора. От това програмата ни става доста по-бавна.

Въобще, ако в даден момент знаем точния брой на елементите, които нашият вектор ще трябва да съдържа, добра практика е да използваме конструктор със задаване на този брой или да викаме метода ***resize***, ако векторът е вече конструиран.

Шаблонът за клас **vector** дефинира пълно множество от оператори в това число и оператора за сравняване. Една програма може да определи дали два вектора са равни и кой е по-голям или по малък от друг. За равни вектори се смятат 2 вектора с равен брой елементи и еднакви елементи.

```
#include <stdio.h>
#include <vector>
using namespace std;

vector<int> a (10, -1); // 10 ints with value -1
vector<int> b (20); // 20 ints

void print()
{
      for(int i = 0;i < (int)a.size();i++)
            printf("%d ", a[i]);
      printf("\n");
}

int main()
{
      for(int i = 0;i < 20;i++)
            b[i] = i;

      print(); // -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1

      //~~~~ ASSIGN ~~~
      //Assigns new content to the vector object, dropping all the elements
      //contained in the vector before the call and replacing them by those
      //specified by the parameters:
      a.assign (5, 0);  // a repetition 5 times of value 0
      print(); // 0 0 0 0 0
```

```
int arr[] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7};
a.assign (arr + 3, arr + 6);// assigning from array.
print(); // 4 5 6

a.assign (b.begin() + 5, b.end() - 10);// assigning from other vector.
print(); // 5 6 7 8 9

//~~~~ BACK ~~~
//A reference to the last element in the vector.
while (a.back() != 0)
{
	a.push_back(a.back() -1);
}
print(); //5 6 7 8 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

//~~~~ BEGIN ~~~
//Returns an iterator referring to the first element in the vector.
vector<int>::iterator begin = a.begin();
printf("%d\n", *begin); // 5

//~~~~ END ~~~
//Returns an iterator referring to the past-the-end element
for(; begin < a.end(); begin++)
	printf("%d ", *begin); //5 6 7 8 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

//~~~~ CAPACITY ~~~
//Return size of allocated storage capacity
printf("\ncapacity: %d\n", a.capacity());

//~~~~ CLEAR ~~~
//Clear content
//All the elements of the vector are dropped: their destructors are
//called, and then they are removed from the vector container,
//leaving the container with a size of 0.
a.clear();
print(); //

//~~~~ EMPTY ~~~
//Returns whether the vector container is empty, i.e. its size is 0.
printf(a.empty() ? "Empty.\n" : "Not empty\n"); //Empty

for(int i = 0;i < 10;i++)
	a.push_back(i + 1);
print(); // 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

//~~~~ ERASE ~~~
//Removes from the vector container either a single element (position)
or a range of elements ([first,last)).

// erase the 6th element
a.erase (a.begin() + 5);
print(); // 1 2 3 4 5 7 8 9 10

// erase the first 3 elements:
a.erase (a.begin(), a.begin() + 3);
```

```
	print(); // 4 5 7 8 9 10

	//~~~~ FRONT ~~~
	//Returns a reference to the first element in the vector container.
	a.front() -= a.back();
	printf("%d\n", a.front()); // -6

	//~~~~ INSERT ~~~
	//Extendin vector by inserting new elements before the element at
	position
	a.insert(a.begin() + 2, 44);
	print(); // -6 5 44 7 8 9 10

	//~~~~ MAX SIZE ~~~
	//Returns the maximum number of elements that the vector container can
	hold
	printf("%d\n", a.max_size()); //1073741823

	//~~~~ POP_BACK ~~~
	//Removes the last element in the vector, effectively reducing the
	//vector size by one and invalidating all iterators and references to
	it.
	a.pop_back();
	a.pop_back();
	print(); // -6 5 44 7 8

	//~~~~ PUSH_BACK ~~~
	//Adds a new element at the end of the vector, after its current last
	//element. The content of this new element is initialized to a copy of
	x.
	a.push_back(-3);
	print(); // -6 5 44 7 8 -3

	return 0;
}
```

Нека имаме граф с N <= 100000 върха и M <= 500000 насочени ребра, като всяко ребро има определена цена (или в общия случай наричано "тегло") – число с плаваща запетая. Добро представяне на този граф е списък на съседите. Следният програмен фрагмент демонстрира как можем да имплементираме представяне на графа чрез списък на съседите посредством употребата на **vector**.

```
vector < vector < pair<int, float> > > Graph(N);
for (int i = 0; i < M; i++)
{
	int from, to;
	float cost;
	cin>>from>>to>>cost;
	Graph[from].push_back(make_pair(to, cost));
}
```

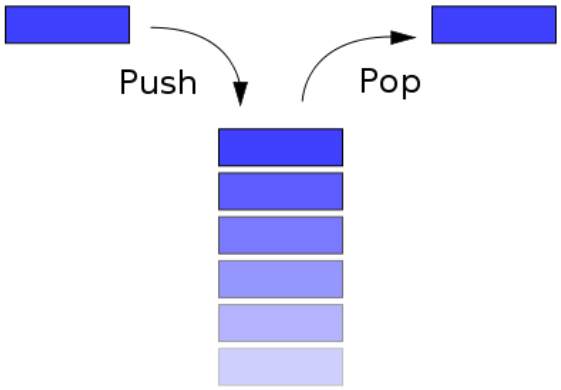
Linked List: C++ STL <list> (Java LinkedList)

Един обект **list** е подобен на вектор или дек,с изключение на това че списъците не осигуряват произволен достъп. Все пак един обект **list** е ефикасен при поставянето на елементи във, или отстраняването на елементи от произволно място в последователност. Подобно на вектор или дек един обект list може да променя размерите си динамично при необходимост. Достъп до елементите може да се осъществи също и чрез итератори.

```
#include <stdio.h>
#include <list>
using namespace std;

void print(list<int> l)
{
      for (list<int>::iterator it = l.begin(); it != l.end(); it++)
            printf("%d ", *it);
      printf("\n");
}

int main ()
{
  // constructors used in the same order as described above:
  list<int> first;                                // empty list of ints
  list<int> second (4,100);                       // four ints with value 100
  list<int> third (second.begin(),second.end());  // iterating through second
  list<int> fourth (third);                       // a copy of third

  // the iterator constructor can also be used to construct from arrays:
  int myints[] = {16, 2, 77, 29};
  list<int> fifth (myints, myints + sizeof(myints) / sizeof(int) );
  print(fifth); //16 2 77 29

  fifth.push_front(1);
  fifth.push_back(100);
  print(fifth); //1 16 2 77 29 100

  list<int>::iterator it = fifth.begin(); // points to first element
  it++; // points to second element

  fifth.insert(it, 33);
  print(fifth); //1 33 16 2 77 29 100

  it++; // points to third element
  fifth.insert(it, 2, 20);
  print(fifth); //1 33 16 20 20 2 77 29 100

  return 0;
}
```

Stack: C++ STL <stack> (Java Stack)

Стекът е последователност, която изпълнява операция тип "първи влязъл, последен излязъл" (LIFO), върху елементите си.



Класът **stack**, дефиниран в библиотеката **<stack>**. Както знаем, стекът е структура от данни, в която можем само да модифицираме елемента, стоящ на върха, и никой друг. Затова логично можем да предположим, че в **stack** нямаме предефиниран оператор [], понеже не можем да достъпваме произволни елементи.

Член функциите, които ще ни се наложи да употребяваме най често, са:

- ***push*** - вкарва елемент на върха на стека
- ***pop*** - премахва най-горния елемент от стека (ако има такъв)
- ***top*** - взема най-горния елемент от стека

Важно е да разберем, че макар че **vector** предотставя цялата функционалност на **stack**, когато наистина се нуждаем от структурата от данни стек, е по-добре да използваме класа **stack**. Това е така, първо защото **stack** работи около 2 пъти по-бързо от **vector**, понеже не заделя големи блокове памет наведнъж, и второ защото ограничавайки функционалността само до тази, която ни е необходима, се улеснява използването и се намаля риска да допуснем имплементационна грешка.

Пример за използването на **stack** в реална задача е следния:

Нека искаме да направим обхождане в дълбочина на графа, описан в раздела за векторите.Ако реализираме това обхождане чрез рекурсия, рискуваме при определен тип граф, рекурсията да стане твърде дълбока и да се получи препълване на стека. Затова можем да реализираме обхождането итеративно, като използваме класа **stack**.

(Междувпрочем, трябва да се отбележи, че всяка една рекурсивна фукнция може да бъде реализирана итеративно!)

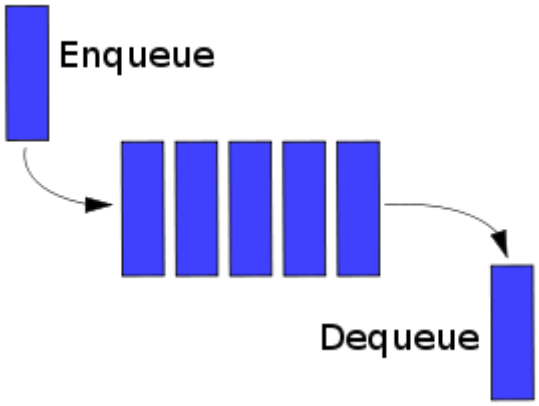
За решаването на задачата на върха на стека ще пазим двойката: (връх от графа, в който се намираме ; номер на следвашия съсед на този връх, който трябва да посетим). Ще започнем обхождането на графа от върха с номер 0.

```
#include "stdio.h"
#include <stack>
#include <vector>
using namespace std;

#define N 1000000

vector < vector < pair<int, float> > > Graph(N);

void dfs()
{
	vector<bool> viz(N);
	viz[0] = true;
	stack < pair <int, int> > dfs;
	dfs.push(make_pair(0, 0));
	while (!dfs.empty())
	{
		const pair <int, int> top = dfs.top();
		dfs.pop();
		const int vertex = top.first;
		const int next = top.second;
		if (!next)
			printf("Coming into vertex %d\n", vertex);
		if (next < (int)Graph[vertex].size())
		{
			dfs.push(make_pair(vertex, next + 1));
			const int toVisit = Graph[vertex][next].first;
			if (!viz[ toVisit ])
			{
				viz [ toVisit ] = true;
				dfs.push(make_pair(toVisit,0));
			}
		}
	}
}

void read()
{
	int from, to;
	float cost;
	for (int i = 0; i < M; i++)
	{
		scanf("%d %d %f\n", &from, &to, &cost);
		Graph[from].push_back(make_pair(to, cost));
	}
}

int main()
{
	read();
	dfs();
```

```
	return 0;

}
```

Queue: C++ STL <queue> (Java Queue)

Опашката е структура от данни която реализира операции тип "първи влязъл, първи излязъл" (FIFO) върху елементите си. Тоест елементите в опашката се вмъкват от единия край и излизат от другия.



Класа **queue** дефиниран в библиотеката **<queue>**. Ше споменем член фукнциите, които ще ни се наложи да използваме най-често. Това са

- ***push*** - слага елемент на края на опашката
- ***pop*** - премахва първия елемент от опашката
- ***front*** - взема първия елемент от опашката

Следният пример илюстрира използването на **queue** за обхождане в широчина на нашия граф:

```
#include "stdio.h"
#include <queue>
#include <vector>
using namespace std;

#define N 1000000

vector < vector < pair<int, float> > > Graph(N);

void bfs()
{
	vector<bool> viz(N);
	viz[0] = true;
	queue <int> bfs;
	bfs.push(0);
	while (!bfs.empty())
```

```
	{
		const int vertex = bfs.front();
		printf("Coming into vertex %d\n", vertex);
		bfs.pop();
		for (int i = 0; i < (int)Graph[vertex].size(); i++)
		{
			const int toVisit = Graph[vertex][i].first;
			if (!viz[toVisit])
			{
				viz[toVisit] = true;
				bfs.push(toVisit);
			}
		}
	}
}

void read()
{
	int from, to;
	float cost;
	for (int i = 0; i < M; i++)
	{
		scanf("%d %d %f\n", &from, &to, &cost);
		Graph[from].push_back(make_pair(to, cost));
	}
}

int main()
{
	read();
	bfs();
	return 0;
}
```

Double ended queue: STL < deque >

Друг контейнер, който ще спомена, е класа **deque** дефиниран в библиотеката **<deque >**. Дека е структура от данни подобна на опашката, с тази разлика че можем за константно време да добавяме и премахваме елементи и в двата й края. Най-често използваните функции са:

- ***push_back*** - слага елемент на края на дека
- ***push_front*** - слага елемент в началото на дека
- ***pop_back*** - премахва последния елемент от дека
- ***pop_front*** - премахва първия елемент от дека
- ***front*** - взема първия елемент от дека
- ***back*** - взема последния елемент от дека

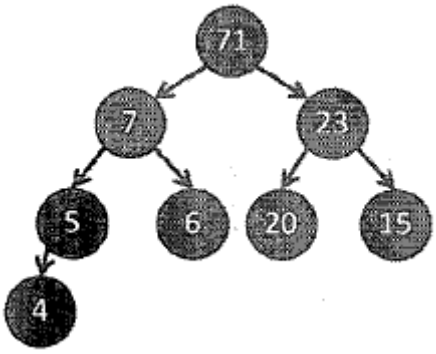
```
#include <deque>
#include <stdio.h>
using namespace std;

void print(deque<int> &d)
```

```
{
	for (int i = 0; i < d.size(); i++)
		printf("%d ", d[i]);
	printf("\n");
}

int main()
{
	deque<int> first;                          // empty deque of ints
	deque<int> second (4,100);                 // four ints with value 100
	deque<int> third (second.begin(), second.end()); // iterating through
second
	deque<int> fourth (third); // a copy of third

	// the iterator constructor can also be used to construct from arrays:
	int myints[] = {16, 2, 77, 29};
	deque<int> fifth (myints, myints + sizeof(myints) / sizeof(int) );
	print(fifth); //16 2 77 29

	fifth.push_front(1);
	fifth.push_back(100);

	print(fifth); //1 16 2 77 29 100

	fifth.front() += fifth.back();
	print(fifth); //101 16 2 77 29 100

	return 0;
}
```

Heap: C++ STL <queue>: priority_queue (Java ProprityQueue)

Опашка с приоритет е структура за данни, която извлича елементи от последователност според приоритета им. Приоритетът е основан на поставяната функция за сравнение (наречена "предикат"). Например, ако използвате предварително дефинирания предикат std::less<> , винаги когато добавяте или отстранявате стойност от опашка с приоритет, контейнерите се подреждат в низходящ ред. Това задава на елемента с най-голяма стойност най-висок приоритет.

Контейнерът **priority_queue** е дефиниран в библиотеката **<queue>** (също както класът **queue**) и предотставя възможности за добавяне на елемент и за вземане и изтриване на "най-горния" (с най-голяма стойност) елемент. По същество **priority_queue** е контейнер-адаптор – т.е. имплементацията е реализирана върху някакъв друг контейнер – по подразбиране това е **vector**, но може и да е някой друг. Още по-точно имплементацията е "random access container" поддържан като пирамида. Това гарантира сложност **Θ(logN)** при добавяне и премахване на елемент.



Пример за използване на **priority_queue** (числата се извеждат в низходящ ред):

```
priority_queue<int> a;
a.push(3);
a.push(5);
a.push(1);
while (!a.empty())
{
	printf("%d\n", a.top());
	a.pop();
}
```

Разбира се, можем да сравняваме елементите в **priority_queue** с наша логика. Това може да стане по следния начин:

```
#include "stdio.h"
#include <queue>
#include <vector>
using namespace std;

struct cmp
{
	bool operator() (const int &a, const int &b) const {
		return a > b;
	}
};

int main()
{
	priority_queue<int, vector<int>, cmp> a;
	a.push(3);
	a.push(5);
	a.push(1);
	while (!a.empty())
	{
		printf("%d\n", a.top());
		a.pop();
	}
	return 0;
}
```

В горния пример числата се извеждат във възходящ ред. ***cmp*** извършва сравнението на елементите като смисъла на връщаната bool стойност от оператора е дали елемента a е по-малък от елемента b.

С **vector** <int> задаваме контейнера, на който ще се базира приоритетната опашка. Като основен недостатък на **priority_queue** можем да споменем липсата на функционалност за промяна на стойностите на елементите.

Т.е. ако в даден момент в приоритетната опашка имаме елементи A, B и C със стойности съответно 1, 3 и 5, не можем да сменим стойността на C от 5 на 2, и това да се отрази в опашката. Едно възможно решение на този проблем е следното:

Когато ни се наложи смяна на стойността на даден елемент, всичко което правим е да добавим този елемент с новата му стойност в опашката. По този начин в опашката можем да получим повече от 1 запис за един и същи елемент. Когато ни се наложи да вземем най-големия елемент от опашката, първо проверяваме дали стойността му е актуална – т.е. последната добавена в опашката за този елемент. Ако не е, то премахваме този най-голям елемент и вземаме следващия.

Недостатък на горното решение е, че се увеличава необходимата памет и намалява (макар и не много съществено) производителността на приоритетната опашка. Все пак в повечето задачи този недостатък няма да е от голямо значение и можем да си го позволим.

Пример за използване на горното решение е реализирането на алгоритъма на Дейкстра със сложност **Θ(M*logN)**.

```
#include <stdio.h>
#include <queue>
using namespace std;

#define MAX 100
#define MP(x, y) make_pair((x), (y))

int E, V, dist[MAX], parent[MAX];
bool vis[MAX];
vector < pair <int,int > > edges[MAX];

void printPath(int s, int j)
{
	if (parent[j] != s)
			printPath(s, parent[j]);
		printf("%d ", j + 1);
}

void printResult(int s)
{
	for (int i = 0; i < V; i++)
	{
		if (dist[i] != INT_MAX && i != s)
		{
```

```
                printf("%d -> %d (%d): ", s + 1, i + 1, dist[i]);
                printf("%d ", s + 1);
                printPath(s, i);
                printf("\n");
            }
        }
}

void read()
{
        int u, v, c;
        scanf("%d %d", &V, &E);
        for(int i = 0;i < E;i++)
        {
            scanf("%d %d %d", &u, &v, &c);
            u--; v--;

            edges[u].push_back(MP(v, c));
            //edges[v].push_back(MP(u, c)); //if the graph is b-directional
        }
}

void dijkstra(int s)
{
        int i, u, v, w;
        dist[s] = 0;
        parent[s] = -1;
        priority_queue<pair<int,int> > pq;
        pq.push(MP(-dist[s], s));

        while (!pq.empty())
        {
            u = pq.top().second;
            pq.pop();
            if (vis[u])
                continue;

            vis[u] = true;
            for(i = 0; i < edges[u].size(); i++)
            {
                v = edges[u][i].first;
                w = edges[u][i].second;

                if (dist[u] + w < dist[v])
                {
                    dist[v] = dist[u] + w;
                    parent[v] = u;
                    pq.push(MP(-dist[v], v));
                }
            }
        }
}

void init()
{
```

```
	for(int i = 0;i < V;i++)
	{
		dist[i] = INT_MAX;
		vis[i] = false;
	}
}

void main()
{
	int startV = 1;
	read();
	init();
	dijkstra(startV);
	printResult(startV);
}
```

Итератори

За да преминем към важните контейнери **set**, **multiset**, **map** и **multimap**, ще трябва първо да разгледаме какво представляват итераторите и как се използват.

Контейнерите се делят на два вида според това дали можем да обхождаме елементите им. От разгледаните до сега контейнери можем да обхождаме всички елементи единствено на **vector**, а на останалите – не.

Контейнерите, чиито елементи могат да бъдат обходени (**итерирани**), предотставят удобен механизъм за това – **итератори**.

Итераторите в STL представляват **позиции на елементи в различни STL контейнери**. Тъй като итераторите винаги са асоциирани със специфичен тип контейнер, декларирането на итератор става използвайки контейнера, към който те са асоциирани.

Пример:

```
vector<double>::iterator values_iter;

vector<double>::const_iterator const_values_iter;
```

Итераторите се делят на два вида според това дали елементите могат да бъдат модифицирани чрез тях – константни и некостантни (съответно не даващи и даващи право да се модифицират елементите).

Итераторите се делят на три вида според това какви възможности за итериране предлагат:

- **Forward** – възможна е итерация само в една посока, без връщане назад
- **Bidirectional** – възможна е итерация и в двете посоки

- **Random access** – възможна е итерация и в двете посоки със прескачане на елементи.

Следната таблица илюстрира възможностите, които предотставя всеки един от тези три типа:

Оператор	Описание	Forward	Bidirectional	Random access
!=, ==	Сравнение на итератори	да	да	да
++	Итериране 1 позиция напред	да	да	да
--	Итериране 1 позиция назад		да	да
+=, -=, +, -	Итериране на произволен брой			да

Класът **vector**, който разгледахме по-горе, предотставя **Random access** итератори. Той предотставя методи **begin**() и **end**(), които връщат итератори съответно към първия елемент и края на вектора (т.е. позицията след края на вектора).

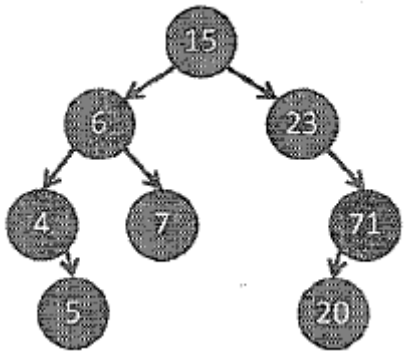
Достъпването на елемента, който "стои зад итератора" става като използваме итератора като указател към този елемент. Пример:

```
vector < pair <int,int> > A(3);
for (vector <pair <int,int> >::iterator it = A.begin(); it != A.end(); it++)
      cout<<it->first<<' '<<it->second<<endl;
```

Класове “set” и “multiset”

Класът **set**, дефиниран в библиотеката **<set>**, представлява съвкупност от елементи, никой два от които не са равни. Елементите са сортирани в нарастващ ред.

Структурата от данни, върху която е изграден **set**, е червено-черно балансирано дърво. Така имаме гаранция че добавянето, търсенето и премахването на елемент стават със сложност **Θ(logN)**, където **N** е броя на елементите в **set**-а.



Итераторите, предотставени от **set**, са **bidirectional**.

Добавянето на елемент става чрез член функцията **insert**(), търсенето – чрез **find**() и изтриването – чрез **erase**().

Също както в **priority_queue**, можем да зададем наша логика за сравнение на елементите в set-а.

Пример за употреба на **set**:

```
#include <stdio.h>
#include <set>
#include <string>
using namespace std;

struct ltstr
{
	bool operator()(const string &s1, const string &s2) const{
	  return strcmp(s1.c_str(), s2.c_str()) > 0;
  }
};

void iterateOverSet(set<string> s)
{
	for (set<string>::iterator it = s.begin(); it != s.end(); it++)
		printf("%s ", ((string)*it).c_str());
	printf("\n");
}

void iterateOverSet(set<string, ltstr> s)
{
	for (set<string, ltstr>::iterator it = s.begin(); it != s.end(); it++)
		printf("%s ", ((string)*it).c_str());
	printf("\n");
}

int main()
{
	set<string> A; // използваме нормалната подредба на string
	set<string, ltstr> B; // използваме наша подредба

	A.insert("ala");
	A.insert("bala");
	A.insert("ala");

	iterateOverSet(A); // ala bala

	B.insert("ala");
	B.insert("bala");
	B.insert("ala");

	iterateOverSet(B); // bala ala

	set<string>::iterator it = A.find("koko");
	if(it != A.end())
		A.erase(it);
	A.erase(A.find("ala"));
```

```
	iterateOverSet(A); // bala

	return 0;

}
```

Разликата между класовете **set** и **multiset**, е че **multiset** може да съдържа повече от един елемент с еднакъв ключ. Метода **count**() дава възможност за преброяването на елементите с даден ключ. Пример за употреба на **multiset**:

```
multiset<string> C;
C.insert("ala");
C.insert("bala");
C.insert("ala");
printf("%d\n", C.count("ala")); //2
```

Ето някои полезни функции, които работят върху **всякакви сортирани последователности**:

- **set_union** – обединява две сортирани последователности
- **set_intersection –** сечение на две сортирани последователности
- **set_difference -** разлика на две сортирани последователности
- **set_symmetric_difference –** симетрична разлика на две сортирани последователности

Следва пример за използването на тези функции с **multiset**:

```
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <set>
using namespace std;

int main()
{
	const int N = 10;
	int a[N] = {4, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 5, 1, 0};
	int b[N] = {4, 4, 2, 4, 2, 4, 0, 1, 5, 5};

	multiset<int> A(a, a + N);
	multiset<int> B(b, b + N);
	multiset<int> C;

	cout << "Set A: ";
	copy(A.begin(), A.end(), ostream_iterator<int>(cout, " "));
	cout << endl;
	cout << "Set B: ";
	copy(B.begin(), B.end(), ostream_iterator<int>(cout, " "));
	cout << endl;

	cout << "Union: ";
	set_union(A.begin(), A.end(), B.begin(), B.end(),
		  ostream_iterator<int>(cout, " "));
	cout << endl;
```

```
	cout << "Intersection: ";
	set_intersection(A.begin(), A.end(), B.begin(), B.end(),
			ostream_iterator<int>(cout, " "));
	cout << endl;

	set_difference(A.begin(), A.end(), B.begin(), B.end(),
			inserter(C, C.begin()));
	cout << "Set C (difference of A and B): ";
	copy(C.begin(), C.end(), ostream_iterator<int>(cout, " "));
	cout << endl;
}
```

Класове “map” и “multimap”

Класовете **map** и **multimap**, дефинирани в библиотеката **<map>**, дават възможност за съпоставяне между ключ и стойности. Разликата между тях е, че в **map** на един ключ може да бъде съпоставена най-много една стойност, докато в **multimap** – много.

Добавянето на елемент става чрез метода **insert**(), на който се подава двойката (ключ; стойност). Пример:

```
map/*multimap*/ <string, int> months;
months.insert(make_pair("January", 31));
```

В **map** за удобство е предефиниран оператора **[]**, което прави достъпването на елементи възможно по следния начин:

```
map/*!!!не работи при multimap!!!*/ <string, int> months;
months["January"] = 31;
printf("%d\n", months["January"]);
```

Макар този оператор да е доста удобен за използване, с него трябва да се винмава много. Проблемът идва от това, че когато по този начин правим опит за достъп на елемент, който не е част от **map**-а, то в map-а се добавя елемент със същия ключ и стойност по подразбиране. Пример:

```
map <string, int> months;
months["January"] = 31;
cout<<months.size()<<endl;  // размерът е 1
cout<<months["invalid month"]<<endl;//!!!!добавя елемента (invalid month; 0)
cout<<months.size()<<endl;  // размера е 2
```

Търсенето и изтриването на елементи става по същия начин, както в **set**, така и в **multiset** – чрез **find**() и **erase**(). Итераторите са **bidirectional**, като всеки итератор е указател към двойката (ключ; стойност).

Също както в **set**, **multiset** и **priority_queue**, може да се дефинира структура, която сравнява ключовете.

За удобство можем да използваме **typedef** за да избегнем многократното писане на нотацията на **map**. Пример за итерация със структура за сравнение и **typedef**:

```
#include <stdio.h>
#include <map>
#include <string>
using namespace std;

struct ltstr
{
	bool operator()(const string &s1, const string &s2) const{
	  return strcmp(s1.c_str(), s2.c_str()) > 0;
  }
};

typedef map<string, int, ltstr> myMap;

void iterateOverMap(myMap s)
{
	for (myMap::iterator it = s.begin(); it != s.end(); it++)
		printf("%s %d\n", ((string)it->first).c_str(), it->second);
	printf("\n");
}

int main()
{
	myMap months;

	months["january"] = 31;
	months["february"] = 28;
	months["march"] = 31;
	months["april"] = 30;
	months["may"] = 31;
	months["june"] = 30;
	months["july"] = 31;
	months["august"] = 31;
	months["september"] = 30;
	months["october"] = 31;
	months["november"] = 30;
	months["december"] = 31;

	iterateOverMap(months);

	return 0;
}
```

Алгоритми

Сортиране

Функцията **sort**, дефинирана в библиотеката **<algorithm>**, е удобна за използване и по същество представлява имплементация на алгоритъма **quick sort**. Параметрите, които подаваме, са указател към началото на редицата, която сортираме, и указател към елемента след края на редицата.

Знаем, че в средния случай, този алгоритъм има сложност **Θ(*N**log *N*)**, а в най-лошия - **Θ(N^2)**. Знаем също така,че най-лошият случай се получавам, когато елементите, които сортираме, са подредени първоначално в обратен ред. Въпреки това ние можем да очакваме *sort* да работи със сложност **Θ(*N**log *N*)** във всеки един случай, дори когато подаваме елементи, които са подредени в обратен ред.

```
int a[5] = { 4, 2, 4, 1, 5 };
sort(a, a + 5);
for(int i = 0;i < 5;i++)
	printf("%d ", a[i]); // 1 2 4 4 5
printf("\n");
```

Функцията “sort” нормално използва оператора < за да определи дали един елемент е по-малък от друг, в процеса на сортирането. Вместо да използваме естествената подредба на елементите, които сравняваме, можем и **да подадем като трети параметър на *sort* указател към функция**, която имплементира някаква наша логика за сравнение. Контрактът на тази фукнция е да връща резултат *true*, ако първият й аргумент е по-малък от втория.

```
#include <stdio.h>
#include <algorithm>
using namespace std;

bool cmp(const int &a, const int &b) { return a > b; }

int main()
{
	sort(a, a + 5, cmp);
	for(int i = 0;i < 5;i++)
		printf("%d ", a[i]); // 1 2 4 4 5
	printf("\n");

	return 0;
}
```

Важно е да се отбележи, че в **pair** са предефинирани операторите **<**, ==, **>**, както и операторът за присвояване **=**. Сравнението се извършва първо по полето **first** и ако стойностите в него са равни - по полето **second**. Това е демонстрирано в следващия пример, където първоначално сортираме вектора без да му подаваме сравняваща функция. За следващото сортиране използваме версията

на функцията sort, която като трети параметър приема указател към функция, която имплементира наша специфична логика за сравнение. В нашия случай това е функцията ***cmpVector***, в която сравняваме **pair** обектите **единствено по второто им поле**:

```
#include <stdio.h>
#include <algorithm>
#include <vector>
using namespace std;

bool cmpVector(const pair<int, double> a, const pair<int, double> b)
{
	return a.second != b.second ?
		a.second - b.second < 0:
		a.first - b.first < 0;
}

vector< pair <int, double > > v;

void printVector()
{
	vector< pair <int, double > > :: iterator it;
	for(it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d %.7f\n", it->first, it->second);
	printf("\n");
}

int main()
{
	v.push_back(make_pair(3, 0.000001));
	v.push_back(make_pair(2, 3.1415));
	v.push_back(make_pair(1, 2.1));
	v.push_back(make_pair(1, 1.2));
	v.push_back(make_pair(2, 4.9999999));
	v.push_back(make_pair(2, 5));

	sort(v.begin(), v.end());
	printVector();

	//1 1.2000000
	//1 2.1000000
	//2 3.1415000
	//2 4.9999999
	//2 5.0000000
	//3 0.0000010

	sort(v.begin(), v.end(), cmpVector);
	printVector();

	//3 0.0000010
	//1 1.2000000
	//1 2.1000000
	//2 3.1415000
	//2 4.9999999
	//2 5.0000000
```

```
	return 0;
}
```

Промяна на последователности

- ***swap_ranges* -** разменя елементите в цели последователности. Първата последователност подадена на функцията трябва да е по-малка, защото тя определя големината на разменящите се елементи.
- ***replace* -** *з*аменя всеки елемент в последователността, който е еднакъв на подадената стойност или елемент.
- ***replace_if* -** *с*ъщото като replace, но има и предикат, който определя при какво условие да се заменят.
- ***fill* -** *з*апълва последователност с някаква стойност.
- ***fill_n* -** запълва с някаква стойност първите N елемента от началото на последователността.
- ***remove*** - премахва елементите в последователността равни на подадения елемент.
- ***remove_if*** - Като ***remove***, но премахва елементите, ако изпълняват някакво условие (предикат).
- ***unique*** е особен алгоритъм - той НЕ премахва повтарящите се елементи. В действителност контейнера може да е масив и от него не може да се трие.

  Ако в подадената му редица има последвателни повтарящи се елементи, от тях остава само първия, а другите се преместват в края на редицата. Това означава, че ако подадената редица е сортирана, в началото й ще останат само уникалните елементи, а в края ще бъдат премесестени повторенията. ***unique*** връща указател към новия края на уникалната редица - т.е. мястото, което разделя уникалните от повтарящите се елементи.
- ***reverse*** - обръща областта огледално спрямо средата й.
- ***rotate*** - завърта наляво елементите в дадена областта.Избира се един елемент, който да иде наляво и той става първи в областта, елемента след него става втори , а елементите се “залепят” след посления елемент.

Търсене в не сортирани последователности

- ***find*** **-** намира първото срещане на определена последователност или на 1 елемент в дадена последователност (string в string или число в масив) и връща итератор(от същия тип като стойността на търсеното) към началото на последователността или към самия елемент.

- ***count*** - намира броя на срещанията на определен елемент в дадена последователност. Връща броя на срещания.

- ***min_element*** **-** намира минималния елемент в дадена последователност.

- ***max_element*** **-** намира максималния елемент в дадена последователност.

- ***lexicographical_compare*** **-** проверява коя от двете подадени области е по-голяма в лексикографски (азбучен) ред. Връща **true**, ако първата област е по-голяма и **false**, ако втората е по-голяма.

- ***mismatch*** - намира първото несъответствие между елементите на две последователности.Връща елемент от тип **pair**. Ако няма несъответствие връша **first** да е първия итератор и **second** да е първият2 + (последният1 - първият1). Първата последователност трябва да е с по-малка големина, защото тя е определяща каква част от втората ще бъде сравнена.

```
#include <stdio.h>
#include <algorithm>
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;

// a case-insensitive comparison function:
bool mycomp (char c1, char c2)
{
      return tolower(c1) < tolower(c2);
}

bool mypredicate (int i, int j)
{
      return (i == j);
}

int main()
{
      int myints[] = { 10, 20, 30 ,40 };
      int * p;

      //~~~ find ~~~~
      // pointer to array element:
      p = find(myints, myints + 4,30);
      ++p;
      cout << "The element following 30 is " << *p << endl;
      //The element following 30 is 40
```

```
	vector<int> myvector (myints, myints+4);
	vector<int>::iterator it;

	// iterator to vector element:
	it = find (myvector.begin(), myvector.end(), 30);
	++it;
	cout << "The element following 30 is " << *it << endl;
	//The element following 30 is 40

	//~~~ count ~~~~
	myvector.push_back(20);
	cout << count(myvector.begin(), myvector.end(), 20) << endl; // 2

	//~~~ min/max element ~~~
	cout << *min_element(myvector.begin(), myvector.end()) << endl; // 10
	cout << *max_element(myvector.begin(), myvector.end()) << endl; // 40

	//~~~ lexicographical_compare ~~~
	char first[]="Apple";          // 5 letters
	char second[]="apartment";     // 9 letters

	//Using default comparison (operator<):
	if (lexicographical_compare(first, first + 5, second, second + 9))
		cout << first << " is less than " << second << endl;
	else if (lexicographical_compare(second, second + 9, first, first + 5))
	    cout << first << " is greater than " << second << endl;
	else
		cout << first << " and " << second << " are equivalent\n";

	//Using mycomp as comparison object:
	if (lexicographical_compare(first, first+5, second, second+9, mycomp))
		cout << first << " is less than " << second << endl;
	else if (lexicographical_compare(second, second + 9, first, first+
5,mycomp))
		cout << first << " is greater than " << second << endl;
	else
		cout << first << " and " << second << " are equivalent\n";

	//~~~ mismatch ~~~
	myvector.clear();
	for (int i = 1; i < 6; i++)
		myvector.push_back (i*10); // myvector: 10 20 30 40 50
	int m[] = {10, 20, 80, 320, 1024};      //   myints: 10 20 80 320 1024
	pair<vector<int>::iterator,int*> mypair;
	// using default comparison:
	mypair = mismatch (myvector.begin(), myvector.end(), m);
	cout << "First mismatching elements: " << *mypair.first;
	cout << " and " << *mypair.second << endl;;

	mypair.first++; mypair.second++;

	// using predicate comparison:
	mypair = mismatch (mypair.first,myvector.end(),mypair.second,
	mypredicate);
```

```
	cout << "Second mismatching elements: " << *mypair.first;
	cout << " and " << *mypair.second << endl;

	return 0;
}
```

Търсене в сортирани последователности

Разгледаните по-долу функции **работят коректно само върху сортирани последователности** и имат логаритмична сложност.

- ***lower_bound*** - намира първия елемент в дадена сортирана последователност, който има стойност по-малка от зададената.
- ***upper_bound*** - същото като lower_bound, но намира по-голямата стойност не по-малката.
- ***equal_range*** **-** двоично търсене,което намира последователността равна на даден елемент, в някаква определена сортирана последователност.Връща тип **pair** , като **first** е равно на итератора, от който започва последователността, а **second** е равно на итератора, в който завършва последователността.
- ***binary_search*** **-** двоично търсене, което проверява дали елемента е в сортираната последователност. Връща true, ако го има и false, ако го няма.
- ***merge*** - слива две наредени последователности, запазвайки резултата в наредена трета.Критерия за сравнение може да се промени с функция за сравнение. Последователността, в която се пази резултата се подава като 5 параметър на функцията. **Сложност: Линейна.**
- ***includes*** - определя дали дадена сортирана последователност съдържа елементите на друга сортирана такава. **Сложност: Линейна.**

```
#include <algorithm>
#include <vector>
using namespace std;

bool mygreater (int i,int j) { return (i > j); }

int main()
{
	int myints[] = {10,20,30,30,20,10,10,20};
	vector<int> v(myints,myints+8);           // 10 20 30 30 20 10 10 20
	vector<int>::iterator low,up;

	sort (v.begin(), v.end());                // 10 10 10 20 20 20 30 30
```

```
	//Returns an iterator pointing to the first element in the sorted range
	//[first,last) which does not compare less than value
	low = lower_bound (v.begin(), v.end(), 20);

	//Returns an iterator pointing to the first element in the sorted range
	//[first,last) which compares greater than value
	up = upper_bound (v.begin(), v.end(), 20);
	// 10 10 10 20 20 20 30 30
	//          ^         ^
	//        low        up
	printf("lower_bound at position %d\n", low - v.begin()); // 3
	printf("upper_bound at position %d\n", up - v.begin());  // 6

	//Returns true if an element in the range [first,last) is equivalent
	//to value, and false otherwise.
	bool found = binary_search(v.begin(), v.end(), 33); //false

	pair<vector<int>::iterator, vector<int>::iterator> bounds;
	bounds = equal_range (v.begin(), v.end(), 20);
	// 10 10 10 20 20 20 30 30
	//          ^        ^
	printf("bounds at positions %d and %d\n",
		bounds.first - v.begin() ,
		bounds.second - v.begin());

	// using "mygreater" as comp:
	sort (v.begin(), v.end(), mygreater);
	bounds=equal_range (v.begin(), v.end(), 20, mygreater);
	// 30 30 20 20 20 10 10 10
	//       ^        ^
	printf("bounds at positions %d and %d\n",
		bounds.first - v.begin() ,
		bounds.second - v.begin());
	return 0;
}
```

Генериране на пермутации

```
#include <iostream>
#include <algorithm>
using namespace std;

int main ()
{
	int p[] = {1,2,3};

	//Rearranges the elements in the range [first, last) into
	//the lexicographically next greater permutation of elements.
	//The comparisons of individual elements are performed using
	//either operator< for the first version, or comp for the second.
	do
	{
	  printf("%d %d %d\n", p[0], p[1], p[2]);
```

```
	}
	while (next_permutation (p, p + 3));

	//1 2 3
	//1 3 2
	//2 1 3
	//2 3 1
	//3 1 2
	//3 2 1

	printf("\n");
	printf("%d %d %d\n", p[0], p[1], p[2]); //1 2 3

	//lexicographically next smaller permutation of elements
	prev_permutation (p, p + 3);
	printf("%d %d %d\n", p[0], p[1], p[2]); //3 2 1

	//lexicographically next smaller permutation of elements
	prev_permutation (p, p + 3);
	printf("%d %d %d\n", p[0], p[1], p[2]); //3 1 2

	return 0;
}
```

Използвана литература

- CS Club на СУ - http://judge.openfmi.net:9080/mediawiki/index.php
- C++ References - http://www.cplusplus.com/reference/stl/