თემა 2. STL -ის კომპონენტების მიმოხილვა

განხილული საკითხები:

- ფუნქციის ადაპტერები (ბაინდერები, ნეგატორები)
- ფუნქტორები >>>
- იტერატორები >>>
- input იტერატორები >>>
- output იტერატორები >>>
- forward იტერატორები >>>
- bidirectional იტერატორები >>>
- random access იტერატორები >>>
- Contiguous იტერატორები >>>
- იტერატორების მახასიათებლები (traits) >>>
- STL იტერატორთა იერარქია: ალგორითმებისა და კონტეინერების კომბინირების ეფექტურობა >>>
- კონტეინერთა ადაპტერები >>>
- ლიტერატურა >>>

STL ბიბლიოთეკა შეიცავს 6 განსხვავებული სახის კომპონენტებს: კონტეინერებს, განზოგადებულ (generic) ალგორითმებს, იტერატორებს, ფუნქტორებს, ადაპტერებს და ალოკატორებს. კონტეინერების (vector, dequw, list) და ალგორითმების (sort, count, count_is, reverse)ნაწილს ჩვენ ვიცნობთ და ამ კურსის განმავლობაში კიდევ გავიღრმავებთ ჩვენს ცოდნას. ალოკატორები დამწყებებისთვის არ არის განკუთვნილი. მოკლედ შევეხოთ დანარჩენ სამ კომპონენტს.

ფუნქციის ადაპტერები (ბაინდერები, ნეგატორები)

როგორც სახელი მიგვანიშნებს, ასეთი კომპონენტები გამოიყენება ერთი გარკვეული კლასის ფუნქციების გარდასაქმნელად (ადაპტიპებისთვის) სხვა კლასის ფუქნციებად. უფრო ზუსტად, თუ გვინდა ორადგილიანი (ანუ ბინარული) დამოკიდებულება (მიმართება) გარდავქმნათ ერთადგილიან (უნარულ) მიმართებად, ვიყენებთ ბაინდერს `bind2nd()`, რომელიც დააფიქსირებს მიმართების მეორე არგუმენტს, და ამ ბაინდერს არგუმენტებად გადაეცემა დამოკიდებულების სახელი და არგუმენტის დასაფიქსირებელი მნიშვნელობა. ვრცლად ამ თემაზე არ შევჩერდებით, რადგან საკმაო დრო ეთმობა პრაქტიკულ და ლაბორატორიულ მეცადინეობებზე.

ფუნქციის ადაპტერების შექმნა რამდენიმე მიზეზით იყო განპირობებული. ერთი მხრივ, მათი შექმნა აუცილებელი გახდა, რადგან C++ ენაში არ იყო გათვალისწინებული ისეთი ფუნქციების შექმნა რომლის დასაბრუნებელი მნიშვნელობა ისევ ფუნქციაა. მეორე მხრივ, ფუნქციის ადაპტერები გამოიყენება პრედიკატების შესაქმნელად. ასეთი პრედიკატები მხოლოდ ზოგიერთ შემთხვევაში ცვლის ჩვეულებრივ ბულის ტიპის ფუნქციებს, სამაგიეროდ მათი სპეციალიზირება (ტიპის ცხადად მითითება) შესაძლებელია. ეს მნიშვნელოვანია, რადგან ფუნქციის თარგში (ტემპლიტიან ფუნქციაში) ფუნქციის თარგის (ტემპლიტიანი ფუნქციის) გადაწოდება ტექნიკურად რთულია. მაგალითად, თუ მთელი და ნამდვილი ტიპის ვექტორებში გვინდა 100-ზე მეტი რიცხვის მოძებნა, იძულებული ვართ გავაკეთოთ ორი ბულის ტიპის ფუნქცია, ერთი მთელი არგუმენტისთვის, მეორე ნამდვილისთვის. ფუნქციის ადაპტერს ასეთი რამ არ სჭირდება, ფუნქციის გამოძახების მომენტში მივუთითებთ საჭირო ტიპს.

STL იყენებს ორ ნეგატორს: `not1, not2.` ორივე მათგანი ცვლის არგუმენტის მნიშვნელობას საწინააღმდეგოთი: თუ არგუმენტის მნიშვნელობა არის true, ნეგატორი მას გარდაქმნის false -ად და პირიქით. ამ თემას აგრეთვე მხოლოდ პრაქტიკულზე და ლაბორატორიულებზე შევეხებით.

ამჟამად, თანამედროვე ენები და მათ შორის C++ პრდიკატების შექმნისთვის იყენებენ ლამბდა ფუნქციებს. ამ ტიპის ფუნქციებს ჩვენც გამოვიყენებთ პრაქტიკულ და ლაბორატორიულ

მეცადინეობებზე. ლამბდა ფუნქციები მრავალფეროვან საშუალებებს ქმნიან პრედიკატების შესაქმნელად და მოქნილობითაც აღემატებიან სხვა არსებულ საშუალებებს.

<<< ფუნქტორები

მოტივის ასახსნელად, ვისარგებლოთ განზოგადებული ალგორითმით accumulate:

```
template <class InputIterator, class T>
T accumulate(InputIterator first, InputIterator last, T init)
{
	while (first != last) {
		init = init + *first;
		++first;
	}
	return init;
}
```

ეს ალგორითმი აგროვებს მნიშვნელობების ჯამს. როდესაც მას ვიყენებთ, ვგულისხმობთ რომ შეკრების ოპერატორი განსაზღვრული არის მნიშვნელობების ტიპზე. მაგრამ არსებობს ამ ალგორითმის კიდევ უფრო აბსტრაქტული ვარიანტი, რომელიც საშუალებას იძლევა რომ დავაგროვოთ მნიშვნელობების ნამრავლი

```
template <class InputIterator, class T, class BinaryOperation>
T accumulate(InputIterator first, InputIterator last, T init, BinaryOperation binary_op)
{
	while (first != last) {
		init = binary_op(init, *first);
		++first;
	}
	return init;
}
```

ნაცვლად + მოქმედების გამოყენებისა, შემოყვანილია ახალი პარამეტრი binary_op - როგორც ბინარული მოქმედება მნიშვნელობების შეერთებისთვის.

ვნახოთ, თუ როგორ შეიძლება ამ აბსტრაქტული ვერსიის გამოყენება ნამრავლის გამოსათვლელად. ერთი გზა არის ფუნქციის შექმნა და გადაწოდება ალგორითმში, ისე როგორც შემდეგ პროგრამაშია.

```
// განზოგადებული accumulate ალგორითმის გამოყენება ნამრავლის გამოსათვლელად
#include <iostream>
#include <vector>
#include <numeric>  // For accumulate
using namespace std;

int mult(int x, int y) { return x * y; }

int main()
{
  cout << "Using generic accumulate algorithm to "
       << "compute a product." << endl;
  vector<int> vector1{1, 2, 3, 4, 5};
  int product = accumulate(vector1.begin(), vector1.end(),1, mult);
  cout << " Product: " << product << endl;
}
```

საწყის მნიშვნელობად გადავაწოდეთ 1, რადგან ნამრვალს ვითვლით.აგრეთვე გადავაწოდეთ ჩვეულებრივი ფუნქცია, უფრო სწორად კი ფუნქციის მისამართი &mult. მაგრამ ეს მხოლოდ ერთი გზა არის და არცთუ საუკეთესო. სხვა არჩევანი არის ფუნქტორის (ფუნქციური ობიექტის) გადაწოდება, რაც განმარტების თანახმად არის ნებისმიერი ობიექტი, რომელიც შესაძლოა

მიყენებულ იქნას ნულ, ერთ ან მეტ არგუმენტზე მნიშვნელობის მისაღებად, და/ან გამოთვლების მიმდინარეობის შესაცვლელად. შემდეგი პროგრამა შეიცავს ფუნქტორის შექმნისა და გამოყენების სცენარებს:

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <numeric>  // For accumulate
using namespace std;

class multiply {
public:
	int operator()(int x, int y) const { return x * y; }
};

int main()
{
	cout << "Using generic accumulate algorithm to "
		<< "compute a product." << endl;
	vector<int> vector1{ 1, 2, 3, 4, 5 };
	int product = accumulate(vector1.begin(), vector1.end(), 1, multiply());
	cout << " Product: " << product << endl;
}
```

`multiply` კლასში ფუნქციის გამოძახების ოპერატორ `operator()`-ის შექმნით ჩვენ შევქმენით ისეთი ტიპის ობიექტი, რომლის მიყენება შესაძლებელია არგუმენტების სიაზე, ისევე როგორც ფუნქცია აკეთებს. `accumulate` -ისთვის გადაცემული ობიექტი იქნება კლასის ნაგულისხმევი კონსტრუქტორის გამოძახების შედეგად. თავის მხრივ, ის იქმნება კომპილერის მიერ ავტომატურად. შევნიშნოთ, რომ ეს ობიექტი არაა შენახული მეხსიერებაში.

ასეთი ობიექტის გამოყენებას, ჩვეულებრივ ფუნქციასთან შედარებით, აქვს უპირატესობები. არგუმენტად გადაწოდების შემთხვევაში, მას მიყვება დამატებიტი ინფორმაცია (გარდა მისამართისა). გასათვალისწინებელია სისწრაფის და ეფექტურობის საკითხებიც.

რაც ჩვენ გავაკეთეთ იმდენად გავცელებულია, რომ STL-ში არის ასეთი რამ, ოღონდ უფრო ზოგადი სახის:

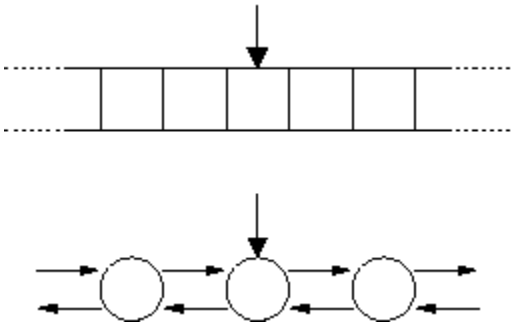
```
template <typename T>
class multiplies : public binary_function <T,T,T> {
public:
  T operator() (const T& x, const T& y) const
        {return x*y;}
};
```

ეს კლასი არის `binary_function` კლასის მემკვიდრე, რომლის მიზანს წარმოადგენს დამატებითი ინფორმაციის შენახვა ფუნქციის შესახებ. `multiplies` კლასის გამოყენებით, ბოლო პროგრამიდან შეგვიძლია ამოვიღოთ კლას `multiply`-ის განსაზღვრა, ხოლო დარჩენილ კოდში შეიცვლება ერთადერთი სტრიქონი:

```
int product = accumulate(vector1.begin(), vector1.end(), 1, multiplies<int>());
```

<<< იტერატორები

დანიშნულებით და დიზაინით იტერატორი არის პოინტერის მსგავსი ობიექტი. იტერატორი მიუთითებს ობიექტის პოზიციას დიაზონში:



იტერატორის საშუალებით შეიძლება კონტეინერში მოძრაობა (ყოველ იტერატორს გააჩნია ოპერატორი ++, ზოგიერთს --) და კონტეინერში შენახული ობიექტებზე წვდომა (ოპერატორი *). იტერატორის კლასის მეთოდები პასუხობს გარკვეულ კითხვებს. მათ შორის

1. როგორ ფიქსირდება დიაპაზონის დასაწყისი? (`begin`())
2. როგორ გამოვიცნოთ დიაპაზონის დასასრული? (`end`())
3. როგორ ხდება მოძრაობა დასაწყისიდან ბოლოსკენ? (operator++)
4. როგორ მივწვდეთ დიაპაზონის ობიექტებს? (operator*)

იტერატორების საშუალებით უკავშირდებიან ერთმანეთს განზოგადებული ალგორითმები და კონტეინერები. ალგორითმი იყენებს კონტეინერის შემოვლის მეთოდს (იტერატორს), ხოლო კონტეინერი უზრუნველყოფს შემოვლის ერთ ან რამდენიმე მეთოდს.

ყველა ალგორითმი ყველა კონტეინერთან ვერ იქნება თავსებადი. მაგალითად, ბინარული ძებნის ალგორითმი, ზოგადად, ვერ იმუშავებს მიმდევრობის კონტეინერებთან, რადგან ესენი მონაცემებს ინახავენ დაუხარისხებლად. იმისათვის რომ გასაგები გახდეს რომელი განზოგადებული ალგორითმი რომელ კონტეინერთან არის თავსებადი (ანუ კორექტულად, ეფექტურად და სწრაფად მუშაობენ), იტერატორები იერარქიული პრინციპით იყოფა ხუთ კატეგორიად: `input, output, forward, bidrectional, random access.` დაყოფა ეფუძნება კომპონენტის ობიექტებტზე წვდომის პრინციპს.

წინასწარ განვიხილოთ ერთი მნიშვნელოვანი აღნიშვნა და განმარტება რომელსაც არსებითად იყენებენ STL-ის ალგორითმები იტერატორებთან (კერძოდ, იტერატორების დიაპაზონთან, ანუ `range`-თან) სამუშაოდ.

STL-ის ყველა ალგორითმი დიაპაზონის ობიექტებს წვდება იტერატორების საშუალებით. ჩვეულებრივ, ამისათვის საკმარისია იტერატორების იმ `first` და `last` წყვილის მითითება, რომლებიც აჭდევებენ ობიექტების სასურველი დიაპაზონის დასაწყისსა და დასასრულს. იმისათვის რომ ზუსტად განისაზღვროს დიაპაზონი, ყოველთვის იგულისხმება, რომ დიაპაზონი `first`-იდან `last`-ამდე შედგება ყველა იმ იტერატორისგან, რომლებიც მიიღება დაწყებული `first`-ით და შემდეგ ოპერატორ ++ -ის გამოყენებით ვიდრე არ მივაღწევთ `last`-ს. მაგრამ ეს დიაპაზონი არ შეიცავს თვითონ `last`-ს. ამ ფაქტის ჩაწერისთვის გამოიყენება ისეთივე ჩანაწერი, რაც გამოიყენება მათემატიკაში ნახევრადღია შუალედისთვის:

`[first, last).`

STL-ის ყველა ალგორითმი გულისხმობს, რომ დიაპაზონი `[first, last)`, რომელიც მათ მიეწოდება არის კორექტული (ვალიდური), რაც ნიშნავს რომ `last` მიღწევადია `first`-იდან ოპერატორ ++ -ის გამოყენებით.

მნიშვნელოვანი კერძო შემთხვევა ე.წ. ცარიელი დიაპაზონისა იქმნება, როცა `first==last` არის ჭეშმარიტი.

კონცეფცია (concept) არის მოთხოვნების სიმრავლე, რაც ახასიათებს ტიპს:

- სინტაქსური მოთხოვნები განსაზღვრავს ნებადართულ გამოსახულებებს;
- სემანტური მოთხოვნები განსაზღვრავს გამოსახულებების მიერ გამოწვეულ ეფექტებს;

<<< input იტერატორები

იტერატორების დაყოფა კატეგორიებად ხდება სხვადასხვა ალგორითმის საჭიროებების გათვალისწინებით. მაგალითად, ბმული სიის იტერატორს არ შეუძლია ყველა იმ ოპერატორის უზრუნველყოფა, რაც განსაზღვრულია პოინტერებზე. თუმცა საკმაო რაოდენობა ალგორითმებისთვის სრულიად საკმარისია ის, რისი უზრუნველყოფაც შეუძლია სიის იტერატორს. ერთ-ერთი ასეთი არაპრეტენზიული ალგორითმი არის ძებნის განზოგადებული ალგორითმი `find`. იგი გამოიყენება სხვადასხვა მონაცემთა სტრუქტურაში (მათ შორის ვექტორში, სიაში და ა.შ.) სიდიდის მოსაძებნად. მას შეუძლია შემავალ ნაკადში სიმბოლოების მოძებნაც სპეციალური იტერატორის საშუალებით. `find` ალგორითმის იმპლემენტაციაა:

```
template<typename InputIterator, typename T>
InputIterator find(InputIterator first, InputIterator last, const T& value)
{
    while(first != last && *first != value)
        ++first;
    return first;
}
```

ამ კოდში, `InputIterator` -ის ობიექტები მონაწილეობენ შემდეგ გამოსახულებებში:

- `first != last`
- `++first`
- `*first`

იმისათვის, რომ `find` ალგორითმმა კორექტულად იმუშავოს, ეს გამოსახულებები უნდა იყვნენ განსაზღვრული და იღებდნენ შემდეგ მნიშვნელობებს:

- `first != last` - უნდა დააბრუნოს `true` როდესაც `first` განსხვავდება `last` - ისგან, და `false` წინააღმდეგ შემთხვევაში;
- `++first` - უნდა მოძებნოს და დააბრუნოს `first` -ის მომდენო მნიშვნელობა;
- `*first` - აბრუნებს იმ ობიექტს, რომლის მისამართსაც ინახავს `first`.

იმისათვის რომ `find` ალგორითმმა იმუშავოს ეფექტურად, თითოეული ეს ოპერაცია უნდა შესრულდეს მუდმივ დროში.

გარდა ამ სამი ოპერაციისა, აგრეთვე იგულისხმება რომ `InputIterator` -ის ობიექტებისთვის განსაზღვრული უნდა იყოს `==` ოპერატორი.

ეს ოპერატორები განსაზღვრულია პოინტერის ტიპის ობიექტებზე. თუმცა პოინტერებს აქვთ ბევრი სხვა თვისებაც. შესაბამისად, ყველა ალგორითმი, რომელიც მუსაობს `InputIterator`-თან, იმუშავებს აგრეთვე პოინტერებთან.

ტერმინი `InputIterator` არ უკავშირდება რაიმე ერთ ტიპს. პირიქით. იგი მოიცავს ტიპების ერთობლიობას, რომელთა ობიექტები აკმაყოფილებენ ზემოთ მოყვანილ შეზღუდვებს (პირობებს). `find` ფუნქციის გამოძახების დროს არგუმენტებად უნდა გადაცემული იყოს ისეთი იტერატორები, რომლებიც არიან `InputIterator` კატეგორიის.

იმის საჩვენებლად, რომ სხვადასხვა განსხვავებულ ტიპს შეუძლია ერთდროულად დააკმაყოფილოს `InputIterator`-ის მოთხოვნები, განვიხილოთ შემდეგი მაგალითი, რომელშიც `find` ალგორითმი მუშაობს სიასთან, ვექტორთან და iostream-თან დაკავშირებულ `InputIterator`-თან.

```
#include<iostream>
#include<iterator>
#include<iostream>
#include<algorithm>
#include<list>
#include<vector>
using namespace std;
int main()
{
    vector<int> v{12,3,26,7,11,213,7,123,-31};
    int* ptr = find(&v[0], &v[8], 7);
    if(*ptr == 7 && *(ptr+1) == 11)
    cout << "O.K., found using pointers;" << endl;

    vector<int>::iterator it = find(v.begin(), v.end(), 7);
    if(*it == 7 && *(++it) == 11)
    cout << "O.K., found using vector<int>::iterator;" << endl;

    list<int> lst(v.begin(),v.end());
    list<int>::iterator i = find(lst.begin(), lst.end(), 7);
    if(*i == 7 && *(++i) == 11)
    cout << "O.K., found using list<int>::iterator;" << endl;

    cout << "Type some characters, including an 'x' followed" << endl
         << "by at leas one nonwhite-space character: " << endl;;

    istream_iterator<char> in(cin);
    istream_iterator<char> eos;
    find(in, eos, 'x');
    cout << "The first nonwhite-space character followinfg the first 'x' was: "
         << *(++in) <<"." <<endl;
}
```

პროგრამის შესრულების შედეგს აქვს სახე:

```
O.K., found using pointers;
O.K., found using vector<int>::iterator;
O.K., found using list<int>::iterator;
Type some characters, including an 'x' followed
by at leas one nonwhite-space character:
as dfsa x ls xa s |
The first nonwhite-space character followinfg the first 'x' was: l.
```

<<< output იტერატორები

`InputIterator`-ები გამოიყენება მონაცემების წასაკითხად, ხოლო `OutputIterator`-ები საშუალებას გვაძლევენ რომ ობიექტები ჩავწეროთ, თუმცა არ უზრუნველყოფენ მათ წაკითხვას.

ეს ნიშნავს შემდეგს: თუ `first` არის რაიმე `OutputIterator`, მაშინ ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ `*first = ...`, მაგრამ არავითარი გარანტია არაა რომ შეგვეძლება `*first`-ის გამოყენება იმ ობიექტის წასაკითხად, რომლის მისამართსაც ის ინახავს.

სხვა განსხვავებები `InputIterator`-ისგან: `OutputIterator`-ის ობიექტისთვის არაა სავალდებულო რომ მისთვის განსაზღვრული იყოს `==` და `!=` ოპერატორები.

მაგალითად, განვიხილოთ STL-ის ალგორითმი copy, რომელიც ასლს იღებს ერთი მიმდევრობიდან მეორეში:

```
template<typename InputIterator, typename OutputIterator>
OutputIterator copy(InputIterator first, InputIterator last,
                    OutputIterator result)
{
    while(first != last)
    {
        *result = *first;
        ++first;
        ++result;
    }
    return result; }
```

შევნიშნოთ, რომ ჩვეულებრივი პოინტერების გამოყენება შეგვიძლია `OutputIterator`-ად.

STL-ს აქვს სპეციალური `OutputIterator`-ები, რომლებსაც ეწოდება `ostream` იტერატორები. ისინი გამოიყენება გამოტანის ნაკადში ობიექტების ჩასაწერად.

მაგალითად, თუ `lst` არის წინა პუნქტის მაგალითში შექმნილი სია, რომელიც იგივე ელემენტებითაა შევსილი, მაშინ შემდეგი ფრაგმენტი წერს სიის ობიექტებს გამოტანის cout ნაკადში:

```
ostream_iterator<int> out(cout, "\n");
copy(lst.begin(), lst.end(), out);
```

ან

```
ostream_iterator<int> out(cout, "\t");
copy(lst.begin(), lst.end(), out);
cout  << endl;
```

თუ გვინდა ერთ სტრიქონსი დაბეჭდოს და ტაბულაციის ნიშნით განაცალკევოს სიმბოლოები.

<<< Forward იტერატორები

ძალიან ხშირად, `Forward` იტერატორი ერთდროულად არის როგორც input, ასევე output იტერატორი. `forward` იტერატორს აქვს თვისება, რომელიც არაა სავალდებულო input და output იტერატორებისთვის: შესაძლებელია `forward` იტერატორის შენახვა და მისი გამოყენება კონტეინერის ხელახალი შემოვლისთვის, დაწყებული ერთი და იმავე პოზიციიდან. ეს თვისება მნიშვნელოვანია და გამოიყენება ე.წ. multipass ალგორითმების აგებისთვის.

ზოგიერთ შემთხვევაში, ალგორითმში `Forward` იტერატორის გამოცნობა შეგვიძლია მხოლოდ იმით, რომ ხდება იტერატორის დამახსოვრება დიაპაზონის განმეორებით შემოვლის მიზნით. ამ თემას ჩვენ დავუთმობთ საკმარის დროს.

ერთ-ერთი განზოგადებლი ალგორითმი, რომელიც ახდენს ობიექტების წაკითხვასაც და ჩაწერასაც არის შემდეგი:

```
template<typename ForwardIterator, typename T>
void replace(ForwardIterator first, ForwardIterator last, const T& x, const  T& y)
{
      while (first != last)
      {
            if (*first == x)
                  *first = y;
            ++first;
      }
}
```

მაგალითად, დეკში ელემენტების შეცვლისთვის ამ ალგორითმის გამოძახებას შესაძლოა ჰქონდეს სახე:

```
deque<char> deque1;
```

```
    . . .
replace(deque1.begin(),deque1.end(),'e', 'c' );
```

<<< Bidirectional იტერატორები

`Bidirectional` იტერატორი იმით განსხვავდება `Forward` იტერატორისგან, რომ შეუძლია კონტეინერის შემოვლა განახორციელოს ორივე მიმართულებით, ანუ მასზე განსაზღვრულია `--` ოპერატორის ორივე ვარიანტი: პრეფიქსულიც და პოსტფისულიც, მაგალითად, `it--` და `--it`.

<<< Random Access იტერატორები

`Random Access` იტერატორები, ანუ სწრაფი წვდომის იტერატორები აკმაყოფილებენ ყველა იმ მოთხოვნას, რასაც `Bidirectional` იტერატორები, და დამატებით ყოველი `r`, `s` იტერატორისთვის და n მთელი რიცხვისთვის განსაზღვრულია:

- იტერატორის და მთელის შეკრება და გამოკლება, წარმოდგენილი ჩანაწერით: `r+n`, `n+r`, `r-n`;
- კონტეინერში `r` იტერატორის `n`-ურ მომდევნო ელემენტზე სწრაფი წვდომა ფრჩხილებიანი ოპერატორის გამოყენებით ანუ ჩანაწერით `r[n]`, რაც ნიშნავს `*(r+n)`;
- ”დიდი ნახტომები” ორივე მიმართულებით, გამოხატული ჩანაწერით `r+=n` და `r-=n`;
- იტერატორების სხვაობა `r-s`, რაც აბრუნებს მთელ მნიშვნელობას;
- შედარებები: `r<s`, `r>s`, `r<=s`, `r>=s`, რაც იძლევა ბულის ტიპის მნიშვნელობებს.

ამჟამად კონტეინერების შექმნის ტექნიკა იმდენად არის განვითარებული, რომ შესაძლებელია კონტეინერის ელემენტზე სწრაფი წვდომა განხორციელდეს იმ შემთხვევაშიც კი, თუ კონტეინერი მეხსიერებაში არ იკავებს ერთ მთლიან მონაკვეთს.

<<< Contiguous იტერატორები

ამ კატეგორიის ტექნიკური დახასიათება მოცემულია მისამართზე http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/docs/papers/2014/n3884.pdf . ეს კატეგორია ახალი შექმნილია. მისი მიზანია სწრაფი წვდომის იტერატორების გარკვეული ქვესიმრავლისთვის ალგორითმების იმპლემენტაციის გაუმჯობესება და აჩქარება. კერძოდ, როდესაც ++ ოპერაციის აზრით მოსაზღვრე იტერატორებზე მოთავსებული ობიექტები მეხსიერებაშიც მოსაზღვრედ (გვერდიგვერდ) არის მოთავსებული. აქედან გამომდინარეობს სახელწოდება „მოსაზღვრე იტერატორები“. სხვა სიტყვებით, როდესაც კონტეინერს უკავია მეხსირებაში ერთი მთლიანი მონაკვეთი. ასეთებია array, basic_string, vector.

<<< იტერატორების მახასიათებლები (traits)

იტერატორების ტერმინებში განსაზღვრულ ალგორითმებში ხშირადაა საჭირო იტერატორების ისეთი მახასიათებლების ამოქმედება, როგორიცაა მნიშვნელობის ტიპი, კატეგორია და კიდევ ზოგი რამ. შედეგად, `Iterator`-ისთვის უნდა იყოს განსაზღვრული შემდეგი ხუთი ტიპი:

- `std::iterator_traits<Iterator>::difference_type` - გამოიყენება ორი იტერატორის სხვაობის წარმოსადგენად.
- `std::iterator_traits<Iterator>::value_type` - ტიპი, რომელიც მიიღება იტერატორის განმისამართების (ირიბი მნიშვნელობის აღების) შედეგად.
- `std::iterator_traits<Iterator>::pointer` - პოინტერი `value_type` -ზე

- `std::iterator_traits<Iterator>::reference` - რეფერენსი `value_type`-ზე
- `std::iterator_traits<Iterator>::iterator_category` - განსაზღვრავს იტერატორის კატეგორიას.

მათი გამოყენების მაგალითები მრავლადაა ინტერნეტში, ამიტომ მხოლოდ ერთ საინტერესო გამოყენებაზე შევჩერდებით - შემდეგი კოდი გვიჩვენებს, თუ როგორ შეიძლება განზოგადებული ფუნქციის შექმნა, რომელიც დააბრუნებს გარკვეული დიაპაზონის ელემენტების ჯამს (შესაბამისი ტიპის აზრით):

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

template<typename InputIt>
auto f
(
	InputIt first,
	InputIt last
)
{
	typename std::iterator_traits<InputIt>::value_type v{};
	while (first != last)
	{
		v += *first;
		++first;
	}
	return v;
}
int main()
{
	vector<int> a{ 1,2,3,4,5 };
	auto sum = f(a.begin(), a.end());
	cout << sum << endl;

	vector<string> b{ "we ","work ", "at ", "TSU " };
	auto conc = f(b.begin(), b.end());
	cout << conc << endl;
}
```

<<< STL იტერატორთა იერარქია: ალგორითმებისა და კონტეინერების კომბინირების ეფექტურობა

გასაღებს იტერატორებისა და STL -ისთვის მათი როლის გაგებისთვის წარმოადგენს იმის აღქმა, თუ რატომ არის სასარგებლო იტერატორების კლასიფიცირება ზემოთ აღწერილ ხუთ კატეგორიად.

ეს კლასიფიკაცია გულისხმობს რომ იტერატორებს შორის არსებობს გარკვეული იერარქია:

- `Forward` იტერატორი ერთდროულად არის აგრეთვე input და output იტერატორი;
- `Bidirectional` იტერატორი არის აგრეთვე `Forward` იტერატორი, აქედან გამომდინარე, არის აგრეთვე input და output იტერატორი;
- `Random Access` იტერატორი (სწრაფი წვდომის იტერატორი) არის აგრეთვე `Bidirectional` იტერატორი, ამიტომ არის აგრეთვე `Forward` იტერატორი, ამიტომ არის აგრეთვე input და output იტერატორი.

- `Contiguous` იტერატორი არის ყველაზე მეტად დატვირთული, ყველაფერი მოეთხოვება რაც სხვა იტერატორებს, ამიტომ შედის ყველა სხვა კატეგორიაში.

იერარქიული წყობიდან გამომდინარეობს შემდეგი:

- ის ალგორითმები, რომლებიც ითხოვენ მხოლოდ input ან output იტერატორებს, მუშაობენ აგრეთვე `Forward`, `Bidirectional`, `Random Access`, `Contiguous` იტერატორებთან;
- ის ალგორითმები, რომლებიც ითხოვენ `Forward` იტერატორებს, მუშაობენ აგრეთვე `Bidirectional`, `Random Access`, `Contiguous` იტერატორებთან;
- ის ალგორითმები, რომლებიც ითხოვენ `Forward` იტერატორებს, მუშაობენ აგრეთვე `Random Access` და `Contiguous` იტერატორებთან;

იტერატორთა კატეგორიები შემდეგნაირად გამოიყენება კონტეინერებისა და ალგორითმების სპეციფიკაციებში:

- კონტეინერთა კლასების აღწერები შეიცავს იმ იტერატორთა კატეგორიებს, რომლებსაც ისინი უზრუნველყოფენ;
- განზოგადებული ალგორითმების აღწერები შეიცავს იმ იტერატორთა კატეგორიებს, რომლებსაც ისინი მოითხოვენ.

ვნახოთ რამდენიმე მაგალითი:

- `list` უზრუნველყოფს `Bidirectional` იტერატორებს, ხოლო `find` ალგორითმს მხოლოდ input იტერატორები სჭირდება, ამიტომ `find` ალგორითმი მუშაობს `list` კონტეინერთან;
- მაშინ როდესაც `list` უზრუნველყოფს `Bidirectional` იტერატორებს, `sort` ალგორითმს სჭირდება სწრაფი წვდომის იტერატორები, ამიტომ არ შეიძლება `sort` ალგორითმის გამოყენება `list` კონტეინერთან;
- `deque`-ის ობიექტები გვაძლევენ სწრაფი წვდომის იტერატორებს, რასაც თხოულობს `sort` ალგორითმი. ამიტომ, `sort` ალგორითმი იმუშვებს `deque` კონტეინერთნ და ეს იქნება ეფექტური კომბინაცია;
- `set` იტერატორები არიან `Bidirectional` კატეგორიის და `merge` ალგორითმი ითხოვს input იტერატორებს ან უფრო მაღალი საფეხურის იტერატორებს. რადგან `Bidirectional` იტერატორები იტერატორთა იერარქიაში უფრო მაღლ საფეხურზე არიან, ამიტომ `merge` ალგორითმი მუშობს `set` კონტეინერთან.

იტერატორთა იერარქია კარგად გვიჩვენებს იმ ძირითად იდეას, რაც წარმოადგენს STL ბიბლიოთეკის აგების საფუძველს: STL კონტეინერთა და ალგორითმების ინტერფეისები ისეა აგებული, რომ წაახალისებს ეფექტურ კომბინაციებს. ეფექტური კომბინაცია ნიშნავს რომ კოდი კომპილირდება შეცდომების გარეშე, და გარკვეული დროითი სისწრაფის შეფასებები დაცულია.

<<< კონტეინერთა ადაპტერები

STL-ში კონტეინერთა ადაპტერები გამოიყენება სხვა კონტინერის ინტერფეისის შესაცვლელად. ისინი განისაზღვრება როგორც ტემპლიტიანი კლასები, რომლებიც მიიღებენ კონტეინერს როგორც პარამეტრს. ჩვენ ვნახავთ თუ რა მარტივად შეიძლება მონაცემთა სტრუქტურის ადაპტირება.

როგორც არ უნდა იყოს ორგანიზებული სტეკი (და რიგიც), ინტერფეისი დამოუკიდებელია იმპლემენტაციისგან და ადაპტირებული კონტეინერისგან. ეს სასარგებლოა ბევრ შემთხვევაში. ვთქვათ, თუ ჩვენ გადავწყვიტეთ სტეკის ორგანიზება ვექტორის საშუალებით, მაგრამ გარკვეულ მომენტში მოვინდომეთ გადართვა სტეკის ოპერაციების სხვა იმპლემენტაციაზე, მაგალითად სიის საშუალებით (ამის აუცილებლობა შეიძლება შეიქმნას, მაგალითად, თუ სტეკი ძალიან გაიზარდა ზომაში და სისტემა ვერ უზრუნველყოფს ასეთი ერთიანი მეხსიერების ფრაგმენტის გამოყოფას ვექტორისთვის). სხვა შემთხვევაში, სხვა ფაქტორებმა შეიძლება განაპირობონ შებრუნებული არჩევანი.

სტეკი. სტეკი არის ძალიან მარტივი მონაცემთა სტრუქტურა ვექტორთან, სიასთან და დეკთან შედარებით, რადგან თითოეულ მათგანზე რეალიზებულია გაცილებით მეტი მეთოდი, ვიდრე სტეკზე. სტეკის მოქმედების პრინციპი აღიწერება დევიზით: ბოლო მოვიდა - პირველი წავიდა (Last-in, first-out ანუ LIFO). მისი მოქმედები პრინციპი გამარტივებული სახით გავს თეფშების წყებას, რომელსაც ახალი თფში ემატება ზემოდან (ბოლოში), და თეფშის აღებაც ასევე ზემოდან (ბოლოდან) ხდება. პრაქტიკულ ამოცანებში ხშირად გვხვდება ასეთი სტრუქტურის შემოღების აუცილებლობა.

როგორც აღვნიშნეთ, ვექტორი, სია და დეკი შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც სტეკი, რადგან თითოეულ მათგანზე არის განსაზღვრული სტეკის ოპერაციები:

- ახალი ელემენტის ჩამატება ერთ ბოლოში (`push()` მეთოდი, `push_back()`-ით);
- ელემეტის წაშლა იგივე ბოლოდან (`pop()` მეთოდი, `pop_back()`-ით);
- ბოლოში მოთავსებული ელემენტის მნიშვნელობის ამოღება (`top()`, `back()`-ით);
- სტეკის შემოწმება, - ცარიელია თუ არა იგი (`empty()`);
- სტეკის ზომა - `size()`,
- `emplace` - ამ მეთოდს არ შევეხებით, რადგან მისი ეფექტური გამოყენება უკავშირდება C++11-ის გარკვეულ საკითხებს.
- `swap` - არგუმენტად გადაცემულ ორ სტეკს შეუცვლის შიგთავსებს.

სტეკის მიღება შეგვიძლია ვექტორის, დეკის და სიის ადაპტირებით:

- `stack<T>` არის `T` ობიექტებისგან შედგენილი სტეკი, რომელიც გულისხმობის პრინციპით იმპლემენტირებულია დეკით;
- `stack< T, vector<T> >` არის `T` ობიექტებისგან შედგენილი სტეკი, იმპლემენტირებული ვექტორით;
- `stack< T, list<T> >` არის `T` ობიექტებისგან შედგენილი სტეკი, იმპლემენტირებული სიით.

`pop()` ფუნქციის დასაბრუნებელი მნიშვნელობა არის `void` ტიპის. თუ საჭიროა წასაშლელი მნიშვნელობის ნახვა, მაშინ იგი წინასწარ უნდა ამოვიღოთ `top()` მეთოდით. სტეკის მიღება შეიძლება ნებისმიერი ისეთი კონტეინერის ადაპტირებით, რომელთაც აქვთ სტეკის ოპერაციების ანალოგები. ასეთი არის სამივე მიმდევრობის კონტეინერი.

სტეკს აქვს ერთი ასლის კონტრუქტორი, მისი გამოძახება შეიძლება ორი ფორმით. მაგალითად:

```
stack<T> s(otherStack);
```

ქმნის `otherStack`-ის ასლს, რომლის ელემენტებიარის `T` ტიპის, და მეორე ფორმა:

```
stack<T> s = otherStack;
```

სტეკისთვის განსაზღვრულია მინიჭების ოპერაცია

```
s1 = s2;
```

ამის შედეგად, მარცხნივ მდგარი სტეკი მიიღებს მარჯვენა სტეკის ზომას და მნიშვნელობებს.

ძალიან საინტერესო არის ბინარული მიმართებები სტეკებს შორის.

```
s1 == s2
```

აბრუნებს `true`-ს თუ `s1` და `s2` სტეკებს აქვთ ერთი ზომა და ერთი ტიპი (ელემენტების), და ელემენტებს ყოველ წყვილში შესაბამისი ადგილების მიხედვით აქვთ ერთი და იგივე მნიშვნელობა. წინააღმდეგ შემთხვევაში ბრუნდება `false`.

```
s1 != s2
```

აბრუნებს `true`-ს თუ `s1 == s2` არის `false`; წინააღმდეგ შემთხვევაში არის `false`.

```
s1 < s2
```

აბრუნებს `true`-ს თუ, `s1` და `s2`-ის მნიშვნელობების წყვილ-წყვილად შედარებისას, პირველ წყვილში რომლის ორი მნიშვნელობა განსხვავებულია, `s1`-ისა არის ნაკლები `s2`-ისაზე. წინააღმდეგ შემთხვევაში არის `false`.

```
s1 <= s2
```

მხოლოდ მაშინ აბრუნებს `true`-ს თუ ან `s1<s2` ან `s1 == s2`, is `true`.

```
s1 > s2
```

მხოლოდ მაშინ აბრუნებს `true`-ს თუ `s2<s1` არის `true`.

```
s1 >= s2
```

მხოლოდ მაშინ აბრუნებს `true` თუ ან `s1>s2` ან `s1 == s2` is `true`.

ვნახოთ მაგალითი როდესაც ერთი სტეკი ითვლება მეორეზე მეტად:

```
#include <iostream>
#include <stack>
using namespace std;
int main()
{
	stack<char> s1;
	s1.push('A');
	s1.push('B');
	s1.push('C');
	s1.push('D');
	cout << "\nThe stack s1 contains " << s1.size() << " values." << endl;

	stack<char> s2(s1);

	if (s1 == s2)
		cout << "Stacks contain the same elements" << endl;

	s2.push('E');
	s2.push('F');
	s1.push('X');
	s1.push('F');
	if (s1 > s2)
	   cout << "s1 > s2" << endl;
}
```

რამდენიმე კარგი მაგალითია მისამართზე http://cs.stmarys.ca/~porter/csc/ref/stl/cont_stack.html .

შემდეგი მარტივი კოდი გვიჩვენებს სტეკად მიმდევრობის კონტეინერების ადაპტირების გზას:

სტეკის იმპლემენტაცია:

```
#include<iostream>
#include<vector>
#include<deque>
#include<list>
using namespace std;

template<typename T, typename Container = deque<T> >
class myStack{
```

```
private:
	Container a;
public:
	void push(T t)	{
		a.push_back(t);
	}
	void pop(void)	{
		a.pop_back();
	}
	int size()	{
		return a.size();
	}
	T& top()	{
		return a.back();
	}
	bool empty()	{
		return (0 == a.size());
	}
};

int main()
{
	myStack<int, deque<int> > a;
	a.push(11);
	a.push(22);
	a.push(4444);
	a.push(555);
	while (!a.empty())
	{
		cout << a.top() << endl;
		a.pop();
	}
	cout << "Stack with default container:" << endl;
	myStack<double> s;
	s.push(1.1);
	s.push(22);
	s.push(44.44);
	s.push(55.5);
	while (!s.empty())
	{
		cout << s.top() << endl;
		s.pop();
	}
}
```

რიგი. რიგი იმით განსხვავდება სტეკისგან, რომ ელემეტების ჩამატება ხდება ერთ ბოლოში, ხოლო მნიშვნელობის ამოღება და ელემენტის წაშლა ხდება მეორე ბოლოდან. ამ პრინციპის შესახებ ამბობენ, "პირველი მოვიდა - პირველი წავიდა" (first-in, first-out ანუ FIFO). აქედან გამომდინარეობს რომ რიგის შესაქმნელად არ შეგვიძლია ვექტორის ადაპტირება.

რიგის მისაღებად გამოყენებადია ნებისმიერი ისეთი კონტეინერი, რომელიც უზრუნველყოფს შემდეგ ოპერაციებს: `empty()`, `size()`, `front()`, `pop()`, `push()`. ასეთი კონტეინერი ჯერ-ჯერობით მხოლოდ ორია: სია და დეკი.

- `queue<T>` არის `T` ობიექტებისგან შედგენილი რიგი, რომელიც გულისხმობის პრინციპით იმპლემენტირებულია დეკით;
- `queue < T, list<T> >` არის `T` ობიექტებისგან შედგენილი რიგი, სიის საშუალებით.

რიგის ოპერაციებია `size()`, `push()`, `pop()`, `front()`, `empty()`, აგრეთვე emplace და swap .

ისევე როგორც სტეკზე, განსაზღვრულია ასლის კონსტრუქტორი ორი ფორმით და მინიჭების შეტყობინება, აგრეთვე ბინარული მიმართების ოპერატორები.

რამდენიმე საინტერესო მაგალითი და დამატებითი ცნობები შეგიძლიათ იხილოთ მისამართზე http://cs.stmarys.ca/~porter/csc/ref/stl/cont_queue.html

პრიორიტეტების რიგი. პრიორიტეტების რიგი არის ისეთი მონაცემთა სტრუქტურა, რომელშიც ამოსაღები ელემენტი, ნებისმიერ მომენტში, შესაძლოა იყოს მხოლოდ რიგის ელემენტებს შორის უდიდესი. არსებობს შესაძლებლობა რომ ელემენტების შედარების გზაც მივუთითოთ ცხადად.

პრიორიტეტების რიგის მისაღებად შესაძლებელია ნებისმიერი ისეთი კონტეინერის ადაპტირება, რომელიც უზრუნველყოფს სწრაფ წვდომას. პრიორიტეტების რიგი უზრუნველყოფს შწემდეგი ოპერაციების შესრულებას: `empty()`, `size()`, `top()`, `pop()`, `push()`, აგრეთვე emplace და swap. ომდევნო კვირებში ვნახავთ, თუ როგორ შეიძლება პრიორიტეტების რიგის გაკეთება ოროობითი გროვის საშუალებით.

პრიორიტეტების რიგზე განაცხადებს აქვს სახე:

- `priority_queue<int>` არის მთელი რიცხვებისგან შედგენილი პრიორიტეტების რიგი, რომელიც გულისხმობის პრინციპით იმპლემენტირებულია ვექტორით და ასევე გულისხმობს `less<int>()` შედარებას.

მარტივი მისახვედრია თუ რას ნიშნავს:

- `priority_queue<int, vector<int>, greater<int>>,`
- `priority_queue<float, deque<float>, greater<float>>.`

ამ ადაპტერსიც გვაქვს ასლის კონსტრუქტორი ორი ფორმით და მინიჭების შეტყობინება. დამატებითი ცნობები და რამდენიმე კარგი მაგალითი არის მისამართზე http://cs.stmarys.ca/~porter/csc/ref/stl/cont_priority_queue.html

<<< ლიტერატურა

1. D. Musser, G. Derge, A. Saini. STL Tutorial and Reference Guide, Second Edition, Addison-Wesley, 2006
2. http://cs.stmarys.ca/~porter/csc/ref/stl/index_containers.html