STRUKTURE PODATAKA I ALGORITMI

Predavanje 13

Ishod 5

1

SORTIRANJE U STL-U

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

2

Uvod

- STL dolazi s dobrim algoritmima pomoću kojih možemo zadovoljiti sve potrebe za sortiranjima u našim aplikacijama
- Osnovna funkcija je `sort()` složenosti $O(n \log n)$ koja dolazi u dvije verzije:
  - `sort(begin, end)`
    - Rastuće sortira raspon [begin, end) koristeći operator manje od
  - `sort(begin, end, komparator)`
    - Sortira raspon [begin, end) koristeći zadani komparatorsku funkciju
    - Komparatorska funkcija je funkcija koja prima dva objekta i vraća treba li prvi doći prije drugog
      - Slično, ali ne jednako kao kod prioritetnog reda (tamo je komparator bio struktura)

Primjer rastućeg sortiranja

```
int brojevi[] = { 3, 1, 5, 2, 4};
sort(brojevi, brojevi + 5);
for (int i = 0; i < 5; i++) {
    cout << brojevi[i] << ' ';
}
cout << endl;

vector<string> osobe({ "Zeljka", "Anica", "Mirko",
                                          "Ivana", "Branko" });
sort(osobe.begin(), osobe.end());
for (auto it = osobe.begin(); it != osobe.end(); ++it) {
    cout << *it << ' ';
}
cout << endl;
```

Primjer padajućeg sortiranja i sortiranja objekata

```
struct pravokutnik {
    int a;
    int b;
    pravokutnik(int a, int b) {
        this->a = a;
        this->b = b;
    }
    int povrsina() {
        return this->a * this->b;
    }
};

bool padajuce(int a, int b) {
    return a > b;
}

bool asc_pravokutnici(pravokutnik a, pravokutnik b) {
    return a.povrsina() < b.povrsina();
```

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

5

Primjer padajućeg sortiranja i sortiranja objekata

```
int main() {
    int brojevi[] = { 3, 1, 5, 2, 4};
    sort(brojevi, brojevi + 5, padajuce);
    for (int i = 0; i < 5; i++) {
        cout << brojevi[i] << ' ';
    }
    cout << endl;

    vector<pravokutnik> p({ pravokutnik(10, 10),
    pravokutnik(2, 2), pravokutnik(4, 4) });
    sort(p.begin(), p.end(), asc_pravokutnici);
    for (auto it = p.begin(); it != p.end(); ++it) {
        cout << it->povrsina() << ' ';
    }
    cout << endl;

    return 0;
}
```

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

6

Zadatak

- Pripremimo vektor s razbacanim brojevima od 1 do 2 milijuna te ga sortirajmo rastuće. Ispišimo koliko traje sortiranje.
- Rješenje:

```
srand(unsigned(time(0)));
vector<int> v;
for (int i = 1; i <= 2000000; i++) { v.push_back(i); }
random_shuffle(v.begin(), v.end());

auto start = chrono::high_resolution_clock::now();
sort(v.begin(), v.end());
auto end = chrono::high_resolution_clock::now();

cout
   << "Vrijeme: "
   << chrono::duration_cast<chrono::milliseconds>(end- start).count()
   << " ms" << endl;
```

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

7

Algoritmi ispod haube

- Visual Studio implementira funkciju `sort` pomoću Intro sorta i Insertion sorta
- Princip rada je sljedeći:
  - Ako se sortira < 32 elementa, koristi Insertion sort
  - Ako se sortira >= 32 elementa, koristi Intro sort
    - Započne s Quick sortom
      - Kao pivot koristi medijan od prvog, srednjeg i zadnjeg elementa
    - Ako Quick sort probije definiranu granicu dubine rekurzije, odustane od Quick sorta i prebaci se na Heap sort
      - Granica rekurzije je obično definirana kao 2*log*n*

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

8

Stabilno sortiranje

- Ako imamo početne elemente i sortiramo ih po ključu:

12	49	12	3
Mireau Miric	Yuro Yurich	Anna Anicci	Schtepf Stefi

- Nestabilno sortiranje može proizvesti rezultat:

3	12	12	49
Schtepf Stefi	Anna Anicci	Mireau Miric	Yuro Yurich

- Dok stabilno sortiranje garantirano daje rezultat:

3	12	12	49
Schtepf Stefi	Mireau Miric	Anna Anicci	Yuro Yurich

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

9

Primjer primjene stabilnog sortiranja

- Primjer:
  - Imamo sortirane studente po prezimenu i imenu
  - Želimo ih dodatno sortirati padajuće po broju bodova na ispitu
  - Uz to, želimo da studenti koji imaju isti broj bodova zadrže svoj abecedni redoslijed

Student	Bod
Ana Anić	51
Branka Brankić	93
Bruno Brunić	43
Iva Ivić	55
…	
Željko Željkić	93

Sortirani abecedno

Student	Bod
Željko Željkić	93
Branka Brankić	93
Iva Ivić	55
Ana Anić	51
…	
Bruno Brunić	43

Nestabilno

Student	Bod
Branka Brankić	93
Željko Željkić	93
Iva Ivić	55
Ana Anić	51
…	
Bruno Brunić	43

Stabilno

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

10

Stabilno sortiranje

- U stabilnom sortiranju elementi zadržavaju svoj relativni položaj i nakon sortiranja
- Algoritam `sort()` nije stabilan
- Funkcija `stable_sort()` je stabilna verzija algoritma `sort()`
  - Koristi se jednako kao i `sort()`
  - Ima složenost $O(n \log^2 n)$
    - Ako postoji dovoljno memorije, ima složenost $O(n \log n)$
  - Koristi Merge sort u kombinaciji s Insertion sortom

Sortiranje liste

- Neke kontejnere nema smisla sortirati (red, stog, mapa, …)
- Metodom `sort()` možemo sortirati „sve” kontejnere osim listi
  - Lista nema iterator slučajnog pristupa `[]` niti `at()`
- `list<T>::sort()` je također stabilni sort temeljen na Merge sortu
  - Ima jednaku složenost

Primjer sortiranja liste

```
bool desc_pravokutnici(pravokutnik a, pravokutnik b) {
	return a.povrsina() > b.povrsina();
}

int main() {
	list<pravokutnik> l({
	    pravokutnik(10, 10),
	    pravokutnik(2, 2),
	    pravokutnik(4, 4) });

	l.sort(desc_pravokutnici);

	for (auto it = l.begin(); it != l.end(); ++it) {
		cout << it->povrsina() << ' ';
	}
	cout << endl;

	return 0;
```


Sortiranje dijela raspona

- `partial_sort(begin, middle, end)`
  - Elementi ispred middle su najmanji elementi u cijelom rasponu i sortirani su
  - Nema garancije kako su poslagani svi ostali elementi
  - Koristi Heap sort, složenost je $O(n \log m)$, gdje je m udaljenost od begin do middle
  - Pitanje: u čemu je razlika u odnosu na `sort(begin, middle)`?
  - Isprobajte je li brže parcijalno sortiranje prvih 500k ili potpuno sortiranje svih razbacanih brojeva od 1 do 2 milijuna.

Zadatak

- Ispišimo tri najmanja elementa u cijelom vektoru.
- Rješenje:

```
vector<int> v({ 8, 3, 1, 5, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 13, 11, 15,
12, 14, 16, 17, 19, 20, 18 });

partial_sort(v.begin(), v.begin() + 3, v.end());

for (auto it = v.begin(); it != v.begin() + 3; ++it) {
    cout << *it << ' ';
}
cout << endl;
```


Provjera sortiranosti

- `is_sorted(begin, end)`
  - Vraća je li raspon [begin, end) sortiran
- `is_sorted_until(begin, end)`
  - Vraća iterator na prvi element u rasponu [begin, end) koji nije sortiran
  - Ako vrati end, cijeli raspon je sortiran

Primjer

```
srand(unsigned(time(0)));
vector<int> v;
for (int i = 1; i <= 35; i++) { v.push_back(i); }

random_shuffle(v.begin(), v.end());
for (auto it = v.begin(); it != v.end(); ++it) {
	cout << *it << ' ';
}
cout << endl;

cout << "Is sorted: " << is_sorted(v.begin(), v.end()) << endl;

cout << "Sortirani elementi: ";
auto first_unsorted = is_sorted_until(v.begin(), v.end());
for (auto it = v.begin(); it != first_unsorted; ++it) {
	cout << *it << ' ';
}
cout << endl;
```

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

17

Sortiranje n-tog elementa

- `nth_element(begin, nth, end)` u linearnoj složenosti modificira raspon na način:
  - Na poziciji *nth* je vrijednost koja bi tu trebala biti da je polje sortirano (ta vrijednost je sad na svome mjestu)
  - Elementi ispred *nth* sigurno nisu veći od elementa na *nth*
  - Elementi iza *nth* sigurno nisu manji od elementa na *nth*
- Zadatak: izračunajmo koji broj je treći najmanji broj u rasponu brojeva od 1 do 2 milijuna. Usporedimo brzinu izvršavanja u usporedbi sa sortiranjem cijelog raspona.

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

18

Primjer

```
srand(unsigned(time(0)));
vector<int> v;
for (int i = 1; i <= 2000000; i++) { v.push_back(i);   }
random_shuffle(v.begin(), v.end());

auto start = chrono::high_resolution_clock::now();
nth_element(v.begin(), v.begin() + 2, v.end());
auto end = chrono::high_resolution_clock::now();

cout
  << "Vrijeme: "
  << chrono::duration_cast<chrono::milliseconds>(end-start).count(
  << " ms" << endl;

cout << *(v.begin() + 2) << endl;
```

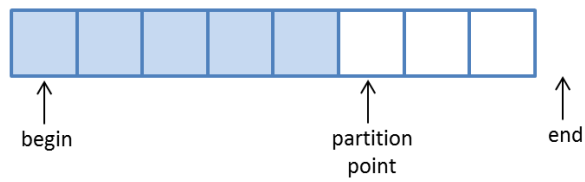

Sažetak

- Glavni alat
  - Funkcija `sort()` sortira zadani raspon prema zadanom kriteriju
- Želimo sortirati uz zadržavanje prethodnog međusobnog odnosa jednakih elemenata
  - Funkcija `stable_sort()`, ali performanse manje ili više lošije
- Želimo pronaći onu vrijednost koja bi bila na *n*-tom mjestu sortiranih elemenata
  - Funkcija `nth_element()`
- Želimo pronaći sve vrijednosti koja bi bile od početka do *n*-tog mjesta sortiranih elemenata
  - Funkcija `partial_sort()`

PARTICIONIRANJE

Particioniranje

- Ponekad imamo potrebu efikasno podijeliti elemente nekog kontejnera u one koji zadovoljavaju uvjet i one koji ga ne zadovoljavaju



- U primjeru su:
  - Plavo označeni elementi koji zadovoljavaju uvjet
  - Bijelo označeni oni koji ne zadovoljavaju
  - Točka particioniranja je prvi element koji ne zadovoljava uvjet

Slika preuzeta s fluentcpp.com

Funkcije za particioniranje

- Osnovne funkcije su:
  - `partition(begin, end, predikat)`
    - Radi particioniranje prema predikatu i vraća iterator na točku particioniranja
    - Predikat je funkcija koja prima vrijednost i vraća `bool`
    - Složenost je $O(n)$
  - `is_partitioned(begin, end, predikat)`
    - Provjerava je li raspon particioniran
  - `partition_point(begin, end, predikat)`
    - Vraća iterator na točku particioniranja

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

23

Zadatak s particioniranjem

- Napravimo vektor sa slučajno poslaganim brojevima od 1 do 2 milijuna pa ga particionirajmo tako da prvo dolaze parni, a zatim neparni. Ispišite prvi neparni broj.
- Rješenje:

```
bool paran(int n) {
    return n % 2 == 0;
}
int main() {
    srand(unsigned(time(0)));
    vector<int> v;
    for (int i = 1; i <= 2000000; i++) { v.push_back(i); }
    random_shuffle(v.begin(), v.end());
    auto start = chrono::high_resolution_clock::now();
    auto pp = partition(v.begin(), v.end(), paran);
    auto end = chrono::high_resolution_clock::now();
    cout << "Partition point: " << *pp << endl;
    return 0;
```

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

24

BINARNO PRETRAŽIVANJE

Binarno pretraživanje

- Binarno pretraživanje je postupak kojim tražimo neku vrijednost u sortiranom kontejneru i to u složenosti $O(\log n)$
- Dvije verzije:
  - `binary_search(begin, end, value)`
    - Vraća `true` ako tražena vrijednost postoji u zadanom rasponu
  - `binary_search(begin, end, value, komparator)`
    - Vraća `true` ako tražena vrijednost postoji u zadanom rasponu, ali koristeći jednaku komparatorsku funkciju kao prilikom sortiranja

Zadatak

- Pripremite vektor a razbacanim vrijednostima od 1 do 2 milijuna. Potražite vrijednost 1.234.456 na sljedeće načine i usporedite trajanja:
  - Linearno pretraživanje na nesortiranom polju
  - Linearno pretraživanje na sortiranom polju
  - Sortiranje + binarno pretraživanje
  - Samo binarno pretraživanje

ALGEBRA BERNAYS SVEUČILIŠTE

27