Osnovne podatkovne strukture in algoritmi

Matevž Jekovec, Tomaž Hočevar

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za računalništvo in informatiko

Programiranje v višji prestavi
26. junij 2017

Spletna tekmovanja

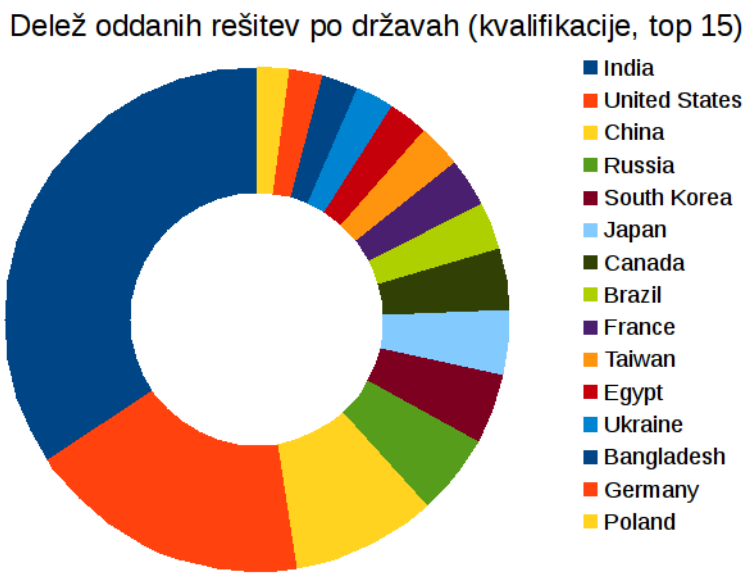
- CodeForces
  - Ogromna zbirka tekmovalnih nalog iz programiranja
  - Tekmovanja iz programiranja, običajno brez denarnih nagrad
- TopCoder
  - Tekmovanja iz kodiranja, uporabniških vmesnikov in analize podatkov
  - Denarne nagrade
- CodeChef
  - Zbirka tekmovalnih nalog in organizirana tekmovanja (nekaj na mesec)
  - Manjše denarne nagrade
- Letno tekmovanje iz programiranja z bogatimi nagradami:
  - Google Code Jam
  - Facebook Hacker Cup

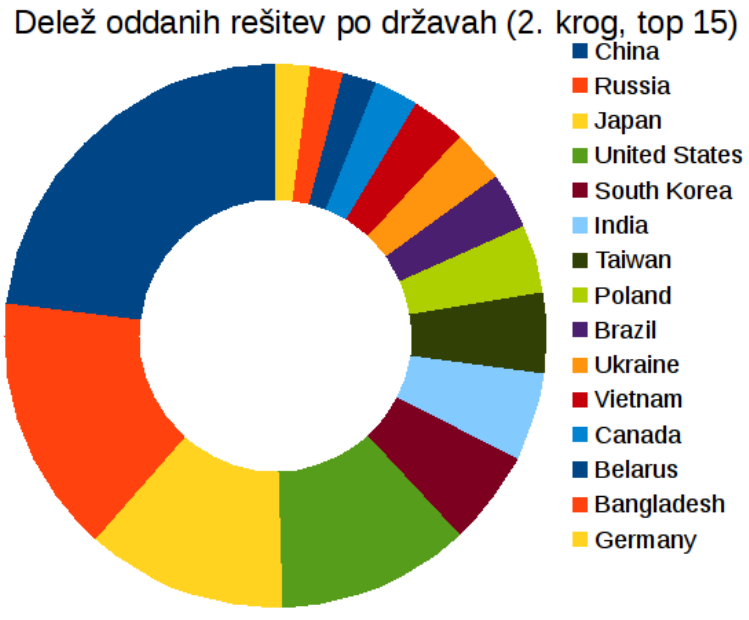
Fizična tekmovanja

- Tekmovanja iz programiranja v Sloveniji:
  - ACM RTK (dijaki)
  - ZOTKS Festival inovativnih tehnologij (dijaki)
  - ACM UPM (študenti)
- Mednarodna tekmovanja iz programiranja:
  - CEOI (dijaki) — letos v Ljubljani!
  - IOI (dijaki)
  - ACM CERC (študenti)
  - ACM ICPC (študenti)
  - ACM SIGMOD programming contest (študenti, raziskovalci s področja obdelave velikih podatkov)

Statistika

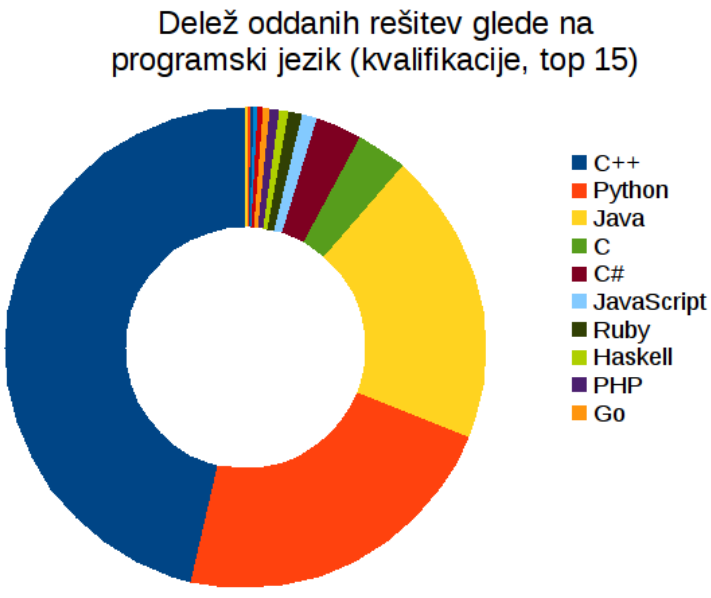
- Google Code jam 2017

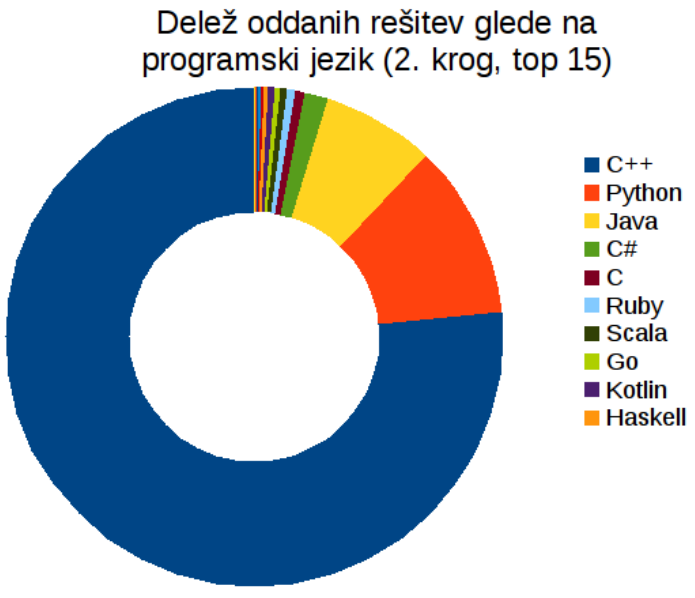




Statistika

- Google Code jam 2017





Literatura

Učbeniki v angleščini:

- Cormen, Leiserson, Rivest, Stein: Introduction to Algorithms (3rd ed.)
- Sedgewick, Wayne: Algorithms (4th ed.)
- Berg, Cheong, Kreveld, Overmars: Computational Geometry: Algorithms and Applications (3rd ed.)

V slovenščini:

- Slovenski prevod prosto dostopne knjige Open Data Structures (`http://sl.opendatastructures.org/`)
- Zborniki rešenih tekmovalnih nalog ACM RTK od leta 1988 dalje. (`http://rtk.ijs.si`)

C++ in STL dokumentacija:

- `http://cplusplus.com/reference`
- `http://en.cppreference.com`

Temeljne podatkovne strukture

- tabela/polje (`vector`)
- seznam (`list`)
- vrsta (`queue`)
- sklad (`stack`)
- vrsta s prednostjo (`priority_queue`)
- množica (`set`)
- slovar (`map`)

Tabela/polje (vector)

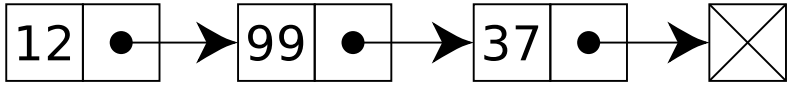
- Hiter dostop do poljubnega elementa.
- Velikosti so znane vnaprej (statična alokacija).

```
#define N 10000
int tab[N];
```

vector je 1D tabela dinamične velikosti. Uporaba (STL):

```
vector<int> v = {5,8,2};
v.push_back(3);
cout << v[v.size()-1] << endl;
```

Povezan seznam (`list`)



- Počasen dostop do poljubnega elementa.
- Vstavljanje/Brisanje: i) dinamična alokacija in ii) prevezava sosednjih elementov.

Uporaba (STL):

```
list<int> l = {12,99,37};
l.insert(l.end(),4);
auto it = find(l.begin(),l.end(),99);
l.insert(it, 1);
l.erase(it);
for (int x : l) cout << x << endl;
```

Vrsta (queue)

- FIFO: first-in, first-out
- Operacije: `push`, `front`, `back`, `pop`

Uporaba (STL):

```
queue<int> q;
q.push(9); q.push(1);
q.pop();
cout << q.front() << endl;
```

S pomočjo krožne tabele (*circular buffer*):

```
int q[N], h=0, t=0;
q[t++]=9; q[t++]=1;
h++;
```

Primer uporabe vector, queue

Dosegljivost v grafu (iz točke 0)

```
int n,e;
vector<int> sosedi[100000];
int mark[100000], st=0;

int main() {
 scanf("%d %d",&n,&e);
 for (int i=0;i<3;i++) {
  scanf("%d %d",&a,&b);
  sosedi[a].push_back(b);
  sosedi[b].push_back(a);
 }
 ...
```

```
 queue<int> q;
 q.push(0);
 mark[0]=1;
 while (!q.empty()) {
  int x=q.front();
  q.pop();
  st++;
  for (int y : sosedi[x])
   if (!mark[y]) {
    q.push(y);
    mark[y]=1;
   }
 }
 cout << st << endl;
 return 0;
}
```

Sklad (stack)

- LIFO: Last-in, first-out
- Operacije: `push`, `top`, `pop`

Uporaba (STL):

```
stack<int> s;
s.push(9); s.push(1);
s.pop();
cout << s.top() << endl;
```

Izvedba s tabelo:

```
int s[N], n=0;
s[n++]=9; s[n++]=1;
n--;
cout << s[n-1] << endl;
```

Primer uporabe stack

- Rekurzivni klici funkcij.
- Sprehod po drevesu.

```
struct Node {
 int value;
 vector<Node*> children;
}

void preorderTraversal(Node *root) {
 stack<Node*> nodes;
 nodes.push(root);
 while (!nodes.empty()) {
  Node *current = nodes.top();
  cout << current->value;
  nodes.pop();
  for (Node *c : current->children) nodes.push(c);
 }
}
```

Vrsta s prednostjo (`priority_queue`)

- Vrsta s prioritetami elementov — najpomembnejši naprej.

Uporaba (STL):

```
priority_queue<int> p;
p.push(1); p.push(9); p.push(3);
p.pop();
cout << p.top() << endl;
```

Izvedba s seznamom (počasi!), bolje drevesna struktura — kopica (*heap*).

Primer uporabe (priority_queue)

- Urejanje — *heap sort*
- Iskanje najkrajših poti — *Dijkstra*
- Razvrščanje internetnih paketkov (zvok/slika ima prednost pred spletom)

Naloga:
Imamo n palic z dolžinami a_i, ki bi jih radi razrezali na čim manjše kose. Naredimo lahko k rezov – izberemo neko palico in jo na poljubnem mestu razrežemo na dva kosa. Tako dobimo $n + 1$ palic, ostane pa nam še k-1 rezov. Želimo doseči, da bo na koncu najdaljša palica čim krajša! Kako?
$n = 5,\ k = 3$
$a = [10, 7, 4, 16, 4]$

Množica (set)

- Množica elementov, elementi se ne podvajajo (izjema `multiset`), vrstni red vstavljanja ni ohranjen.
- Operacije: `insert`, `remove`, `contains`, `size`

Uporaba (STL):

```
set<int> s = {6,8,2,8,4};
s.insert(6); s.insert(7);
s.erase(8);
cout << s.size() << " " << s.count(6);
```

Običajno implementiran z **urejeno podatkovno strukturo**, kar lahko izkoristimo!

- `lower_bound` (bisekcija),
- iteratorji.

Slovar (map)

- Preslika ključ $\rightarrow$ vrednost.
- Podoben množici, vsak ključ se pojavi kvečjem 1-krat (z izjemo `multimap`).

Uporaba (STL):

```
map<vector<int> ,int> m;
m[{0,0,1}]=1;
m[{1,1,0}]=6;
cout << m.count({1,0,1}) << endl;
```

Iteratorji

Iterator je ovoj (*wrapper*) okoli kazalca na element v podatkovni strukturi.
Večina operacij (brisanje, vrivanje, iskanje) zahteva pozicijo v obliki iteratorja in ne indeksa elementa.
Operacije:

- Iterator dobimo prek obstoječe podatkovne strukture:
```
vector<int> myvector;
vector<int>::iterator a = myvector.begin();
vector<int>::iterator b = myvector.end();
```
- Naslednji/Prejšnji element: `++a`, `a++`, `--a`, `a--`
- Skok: `a+7`
- Kako dobiti element, na katerega kaže iterator?
```
cout << *a;
```

Iteratorji (primer)


```
#include <iostream>
#include <vector>

int main ()
{
 std::vector<int> myvector;
 for (int i=1; i<=5; i++) myvector.push_back(i);

 std::cout << "myvector contains:";
 for (auto it = myvector.begin(); it !=
       myvector.end(); ++it)
  std::cout << ' ' << *it;
 std::cout << '\n';

 return 0;
}
```

Vgrajeni algoritmi #include<algorithm>

- Min/Max: `min`, `max`, `min_element`, `max_element`
- Masovno spreminjanje podatkov: `copy`, `move`, `replace`, `fill`, `unique`, `reverse`, `rotate`, `partition`
- Urejanje: `sort`, `stable_sort`, `is_sorted`
- Iskanje: `binary_search`, `lower_bound`
- In še več: `lexicographical_compare`, `next_permutation`

Vgrajeni algoritmi (primer)

Izgradnja priponskega polja (urejanje+podan comparator).

```
const char *text="abcabc";
const int N=6;

bool suffixCompare( int a, int b ) {
 int i;
 for (i=0; (i<N - max(a,b)) &&
      (text[a+i])==(text[b+i]); i++);
 if ( i == N - max(a,b) ) { return a>b; }
 else { return (text[a+i] < text[b+i]); }
}

int main() {
 vector<int> sa = {0,1,2,3,4,5};
 std::sort(sa.begin(), sa.end(), suffixCompare);
}
```