

Java Collections

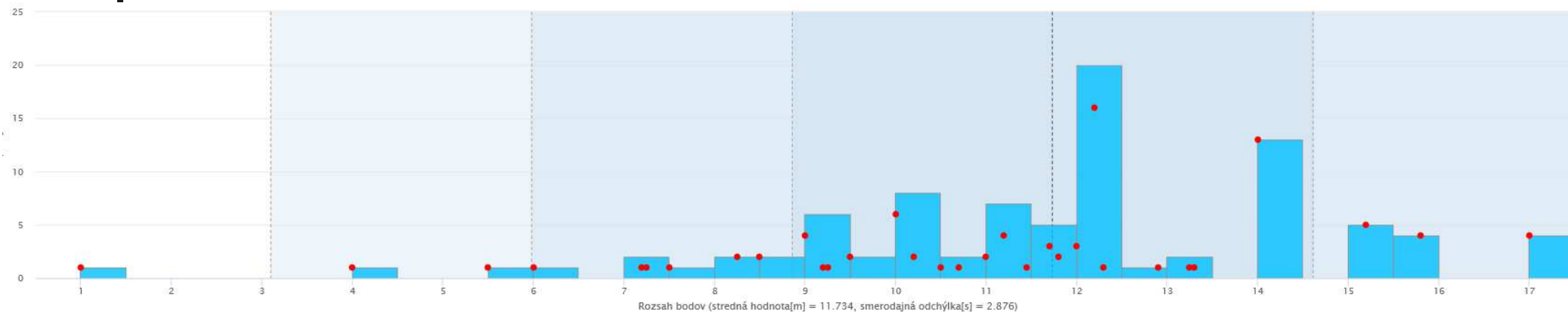


Peter Borovanský
KAI, I-18

borovan 'at' ii.fmph.uniba.sk

<http://dai.fmph.uniba.sk/courses/JAVA/>

Quadterm-1



- priemer 11.7
- median 12.2
- priemer 2021 12.0
- chat-gpt 3 11.8



Midterm

- 25.4. 18:00, H3, H6
- pokrýva témy:
 - Java collections – List, Set, Map
 - Stream API – lambdas & functionals
 - Java I/O – čítanie/písanie z/do súboru

Java Collections

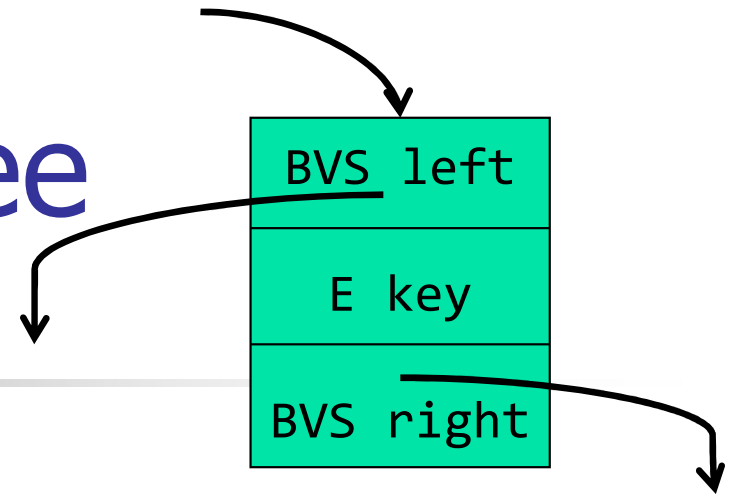
- Neberte si kľúčiky od veľkej miešačky, kým neviete robiť s malou lopatou
- všetky príklady Quadtermu boli riešiteľné bez Listu, Set či Map



BVSTree

(Binárny vyhľadávací/vyvážený strom
býva Midterme)

Polymorfný/parametrizovateľný model:



```
public class BVSTree<E extends Comparable<E>> {
    BVSTree<E> left;
    E key;
    BVSTree<E> right;
    public BVSTree(E key) {                // konštruktor
        this.key = key;
        left = right = null;
    }
}
```

- Comparable (**Comparable<E>**) je interface predpisujúci jedinú metódu:
int compareTo(Object o), <E>int compareTo(E e)
- základné triedy implementujú interface Comparable (ak to dáva zmysel):
Integer, Long, ..., String, Date, ...
- pre iné triedy môžeme dodefinovať metódu `int compareTo()`

Klonovanie

(trieda Hruska)



```
interface Clonable {           // vlastná analógia clon(e)able
    public Object copy();      // z istého dôvodu úplne vo vlastnej réžii
}

public class Hruska implements Comparable<Hruska>, Clonable {
    static int allInstances = 0;           // počítadlo všetkých inštancií
    private int instanceIndex;             // koľkatá inštancia v poradí
    private int size;                      // veľkosť hrušky

    public Hruska(int size) { this.size = size;
        instanceIndex = allInstances++;
        System.out.println("create Hruska " + instanceIndex);
    }

    public Hruska copy() {
        System.out.println("copy Hruska " + instanceIndex);
        return new Hruska(size);
    }

    public int compareTo(Hruska inaHruska) {
        return Integer.compare(this.size, inaHruska.size);
    }
}
```

Klonovanie

(trieda BVSNode)

```
class BVSNode<E extends Comparable<E> & Clonable> implements Clonable {
    BVSNode<E> left, right; E key;

    static int allInstances = 0;           // počítadlo všetkých inštancií
    private int instanceIndex;           // koľkatá inštancia v poradí

    public BVSNode(E theKey) { key = theKey; left = right = null;
        instanceIndex = allInstances++;
        System.out.println("create BVSNode " + instanceIndex);
    }

    public BVSNode<E> copy() {
        System.out.println("copy BVSNode " + instanceIndex);
        BVSNode<E> clone = new BVSNode<E>((key != null) ? (E)(key.copy()) : null);
        clone.left = (left != null) ? left.copy() : null;
        clone.right = (right != null) ? right.copy() : null;
        return clone;
    }
}
```



Klonovanie

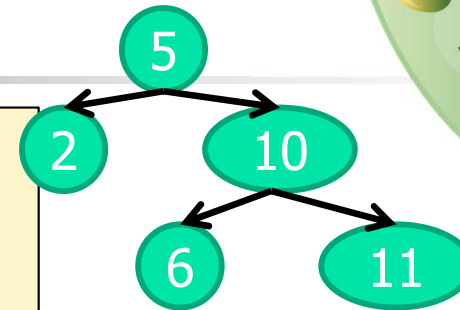
(trieda BVSTree)

```
class BVSTree<E extends Comparable<E> & Clonable> implements Clonable {
    BVSNode<E> root;    // pointer na koreň stromu
    static int allInstances = 0;
    private int instanceIndex;

    public BVSTree () {
        instanceIndex = allInstances++;
        System.out.println("create BVSTree " + instanceIndex);
        root = null;
    }
    public BVSTree<E> copy() {
        System.out.println("copy BVSTree " + instanceIndex);
        BVSTree<E> clone = new BVSTree<E>();
        clone.root = (root != null)?root.copy():null;
        return clone;
    }
}
```


Pear Tree Copy

(Klonovanie stromu hrušiek)



```
create BVSTree 0
create Hruska 0
create BVSTNode 0
create Hruska 1
create BVSTNode 1
create Hruska 2
create BVSTNode 2
create Hruska 3
create BVSTNode 3
create Hruska 4
create BVSTNode 4
```

```
<key:som hruska 5:> - <left:som hruska 2>, <right:som hruska 10>
<key:som hruska 2:> - <x>, <x>
<key:som hruska 10:> - <left:som hruska 6>, <right:som hruska 11>
<key:som hruska 6:> - <x>, <x>
<key:som hruska 11:> - <x>, <x>
```

```
BVSTree<Hruska> s =
    new BVSTree<Hruska>();
Random r = new Random();
for(int i=0; i<5; i++)
    s.insert(new Hruska(r.nextInt(19)));
```

```
(BVSTree<Hruska>)
s.copy();
copy BVSTree 0
create BVSTree 1
copy BVSTNode 0
copy Hruska 0
create Hruska 5
create BVSTNode 5
copy BVSTNode 3
copy Hruska 3
create Hruska 6
create BVSTNode 6
```

```
copy BVSTNode 1
copy Hruska 1
create Hruska 7
create BVSTNode 7
copy BVSTNode 4
copy Hruska 4
create Hruska 8
create BVSTNode 8
copy BVSTNode 2
copy Hruska 2
create Hruska 9
create BVSTNode 9
```

Java Collections

dnes bude:

- podtriedy Collection
 - množiny (sets)
 - zoznamy (lists)
 - fronty (queues)
 - zobrazenia (maps) – asociativne polia, adš

Cvičenie:

- HashSet, ArrayList, HashMap, ...

literatúra:

- Thinking in Java, 3rd Ed. (<http://www.ibiblio.org/pub/docs/books/eckel/TIJ-3rd-edition4.0.zip>) – 11:
Collections of Objects



Slajd < Java 8
(všade)

Slajd = Java 8

Slajd = Java 9

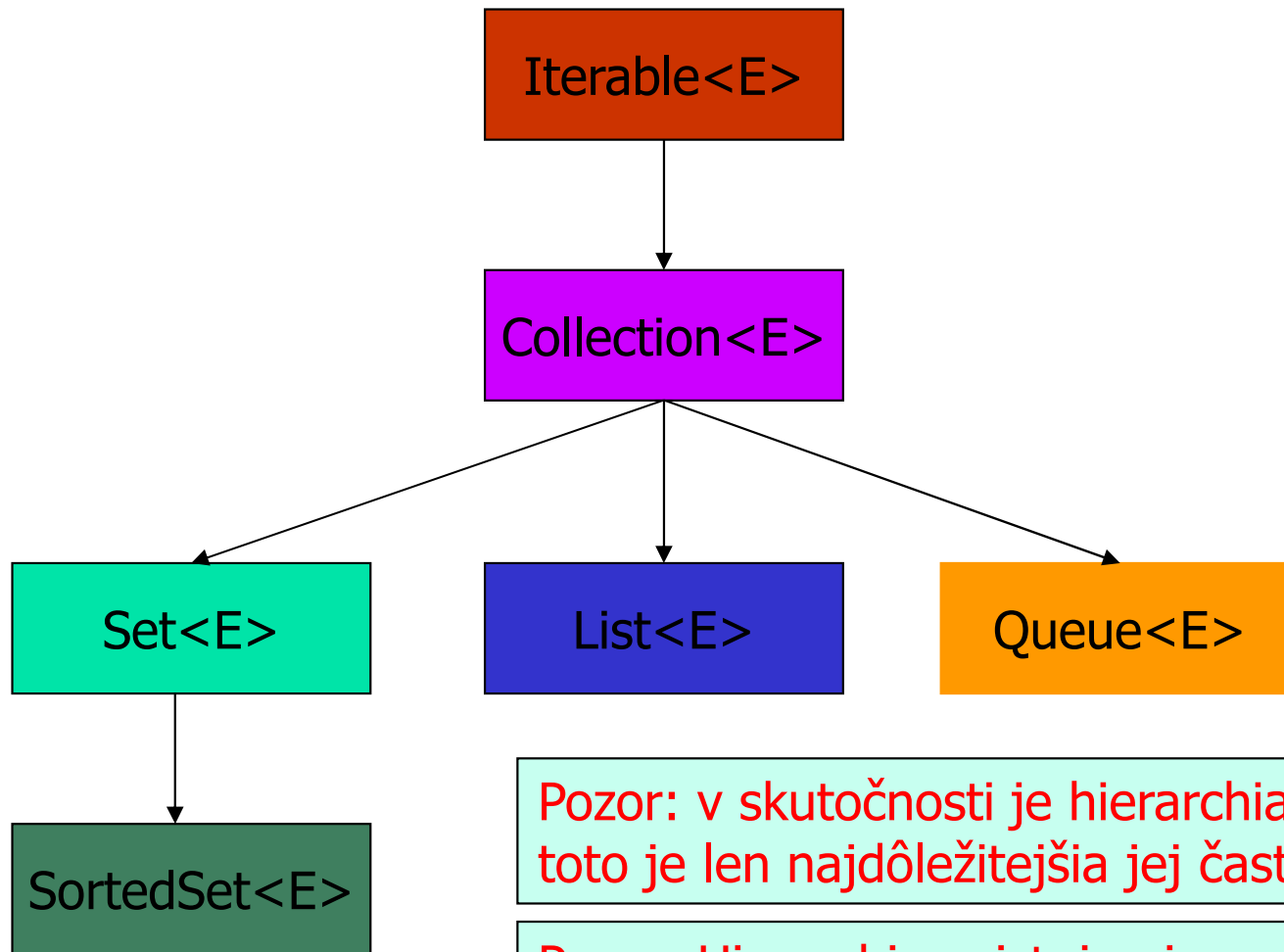
Slajd = Java 10



Java Collections

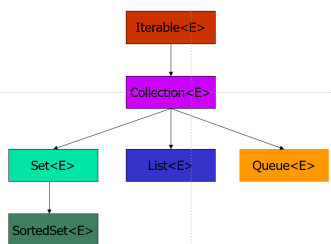
- ~~s poliami by sme si ešte dlho vystačili~~, **JAVA Collections** patria k **používaným triedam zručného programátora** - podobne ako C++ kontajnery v STL,
- Hoc ide len o knižničné triedy, budeme sa im venovať z troch pohľadov:
 1. **interface** - aký ADT definujú
 2. **implementation** - zvolená reprezentácia pre ADT
 3. **algorithm** - ako efektívne sú realizované metódy
- pre **eleganciu kódovania**: treba mať prehľad v kolekciach po kontajneroch STL nás neprekvapí, že najpoužívanejšie z nich sú:
 1. set=množina
 2. list=zoznam
 3. queue=front
 4. map=zobrazenie
- pre **efektívnosť kódu**: treba mať predstavu o ich implementácii

Iterable interface hierarchy



Pozor: v skutočnosti je hierarchia oveľa košatejšia
toto je len najdôležitejšia jej časť

Pozor: Hierarchia existuje aj v negenerickej verzii,
neradno ich miešať (heterogénne kolekcie z Object)



```
public interface Iterable<T> {
    public Iterator<T> iterator();
}
```

Iterable/Iterator interface

Iterable/Iterator interface umožňuje sekvenčný prechod ľubovoľnou collection:

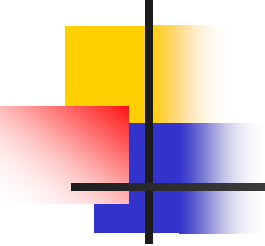
```
public interface Iterator<E> {
    boolean hasNext();           // true, ak som na poslednom prvku
    E next();                   // choď na ďalší prvok
    void remove();              // vyhoď ten, na ktorom stojíš-
                                // voliteľné

    // ako prejsť collection, nechať x také, že platí cond(x)
    static <E> void filter(Collection<E> c) {
        for (Iterator<E> it = c.iterator(); it.hasNext(); )
            if (!cond(it.next())) // cond je logická podmienka
                it.remove();
    }

    static <E> void printCollection(Collection<E> c) {
        for (Iterator<E> it = c.iterator(); it.hasNext(); )
            System.out.println(it.next());
    }
}
```

Generické vs. negenerické

(homogénne vs. heterogénne)



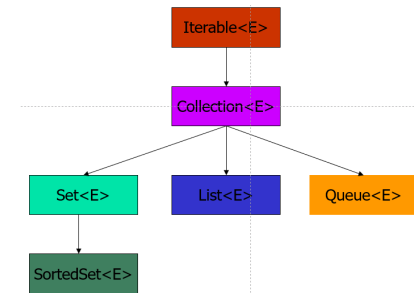
```
// generická homogénna kolekcia typu E
static void printCollection(Collection<E> c) {
    for (Iterator<E> it = c.iterator(); it.hasNext(); )
        System.out.println(it.next());    // typu E
}

// negenerická hetero (Any/Object) kolekcia
static void printCollection(Collection c) {
    for (Iterator it = c.iterator(); it.hasNext(); )
        System.out.print(it.next());    // typu Object
}

// cyklus for-each na homogénnych kolekciach
static <E> void printCollection(Collection<E> c) {
    for (E elem : c) System.out.print(elem);
}

// cyklus for-each na heterogénnych kolekciach
static void printCollection(Collection c) {
    for (Object o : c) System.out.print(o);
}
```

Interface Collection<E>



Spoločné minimum pre všetky triedy implementujúce Collection:

```
public interface Collection<E> extends Iterable<E> {  
    int size(); // veľkosť  
    boolean isEmpty(); // či je prázdna  
    boolean add(E element); // pridaj do nej  
    boolean contains(Object element); // nachádza sa v nej  
    boolean remove(Object element); // vyhoď prvok  
    Iterator<E> iterator(); // iterátor cez collection  
    ...  
    Object[] toArray(); // konverzia do poľa Objectov  
    <T> T[] toArray(T[] a); // konverzia do poľa T[]  
}
```

Ďalšie pod-interfaces prikazujú implementovať iné partikulárne metódy:
....., Deque<E>, List<E>, Queue<E>, Set<E>, SortedSet<E>,

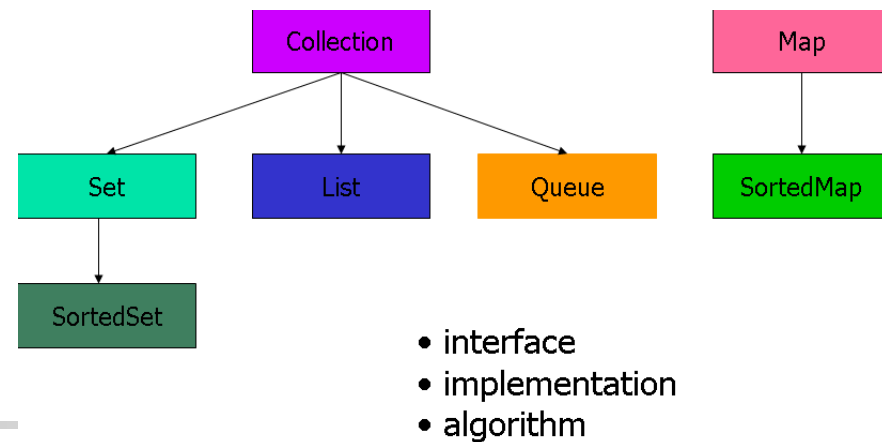


Implementácie Collection<E>

.. je ich veľa, všimnime si dôležitejšie ..

AbstractCollection, AbstractList, AbstractQueue, AbstractSequentialList, AbstractSet, ArrayBlockingQueue, ArrayDeque, ArrayList , AttributeList, BeanContextServices Support,	BeanContextSupport, ConcurrentLinked Queue, ConcurrentSkipListSet, CopyOnWriteArrayList, CopyOnWriteArraySet, DelayQueue, EnumSet, HashSet , JobStateReasons, LinkedBlockingDeque, LinkedBlockingQueue, LinkedHashSet , LinkedList ,	PriorityBlocking Queue, PriorityQueue , RoleList, RoleUnresolvedList, Stack , SynchronousQueue, TreeSet , Vector
---	---	--

Implementation

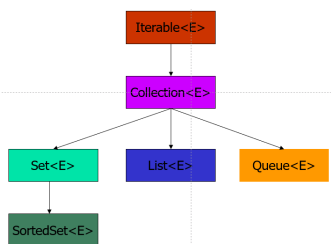


Inter faces	Implementations				
	Hash table	Resizable array	Tree	Linked List	Hash table + Linked list
Set	HashSet		TreeSet		LinkedHashSet
List		ArrayList		LinkedList	
Queue		ArrayList		LinkedList	
Map	HashMap		TreeMap		LinkedHashMap

Najčastejšia implementácia

Dôležité vedieť:

1. Set a Map nemôžu obsahovať duplikáty (pre kľúč), porovnanie na rovnosť
2. TreeMap a TreeSet sú usporiadané (podľa kľúča), potrebujú usporiadanie na prvkoch (na kľúčoch)
3. zobrazenie Map obsahuje páry (*key;object*) prístupné cez kľúč *key = dictionary*



implementácie:

- HashSet
- LinkedHashSet
- TreeSet - usporiad
- EnumSet

Množina - Set

prvky sa neopakujú

```
public interface Set<E> extends Collection<E> {
    int size();
    boolean isEmpty();
    boolean add(E element);           // pridaj
    boolean contains(Object element); // nachádza sa
    boolean remove(Object element);   // vyhoď
    boolean containsAll(Collection<?> c); // podmnožina
    boolean addAll(Collection<? extends E> c); // zjednotenie
    boolean removeAll(Collection<?> c); // rozdiel

    Iterator<E> iterator();
    Object[] toArray();           // konverzia do
    <T> T[] toArray(T[] a);      // poľa
}
```

Príklad HashSet (Set)

- HashSet negarantuje poradie pri iterácii
- LinkedHashSet iteruje v poradí vkladania prvkov

```
import java.util.HashSet;  
import java.util.Set;
```

```
// >= Java 1.5, zaviedla generics  
Set<String> s = new HashSet<String>();  
// >= Java 1.7, zaviedla diamond operator <>  
Set<String> s = new HashSet<>();  
Set<String> s = new HashSet<~>(); // špecialitka IntelliJ  
Set<String> s = new LinkedHashSet<>();  
for (String a : args)  
    if (!s.add(a))// nepodarilo sa pridať  
        System.out.println("opakuje sa: " + a);
```

```
System.out.println(s.size() + " rozne: " + s);  
Object[] poleObj = s.toArray();  
for(Object o:poleObj) System.out.print(o);
```

Konverzia do poľa
Podhodím mu typ
poľa, aby vedel...

```
String[] poleStr = s.toArray(new String[0]);  
for(String str:poleStr) System.out.print(str);
```

HashSetDemo a b b a
opakuje sa: b
opakuje sa: a
2 rozne: [a, b]
abab

Súbor: HashSetDemo.java

Množinová konstanta

```
Set<Integer> s = new HashSet<>();  
s.add(1); s.add(2); s.add(3);
```

```
Set<String> strs = new HashSet<>(  
    Arrays.asList("Java", "Kawa"));           // <> Java 7  
alebo...  
Arrays.asList(new String[]{"Java", "Kawa"}));
```

```
Set<Integer> r = Set.of(1,2,3);  
Set<String> r = Set.of("Java", "Kawa");
```

```
var q = Set.of(true, false);
```

```
// Set<Set<Integer>> powerSet matematicky {{},{0},{1},{0,1}}  
var powerSet = Set.of(  
    Set.of(), Set.of(0), Set.of(1), Set.of(0,1) );
```

Java 10



Ready for
Java 10?

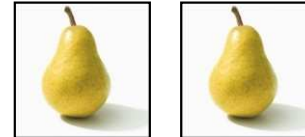
Implicitná typová deklarácia-typ premennej si domyslí s inicializačnej hodnoty

```
var a = 0;  
var h = new Hruska();  
var pole = new String[10];  
var list = new ArrayList<String>();  
var map = new HashMap<String, String>();  
class Hruska { ... }
```

Nič to ale nemení na fakte, že Java zostáva staticky typovaná
nikdy z toho nebude JavaScript, **var**-podobnosť je čisto náhodná...

Množina definovaných objektov

```
Hruska h1 = new Hruska(1);  
Hruska h2 = new Hruska(1);  
Set<Hruska> hrusky = new HashSet<>(Arrays.asList(h1, h2));  
"size = " + hrusky.size()  
"==" + (h1 == h2)  
".equals " + (h1.equals(h2))
```



```
size    -> 2  
==      -> false  
.equals -> false
```

Asi Hruske chýba náš vlastný .equals – lebo Object.equals je porovná referencie

```
class Hruska {  
    int velkost;  
  
    ...  
    @Override  
    public boolean equals(Object obj) {  
        return  
            (obj instanceof Hruska)?(velkost==(Hruska) obj).velkost)  
                :false;  
    }  
}
```

```
size    -> 2  
==      -> false  
.equals -> true
```

Množina definovaných objektov

WAR IS PEACE.
FREEDOM IS SLAVERY.
IGNORANCE IS STRENGTH.
1984

Asi Hruske chýba náš vlastný .hashCode, ale ako napísať hašovaciú funkciu ?

```
class Hruska {  
    int veľkost;  
  
    ...  
    @Override  
    public int hashCode() {  
        return 1984; //Orwellova konštanta ☺  
    }  
  
    @Override  
    public int hashCode() {  
        return veľkost;  
        return 17*veľkost;  
    }  
  
    @Override  
    public int hashCode() {  
        return super.hashCode();  
    }  
}
```

```
size    -> 1  
==      -> false  
.equals -> true
```

```
size    -> 1  
==      -> false  
.equals -> true
```

```
size    -> 2  
==      -> false  
.equals -> true
```

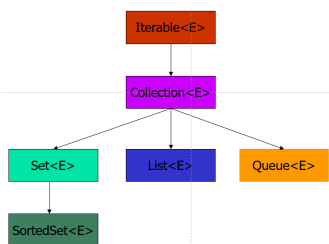


Ako teda pracuje HashSet

- žiadne duplikáty

`Set.add(key)`, `contains(key)`, ...

- interne volá `hashCode(key)`
- všetky prvky s rovnakým `hashCode` sú v jednom (!) spájanom zozname,
 - to vysvetľuje, že `return super.hashCode();` lebo sú všetky rôzne
- prebehne tento spájaný zoznam a porovnáva objekty pomocou `.equals()`
 - preto konštanta 1984 degraduje `HashSet` na `LinkedList`...
- Analogicky bude fungovať `HashMap` alias dictionary



Usporiadaná množina - SortedSet

- TreeSet iteruje podľa usporiadania

prvky sa neopakujú a navyše sú usporiadané
okrem toho, čo ponúka Set<E> dostaneme:

```
public interface SortedSet<E> extends Set<E> {  
    SortedSet<E> subSet(E from, E to); // vykusne podmnožinu  
                                         // prvkov od >= from a < to  
    SortedSet<E> headSet(E toElement); // podmnožina prvkov  
                                         // od začiatku až po toElement  
    SortedSet<E> tailSet(E fromElement); // podmnožina prvkov  
                                         // od fromElement až po koniec  
    E first(); // prvý  
    E last();  // posledný prvok usp.množiny  
}
```

```
headSet(to)  
subSet(from, to)
```

```
{ first < ... < from < ... < to < ... < last }
```

```
tailSet(from)
```



Príklad TreeSet (SortedSet)

```
import java.util.TreeSet;
```

```
List<String> list = Arrays.asList( // rozdelí reťazec na slová  
    "jedna dva tri styri pat sest sedem osem devat"  
    .split(" ")); // do poľa, z ktorého vyrobí List
```

```
TreeSet<String> sortedSet = new TreeSet<>(list); //vyrobí SortedSet  
System.out.println(sortedSet);  
    // [devat, dva, jedna, osem, pat, sedem, sest, styri, tri]
```

```
String low = sortedSet.first(), // devat  
String high = sortedSet.last(); // tri
```

```
sortedSet.subSet("osem", "sest") // [osem, pat, sedem]  
sortedSet.headSet("sest")        // [devat, dva, jedna, osem, pat, sedem]  
sortedSet.tailSet("osem")        // [osem, pat, sedem, sest, styri, tri]
```

Usporiadana množina definovaných objektov

```
Hruska h1 = new Hruska(1), h2 = new Hruska(1);
Hruska h3 = new Hruska(4), h4 = new Hruska(3);
```



```
Set<Hruska> hrusky = new TreeSet<>(Arrays.asList(h4,h1,h2,h3));
Set<Hruska> hrusky = new TreeSet<>(Set.of(h4,h1,h2,h3));
```

Hruska cannot be cast to java.base/java.lang.Comparable

Asi Hruske chýba náš **implements** Comparable<Hruska> a .compareTo()

```
class Hruska implements Comparable<Hruska> {
```

```
    int velkost;
```

```
    ...
```

```
@Override
```

```
public int compareTo(Hruska o) {
```

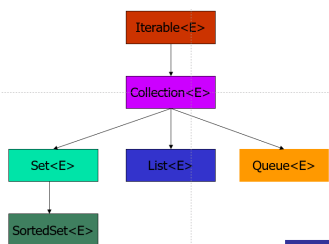
```
    return (velkost<o.velkost)?-1:(velkost==o.velkost)?0:1; ☹
```

```
    return new Integer(velkost).compareTo(new Integer(o.velkost)); ☹
```

```
    return Integer.compare(velkost, o.velkost); 😊
```

```
}
```

```
[Hruska{velkost=1}, Hruska{velkost=3}, Hruska{velkost=4}]
```



implementácie:

- ArrayList
- LinkedList
- Vector
- Stack

Zoznam - List

prvky sa môžu opakovať a majú svoje poradie, resp. usporiadanie
ListIterator okrem next()/hasNext(), pozná aj previous()/hasPrevious()

```
public interface List<E> extends Collection<E> {
    E get(int index);                // prístup cez index-getter
    E set(int index, E element);      // prístup cez index- setter
    boolean add(E element);           // pridaj
    void add(int index, E element);    // pridaj na pozíciu
    E remove(int index);              // vyhod'
    boolean addAll(int index, Collection<? extends E> c);
                                    // vsuň celú collection
    int indexOf(Object o);             // hľadá o, vráti index, ak nájde
    int lastIndexOf(Object o);
    ListIterator<E> listIterator();   // iterátor, vie ísť od zadu
    ListIterator<E> listIterator(int index); // iteruj od indexu
    List<E> subList(int from, int to); // podzoznam
}
```

Príklad ArrayList (List)

```
import java.util.*;
```

```
String[] p = {"a","b","c","d"};  
ArrayList<String> s = new ArrayList<>(); // prázdny zoznam  
for (String a : p) s.add(a);           // nasyp doň prvý poľa p
```

```
List<String> s = List.of("a","b","c","d");  
List<String> s = new ArrayList<>(List.of("a","b","c","d"));
```

```
for (Iterator<String> it = s.iterator(); it.hasNext(); )  
    System.out.println(it.next());           // vypíš zoznam, abcd  
s.set(1,"99");s.remove(2);                   // prepíš 1. "99", vyhoď 2., a99d
```

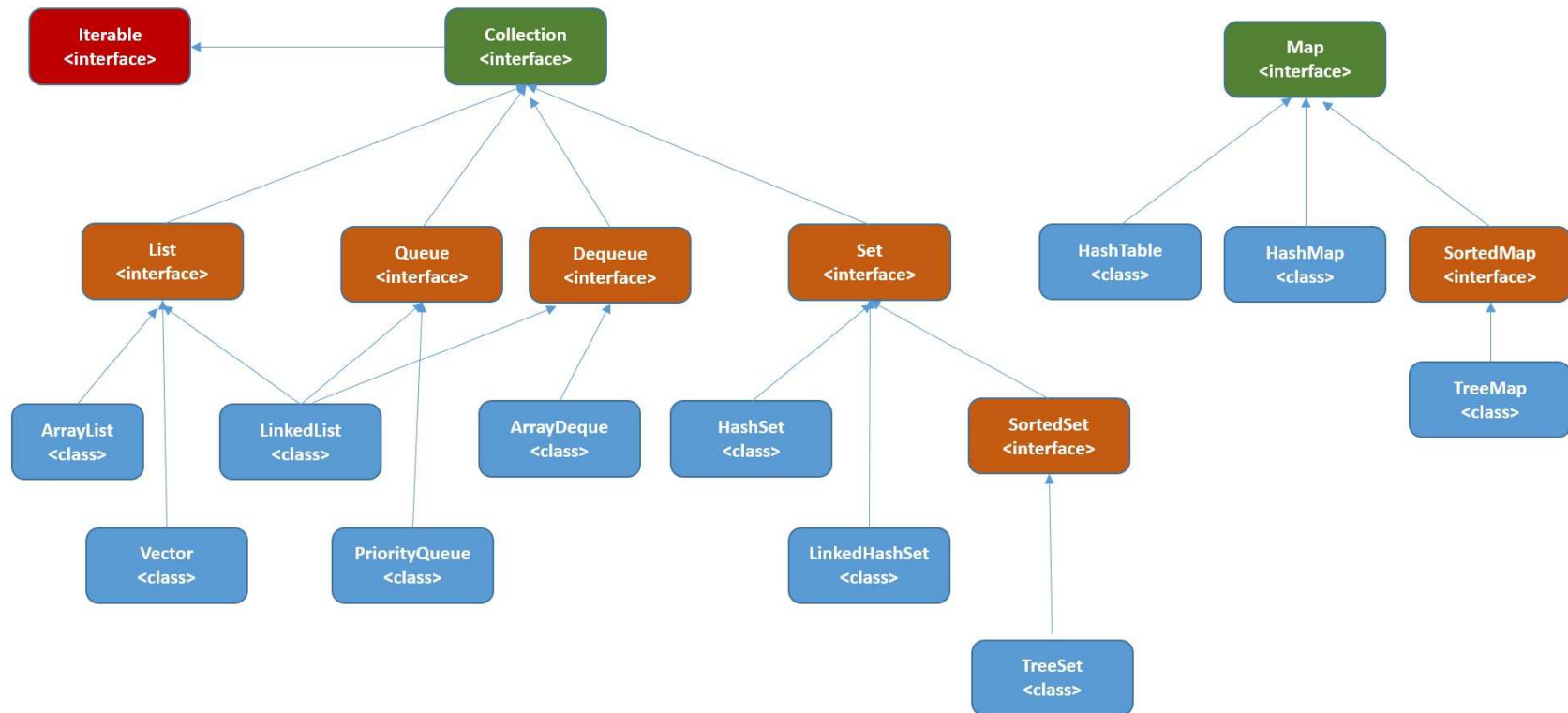
```
for (ListIterator<String> it = s.listIterator(s.size());  
     it.hasPrevious(); )  
    System.out.println(it.previous()); //vypíš zoznam opačne d99a
```

```
Set<String> hs = new HashSet<String>();  
hs.add("A");           hs.add("B");           // množina [A, B]  
s.addAll(2,hs);         // vsunutá množina[a, 99, A, B, d]
```

Immutable Collections

<https://docs.oracle.com/javase/9/core/creating-immutable-lists-sets-and-maps.htm#JSCOR-GUID-202D195E-6E18-41F6-90C0-7423B2C9B381>

Collection Framework Hierarchy



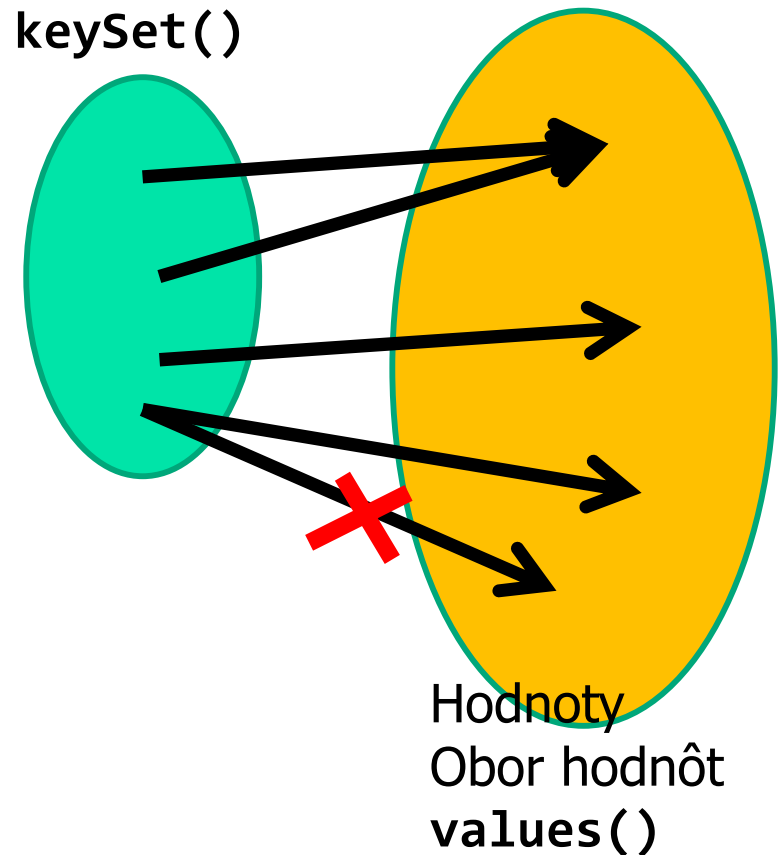
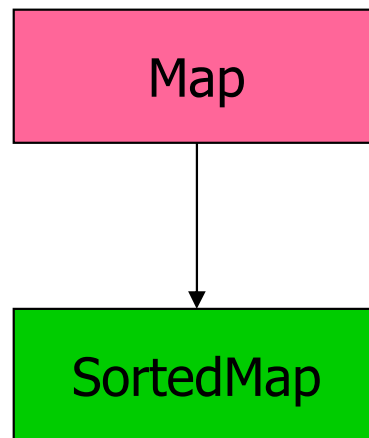
<https://facingissuesonit.com/category/collection/>

Map interface

(Map je zobrazenie, nie mapa)
(map je dictionary)



Kľúče
definičný obor
`keySet()`





Interface Map<K,V>

implementácie:

- HashMap
- LinkedHashMap
- EnumMap
- TreeMap

```
public interface Map<K,V> {
```

zobrazenie : K->V

Python: m[key]=value

```
V put(K key, V value); // pridaj dvojicu [key;value] do  
                        zobrazenia, ak už key->value', tak prepíš
```

Python: m[key]

```
V get(Object key); // nájdí obraz pre key, ak neexistuje->null
```

```
V remove(Object key);
```

```
boolean containsKey(Object key); // patrí do definičného oboru
```

```
boolean containsValue(Object value); // patrí do oboru hodnôt
```

```
int size();
```

```
boolean isEmpty();
```

```
. . . .
```

```
// Collection Views
```

```
public Set<K> keySet(); // definičný obor, množina kľúčov
```

```
public Collection<V> values(); // obor hodnôt, nemusí byť množina  
                                hodnôt
```

```
}
```


Príklad HashMap (Map)

```
import java.util.HashMap;
```

Zobrazenie:String->Integer

```
Map<String, Integer> m = new HashMap<>();
for (String a : args) { // frekvenčná tabuľka slov v riadku
    Integer freq = m.get(a); // počet doterajších výskytov
    m.put(a, (freq == null) ? 1 : // ak sa ešte nenachádzal, 1
           freq + 1);           // ak sa nachádzal, +1
}
System.out.println(m);
```

```
java HashMapDemo x d o k o l a o k o l o k o l a
{a=2, d=1, x=1, k=3, l=3, o=6}
```

```
HashMap<String, Integer> m = new HashMap<>();
```

```
Map<String, Integer> m = Map.of( // ImmutableCollections
    "one", 1, // key, value
    "two", 2,
    "three", 3
);
```

Ako prejsť cez Map

```
HashMap<String, Integer> m = new HashMap<>();  
// z predošlého príkladu
```

{a=2, d=1, x=1, k=3, l=3, o=6}

- Ľahší spôsob – cez definičný obor, cez kľúče

```
for(String key : m.keySet())
```

```
    System.out.println "[" + key + "]=" + m.get(key));
```

- Ťažší spôsob – iterátorom

```
for(
```

```
var Iterator<Map.Entry<String, Integer>> it =  
                                m.entrySet().iterator();
```

```
    it.hasNext(); ) {
```

```
var Map.Entry<String, Integer> item = it.next();
```

```
    System.out.println "[" + item.getKey() + "]=" +  
                        item.getValue());
```

```
} Map.Entry<K,V> je interface
```

[a]=2
[d]=1
[x]=1
[k]=3
[l]=3
[o]=6

[a]=2
[d]=1
[x]=1
[k]=3
[l]=3
[o]=6

Ak to bude TreeMap

(bude to utriedené podľa kľúča)

```
TreeMap<String, Integer> m = new TreeMap<String, Integer>();
```

```
// z predošlého príkladu
```

```
{a=2, d=1, k=3, l=3, o=6, x=1}
```

■ Ľahší spôsob

```
for(String key : m.keySet())
```

```
    System.out.println("[ " + key + "]=" + m.get(key));
```

■ Ťažší spôsob

```
for(
```

```
var Iterator<AbstractMap.SimpleEntry<String,Integer>> it = m.entrySet().iterator();  
    it.hasNext(); ) {  
    var AbstractMap.SimpleEntry<String,Integer> item = t.next();  
        System.out.println("[ " + item.getKey() + "]=" +  
                               item.getValue());
```

```
[a]=2  
[d]=1  
[k]=3  
[l]=3  
[o]=6  
[x]=1
```

```
} AbstractMap.SimpleEntry<K,V> je trieda implementujúca  
Interface Map.Entry<K,V>
```

TreeMap (Map)

```
import java.util.TreeMap;
```

```
public class CountryCapitals {  
    public static final String[][] AFRICA = {  
        {"ALGERIA", "Algiers"},  
        {"ANGOLA", "Luanda"},  
        {"BENIN", "Porto-Novo"},  
        {"BOTSWANA", "Gaberone"},  
        {"BURKINA FASO", "Ouagadougou"},  
    }
```

```
    public static TreeMap<String,String> getTreeMap(String[][] p) {  
        TreeMap<String,String> tmp = new TreeMap();  
        for(int i=0; i<p.length; i++)  
            tmp.put(p[i][0], p[i][1]);  
        return tmp;  
    }  
    public static void main(String[] args) {  
        TreeMap<String,String> europe = getTreeMap(CountryCapitals.EUROPE);  
        TreeMap<String,String> america = getTreeMap(CountryCapitals.AMERICA);
```

```
        System.out.println(europe); // {ALBANIA=Tirana, ANDORRA=Andorra la Vella, ARMENIA=...  
        System.out.println(europe.keySet()); // [ALBANIA, ANDORRA, ARMENIA, AUSTRIA, ...  
        System.out.println(europe.values()); // [Tirana, Andorra la Vella, ...  
        europe.putAll(america);  
        System.out.println(europe); // {ALBANIA=Tirana, ..., ARGENTINA=Buenos Aires,
```



TreeMap (Map)

(inverzia zobrazenia)

Pre ilustráciu práce so štruktúrou TreeMap vytvoríme inverziu zobrazenia (hl.mesto->štát)

```
TreeMap<String,String> inverseEurope = new TreeMap();
```

```
for(String state : europe.keySet())
```

```
    inverseEurope.put(europe.get(state),state);
```

```
System.out.println(inverseEurope);
```

```
{... Belgrade=SERBIA, Berlin=GERMANY, Berne=SWITZERLAND,  
    Bratislava=SLOVAKIA,...
```



TreeMap (Map)

(skladanie zobrazení)

```
// skladanie zobrazení (hl.mesto->štát) x (štát->prezident) = (hl.mesto->prezident)
```

```
inverseEurope    europePresidents
```

```
TreeMap<String,String> sefHlavnehoMesta = new TreeMap();
```

```
for(String capital : inverseEurope.keySet()) {
```

```
    String state = inverseEurope.get(capital);
```

```
    if (state != null) {
```

```
        String president = europePresidents.get(state);
```

```
        if (president != null)
```

```
            sefHlavnehoMesta.put(capital,president);
```

```
    }
```

```
}
```

```
System.out.println(sefHlavnehoMesta);
```

```
{Bratislava=Caputova, Moscow=Putin, Prague=Pavel}
```



TreeMap (Map)

(inverzia zobrazenia – oveľa ťažkopádnejšie)

Pre ilustráciu práce so štruktúrou TreeMap vytvoríme inverziu zobrazenia (hl.mesto->štát)

```
TreeMap<String,String> inverseEurope = new TreeMap();

for(Iterator<Map.Entry<String,String>> it = europe.entrySet().iterator();
    it.hasNext(); ) {
    Map.Entry<String,String> item = it.next(); // prechádzam prvky
                                              // pôvodného zobrazenia
    inverseEurope.put(item.getValue(),item.getKey()); // čo bolo kľúč je
                                                    // hodnota a naopak
}
System.out.println(inverseEurope);
{... Belgrade=SERBIA, Berlin=GERMANY, Berne=SWITZERLAND,
    Bratislava=SLOVAKIA,...
```



TreeMap (Map)

(skladanie zobrazení – oveľa ťažkopádnejšie)

// skladanie zobrazení (hl.mesto->štát) x (štát->prezident) = (hl.mesto->prezident)

```
TreeMap<String,String> sefHlavnehoMesta = new TreeMap();
```

```
for(Iterator<Map.Entry<String,String>> it= inverseEurope.entrySet().iterator();  
    it.hasNext();){
```

```
    Map.Entry<String,String> item = it.next(); // prechádzame jedno zobrazenie
```

```
    String president = europePresidents.get(item.getValue()); // hodnotu zobrazíme v  
                                                                // druhom zobrazení
```

```
    if (president != null) // ak v druhom má hodnotu, tak
```

```
        sefHlavnehoMesta.put(item.getKey(),president);
```

```
                                                                // pôvodný kľúč a zobrazenú hodnotu
```

```
    } // pridáme do zloženého zobrazenia
```

```
System.out.println(sefHlavnehoMesta);
```

```
{Bratislava=Caputova, Moscow=Putin, Prague=Pavel}
```


DFS/BFS/Backtracking

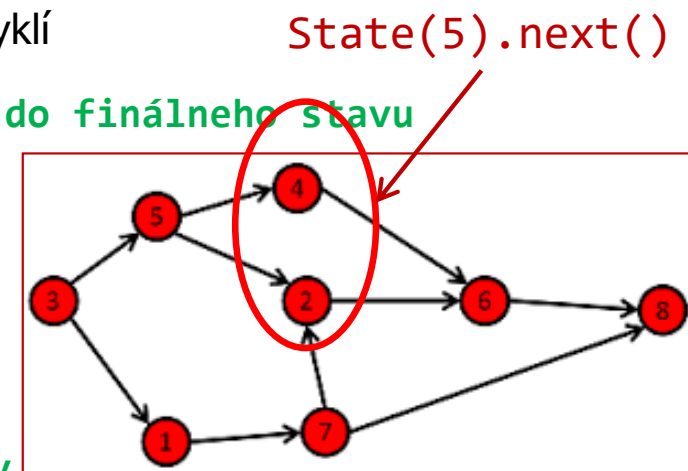
Ide o prehľadávanie stavového priestoru, abstrakcia pre stav môže byť:

```
interface State {  
    public State();  
    abstract boolean isFinalState();  
abstract State[] next();  
    abstract Set<State> next();  
    abstract boolean isCorrect();  
}
```

// počiatočný stav hľadania
// test na koncový stav hľadania
~~// nasledujúce/susedné stavy~~
// nasledujúce/susedné stavy
// test na korektnosť stavu

Naivné prehľadávanie pre acyklický graf, ktoré sa na cyklickom zacyklí

```
public class Search<S extends State> // hľadáme cestu do finálneho stavu  
public void searchWhichLoops(S s) {  
    if (s.isFinalState())  
        add(s); // pridaj do zoznamu riešení  
    else  
        for (State ns : s.next())  
            search(ns); // rekurzia do všetkých susedov  
}
```



Aby sa to nezacyklilo

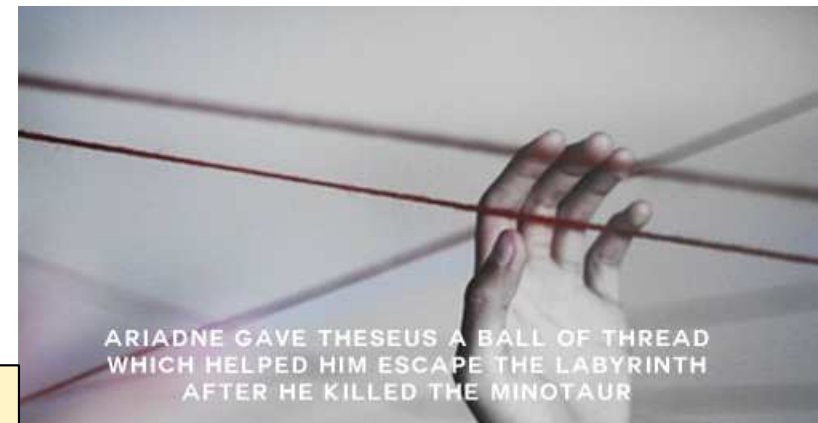
(objavila to už Ariadna pri hľadaní Thezea v labyrinte s Minotaurom)

```
public void search(S s, ArrayList<S> visited) {  
    if (s.isFinalState()) {  
        add(s);           // pridaj do zoznamu riešení  
        add(visited);     // pridaj do zoznamu riešení  
    } else  
        for (State ns : s.next()) {  
            if (!visited.contains(ns)) { // nebol si ?  
                visited.add(ns); // označ  
                search(ns, visited);  
                visited.remove(ns); // odznač  
            }  
        }  
    }  
}
```



je to depth-first (do hĺbky)
alebo breadth-first (do šírky) ?

Súbor: Search.java



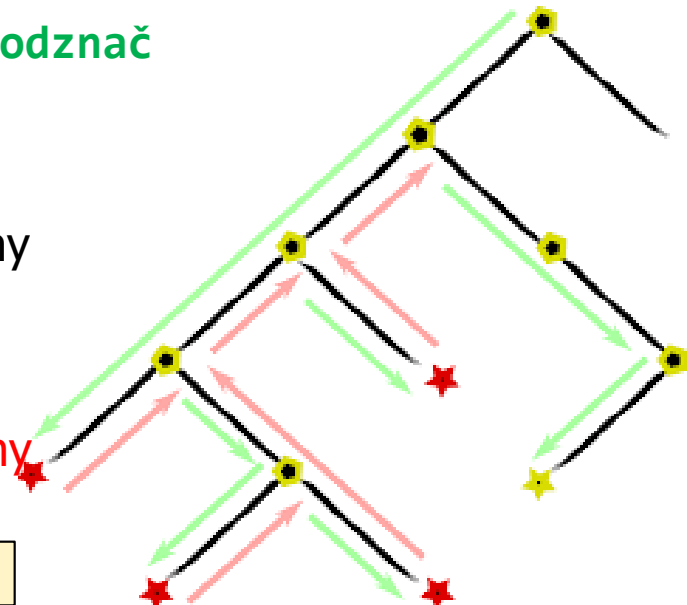
Backtracking

(orezáva podstromy určite neobsahujúce riešenie)

```
public void search(S s, ArrayList<S> visited) {  
    if (s.isFinalState())  
        add(visited);                // pridaj do zoznamu riešení  
    else  
        for (State ns : s.next()) // môže to viesť k riešeniu ?  
            if (!visited.contains(ns) && ns.isCorrect()) {  
                visited.add(ns); // označ  
                search((S) ns, visited);  
                visited.remove(ns); // odznač  
            }  
}
```

Šikovný `isCorrect` výrazne zredukuje zväčša exponenciálny prehľadávaný priestor stavov, ale ten aj tak často zostane exponenciálny, ale menší ...

Preto: backtrack nepoužívame na neexponenciálne problémy





Ako by vyzeral BFS

```
private void search(ArrayList<S> queue, ArrayList<S> visited, boolean DFS) {  
    while (queue.size() > 0) {  
        S s = queue.remove(0);    // vyber prvý z fronty  
        if (s.isFinalState())    // ak si už v cieli  
            add(s);              // pridaj do zoznamu riešení  
        else  
            for (State ns : s.next()) {  
                if (!visited.contains(ns) && ns.isCorrect()) {  
                    visited.add(ns);  
                    if (DFS)                // ak depth-first search  
                        queue.add(0, ns); // pridaj na začiatok fronty  
                    else                    // ak breadth-first search  
                        queue.add(queue.size(), ns); // pridaj na koniec  
                }  
            }  
    }  
}
```