Kolekcije

Programski jezici II

Kolekcije

- kolekcija – nekad se naziva i kontejner
- kolekcija – je objekat koji grupiše više elemenata u jednu jedinicu
- koriste se za pohranjivanje, dobijanje, manipulaciju i komunikaciju skupom podataka
- obično reprezentuju jedinice podataka koji čine prirodnu grupu – npr.:
  - mail folder – kolekcija poruka
  - telefonski imenik – mapiranje imena u telefonske brojeve
- ranije verzije Jave (prije 1.2) obuhvatale se Vector, Hashtable i niz– implementacije kolekcija
- ranije verzije Jave (prije 1.2) nisu posjedovale Collections framework

Collection Framework

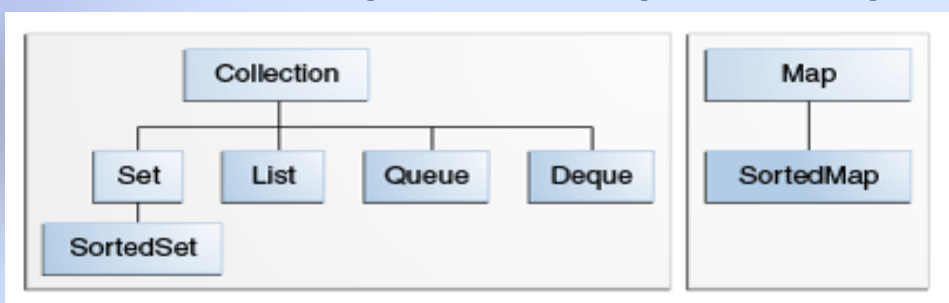
- Collections framework je unificirana arhitektura za reprezentaciju i manipulaciju kolekcijama
- posjeduje:
  - interfejse – koji omogućavaju manipulaciju kolekcijama nezavisno od njihove konkretne implementacije
  - implementacije – konkretne implementacije interfejsa
  - algoritme – metode koje vrše korisne operacije, kao što su pretraživanje i sortiranje, nad objektima klasa koje implementiraju interfejse kolekcija – algoritmi su polimorfni, tj. ista metoda se može koristiti nad mnogim različitim implementacijama odgovarajućeg interfejsa kolekcija

Java Collections Framework

- prednosti:
  - redukuje programerski napor
  - povećava brzinu i kvalitet programa
  - omogućava interoperabilnost između nepovezanih API-ja
  - redukuje napor neophodan za učenje i korištenje novih API-ja
  - redukuje napor neophodan za dizajniranje novih API-ja
  - ohrabruje reupotrebu koda

Java Collections Framework

- osnovni interfejsi kolekcija omogućavaju manipulaciju kolekcijama nezavisno od detalja njihove reprezentacije
- osnovni interfejsi kolekcija su temelj JCF-a
- osnovni interfejsi kolekcija kreiraju hijerarhiju



- postoje 2 stabla kolekcija
- osnovni interfejsi kolekcija su generički – npr. deklaracija Collection interfejsa

```
public interface Collection<E>
```

Java Collections Framework

- Collection – root hijerarhije kolekcija
- interfejs Collection je najmanji zajednički imenitelj kojeg implementiraju sve kolekcije i koristi se za prosljeđivanje i manipulaciju kolekcijama u slučaju kada je potrebna maksimalna generalizacija
- implementacije interfejsa iz JCF ne moraju podržavati sve operacije
- ako je pozvana operacija koja nije podržana, biće bačen UnsupportedOperationException izuzetak
- kolekcija predstavlja grupu objekata – elemenata, pri čemu:
  - neke kolekcije dozvoljavaju duple elemente, a neke ne
  - neke kolekcije su uređene, a neke nisu
- ne postoji direktna implementacija interfejsa Collection, ali postoje implementacije podinterfejsa, npr. Set i List

Java Collections Framework

- Set
  - predstavlja skup jedinstvenih elemenata – kolekcija koja ne može sadržavati duple elemente. Ovaj interfejs predstavlja apstrakciju matematičkog skupa.
- SortedSet
  - nasljeđuje Set interfejs dodajući mu mogućnost sortiranja elemenata na odgovarajući način
- NavigableSet
  - nasljeđuje SortedSet interfejs proširujući ga navigacionim metodama
- List
  - uređena kolekcija (nekad se naziva i sekvenca)
  - može sadržavati duple elemente
  - elementima se može pristupiti na bazi indeksa (pozicije)
  - sličnost sa Vector klasom
- Queue
  - kolekcija koja sadrži elemente koje se trebaju procesirati
  - obično, ali ne obavezno, uređuju elemente u FIFO red – izuzetak su prioritetni redovi
  - glavu reda čini element koji će biti uklonjen pozivom metode remove ili poll
  - novi elementi se dodaju na kraj reda, rep
  - drugi tipovi redova mogu koristiti drugačija pravila za smještanje elemenata
- Deque
  - nasljeđuje Queue interfejs na takav način da predstavlja red čiji se elementi mogu procesirati s oba kraja

Java Collections Framework

- Map
  - objekat koji mapira ključeve u vrijednosti
  - ne može sadržavati duple ključeve – svaki ključ se može mapirati u najviše jednu vrijednost
  - sličnost sa Hashtable klasom
- SortedMap
  - Map koji sadrži mapiranja na takav način da su ključevi u rastućem poretku
  - Map analogija SortedSet-a
- NavigableMap
  - nasljeđuje SortedMap interfejs proširujući ga navigacionim metodama

Collection interfejs

- Collection interfejs predstavlja grupu objekata - elemenata
- Collection interfejs se koristi za manipulaciju kolekcijama u slučaju kada je potrebna maksimalna generalizacija
- sve implementacije kolekcija, po konvenciji, imaju konstruktor koji kao argument ima Collection
- ovaj konstruktor omogućava konverziju tipova kolekcije – naziva se i *conversion* konstruktor
- primjer
  - `Collection<String> c` koji može biti List, Set, ili druga kolekcija (Collection tipa).

```
List<String> list = new ArrayList<String>(c);
```

  - kreirana je ArrayList (implementacija List interfejsa), koja inicijalno sadrži sve elemente iz `c`

Collection interfejs

- `boolean add(E e)`
  - obezbjeđuje da kolekcija sadrži specificirani element – ako e nije u kolekciji biće dodati; ako kolekcija dozvoljava duple elemente e će biti dodat
  - vraća true ako je kolekcija izmijenjena
  - opciona operacija
- `boolean addAll(Collection<? extends E> c)`
  - dodaje sve elemente specificirane kolekcije u tekuću kolekciju
  - opciona operacija
- `void clear()`
  - uklanja sve elemente iz kolekcije
  - opciona operacija
- `boolean contains(Object o)`
  - vraća true ako kolekcija sadrži specificirani element
- `boolean containsAll(Collection<?> c)`
  - vraća true ako kolekcija sadrži sve elemente specificirane kolekcije
- `boolean equals(Object o)`
  - poređenje specificiranog objekta sa tekućom kolekcijom
- `int hashCode()`
  - vraća hash code tekuće kolekcije
- `boolean isEmpty()`
  - vraća true ako kolekcija ne sadrži elemente

Collection interfejs

- `Iterator<E> iterator()`
  - vraća iterator nad elementima tekuće kolekcije
- `boolean remove(Object o)`
  - uklanja jednu instancu specificiranog elementa iz kolekcije, ako je prisutan
  - opciona operacija
- `boolean removeAll(Collection<?> c)`
  - uklanja sve elemente tekuće kolekcije koji su sadržani u specificiranoj kolekciji
  - opciona operacija
- `boolean retainAll(Collection<?> c)`
  - ostavlja sve elemente tekuće kolekcije koji su sadržani u specificiranoj kolekciji
  - opciona operacija
- `int size()`
  - vraća broj elemenata kolekcije
- `Object[] toArray()`
  - vraća niz koji sadrži sve elemente kolekcije
- `<T> T[] toArray(T[] a)`
  - vraća niz koji sadrži sve elemente kolekcije, runtime tip vraćenog niza je identičan tipu specificiranog niza

```
String[] y = x.toArray(new String[0]);
```

Collection interfejs

- `default Stream<E> parallelStream()`
  - vraća paralelni Stream, ako je to moguće, sa kolekcijom kao njegovim izvorom
- `default Stream<E> stream()`
  - vraća sekvencijalni Stream, ako je to moguće, sa kolekcijom kao njegovim izvorom
- `default Spliterator<E> spliterator()`
  - kreira Spliterator nad elementima ovih kolekcija
- `default boolean removeIf(Predicate<? super E> filter)`
  - uklanja sve elemente tekuće kolekcije koji zadovoljavaju zadati Predicate.

Collection interfejs

```
public class CollectionsTest {
	public static void main(String[] args) {
		Collection<Integer> collection = new
ArrayList<Integer>();
		System.out.println(collection.isEmpty());
		collection.add(1);
		collection.add(5);
		collection.add(10);
		System.out.println(collection.contains(5));
		collection.remove(5);
		System.out.println(collection.contains(5));
		for(Integer i: collection)
			System.out.println(i);
		System.out.println(collection.isEmpty());
	}
}
```

Collection interfejs

- obilazak kolekcija
  - for-each konstrukcija

```
for (Object o : collection)
   System.out.println(o);
```

  - iteratori

```
public interface Iterator<E> {
   boolean hasNext();
   E next();
   void remove(); //opciono
}
```

```
----------------------------------------------
public interface Collection<E> extends Iterable<E>
```

- Iterator se koristi umjesto for-each konstrukcije kada je neophodno:
  - ukloniti tekući element – for-each konstrukcija sakriva iterator, tako da se ne može pozvati remove()
  - iterirati preko višestrukih kolekcija paralelno

Collection interfejs

- obilazak kolekcija
  - agregirane operacije

```
collection.stream()
      .forEach(e ->
System.out.println(e));

collection.stream()
      .filter(e -> e > 5)
      .forEach(e ->
System.out.println(e));
```

Collection interfejs

- obilazak kolekcija

```
public class CollectionsTest {
    public static void main(String[] args) {
        Collection<Integer> collection = new ArrayList<Integer>();
        collection.add(1);
        collection.add(2);
        collection.add(3);
        collection.add(4);
        collection.add(5);
        collection.add(6);
        collection.add(7);
        collection.add(8);
        collection.add(9);
        collection.add(10);
        for (Integer i : collection)
            System.out.println(i);

        Iterator<Integer> iterator = collection.iterator();
        while (iterator.hasNext())
            System.out.println(iterator.next());

        collection.stream()
            .forEach(e -> System.out.println(e));

    }
}
```

Set interfejs

- Set je kolekcija koja ne može sadržavati duple elemente
- apstrakcija je matematičkog skupa
- Set interfejs sadrži samo metode nasljeđene iz Collection i dodaje restrikciju – zabranjuje duple elemente

`a.addAll(b)`	$a = a \cup b$
`a.removeAll(b)`	$a = a - b$
`a.retainAll(b)`	$a = a \cap b$
`a.containsAll(b)`	$a \subseteq b$
`a.clear()`	$a = \emptyset$

Set interfejs

- Set uvodi “snažniji” ugovor po pitanju ponašanja equals i hashCode metoda – omogućava da se Set instance porede bez obzira na njihovu implementaciju – dvije Set instance su jednake, ako sadrže iste elemente

```
public interface Set<E> extends Collection<E> {
    int size();
    boolean isEmpty();
    boolean contains(Object element);
    boolean add(E element);                              // opciona
    boolean remove(Object element);                      // opciona
    Iterator<E> iterator();
    boolean containsAll(Collection<?> c);
    boolean addAll(Collection<? extends E> c);           // opciona
    boolean removeAll(Collection<?> c);                  // opciona
    boolean retainAll(Collection<?> c);                  // opciona
    void clear();                                        // opciona
    default Spliterator<E>  spliterator()
    Object[] toArray();
    <T> T[] toArray(T[] a);
    boolean equals(Object o);
    int hashCode();
…
```

Set interfejs

- of metode vraćaju immutable setove sa zadatim brojem elemenata – pokušaj mijenjanja, ubacivanja, brisanja elementa rezultiraće izuzetkom UnsupportedOperationException

```
...
    static <E> Set<E>      of()
    static <E> Set<E>      of(E e1)
    static <E> Set<E>      of(E... elements)
    static <E> Set<E>      of(E e1, E e2)
    static <E> Set<E>      of(E e1, E e2, E e3)
    static <E> Set<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4)
    static <E> Set<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5)
    static <E> Set<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E e6)

    static <E> Set<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E e6, E
       e7)
    static <E> Set<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E e6, E
       e7, E e8)
    static <E> Set<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E e6, E
       e7, E e8, E e9)
    static <E> Set<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E e6, E
       e7, E e8, E e9, E e10)
}
```

Set interfejs – implementacije

- HashSet i LinkedHashSet
- HashSet – čuva elemente u hash tabeli – implementacija sa najboljim performansama – nema garancija po pitanju redoslijeda iteracija
- LinkedHashSet – implementirana kao hash tabela sa ulančanom listom – uređuje elemente prema redoslijedu ubacivanja

SortedSet interfejs

- nasljeđuje Set interfejs dodajući mu mogućnost sortiranja elemenata na odgovarajući način
- svi elementi SortedSet-a moraju implementirati Comparable interfejs (ili implementirati Comparator)
- metode

```
Comparator<? super E>  comparator()
E  first()
SortedSet<E>  headSet(E toElement)
E  last()
default Spliterator<E>  spliterator()
SortedSet<E>  subSet(E fromElement, E toElement)
SortedSet<E>  tailSet(E fromElement)
```

- obilazak elemenata korištenjem for petlje ili iteratora će biti obavljen na način kako su elementi sortirani

NavigableSet interfejs

- interfejs NavigableSet nasljeđuje SortedSet interfejs proširujući ga navigacionim metodama
- navigacione metode služe za pronalazak elemenata u kolekciji koja implementira interfejs NavigableSet
- preporuka je da se koristi umjesto SortedSet interfejsa

NavigableSet interfejs

```
SortedSet<E> subSet(E fromElement, E toElement)                  // 1
NavigableSet<E> subSet(E fromElement, boolean fromInclusive,
E toElement, boolean toInclusive)                                // 2
SortedSet<E> headSet(E toElement)                                // 3
NavigableSet<E> headSet(E toElement, boolean inclusive)  // 4
SortedSet<E> tailSet(E fromElement)                              // 5
NavigableSet<E> tailSet(E fromElement, boolean inclusive)//6
E ceiling(E e)                                                   // 7
E floor(E e)                                                     // 8
E higher(E e)                                                    // 9
E lower(E e)                                                     // 10
E pollFirst()                                                    // 11
E pollLast()                                                     // 12
Iterator<E> iterator()                                           // 13
Iterator<E> descendingIterator()                                 // 14
NavigableSet<E> descendingSet()                                  // 15
```

NavigableSet interfejs – implementacije

- klasa TreeSet implementira NavigableSet interfejs, a samim tim i SortedSet interfejs
- elementi ovog skupa, tj. elementi objekta ove klase, nalaze se u prirodnom poretku ili u poretku koji definiše komparator
  - koji od ova dva načina će biti primjenjen zavisi od korištenog konstruktora
- implementacija TreeSet klase bazirana je na balansiranom stablu, tako da je složenost osnovnih operacija (dodavanja elementa, uklanjanja elementa i pretraživanje) nad ovom strukturom $O(\log_n)$
- HashSet ima bolje performanse od TreeSet-a kad je u pitanju pretraživanje elemenata, dok TreeSet ima bolje performanse kada elementi moraju biti sortirani, a kada se zahtjeva njihovo brzo pretraživanje i ubacivanje

TreeSet – primjer

```
public class TreeSetTest {
      public static void main(String[] args) {
            NavigableSet<Integer> ns = new
TreeSet<Integer>();                                    // 1
            ns.add(1);                                 // 2
            ns.add(9);                                 // 3
            ns.add(6);                                 // 4
            ns.add(35);                                // 5
            ns.add(12);                                // 6
            for (Iterator<Integer> it = ns.iterator();
it.hasNext();) {                                       // 7
                  Integer integer = (Integer) it.next();
                  System.out.println(integer);
            }
            for (Iterator<Integer> it =
ns.descendingIterator(); it.hasNext();) {              // 8
                  Integer integer = (Integer) it.next();
                  System.out.println(integer);
            }
      }
}
```

HashSet vs TreeSet

- HashSet:
  - konstantno vrijeme za osnovne operacije (add, remove, contains i size)
  - ne garantuje da će poredak elemenata biti očuvan
  - vrijeme iteracije kroz ovaj skup je proporcionalno sumi broja elemenata (veličini HashSet instance) i kapaciteta pozadinske HashMap instance – zato je bitno da inicijalni kapacitet ne bude suviše veliki (ili da load factor ne bude suviše mali), ako su performanse iteracije bitne)
- TreeSet:
  - složenost osnovnih operacija (add, remove i contains) nad ovom strukturom $O(\log_n)$
  - garantuje da će elementi skupa biti sortirani (rastuće u prirodnom poretku ili u poretku koji definiše komparator)
  - ne nudi parametre čijim podešavanjem se može uticati na performanse iteracije
  - nudi “zgodne” metode za rad sa skupovima, poput first(), last(), headSet(), tailSet() i sl.

List interfejs

- List je uređena kolekcija – Collection (nekad se naziva i sekvenca)
- liste mogu sadržavati duple elemente
- pored metoda nasljeđenih iz Collection interfejsa, List interfejs dodaje i metode za:
  - pozicioni pristup – manipuliše elementima na bazi njihove pozicije u listi
  - pretragu – pretraživanje objekta u listi i vraćanje njegove numeričke pozicije
  - iteraciju
  - range-view –*range* operacije nad listom, npr. subList
- sličnost sa klasom Vector – uklanja nekoliko manjih API nedostataka klase Vector – npr., odgovarajuće metode elementAt i setElementAt iz klase Vector imaju kraća imena – get i set

```
niz:          x[3] = "abc";
Vector:       x.setElementAt("abc", 3);
List:         x.set(3, "abc");

niz:     a[i] = a[j].method(a[k]);
Vector: v.setElementAt(v.elementAt(j).method(v.elementAt(k)), i);
List:   v.set(i, v.get(j).method(v.get(k)));
```

List interfejs

```
public interface List<E> extends Collection<E> {
   // pozicioni pristup
   E get(int index);
   E set(int index, E element);          // opciona
   boolean add(E element);               // opciona
   void add(int index, E element);       // opciona
   E remove(int index);                  // opciona
   boolean addAll(int index, Collection<? extends
   E> c);                                // opciona
   // pretraga
   int indexOf(Object o);
   int lastIndexOf(Object o);
   ListIterator<E> listIterator();
   ListIterator<E> listIterator(int index);
   // dio liste
   List<E> subList(int from, int to);
…
```

List interfejs

```
…
static <E> List<E>      of()
static <E> List<E>      of(E e1)
static <E> List<E>      of(E... elements)
static <E> List<E>      of(E e1, E e2)
static <E> List<E>      of(E e1, E e2, E e3)
static <E> List<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4)
static <E> List<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5)

static <E> List<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E
   e6)
static <E> List<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E
   e6, E e7)
static <E> List<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E
   e6, E e7, E e8)
static <E> List<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E
   e6, E e7, E e8, E e9)
static <E> List<E>      of(E e1, E e2, E e3, E e4, E e5, E
   e6, E e7, E e8, E e9, E e10)
}
```

List interfejs – implementacija

- klasa ArrayList implementira List interfejs
- riječ je o nizu promjenljive dužine
- ova klasa implementira sve opcione metode List interfejsa i dozvoljava smještaj elemenata bilo kojeg tipa, uključujući i null
- ova klasa je slična Vector klasi, osim što nije sinhronizovana
- složenost metoda size, isEmpty, get, set, iterator i listIterator je O(1)
- metoda add se izvršava u amortizovanom konstantnom vremenu, tj. složenost dodavanja n elemenata iznosi O(n)
- sve druge metode izvršavaju se u linearnom vremenu, tj. njihova složenost iznosi O(n)
- svaka instanca klase ArrayList ima kapacitet
  - kapacitet predstavlja veličinu niza koja je potrebna da se smjeste elementi liste
  - kapacitet je, minimalno, jednak veličini liste
  - kako se elementi dodaju u listu, tako se povećava i kapacitet
  - ensureCapacity – korisna metoda
- nije sinhronizovana – potrebna je eksterna sinhronizacija

List interfejs – implementacija

- klasa LinkedList implementira List interfejs
- ova klasa implementira sve opcione metode List interfejsa i dozvoljava smještaj elemenata bilo kojeg tipa, uključujući i null
- ova klasa implementira i Queue i Deque interfejse, tako da se može koristiti za kreiranje steka i različitih vrsta redova

List interfejs – implementacija

- klasa Vector implementira List interfejs
- ova klasa je slična ArrayList klasi, s tim što je i sinhronizovana
- objekat klase Vector efikasno može da upravlja prostorom za smještanje elemenata podešavanjem njegovog kapaciteta i veličine inkrementa u kojima se povećava kapacitet
- kapacitet je, najčešće, veći od veličine ove kolekcije, jer se kapacitet uvećava u inkrementima
- veličina inkrementa definisana je atributom capacityIncrement

Queue interfejs

- interfejs Queue nasljeđuje Collection interfejs na takav način da predstavlja red
- obično, ali ne obavezno, elementi se uređuju prema FIFO algoritmu
- moguće je da elementi budu uređeni i prema LIFO (*Last In First Out*) algoritmu ili prema prioritetu
- kod prioritetnih redova, elementi mogu biti u prirodnom poretkom ili poretku koji je određen komparatorom

```
boolean add(E e)
E element()
boolean offer(E e)
E peek()
E poll()
E remove()
```

- Queue interfejs – metode kojim proširuje Collection

Queue interfejs

- svaka Queue metoda postoji u dva oblika, i to:
  - metoda baca izuzetak ako operacija ne uspije
  - metoda vraća specijalnu vrijednost ako operacija ne uspije – null ili false, zavisno od operacije

	baca izuzetak	vraća specijalnu vrijednost
insert	add(e)	offer(e)
remove	remove()	poll()
examine	element()	peek()

Queue interfejs – implementacije

- klasa PriorityQueue implementira interfejs Queue
- ako se ne traži mogućnost bidirekcionog obilaska, onda je preporuka da se koristi ova implementacija, prije nego LinkedList
- klasa PriorityQueue predstavlja implementaciju reda sa prioritetnim poretkom elementata
- ova implementacija bazirana je na prioritetnom *heap*-u
- u slučaju kada postoji više elemenata sa istim prioritetom, poredak tih elemenata se određuje proizvoljno
- ova klasa nije sinhronizovana
- složenost metoda offer, poll, add i remove iznosi O(log(n))
- metode remove(Object) i contains(Object) izvršavaju se u linearnom vremenu, tj. njihova složenost iznosi O(n)
- metode peek, element i size izvršavaju se u konstantnom vremenu, tj. njihova složenost iznosi O(1)

Queue interfejs – implementacije

- klasa LinkedList implementira interfejs Queue

```
public class LinkedListAsQueueTest {
      public static void main(String[] args) {
            LinkedList<Integer> queue = new
LinkedList<Integer>();
            queue.offer(3);                                  // 1
            queue.offer(8);                                  // 2
            queue.offer(6);                                  // 3
            queue.offer(14);                                 // 4
            queue.offer(1);                                  // 5
            System.out.print("Uklanjanje: ");
            while(!queue.isEmpty())
                  System.out.print(queue.poll() + " "); // 6
      }
}
```

Interfejs Deque

- interfejs Deque nasljeđuje Queue interfejs na takav način da predstavlja linearnu kolekciju koja podržava ubacivanje i uklanjanje elemenata sa oba kraja, tj. dozvoljava i operacije nad repom, a ne samo nad glavom reda
- većina implementacija ovog interfejsa nema ograničenje broja elemenata koje može sadržavati, mada interfejs obezbjeđuje i tu mogućnost
- klase koje implementiraju ovaj interfejs mogu se koristiti kao FIFO redovi, s tim da se elementi dodaju s repa, a uzimaju s glave reda
- pored toga, klase koje implementiraju ovaj interfejs mogu se koristiti kao stek, s tim da se elementi dodaju i uzimaju sa iste strane reda, prema LIFO algoritmu

Interfejs Deque

```
boolean offerFirst(E element)
boolean offerLast(E element)
void push(E element)
void addFirst(E element)
void addLast(E element)
E pollFirst()
E pollLast()
E pop()
E removeFirst()
E removeLast()
boolean removeFirstOccurence(Object obj)
boolean removeLastOccurence(Object obj)
E peekFirst()
E peekLast()
E getFirst()
E getLast()
```

Interfejs Deque

- klasa ArrayDeque implementira interfejs Deque
- ova implementacija nema ograničenje kapaciteta, tj. objekat ove klase dinamički raste koliko je to potrebno
- ova klase nije sinhronizovana, tj. bez eksterne sinhronizacije, ona ne podržava konkurentni pristup od strane više niti
- u ovu kolekciju nije dozvoljeno dodavati null elemente
- elementi ove strukture se mogu obilaziti od glave prema repu ili obrnuto, od repa prema glavi
- pozicioni pristup elementima nije moguć, niti ih je moguće sortirati
- većina metoda ArrayDeque klase izvršava se u amortizovanom konstantnom vremenu. Tako, na primjer, složenost dodavanja n elemenata iznosi O(n).
- izuzetak su metode remove, removeFirstOccurrence, removeLastOccurrence, contains, iterator.remove() i bulk metode, koje se izvršavaju u linearnom vremenu, tj. njihova složenost iznosi O(n)

Interfejs Deque

```
public class ArrayDequeTest {
	public static void main(String[] args) {
		ArrayDeque<Integer> stack = new
ArrayDeque<Integer>();
		stack.push(3);                                  // 1
		stack.push(9);                                  // 2
		stack.push(6);                                  // 3
		System.out.print("Skidanje sa steka: ");
		while(!stack.isEmpty())
			System.out.print(" " + stack.pop());// 4

		ArrayDeque<Integer> fifoQueue = new
ArrayDeque<Integer>();
		fifoQueue.offerLast(3);                         // 5
		fifoQueue.offerLast(9);                         // 6
		fifoQueue.offerLast(6);                         // 7
		System.out.print("\nUzimanje iz FIFO reda: ");
		while(!fifoQueue.isEmpty())
			System.out.print(""
				+ fifoQueue.pollFirst());       // 8
	}
}
```

Interfejs Deque

- klasa LinkedList implementira i interfejs Deque

```
public class LinkedListAsStack {
      public static void main(String[] args) {
            LinkedList<Integer> stack = new
LinkedList<Integer>();
            stack.push(3);
            stack.push(9);
            stack.push(6);
            System.out.print("Skidanje sa steka: ");
            while(!stack.isEmpty())
                  System.out.print(" " + stack.pop());
      }
}
```

Map interfejs

- interfejs Map predstavlja korijen drugog stabla hijerarhije kolekcija
- ovaj interfejs definiše metode za rad sa mapiranjima (parovima) ključ-vrijednost
- ova struktura ne može da sadrži duple ključeve, a svaki ključ se može mapirati u najviše jednu vrijednost
- ne postoji veza više-prema-jedan između ključeva i vrijednosti
- i ključevi i vrijednosti moraju biti objekti.
- interfejs Map specificira ugovor koji sve mape treba da implementiraju – neke od metoda ovog interfejsa su opcione
- mapa koja ne implementira neku od metoda ovog interfejsa obavezna je da obezbijedi da data metoda baci izuzetak UnsupportedOperationException, u slučaju njenog poziva
- sličnost sa HashTable klasom

Map interfejs

```
public interface Map<K,V> {
void clear()
default V compute(K key, BiFunction<? super K,? super V,? extends V>
    remappingFunction)
default V computeIfAbsent(K key, Function<? super K,? extends V>
    mappingFunction)
default V computeIfPresent(K key, BiFunction<? super K,? super V,?
    extends V> remappingFunction)
boolean containsKey(Object key)
boolean containsValue(Object value)
static <K,V> Map.Entry<K,V> entry(K k, V v)
Set<Map.Entry<K,V>> entrySet()
boolean equals(Object o)
default void forEach(BiConsumer<? super K,? super V> action)
V   get(Object key)
default V getOrDefault(Object key, V defaultValue)
int hashCode()
boolean isEmpty()
Set<K> keySet()
default V merge(K key, V value, BiFunction<? super V,? super V,?
    extends V> remappingFunction)
…
```

Map interfejs

```
static <K,V> Map<K,V>  of()
static <K,V> Map<K,V>  of(K k1, V v1)
static <K,V> Map<K,V>  of(K k1, V v1, K k2, V v2)
static <K,V> Map<K,V>  of(K k1, V v1, K k2, V v2, K k3, V v3)
static <K,V> Map<K,V>  of(K k1, V v1, K k2, V v2, K k3, V v3, K k4, V v4)
static <K,V> Map<K,V>  of(K k1, V v1, K k2, V v2, K k3, V v3, K k4, V v4, K k5, V v5)
static <K,V> Map<K,V>  of(K k1, V v1, K k2, V v2, K k3, V v3, K k4, V v4, K k5, V v5, K k6, V v6)
static <K,V> Map<K,V>  of(K k1, V v1, K k2, V v2, K k3, V v3, K k4, V v4, K k5, V v5, K k6, V v6, K k7, V v7)
static <K,V> Map<K,V>  of(K k1, V v1, K k2, V v2, K k3, V v3, K k4, V v4, K k5, V v5, K k6, V v6, K k7, V v7, K k8, V v8)
static <K,V> Map<K,V> of(K k1, V v1, K k2, V v2, K k3, V v3, K k4, V v4, K k5, V v5, K k6, V v6, K k7, V v7, K k8, V v8, K k9, V
        v9)
static <K,V> Map<K,V>  of(K k1, V v1, K k2, V v2, K k3, V v3, K k4, V v4, K k5, V v5, K k6, V v6, K k7, V v7, K k8, V v8, K k9, V
        v9, K k10, V v10)
static <K,V> Map<K,V> ofEntries(Map.Entry<? extends K,? extends V>... entries)
V  put(K key, V value)
void   putAll(Map<? extends K,? extends V> m)
default V  putIfAbsent(K key, V value)
V  remove(Object key)
default boolean  remove(Object key, Object value)
default V  replace(K key, V value)
default boolean  replace(K key, V oldValue, V newValue)
default void  replaceAll(BiFunction<? super K,? super V,? extends V> function)
int  size()
Collection<V>    values()
}
```

Map interfejs – implementacije

- klasa HashMap implementira Map interfejs
- ova klasa predstavlja neuređenu mapu (nema garancije poretka elemenata), implementira sve opcione metode Map interfejsa i dozvoljava dodavanje jednog null ključa u ovu strukturu
- ova klasa nije sinhronizovana, tj. bez eksterne sinhronizacije, ona ne podržava konkurentni pristup od strane više niti
- osnovne metode za uzimanje elemenata iz, i dodavanje elemenata u ovu strukturu izvršavaju se u konstantnom vremenu, tj. njihova složenost iznosi O(1)
- iteracija kroz elemente kolekcije nastale pozivom metoda za konverziju u kolekcije zahtijeva vrijeme proporcionalno kapacitetu objekta klase HashMap i njegovoj veličini (broju ključ-vrijednost mapiranja)
  - iz ovog razloga bitno je da inicijalni kapacitet ne bude suviše veliki, ako su performanse iteracije kroz elemente važne

Map interfejs – implementacije

- instanca HashMap klase ima dva parametra koji utiču na performanse: inicijalni kapacitet (podrazumijevana vrijednost je 16) i faktor opterećenja
- faktor opterećenja predstavlja mjeru maksimalno dozvoljene popunjenosti hash tabele prije automatskog povećanja njenog kapaciteta – kada broj elemenata (mapiranja) u hash tabeli postane veći od proizvoda faktora opterećenja i trenutnog kapaciteta, izvršiće se izmjena interne strukture hash tabele, na takav način da će se njen kapacitet udvostručiti – podrazumijevani faktor opterećenja iznosi 0.75 i predstavlja dobar izbor u većini slučajeva – veća vrijednost faktora opterećenja smanjuje gubitak prostora, ali povećava vrijeme izvršavanja većine metoda HashMap klase – ako je potrebno dodati veliki broj mapiranja u objekat klase hashMap, preporuka je da se ovaj objekat kreira sa dovoljno velikim kapacitetom - ovo će omogućiti efikasnije dodavanje velikog broja mapiranja, nego u slučaju kada se kapacitet interne hash tabele automatski povećava

Map interfejs – implementacije

```
public class HashMapTest {
      public static void main(String[] args) {
            HashMap<Integer,String> hm = new
HashMap<Integer,String>();                                  // 1
            hm.put(1, "1");                                 // 2
            hm.put(2, "2");                                 // 3
            hm.put(4, "4");                                 // 4
            hm.put(3, "3");                                 // 5
            System.out.println("Velicina: " + hm.size());
                                                            // 6
            System.out.println("Kljuc 3: " +
hm.containsKey(3));                                         // 7
            System.out.println("Vrijednost 2: "
hm.containsValue("2"));                                     // 8
            hm.remove(3);                                   // 9
            System.out.println("Velicina: " + hm.size());
                                                            // 10
      }
}
```

Map interfejs – implementacije

- klasa LinkedHashMap nasljeđuje klasu HashMap
- veza između LinkedHashMap i HashMap klasa analogna je vezi između LinkedHashSet i HashSet klasa
- elementi (mapiranja) HashMap i HashSet objekata su neuređeni, a elementi LinkedHashMap i LinkedHashSet objekata su uređeni
- ova implementacija razlikuje se od HashMap implementacije u tom što održava dvostruko-ulančanu listu svih mapiranja
- ovom ulančanom listom definiše se poredak elemenata
- podrazumijevani poredak je poredak u kojem su ključevi dodavani u ovu strukturu
  - poredak se ne mijenja ponovnim dodavanjem istog ključa, jer mapiranje sa ključem koji već postoji u ovoj strukturi neće biti dodato
- elementi se mogu čuvati i u poretku nastalom pristupom elementima
  - ovaj poredak se može specificirati odgovarajućim konstruktorom

```
LinkedHashMap(int initialCapacity, float loadFactor, boolean accessOrder)
```

Map interfejs – implementacije

- klasa Hashtable implementira Map interfejs
- ova klasa implementira neuređenu mapu, sinhronizovana je i ne dozvoljava dodavanje null ključeva i null vrijednosti
- instanca Hashtable klase ima dva parametra koji utiču na performanse: inicijalni kapacitet i faktor opterećenja – podrazumijevano 11 i 0.75
  - podrazumijevani faktor opterećenja iznosi 0.75 i obično predstavlja dobar izbor – veća vrijednost faktora opterećenja smanjuje gubitak prostora, ali povećava vrijeme izvršavanja većine metoda Hashtable klase
  - ako je potrebno dodati veliki broj mapiranja u objekat klase Hashtable, preporuka je da se ovaj objekat kreira sa dovoljno velikim kapacitetom – ovo će omogućiti efikasnije dodavanje velikog broja mapiranja, nego u slučaju kada se kapacitet hash tabele automatski povećava

Interfejs SortedMap

- interfejs SortedMap nasljeđuje interfejs Map i analogan je interfejsu SortedSet
- objekti klasa koje implementiraju interfejs SortedMap obezbjeđuju poredak elemenata (mapiranja) prema prirodnom poretku ključeva ili prema komparatoru
- svi ključevi sortirane mape moraju implementirati Comparable interfejs i moraju biti uzajamno komparabilni, što znači da se pri poređenju bilo koja dva ključa sortirane mape neće desiti izuzetak ClassCastException

Interfejs NavigableMap

- interfejs NavigableMap nasljeđuje interfejs SortedMap i analogan je interfejsu NavigableSet
- preporuka je da se koristi umjesto SortedMap interfejsa

Interfejs NavigableMap - implementacije

- klasa TreeMap implementira NavigableMap interfejs, a samim tim i SortedMap interfejs
- riječ je o crveno-crnom stablu
- mapiranja u ovoj mapi nalaze se u prirodnom poretku ili u poretku koji definiše komparator
  - koji od ova dva načina će biti primjenjen zavisi od korištenog konstruktora
- ova implementacija garantuje log(n) složenost metoda containsKey, get, put i remove
- ova klasa nije sinhronizovana

Klasa Collections

- klasa Collections obezbjeđuje različite metoda za rad sa kolekcijama, poput sortiranja, pretraživanja i zamjene elemenata u kolekciji
- sve metode ove klase su deklarisane kao static i public
- u slučaju kada se kao neki od argumenata neke od metoda ove klase proslijedi null referenca, umjesto reference na kolekciju, desiće se izuzetak NullPointerException
- veliki broj metoda
  - u Java verziji 9, ukupno 66 metoda ove klase

Klasa Collections

- metode za sortiranje

```
<T extends Comparable<? super T>> void sort(List<T> list)//1
<T> void sort(List<T> list, Comparator<? super T> c)   // 2
void reverse(List<?> list)                             // 3
<T> Comparator<T> reverseOrder()                       // 4
<T> Comparator<T> reverseOrder(Comparator<T> comparator)// 5
static void rotate(List<?> list, int distance)         // 6
static void shuffle(List<?> list)                      // 7
static void shuffle(List<?> list, Random rnd)          // 8
static void swap(List<?> list, int i, int j)           // 9
```

Klasa Collections

- List l može se sortirati pomoću
  `Collections.sort(l);`
- ako se ova lista sastoji od String elemenata, biće sortiran u alfabetskom poretku
- ako se ova lista sastoji od Date elemenata, biće sortiran u hronološkom poretku
- i String i Date implementiraju Comparable interfejs, kao i mnoge druge klase (Integer, Float, Double, Character, Byte, Boolean,...)
- implementacije Comparable interfejsa obezbjeđuju prirodni poredak objekata, što omogućava da objekti ove klase budu automatski sortirani

Klasa Collections

```
public class CollectionsSortTest {
      public static void main(String[] args) {
            LinkedList<Integer> ll = new
LinkedList<Integer>();                                    // 1
            ll.add(1);ll.add(3);ll.add(7);                // 2
            ll.add(9);ll.add(6);ll.add(7);                // 3
            iterate(ll);
            Collections.sort(ll);                         // 4
            iterate(ll);
            Collections.reverse(ll);                      // 5
            iterate(ll);
            Collections.rotate(ll, 3);                    // 6
            iterate(ll);
            Collections.shuffle(ll);                      // 7
            iterate(ll);
      }
      private static void iterate(LinkedList<Integer> ll){
            for (Iterator<Integer> it = ll.iterator();
it.hasNext();)
                  System.out.print(" " + it.next());
            System.out.println("\n ==========");
      }
}
```

Klasa Collections

- pretraživanje kolekcija

```
<T> int binarySearch(List<? extends Comparable<? super T>>
list, T key)                                                    // 1
<T> int binarySearch(List<? extends T> list, T key,
Comparator<? super T> c))                                       // 2
int indexOfSubList(List<?> source, List<?> target)              // 3
int lastIndexOfSubList(List<?> source, List<?> target)// 4
<T extends Object & Comparable<? super T>> T
max(Collection<? extends T> c)                                  // 5
<T> T max(Collection<? extends T> c, Comparator<? super T>
comp)                                                           // 6
<T extends Object & Comparable<? super T>> T
min(Collection<? extends T> c)                                  // 7
<T> T min(Collection<? extends T> cl, Comparator<? super T>
comp)                                                           // 8
```

Klasa Collections

```
public class CollectionsSearchTest {
      public static void main(String[] args) {
            LinkedList<Integer> ll = new
LinkedList<Integer>();
            ll.add(1);ll.add(3);ll.add(7);
            ll.add(9);ll.add(6);ll.add(7);
            Collections.sort(ll);
            for (Iterator<Integer> it = ll.iterator();
it.hasNext();)
                  System.out.print(it.next() + " " );
            System.out.println("\nPretraga 6: " +
Collections.binarySearch(ll, 6));
            System.out.println("Pretraga 2: " +
Collections.binarySearch(ll, 2));
            System.out.println("Max: " +
Collections.max(ll));
            System.out.println("Min: " +
Collections.min(ll));
      }
}
```

Klasa Collections

- zamjena elemenata u kolekcijama

```
<E> boolean addAll(Collection<? super E> collection, E...
elements)
<E> void copy(List<? super E> destination, List<? extends E>
source)
<E> void fill(List<? super E> list, E element)
<E> boolean replaceAll(List<E> list, E oldVal, E newVal)
<E> List<E> nCopies(int n, E element)
```

Klasa Collections

- sinhronizacija kolekcija

```
Collection c = Collections.synchronizedCollection(myCollection);
...
synchronized(c) {
   Iterator i = c.iterator();//mora biti u sinhronizovanom bloku
   while (i.hasNext())
        func(i.next());
}
```

```
synchronizedSet
synchronizedSortedSet
synchronizedList
synchronizedMap
synchronizedSortedMap
```

Klasa Arrays

- klasa Arrays obezbjeđuje različite metoda za rad sa nizovima, poput sortiranja, pretraživanja i zamjene elemenata u nizovima
- sve metode ove klase su deklarisane kao static i public
- u slučaju kada se kao neki od argumenata neke od metoda ove klase proslijedi null referenca, umjesto reference na kolekciju, desiće se izuzetak NullPointerException
- veliki broja metoda
  - u Java verziji 9, ukupno 214 metoda

Klasa Arrays

- sortiranje nizova

```
void sort(byte[] a)
void sort(byte[] a, int fromIndex, int toIndex)
<T> void sort(T[] a, Comparator<? super T> c)
<T> void sort(T[] a, int fromIndex, int toIndex,
Comparator<? super T> c)
```

```
public class ArraysSortTest {
	public static void main(String[] args) {
		int array[] = {4, 7, 2, 3, 9, 7, 6};
		Arrays.sort(array);
		for (int i = 0; i < array.length; i++) {
			System.out.print(array[i] + " ");
		}
	}
}
```

Klasa Arrays

- pretraživanje nizova

```
int binarySearch(byte[] a, byte key)                                    // 1
int binarySearch(byte[] a, int fromIndex, int toIndex, byte
key)                                                                    // 2
<T> int binarySearch(T[] a, T key, Comparator<? super T> c)
                                                                        // 3
<T> int binarySearch(T[] a, int fromIndex, int toIndex, T
key, Comparator<? super T> c)                                           // 4
```

```
public class ArraysSearchTest {
      public static void main(String[] args) {
            int array[] = {4, 7, 2, 3, 9, 7, 6};
            Arrays.sort(array);
            for (int i = 0; i < array.length; i++)
                  System.out.print(array[i] + " ");
            System.out.println();
            System.out.println("Pretraga 3: " +
Arrays.binarySearch(array, 3));
            System.out.println("Pretraga 5: " +
Arrays.binarySearch(array, 5));
      }
}
```

Poredak objekata

- Comparable interfejs

```
public interface Comparable<T> {
    public int compareTo(T o);
}
```

- compareTo metoda poredi primljeni objekat sa tekućim i vraća negativan integer, 0 ili pozitivan integer, zavisno od toga da li je primljeni objekat manji, jednak ili veći od tekućeg objekta
- ako se objekti ne mogu porediti metoda će baciti ClassCastException izuzetak

Poredak objekata

- Comparator interfejs

```
public interface Comparator<T> {
    int compare(T o1, T o2);
}
```

- compare metoda poredi dva argumenta i vraća negativan integer, 0 ili pozitivan integer, zavisno od toga da li je prvi objekat manji, jednak ili veći od drugog objekta
- ako bilo koji od argumenata ima neodgovarajući tip compare metoda baca ClassCastException

Bitno

- za Set interfejs – HashSet je najčešće korišćena implementacija
- za List interfejs – ArrayList je najčešće korišćena implementacija
- za Map interfejs – HashMap je najčešće korišćena implementacija
- za Queue interfejs – LinkedList je najčešće korišćena implementacija
- svaka od implementacija obezbjeđuje sve opcione metode iz odgovarajućeg interfejsa