انجمن جاوا کاپ تقدیم می‌کند

دوره برنامه‌نویسی جاوا

ظرف‌ها و ساختمان‌های داده
Containers and Data Structures

صادق علی‌اکبری

حقوق مؤلف

- کلیه حقوق این اثر متعلق به انجمن جاواکاپ است
- بازنشر یا تدریس آن‌چه توسط جاواکاپ و به صورت عمومی منتشر شده است، با ذکر مرجع (جاواکاپ) بلامانع است
- اگر این اثر توسط جاواکاپ به صورت عمومی منتشر نشده است و به صورت اختصاصی در اختیار شما یا شرکت شما قرار گرفته، بازنشر آن مجاز نیست
- تغییر محتوای این اثر بدون اطلاع و تأیید انجمن جاواکاپ مجاز نیست

سرفصل مطالب

- آشنایی اولیه با کلاس‌های عام (Generics)
- ظرف‌ها و ساختمان داده‌ها در جاوا
- واسط‌ها و کلاس‌های مهم در این زمینه
- Collection, Set, List, Map
- ArrayList, LinkedList, HashSet, HashMap
- اشیاء مبتنی بر Hash و کاربرد متد hashCode
- مفهوم Iterator
- ترتیب و مقایسه اشیاء
- کلاس‌های کمکی Arrays و Collections
- سایر کلاس‌ها و واسطهای مهم در زمینه ظرف‌ها

مقدمه

ظرف‌ها و ساختمان‌های داده

- جاوا دارای امکانات متنوعی برای نگهداری اشیاء است
  - کلاس‌هایی مثل انواع لیست‌ها، مجموعه‌ها، جدول‌ها و ...
- هر یک از این کلاس‌ها، یک **ساختمان داده** (Data Structure) است
  - هر نمونه ساختمان داده، یک **ظرف** (container) برای نگهداری اشیاء است
  - امکانات و الگوریتم‌هایی بر روی اشیاء داخل ظرف هم پشتیبانی می‌شود
  - مانند جستجو، تبدیل به انواع دیگر، مرتب‌سازی و ...
- امکاناتی که جاوا به این منظور ساخته : Java collections framework
  - کتابخانه‌ای از کلاس‌ها و واسطهایی که ساختمان‌های داده مختلف را ایجاد می‌کنند

لیست: نیازی که با آرایه تأمین نمی‌شود

محدودیت آرایه‌ها

- می‌دانیم آرایه، امکانی برای ایجاد ظرفی از اشیاء است
  - مثال: فرض کنید آرایه‌ای از دانشجویان داریم

```
Student[] students = new Student[size];
```

- اما آرایه‌ها محدودیت‌هایی دارند. مثلاً نیازمندی‌های زیر را در نظر بگیرید:
  - اگر طول موردنیاز آرایه (size) را پیشاپیش ندانیم، چه کنیم؟
  - اگر بخواهیم بعد از ساختن یک آرایه، طول آن را افزایش دهیم چه کنیم؟
  - اگر بخواهیم بعضی از عناصر و اعضای آرایه را حذف کنیم، چه کنیم؟
- راه‌حل ساده‌ای برای موارد فوق در آرایه‌ها وجود ندارد
  - مثلاً متدی که یک خانه از آرایه را حذف کند یا طول آرایه را بیشتر کند

امکاناتی که آرایه‌ها ندارند

- تصور کنید که می‌توانستیم از آرایه‌ها، این‌گونه استفاده کنیم:

```
Student[] students = new Student[0];
students.add(new Student("Ali Alavi"));
students.add(new Student("Taghi Taghavi"));
System.out.println(students[1]);
students.remove(0);
```

- یعنی یک آرایه به طول صفر بسازیم

  و بعداً عناصری به آن اضافه کنیم

  یا برخی از عناصر آن را حذف کنیم

- اما چنین کاری با آرایه ممکن نیست و کد فوق اشکال نحوی دارد

ظرف‌هایی از اشیاء

- آن‌چه مطرح شد: نیاز به ظرفی از اشیاء (object **container**)
- در واقع آرایه هم یک ظرف از اشیاء است، ولی محدودیت‌هایی دارد
  - امکاناتی مثل کم و زیاد کردن شیء از مجموعه داخل ظرف، در آرایه‌ها وجود ندارد
- در جاوا، کلاس‌های مختلفی به عنوان ظرفی از اشیاء عمل می‌کنند
- این کلاس‌ها امکانات موردنظر که در آرایه‌ها نیست، پشتیبانی می‌کنند
- کلاس‌هایی مانند:

ArrayList ، LinkedList ، HashSet ، HashMap و ...

مثال: کلاس ArrayList

- نمونه کاربرد کلاس java.util.ArrayList
  - ArrayList مانند آرایه‌ای است که امکان تغییر اندازه (طول) آن وجود دارد (resizable array)

```
ArrayList students = new ArrayList();
students.add(new Student("Ali Alavi"));
students.add(new Student("Taghi Taghavi"));
students.remove(0);
```

- در ابتدا، ArrayList خالی است، به‌مرور می‌توانیم عناصری به این فهرست اضافه یا کم کنیم
- شیء students در کد فوق، مانند ظرفی است که اشیاء مختلفی را در خود نگه می‌دارد
- اشکال شیء students : هر شیئی از هر نوعی قابل افزودن به students است
  - اما معمولاً اعضایی از یک جنس را در یک ظرف قرار می‌دهیم

محدود کردن نوع اشیاء لیست

```
ArrayList s = new ArrayList();
s.add(new Student("Ali Alavi"));
s.add("Taghi Taghavi");
s.add(new Object());
```

- کد روبرو خطای کامپایل ندارد
- ولی معمولاً نمی‌خواهیم اجازه دهیم که یک ظرف اشیائی از انواع مختلف را نگه دارد
- لیست‌ها، می‌توانند نوع اشیاء درون خود را مشخص کنند
- در کد زیر، به ظرف students فقط اشیائی از نوع Student می‌توان اضافه کرد:

```
ArrayList<Student> students = new ArrayList<Student>();
```

- به این تکنیک، اشیاء عام (generics) گفته می‌شود (بعداً دراین‌باره صحبت می‌کنیم)
- مثال:

```
students.add(new Student("Ali Alavi"));
students.add("Taghi Taghavi");
students.add(new Object());
```

مثال‌هایی از ArrayList

```
ArrayList<Student> students = new ArrayList<Student>();
students.add(new Student("Ali Alavi"));
students.add(new Student("Taghi Taghavi"));
students.remove(0);
students.remove(new Student("Ali Alavi"));
Student student = students.get(0);
System.out.println(student);
```

```
ArrayList<String> names = new ArrayList<String>();
names.add("Ali Alavi");
names.add("Taghi Taghavi");
names.remove(0);
names.remove("Ali Alavi");
String name = names.get(0);
System.out.println(name);
```

واسط java.util.List

درباره واسط List

```
public class ArrayList<E>
implements List<E>
```

- برخی متدهای مهم کلاس ArrayList :
  - `int size()` : طول فهرست
  - `boolean isEmpty()` : فهرست خالی است یا خیر
  - `boolean contains(Object o)` : وجود شیء موردنظر در فهرست
  - `add(E e)` : یک عضو به فهرست اضافه می‌کند
  - `remove(Object o)` : یک عضو از فهرست حذف می‌کند
  - `remove(int index)` : عضوی با شماره اندیس موردنظر را حذف می‌کند
  - `clear()` : همه اعضای فهرست را حذف می‌کند
  - `get(int index)` : عضوی که در اندیس موردنظر است را برمی‌گرداند
  - `int indexOf(Object o)` : شماره اندیس عضو موردنظر را برمی‌گرداند
- نکته: کلاس ArrayList واسط java.util.List را پیاده‌سازی کرده است
  - متدهای فوق همگی در واسط List تعیین شده‌اند

```
List<String> list = new ArrayList<String>();
Scanner scanner = new Scanner(System.in);
while(true){
  String input = scanner.next();
  if(input.equalsIgnoreCase("exit"))
      break;
  list.add(input);
}
if(list.isEmpty()){
  System.out.println("No string entered");
}else{
  System.out.println(list.size());
  if(list.contains("Ali"))
      System.out.println("Ali Found!");

  for (String s : list) {
      System.out.println(s);
  }
}
```

مثال

(for each)

نگاهی به واسط List

```
interface List<E> {
    int size();
    boolean isEmpty();
    boolean contains(Object o);
    boolean add(E e);
    boolean remove(Object o);
    void clear();
    E get(int index);
    E set(int index, E element);
    void add(int index, E element);
    E remove(int index);
    int indexOf(Object o);
    int lastIndexOf(Object o);
    List<E> subList(int fromIndex, int toIndex);
}
```

نکته

- ArrayList ظرفی از اشیاء است: هر یک از مقادیر داخل آن، یک شیء است
  - انواع داده اولیه (primitive types) نمی‌توانند در ArrayList قرار گیرند
  - این محدودیت برای سایر انواع ظرف‌ها (مثل LinkedList و Set و ...) هم وجود دارد
  - در واقع این محدودیت برای همه انواع عام (generics)، از جمله ظرف‌ها، وجود دارد
  - این محدودیت برای آرایه وجود ندارد
  - مثلاً ArrayList<int> غیرممکن است، ولی int[ ] مجاز است

تمرین عملی برای ArrayList

تمرین عملی

- ایجاد فهرستی از
  - اعداد
  - رشته‌ها
  - دانشجویان
  - مرور: فهرست از انواع اولیه ممکن نیست
- استفاده از متدهای متنوع List برای این اشیاء
- تعریف شیء با ارجاع List و نمونه‌سازی با ArrayList
- تأکید بر import برای List و ArrayList

آرایه بهتر است یا ArrayList ؟

آرایه یا ArrayList ؟ مسأله این است...

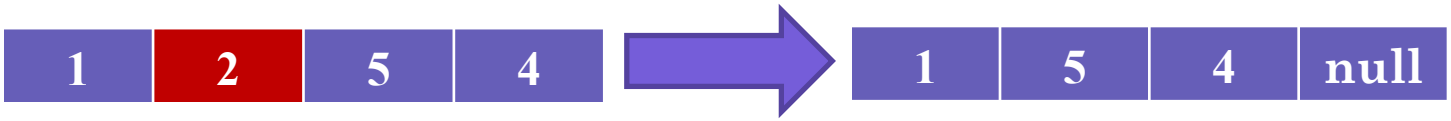
- گاهی آرایه و گاهی ArrayList بهتر است
  - در هر کاربرد، باید انتخاب کنیم: مزایا و معایب هر یک را بررسی کنیم
- مزایای آرایه:
  - امکان استفاده از انواع داده اولیه (مثل int و double)
  - آرایه می‌تواند کارایی (performance) بیشتری داشته باشد
- مزایای ArrayList :
  - ارائه متدها و امکاناتی که در آرایه نیست
    - مانند اضافه و کم کردن اعضا به صورت پویا، جستجو در لیست و ...
- نکته: کلاس ArrayList با کمک یک آرایه پیاده‌سازی شده است
  - در دل هر شیء از جنس ArrayList یک آرایه قرار دارد

نگاهی به پیاده‌سازی کلاس ArrayList

```
public class ArrayList<E> implements List<E>,...{
  private Object[] elementData;
  private int size;
  public boolean add(E e) {
      ensureCapacity(size + 1);
      elementData[size++] = e;
      return true;
  }
  public ArrayList(int initialCapacity) {
    ...
    this.elementData = new Object[initialCapacity];
  }
}
```

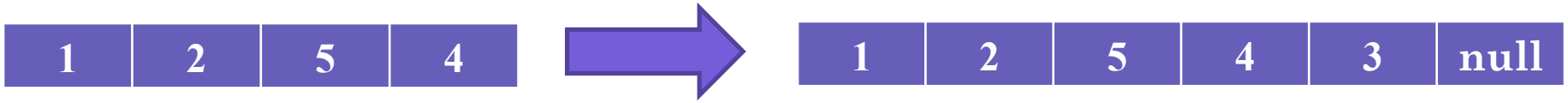
نکته

- برای حذف یک عضو ArrayList ، خانه‌های بعدی در خانه قبلی کپی می‌شوند



(شیفت به چپ)

- هنگام اضافه کردن یک عضو به ArrayList (مثلاً با کمک متد add)
  - اگر آرایه‌ای که در دل ArrayList است حافظه کافی نداشته باشد (پر باشد)، یک آرایه جدید بزرگتر ایجاد می‌شود (معمولاً ۵۰٪ بزرگتر می‌شود) و همه اعضای آرایه قبلی در این آرایه کپی می‌شوند
- مثلاً اگر list یک ArrayList باشد که هر چهار خانه آرایه داخل آن پر باشد
  - با فراخوانی list.add(new Integer(3)) خواهیم داشت:



- حذف و اضافه از ArrayList ممکن است منجر به تعداد زیادی کپی ناخواسته شود

تبدیل آرایه به ArrayList

- گاهی لازم است یک آرایه را به یک ArrayList تبدیل کنیم، یا برعکس
- مثال برای تبدیل آرایه به ArrayList :

```
String[] strings = {"ali", "taghi"};
ArrayList<String> list = new ArrayList<String>();
for (String str : strings)
            list.add(str);
```

- مثال برای تبدیل ArrayList به آرایه:

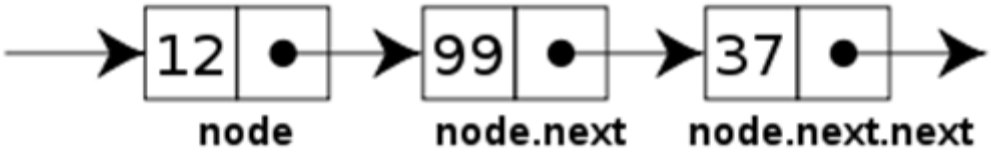
```
String[] array = new String[list.size()];
for (int i = 0; i < array.length; i++)
      array[i] = list.get(i);
```

- راههای دیگری هم وجود دارد (بعداً می‌بینیم)

لیست پیوندی (LinkedList)

مفهوم لیست پیوندی (Linked List)

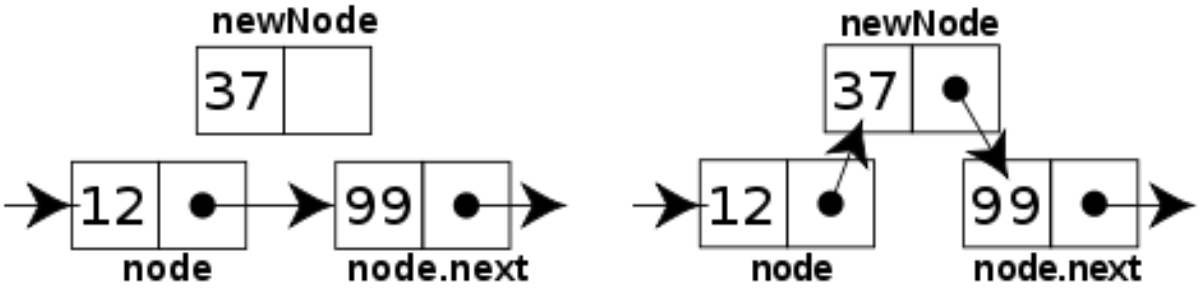
- لیست پیوندی یک ساختمان داده است (data structure)
- که در آن، برخلاف آرایه، همه اعضا پشت سرهم در حافظه قرار نمی‌گیرند
- بلکه هر عضو فهرست، محل (آدرس یا ارجاع) عضو بعدی را نگه می‌دارد



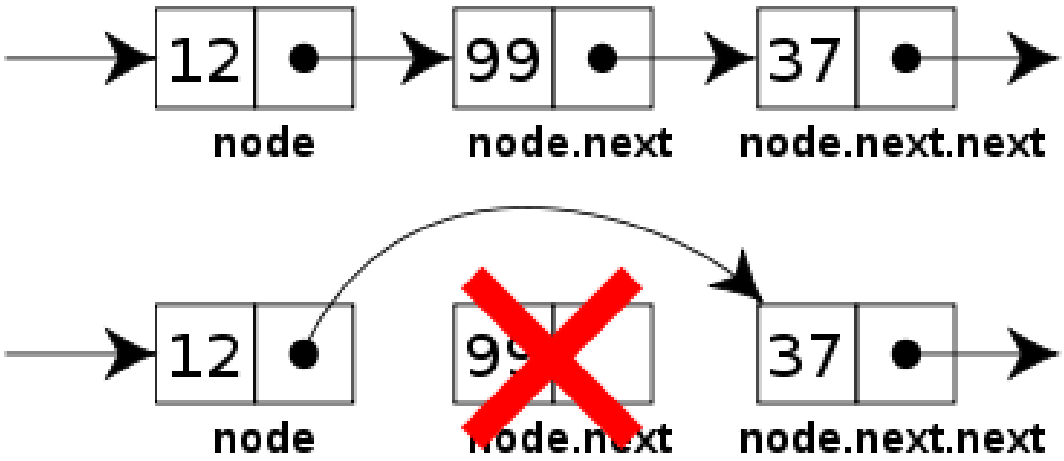
- برای اضافه کردن یک عضو به فهرست:
  - یک شیء جدید ایجاد شود
  - و آخرین ارجاع (اشاره‌گر) به این شیء جدید اشاره خواهد کرد
- برای حذف یک عضو از فهرست: کافیست اشاره‌گر به این شیء، به شیء بعدی اشاره کند

مرور حذف و اضافه به لیست پیوندی

- اضافه به لیست:



- حذف از لیست:



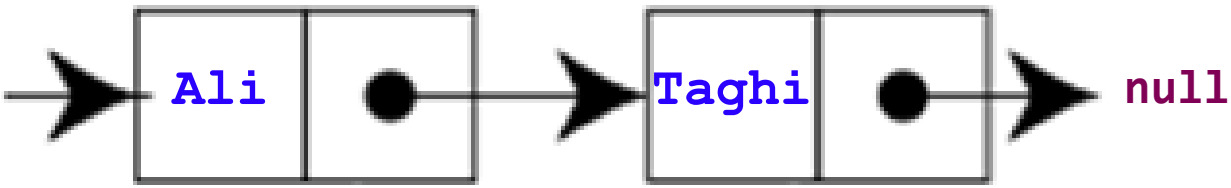
کلاس LinkedList

- کلاس java.util.LinkedList در جاوا پیاده‌سازی شده است
  - یک لیست پیوندی دوطرفه که هر عضو، ارجاع به بعدی و قبلی دارد
- کلاس LinkedList هم مانند ArrayList واسط List را پیاده‌سازی کرده است
  - پس همه متدهای مهم List را دارد، مانند add ، get ، remove و ...
  - بنابراین نحوه کاربرد LinkedList مشابه ArrayList است
  - ولی کارایی (performance) آن‌ها متفاوت است

```
LinkedList<Double> grades = new LinkedList<Double>();
grades.add(new Double(18.5));
grades.add(new Double(19.5));
grades.add(new Double(17.5));
for (Double d : grades)
      System.out.println(d);
```

مثال برای لیست پیوندی

```
List<String> list = new LinkedList<String>();
list.add("Ali");
list.add("Taghi");
System.out.println(list.get(1));
list.remove("Taghi");
for (String string : list) {
      System.out.println(string);
}
```



ArrayList بهتر است یا LinkedList ؟

- کلاس‌هایLinkedList و ArrayList واسط مشابهی را پیاده کرده‌اند (List)
  - اما پیاده‌سازی متفاوتی دارند: درون هر LinkedList یک آرایه نیست، یک لیست پیوندی است
- در مجموع، کلاس ArrayList پرکاربردتر است
  - البته در برخی موارد، استفاده از LinkedList کاراتر است
- مثلاً: تعداد زیادی add و remove در لیست ← معمولاً لیست پیوندی بهتر است
  - گاهی ArrayList برای افزودن یا حذف، مجبور به کپی تعداد زیادی از عناصر موجود می‌شود
- دسترسی فراوان به عناصر با کمک اندیس ← ArrayList بهتر است
  - هزینه اجرای get(i) در ArrayList کم است
  - ولی در لیست پیوندی i عنصر باید پیمایش شوند تا به عنصری با اندیس i برسیم

تمرین

تمرین

- کار با متدهای متنوع List
- با کمک LinkedList و ArrayList

کوییز

کوییز

- در کد زیر، متغیرlist می‌تواند شیئی از نوع LinkedList یا ArrayList باشد

```
for(int i=0;i<1000000;i++){
   for(int j=0;j<100;j++)
      list.add(0, new Object());
   for(int j=0;j<100;j++)
      list.remove(0);
}
```

- در کدام حالت این کد سریع‌تر اجرا می‌شود؟

```
List<Object> list = new ArrayList<Object>();
List<Object> list = new LinkedList<Object>();
```

- تعداد زیادی حذف و اضافه در ابتدای ArrayList منجر به شیفت‌های فراوان می‌شود

کوییز

- در کد زیر، list فهرستی از نوع LinkedList یا ArrayList است و شامل تعداد زیادی شیء است

```
Random random = new Random();
Object temp;
for(int i=0;i<100000;i++)
   temp = list.get(random.nextInt(list.size()));
```

- اگر list یک ArrayList باشد کد فوق سریع‌تر اجرا می‌شود یا LinkedList؟
  - پاسخ: ArrayList
- کد فوق، به دفعات به سراغ اندیسی تصادفی در میانه لیست می‌رود
  - دسترسی به یک اندیس با متد get در ArrayList به مراتب سریع‌تر است

مجموعه (Set)

مجموعه (Set)

- معنای «مجموعه» در ریاضیات را به خاطر بیاورید:
- تعدادی شیء متمایز که لزوماً بین اعضا ترتیبی وجود ندارد
- مثلاً دو مجموعه زیر با هم برابر هستند

$$\{1,2,3,1,4,2\} = \{4,3,2,1\}$$

- مجموعه (Set) یک واسط در جاوا است: java.util.Set
- یکی از کلاس‌های جاوا که واسط Set را پیاده‌سازی می‌کند: HashSet
- مثال:

```
HashSet<String> set= new HashSet<String>();
set.add("Ali");
set.add("Taghi");
set.add("Naghi");
```

مثال

```
Set<String> set = new HashSet<String>();
set.add("Ali");
set.add("Taghi");
set.add("Taghi");
set.add("Ali");
set.add("Taghi");
System.out.println(set.size());
for (String str : set)
    System.out.println(str);
set.remove("Ali");
System.out.println(set.contains("Ali"));
System.out.println(set.contains("Taghi"));
set.clear();
System.out.println(set.size());
```

2

Taghi
Ali

false

true

0

تفاوت‌های اصلی List و Set

- اشیاء داخل یک Set متمایز هستند، شیء تکراری در Set وجود ندارد
  - اگر شیئی اضافه شود، که همان شیء در Set حضور دارد، شیء قدیمی حذف می‌شود
- اعضای List ترتیب دارند. بین اعضای Set لزوماً ترتیبی وجود ندارد
  - واسط Set هیچ متدی که با اندیس کار کند، ندارد
  - مثلاً در واسط Set ، متد get(i) نداریم، ولی در List داریم
  - متدهای دیگری مثل موارد زیر هم در Set وجود ندارد:
    - set(int index, E element)
    - int indexOf(Object o)
    - int lastIndexOf(Object o)
    - remove(int index)

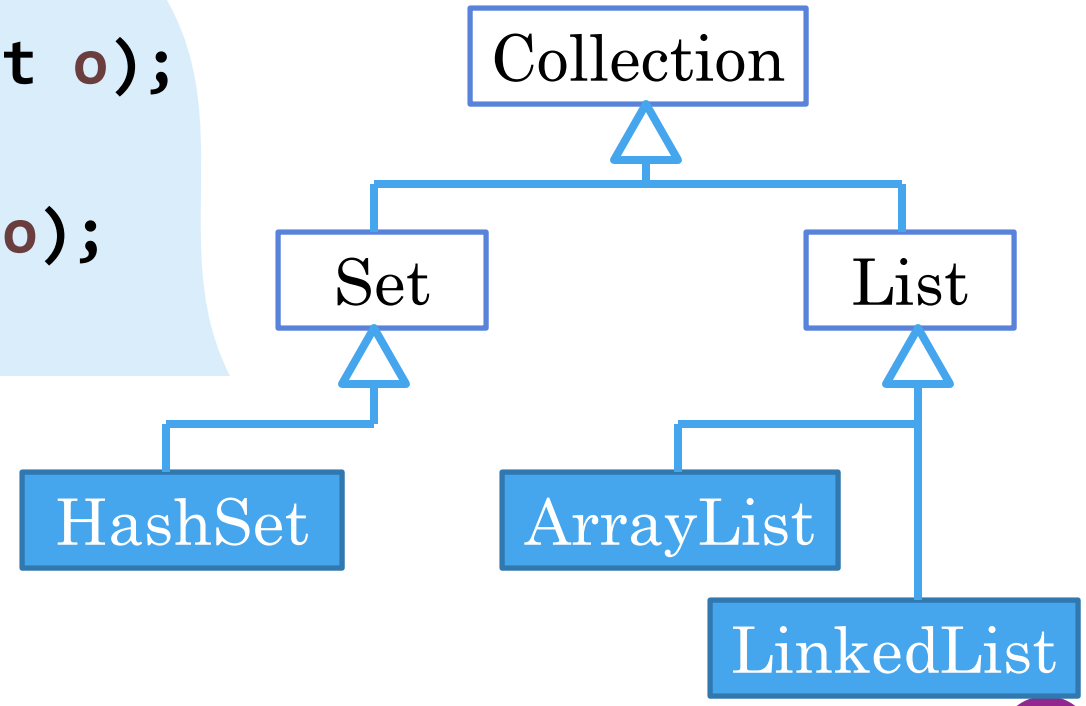
مجموعه یا لیست؟ کدام بهتر است؟

- در برخی کاربردها List و در برخی دیگر Set مناسب‌تر است
- List دسترسی به اعضا از طریق اندیس را ممکن می‌کند
- Set اجازه افزودن عضو تکراری به مجموعه را نمی‌دهد
  - تکراری بودن عضو جدید را چک می‌کند (سربار محاسباتی)
  - می‌تواند از هدر رفتن حافظه جلوگیری کند (کاهش حافظه مصرفی)
- سؤال کلیدی: آیا در فهرست موردنظر، عضو تکراری مجاز است؟
  - اگر بله: List بهتر است، وگرنه Set بهتر است. مثال:
  - فهرست شماره دانشجویی اعضای یک دانشگاه: Set بهتر است
  - فهرست نمرات یک درس: List بهتر است (نمره تکراری ممکن است)

Collection

- واسط java.util.Collection در جاوا وجود دارد
- List و Set زیرواسط Collection هستند
- برخی از متدهای مهم Collection :

```
int size();
boolean isEmpty();
boolean contains(Object o);
boolean add(E e);
boolean remove(Object o);
void clear();
```



تبدیل Collection به آرایه

- واسط Collection دو متد با نام toArray برای تبدیل به آرایه معرفی می‌کند:
- روش اول: Object[ ] toArray()
  - این متد پارامتری نمی‌گیرد
  - فهرست را به یک آرایه از Object تبدیل می‌کند
  - بدین ترتیب نوع واقعی اشیاء در آرایه معلوم نیست
- روش دوم : T[ ] toArray(T[ ] a)
  - در این روش، آرایه‌ای از اشیاء به عنوان پارامتر ارسال می‌شود
  - مقدار برگشتی از نوع داده مشخص شده است
  - اگر پارامتر موردنظر به اندازه کافی فضا داشته باشد، همان را پر می‌کند
    - وگرنه، یک آرایه جدید از همان جنس می‌سازد

aliakbary@asta.ir

مثال

```
ArrayList<Integer> list = new ArrayList<Integer>();
list.add(new Integer(5));
list.add(new Integer(4));
list.add(new Integer(3));

Object[] array = list.toArray();
for (Object object : array) {
    Integer i = (Integer) object;
    System.out.println(i);
}

Integer[] array2 = list.toArray(new Integer[list.size()]);
for (Integer i : array2)
        System.out.println(i);
Integer[] array3 = list.toArray(new Integer[0]);
for (Integer i : array3)
        System.out.println(i);
```

تمرین

تمرین

- استفاده از Set و HashSet
  - مرور ویژگی‌های Set : اعضای متمایز، عدم وجود ترتیب
- استفاده از Collection

اهمیت متدهای equals و hashCode

اهمیت تعریف متد equals در ساختمان‌داده‌های جاوا

- بسیاری از ساختمان‌داده‌های جاوا تساوی اعضای فهرست را بررسی می‌کنند
- مثلاً: متد contains به دنبال یک شیء مساوی شیء موردنظر می‌گردد
- این کار با کمک متد equals انجام می‌شود
  - متد equals روی اشیاء فهرست فراخوانی می‌شود و شیء موردنظر به آن پاس می‌شود
  - متدهایی مثل indexOf(Object o) و remove(Object o) نیز equals را صدا می‌کنند
  - در مجموعه‌ها (مثل HashSet) تکراری بودن عضو جدید با کمک equals بررسی می‌شود
- بنابراین اگر بخواهیم ظرفی از جنس یک کلاس دلخواه داشته باشیم، باید متد equals مناسبی برای کلاس موردنظر پیاده‌سازی شده باشد

مثال

```
class Student {
    private String name;
    public Student(String name) {
        this.name = name;
    }
}
```

```
List<Student> list = new ArrayList<Student>();
list.add(new Student("Ali"));
System.out.println(list.contains(new Student("Ali")));
```

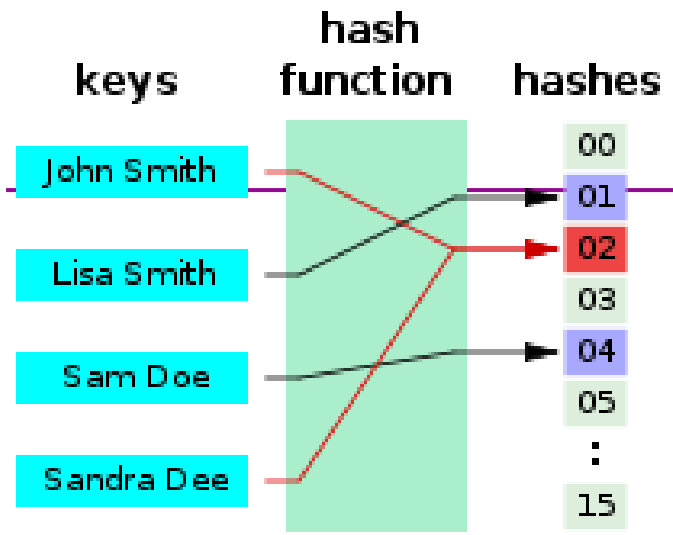
false

- راه حل: باید برای کلاس Student متد equals مناسبی پیاده کنیم
- مثلاً:

```
public boolean equals(Object obj) {
    Student other = (Student) obj;
    if (!name.equals(other.name))
        return false;
    return true;
}
```

- البته متد equals فوق کامل و دقیق نیست
- جزئیاتی مثل null بودن پارامتر را بررسی نمی‌کند

ساختمان‌های داده مبتنی بر Hash



- برخی از ساختمان‌داده‌های جاوا مانند HashSet و HashMap مبتنی بر تکنیک Hash هستند
- تکنیک Hash :
  - از هر شیء که قرار است ذخیره شود، یک عدد صحیح استخراج شود
  - این عدد صحیح (hash)، مبتنی بر ویژگی‌های داخل شیء محاسبه شود
  - از hash برای محاسبه محل ذخیره شیء استفاده می‌شود
  - ممکن است دو شیء مقدار hash مساوی داشته باشند
  - ولی تابع hash مناسب، اعدادی حتی‌الامکان متفاوت برای اشیاء متفاوت برمی‌گرداند
  - دو شیء با ویژگی‌های مساوی، باید مقدار hash مساوی برگردانند (مقدار hash تصادفی نیست)

متد hashCode

- برخی از ساختمان‌داده‌های جاوا مبتنی بر تکنیک Hash هستند
- این کلاس‌ها، علاوه بر متد equals از متد hashCode استفاده می‌کنند
- متد hashCode از کلاس Object به همه کلاس‌ها به ارث می‌رسد
- می‌توانیم این متد را override کنیم و معنای مناسبی برای آن پیاده کنیم
- با کمک hashCode یک شیء به یک عدد صحیح (hash) تبدیل می‌شود
  - از hash برای جایابی در حافظه و دسترسی سریع به اشیاء استفاده می‌شود
  - متد hashCode مناسب، از فیلدهای شیء استفاده می‌کند و عددی حتی‌الامکان متفاوت برمی‌گرداند
- از امکانات IDE (مثلاً eclipse) برای تولید متدهای equals و hashCode استفاده کنید
- اگر برای مقایسه دو شیء متد equals مقدار true برمی‌گرداند،
  متد hashCode این دو شیء هم باید مساوی باشند، و نه لزوماً برعکس.

مثال

```
class Student {
   private String name;
   public Student(String name) {
      this.name = name;
   }
}
```

```
Set<Student> set = new HashSet<Student>();
set.add(new Student("Ali"));
System.out.println(set.contains(new Student("Ali")));
```

false

- راه حل:
  - باید برای کلاس Student هم متد equals و هم hashCode مناسبی پیاده کنیم
  - پیاده‌سازی equals کافی نیست، زیرا HashSet مبتنی بر hashCode کار می‌کند
  - مثلاً:

```
public int hashCode() {
  return 31 + ((name == null) ? 0 : name.hashCode());
}
```

تمرین

تمرین

- نقش equals و hashCode
  - تولید خودکار این متدها
  - استفاده در لیست و مجموعه
- تأکید و یادآوری: متد equals باید پارامتری از نوع Object بگیرد

نگاشت (Map)

نگاشت (Map)

- کلاس‌ها و واسط‌هایی که تا این‌جا دیدیم، همه Collection بودند
  - Collection, List, ArrayList, LinkedList, Set, HashSet, …
- واسط دیگری به نام java.util.Map وجود دارد که یک Collection نیست
- یک Map مانند یک جدول یا نگاشت از اشیاء عمل می‌کند
  - دو ستون و تعداد زیادی سطر (زوج مرتب) دارد
  - ستون اول را کلید (Key) و ستون دوم را مقدار (Value) می‌گویند
  - اعضای ستون اول (کلیدها) یکتا هستند: کلید تکراری نداریم
  - اعضای ستون دوم (مقادیر) ممکن است تکراری باشند
- مثال: یک map شامل نمرات دانشجویان:
  (جدول یا نگاشتی از رشته‌ها به اعداد حقیقی)

کلید	مقدار
علی علوی	۱۸.۵
تقی تقوی	۱۹.۵
نقی نقوی	۱۸.۵

درباره Map

- نوع ستون اول و ستون دوم قابل تعیین است
- مثلاً در `Map<String, Double> map;` ← map یک جدول است که:
  - کلید آن (ستون اول) رشته‌ها و مقادیر آن اعداد حقیقی هستند
    (نگاشتی از رشته به عدد حقیقی)
- `Map<Integer, Student>` ← نگاشتی از عدد صحیح به دانشجو
- هر نوع شیئی به عنوان کلید یا مقدار، قابل استفاده است
  - انواع داده اولیه مثل int و double در هیچ‌یک از ظرف‌های جاوا قابل‌استفاده نیستند

- Map یک واسط است،
  یکی از کلاس‌هایی که Map را پیاده‌سازی کرده: java.util.HashMap

مثال

```
Map<Integer, String> map = new HashMap<Integer, String>();
map.put(87300876, "Ali Alavi");
map.put(87234431, "Taghi Taghavi");
map.put(87300876, "Naghi Naghavi");
String name = map.get(87300876);
System.out.println(name);
System.out.println(map.get(87234431));
```

Naghi Naghavi

Taghi Taghavi

- یادآوری:
  - در کد فوق به جای Integer از int استفاده شده است
  - تبدیل int به Integer به صورت خودکار انجام می‌شود (auto-boxing)

    (از جاوا ۵ به بعد)
  - نوع مورد استفاده در همه کلاس‌های java collections framework باید **شیء** باشند

نگاهی به واسط Map

```
public interface Map<K,V> {
   V get(Object key);
   V put(K key, V value);
   int size();
   boolean isEmpty();
   boolean containsKey(Object key);
   boolean containsValue(Object value);
   V remove(Object key);
   void putAll(Map m);
   void clear();
   Set<K> keySet();
   Collection<V> values();
}
```

تغییر مقدار با کمک put

- اگر سطری با کلید تکراری به یک map اضافه شود: مقدار قبلی آن کلید حذف می‌شود
- مثال:

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

- map.put(76, “Ali”)

76	Ali

- map.put(31, “Taghi”)

76	Ali
31	Taghi

- map.put(76, “Naghi”)

76	Naghi
31	Taghi

مثال

```
Map<Student, Double> map = new HashMap<Student, Double>();
map.put(new Student("Ali Alavi"), new Double(18.76));
map.put(new Student("Taghi Taghavi"), new Double(15.43));
map.put(new Student("Naghi Naghavi"), new Double(17.26));
map.put(new Student("Naghi Naghavi"), new Double(15.26));
map.remove(new Student("Naghi Naghavi"));

Double grade = map.get(new Student("Taghi Taghavi"));
System.out.println("Grade of Taghi=" + grade);

for (Student student : map.keySet())
  System.out.println(student.toString());

Double totalSum = 0.0;
for (Double avg : map.values())
  totalSum += avg;

System.out.println("Average = " + (totalSum / map.size()));
```

این برنامه به شرطی درست کار می‌کند که متدهای equals و hashCode به خوبی در کلاس Student پیاده‌سازی شده‌باشند

کوییز: خروجی برنامه زیر چیست؟

```
Map<String, String> map = new HashMap<String, String>();
map.put("Laptop", "Computers");
map.put("Shahnameh", "Books");
map.put("Tablet", "Books");
map.put("Tablet", "Computers");
System.out.println(map.size());
System.out.println(map.get("Tablet"));
System.out.println(map.get("GOLESTAN"));
System.out.println(map.containsKey("TABLET"));
System.out.println(map.containsValue("Books"));
```

```
3
Computers
null
false
true
```

تمرین

- تمرین Map
  - متدهای
    - keySet
    - values

مفهوم پیمایشگر (Iterator)

مفهوم پیمایشگر (Iterator)

- تا قبل از جاوا ۵ ، امکان for each برای پیمایش وجود نداشت
- از جاوا ۵ به بعد، for each برای آرایه‌ها و collection ها ممکن شد
- مثال:

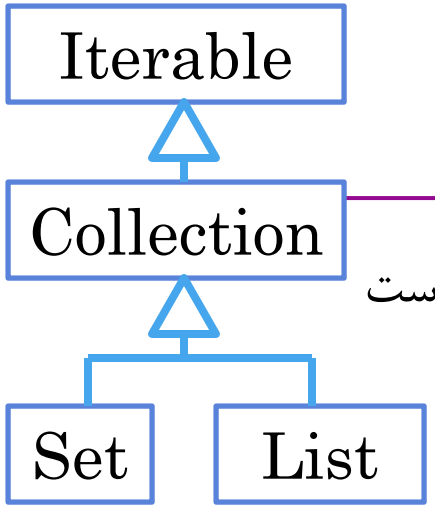
```
int[] array = {1,2,3,7};
for (int i : array)
    System.out.println(i);
```

```
List<Integer> list ;
...
for (Integer i : list)
    System.out.println(i);
```

- قبل از جاوا ۵ با کمک **iterator** پیمایش روی collectionها انجام می‌شد
  - این امکان همچنان وجود دارد و کاربردهایی نیز دارد
  - مثال:

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

متد iterator



- متد **iterator** در واسط java.lang.**Iterable** تعریف شده است
  - واسط Collection ، از واسط Iterable ارث‌بری کرده است
  - بنابراین List ها و Set ها همگی Iterable هستند
- در واقع همه کلاس‌هایی که Iterable هستند، امکان for each دارند
- امکان for each در نسخه‌های جدید جاوا با کمک iterator پیاده شده است

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

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

```
public interface Collection<E> extends Iterable<E> {...}
```

مثال

```
List<Integer> list = new ArrayList<Integer>();
for(int i=0;i<10;i++)
  list.add(i);

Iterator<Integer> iterator = list.iterator();
while(iterator.hasNext()){
   Integer value = iterator.next();
   if(value%2==0)
      iterator.remove();
}
System.out.println(list.size());
```

5

تغییر همزمان در یک ظرف

تغییر همزمان (Concurrent Modification)

- فرض کنید: چند بخش برنامه به صورت همزمان در حال استفاده از یک ظرف باشند (مثلاً یک لیست یا مجموعه)
- و در همین حال، یک بخش از برنامه، تغییری در ظرف ایجاد کند
  - مثلاً شیئی به آن اضافه یا کم کند
- این **تغییر همزمان** نباید ممکن باشد
  - زیرا یک ظرف توسط یک بخش درحال پیمایش است و در بخش دیگری تغییر می‌کند
  - مثلاً شاید در بخشی که پیمایش انجام می‌شود، روی طول ظرف حساب شده باشد
  - و یا شیئی که پیمایش و پردازش شده، توسط بخش دیگری از برنامه حذف شود
- جاوا از تغییر همزمان جلوگیری می‌کند

مفهوم شکست سریع (Fail Fast)

- اگر یک ظرف به واسطه یکی از متدهایش تغییر کند،
  همه iterator هایی که قبلاً روی این ظرف گرفته شده، غیرمعتبر می‌شوند
- هر عملیاتی که از این پس روی این iterator های غیرمعتبر انجام شود،
  منجر به پرتاب خطای ConcurrentModificationExceptions می‌شود
- به این تکنیک، **شکست سریع** (Fail Fast) گفته می‌شود
  - با تغییر یک ظرف توسط یک iterator ، سایر iterator ها غیرقابل‌استفاده می‌شوند
- این تکنیک، روش جاوا برای جلوگیری از تغییر همزمان است
- مثال:

```
Collection<String> c = new ArrayList<String>();
Iterator<String> itr = c.iterator();
c.add("An object");
String s = itr.next();
```

itr نامعتبر می‌شود

پرتاب ConcurrentModificationExceptions

aliakbary@asta.ir

مثال دیگری برای ConcurrentModificationException

```
List<Integer> list = new ArrayList<Integer>();

list.add(1);
list.add(2);
list.add(3);

for (Integer integer : list)
    if(integer.equals(1))
        list.remove(integer);
```

بلافاصله بعد از اجرای متد remove روی این خط خطا دریافت می‌کنیم

iterator ای که با کمک آن حلقه for در حال اجراست نامعتبر می‌شود

کوییز

کوییز

- متدی بنویسید که لیستی از رشته‌ها به عنوان پارامتر بگیرد
- و همه رشته‌هایی که با Ali شروع می‌شوند را از لیست حذف کند

```
void removeAlis(List<String> names){...}
```

یک راه‌حل اشتباه

```
void removeAli(List<String> list){
   for (String string : list)
     if(string.startsWith("Ali"))
       list.remove(string);
}
```

- این راه‌حل منجر به ConcurrentModificationException می‌شود

یک راه‌حل صحیح

```
public static void removeAli(List<String> list){
    Iterator<String> iterator = list.iterator();
    while(iterator.hasNext()) {
        String string = iterator.next();
        if(string.startsWith("Ali"))
            iterator.remove();
    }
}
```

یک راه‌حل صحیح دیگر

```
public static void removeAli(List<String> list){
   for (int i = list.size()-1; i >= 0; i--)
      if(list.get(i).startsWith("Ali"))
         list.remove(i);
}
```

مقایسه ترتیب اشیاء

مقایسه دو شیء

- گاهی لازم است دو شیء با هم مقایسه شوند و ترتیب آن‌ها مشخص شود (کدام‌یک کوچک‌تر است؟)
  - متد equals ، فقط تساوی اشیاء را بررسی میکند
  - برای بسیاری از انواع داده (کلاس) معنای مشخصی برای «ترتیب» اشیاء وجود دارد
    - و این معنا باید برای انواع داده تعریف شود. مثال:

$5 < 6$	"Apple"<"Orange"
اول تیر ۱۳۹۴ > پنج خرداد ۱۳۹۴	دانشجو علوی > دانشجو تقوی (براساس معدل)

  - ولی برای داده‌های غیرعددی، عملگرهای مقایسه‌ای (< و > و =< و =>) کار نمی‌کنند
- کاربرد مقایسه اشیاء: مرتب‌سازی و جستجوی سریع‌تر (مثلاً در ظرفی از اشیاء)

واسط Comparable

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

- اگر کلاسی واسط Comparable را پیاده کند، یعنی برای اشیاء این شیء ترتیب معنا دارد
- متد compareTo : شیء جاری را با پارامتر متد مقایسه می‌کند و یک عدد برمی‌گرداند
- منفی، صفر و مثبت بودن این عدد به ترتیب یعنی این شیء کوچک‌تر، مساوی یا بزرگ‌تر از پارامتر متد است
- مثال

```
class java.util.Date implements Comparable<Date>{
  public int compareTo(Date anotherDate) {
    long thisTime = getMillisOf(this);
    long anotherTime = getMillisOf(anotherDate);
    return (thisTime<anotherTime ? -1 :
           (thisTime==anotherTime ? 0 : 1));
  }
}
```

```
//Deprecated Constructors:
Date d1 = new Date(2015, 10, 21);
Date d2 = new Date(2013, 7, 26);
Date d3 = new Date(2013, 7, 26);
System.out.println(d1.compareTo(d2));
System.out.println(d2.compareTo(d1));
System.out.println(d2.compareTo(d3));
```

```
1
-1
0
```

برای هر کلاس جدید که ترتیب اشیاء در آن معنی دارد، می‌توانید کلاس را فرزند Comparable کنید و متد compareTo مناسب برای آن پیاده‌سازی کنید

واسط Comparator

- گاهی می‌خواهیم اشیاء را با ترتیبی غیر از آن‌چه خودشان تعریف کرده‌اند مقایسه کنیم
- مثلاً کلاس دانشجو واسط Comparable را پیاده‌سازی کرده
  و متد compareTo را بر اساس معدل دانشجو تعریف کرده
  ولی ما می‌خواهیم فهرست دانشجویان را براساس «سن» مرتب کنیم (ترتیب بر اساس سن)
- گاهی نیز می‌خواهیم اشیائی را مقایسه کنیم که کلاسشان Comparable نیست
- در این موارد واسط **Comparator**.java.util را برای مقایسه این اشیاء پیاده‌سازی می‌کنیم

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

مثال برای Comparator

```
class Student {
  int age;
  double grade;
  public int compareTo(Student s) {
    return (this.grade<s.grade ? -1 :
           (this.grade==s.grade ? 0 : +1));
  }
  public Student(int age, double grade) {
    this.age = age;
    this.grade = grade;
  }
}
```

```
class StudentComparator implements Comparator<Student>{
  public int compare(Student s1, Student s2) {
     return s1.age<s2.age? -1:(s1.age==s2.age?0 : +1);
  }
}
```

```
StudentComparator comparator = new StudentComparator();
Student s1 = new Student(21, 17.5);
Student s2 = new Student(20, 18.5);
System.out.println(s1.compareTo(s2));
System.out.println(comparator.compare(s1,s2));
```

```
-1
1
```

کلاس‌های کمکی Arrays و Collections

کلاس‌های Arrays و Collections

- جاوا دو کلاس، با متدهای کمکی مفید برای کار با آرایه‌ها و Collectionها ارائه کرده است
  - کلاس java.util.Arrays برای کار با آرایه‌ها
  - کلاس java.util.Collections برای کار با Collection ها
- این کلاس‌ها دارای متدهای استاتیک متنوعی هستند، برای:
  - کپی اشیاء درون آرایه یا ظرف
  - پر کردن همه اعضا با یک مقدار مشخص (fill)
  - جستجو (search)
  - مرتب‌سازی (sort)
  - و ...

مثال برای کاربرد Arrays

```
Random random = new Random();
Long[] array = new Long[100];
Arrays.fill(array, 5L);
Long[] copy = Arrays.copyOf(array, 200);
for (int i = 100; i < copy.length; i++)
  copy[i] = random.nextLong()%10;
//An unmodifiable list:
List<Integer> asList = Arrays.asList(1, 2 , 3, 4);
List<Long> asList2 = Arrays.asList(array);
Arrays.sort(array);
int index = Arrays.binarySearch(array, 7L);
int[] a1 = {1,2,3,4};
int[] a2 = {1,2,3,4};
System.out.println(a1==a2);
System.out.println(a1.equals(a2));
System.out.println(Arrays.equals(a1, a2));
System.out.println(a1);
System.out.println(a1.toString());
System.out.println(Arrays.toString(a1));
```

```
false
false
true
[I@7852e922
[I@7852e922
[1, 2, 3, 4]
```

```
List<String> list = new ArrayList<String>();
Collections.addAll(list, "A", "Book", "Car", "A");
int freq = Collections.frequency(list, "A");
Collections.sort(list);
Comparator<String> comp = new Comparator<String>(){
    public int compare(String o1, String o2) {
        return o1.length() < o2.length() ? -1 :
               (o1.length() == o2.length() ? 0 : +1);
    }
};
Collections.sort(list, comp);
Collections.reverse(list);

String min =  Collections.min(list);
String max =  Collections.max(list);
String max2 = Collections.min(list, comp);

Collections.shuffle(list);

Collections.fill(list, "B");
```

2

A, A, Book, Car

A, A, Car, Book

A

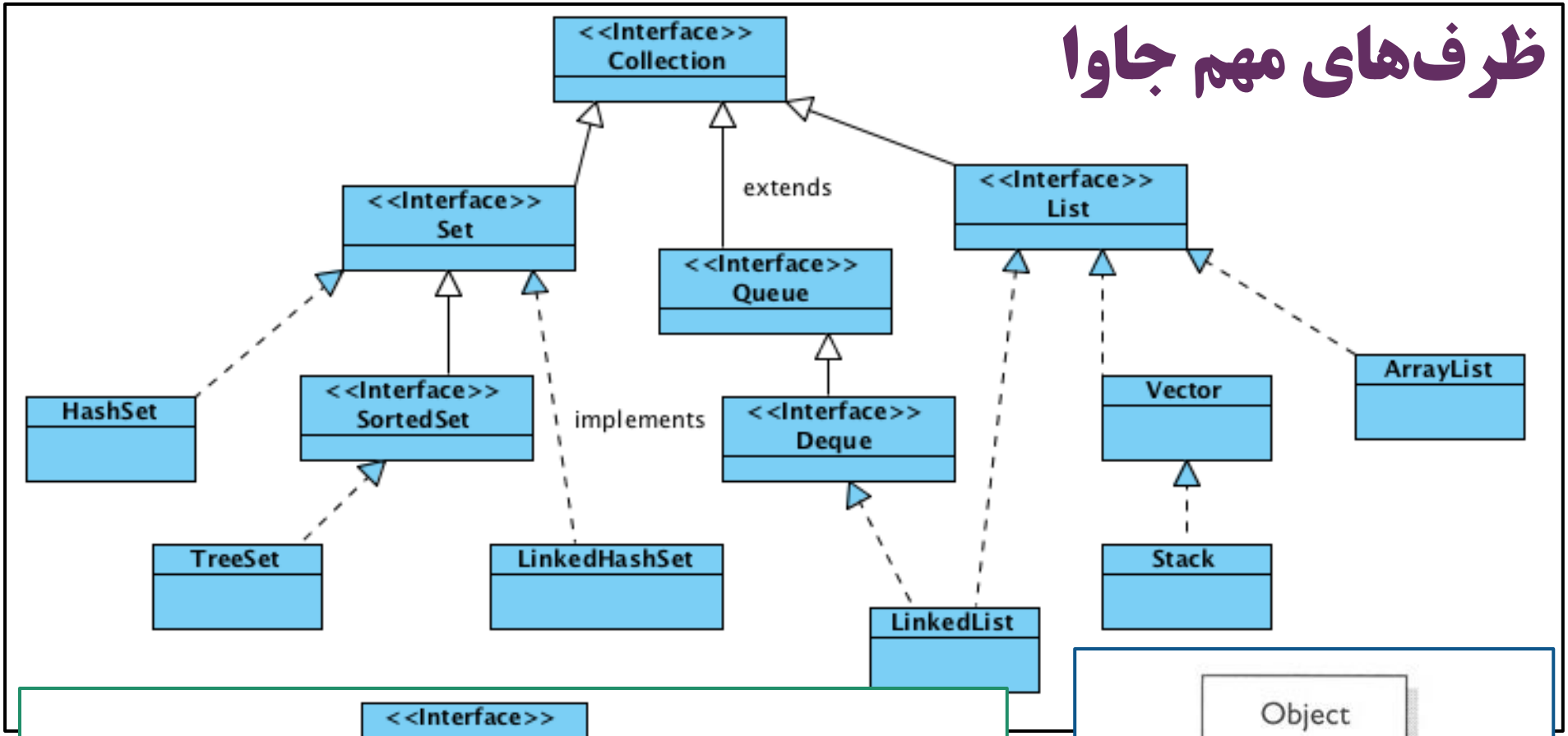
Car

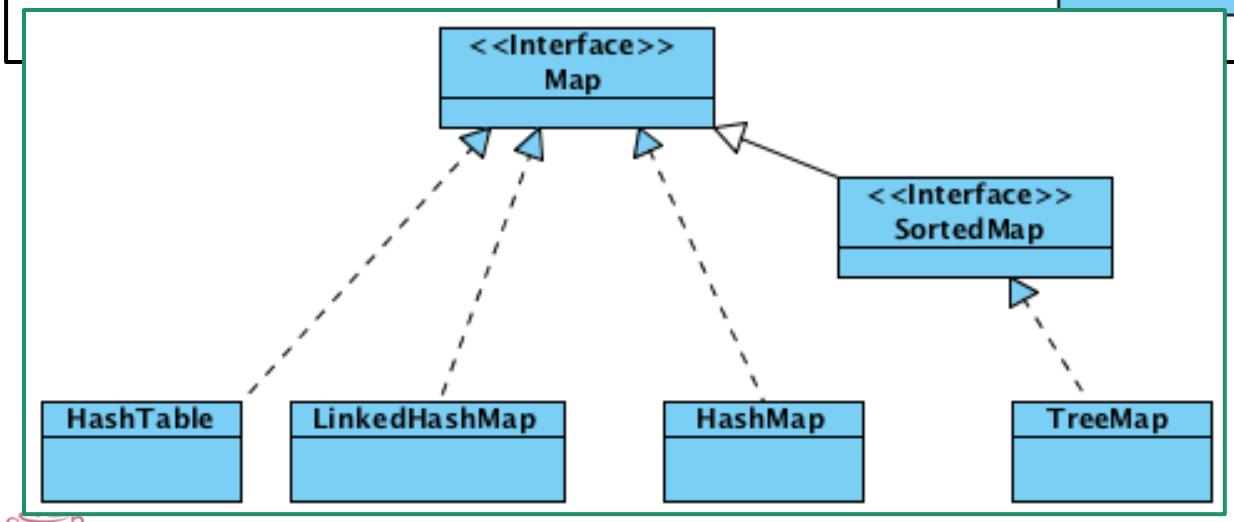
Book

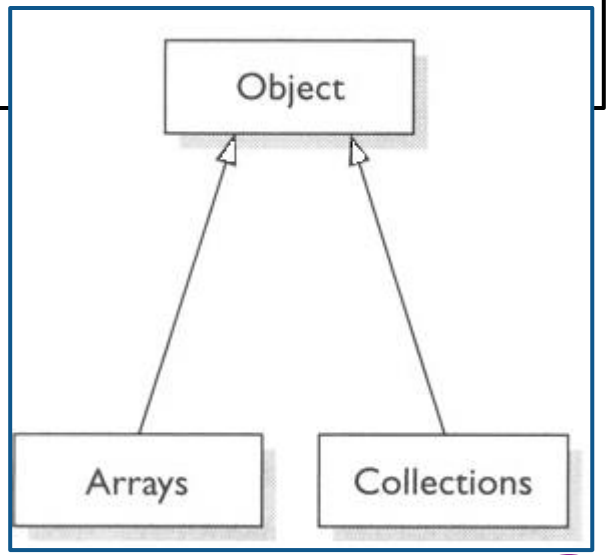
مثال برای کاربرد Collections

سایر ظرف‌ها

ظرف‌های مهم جاوا







مرور برخی واسط‌ها و کلاس‌های مهم دیگر

نام	نوع	پدر	توضیح
SortedSet	واسط	Set	یک مجموعه مرتب
TreeSet	کلاس	SortedSet	یک مجموعه مرتب که براساس یک درخت پیاده شده
SortedMap	واسط	Map	یک نگاشت (جدول) که بر اساس کلیدهایش مرتب است
TreeMap	کلاس	SortedMap	نگاشت مرتبی (براساس کلید) که با درخت پیاده شده
Queue	واسط	Collection	یک صف از اشیاء (FIFO)
PriorityQueue	کلاس	Queue	یک صف اولویت‌دار (بر اساس مقایسه و ترتیب اشیاء)
Stack	کلاس	Vector	یک پشته از اشیاء (LIFO)

مرور برخی مفاهیم مهم دیگر

- برخی از ظرف‌ها synchronized هستند
  - Synchronized Collections
    - ظرف‌هایی که استفاده از آن‌ها در چند thread همزمان، امن است
    - کلاس‌های thread-safe (مراجعه به مبحث thread)
    - مثل Vector و ConcurrentHashMap
    - اگر نیازی به استفاده همزمان از اشیاء کلاس نیست، از اینها استفاده نکنید
- برخی ظرف‌ها غیرقابل تغییر هستند
  - Unmodifiable Collections
    - ظرفهایی که فقط می‌توانیم آنها را پیمایش کنیم (کم‌وزیاد کردن اعضای آن‌ها ممکن نیست)
    - مثال:

```
List<String> unmod1 = Arrays.asList("A", "B");
List<String> mod1 = new ArrayList<>(unmod1);
Collection<String> unmod2 = Collections.unmodifiableCollection(mod1);
```

کوییز

```java
class Car implements Comparable<Car> {
    String name;
    Integer price, speed;
    public Car(String name, Integer price, Integer speed) {
        this.name = name;
        this.price = price;
        this.speed = speed;
    }
    public int compareTo(Car o) {
        return this.price.compareTo(o.price);
    }
}
```

```java
Comparator<Car> comp = new Comparator<Car>() {
    public int compare(Car o1, Car o2) {
        return o1.speed.compareTo(o2.speed);
    }
};
Set<Car> cars1 = new TreeSet<>(comp);
Collections.addAll(cars1, new Car("Pride", 20, 200),
                          new Car("Samand", 25, 180));
Set<Car> cars2 = new TreeSet<>(cars1);
for (Car car : cars1)
   System.out.println(car.name);
for (Car car : cars2)
   System.out.println(car.name);
```

خروجی برنامه زیر چیست؟

Samand
Pride

Pride
Samand

جمع‌بندی

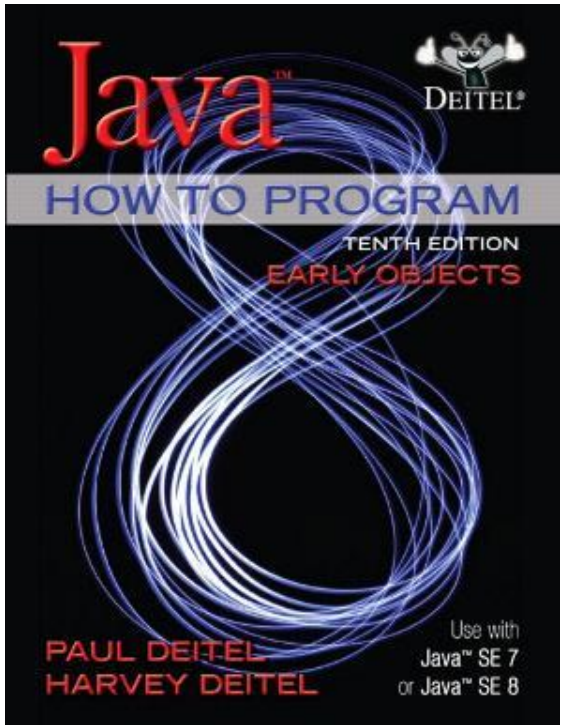
جمع‌بندی

- واسط‌ها و کلاس‌های مهم در زمینه ظرف‌ها و ساختمان داده‌ها در جاوا
  - Collection, Set, List, Map
  - ArrayList, LinkedList, HashSet, HashMap
- اشیاء مبتنی بر Hash و کاربرد متد hashCode
- مفهوم Iterator
- ترتیب و مقایسه اشیاء: Comparator و Comparable
- کلاس‌های کمکی Arrays و Collections
- کلاس‌ها و واسط‌های مهم در حوزه ظرف‌ها

مطالعه کنید

- فصل ۱۶ کتاب دایتل

Java How to Program (Deitel & Deitel)



- تمرین‌های همین فصل از کتاب دایتل

تمرین

- تعدادی عدد از کاربر بگیرید و سپس:
  - اعداد را به ترتیب صعودی مرتب کنید و سپس چاپ کنید
  - اعداد را به ترتیب نزولی مرتب کنید و سپس چاپ کنید
- یک کلاس خودرو تعریف کنید و اطلاعات چندین خودرو را در یک Set قرار دهید
  - مفهوم تساوی دو خودرو را با «تساوی نام آنها» پیاده کنید
  - مطمئن شوید که اگر دو خودروی همنام به مجموعه اضافه شود، خودروی اول حذف می‌شود
- جدولی (map) با کلید شماره دانشجویی و مقدار شیء دانشجو ایجاد کنید
  - اطلاعات این جدول را از کاربر بگیرید
  - متدی بنویسید که این جدول را بگیرد و جدولی با کلید «نمره» و مقدار «تعداد» برگرداند

جستجو کنید و بخوانید

- موضوعات پیشنهادی برای جستجو:
  - امکانات جاوا۸ و **جویبارها** (**Stream**)
  - ارتباط برنامه‌نویسی multi-thread با مبحث ظرف‌ها
  - چه کلاس‌هایی در نسخه‌های قدیمی جاوا وجود داشته‌اند که منسوخ شده‌اند؟ (به خصوص قبل از نسخه ۱.۲)
  - چه امکانات دیگری در کلاس‌های کمکی Arrays و Collections هست؟
  - چه امکانات مفیدی در این کلاس‌ها پیاده‌سازی نشده است؟
    - مثلاً Apache Commons چه امکاناتی فراهم کرده است؟

پایان