תוכנה 1 בשפת Java
שיעור מספר 9: "ירושה נכונה" (הורשה II)

ליאור וולף

בית הספר למדעי המחשב
אוניברסיטת תל אביב

ראשית חזרה על מתודות סטאטיות

- רב המתודות שנכתוב לא סטטיות..

```
public class MrHappyObject {
    private String _mood = _HAPPY;
    private final static String _HAPPY   = "happy";
    private final static String _ANNOYED = "annoyed";
    private final static String _ANGRY   = "angry";
    public void printMood() {
        System.out.println( "I am " + _mood );
    }
    public void receivePinch() {
        if( _mood.equals( _HAPPY ) ) {
            _mood = _ANNOYED;
        } else {
            _mood = _ANGRY;
        }
    }
    public void receiveHug() {
        if( _mood.equals( _ANGRY ) ) {
            _mood = _ANNOYED;
    } else {
            _mood = _HAPPY;
        }
    }
}
```

Credit: Tony Sintes, JavaWorld.com, 11/21/01

```
MrHappyObject obj1 = new MrHappyObject();
MrHappyObject obj2 = new MrHappyObject();
obj1.printMood();
obj2.printMood();
```

```
obj1.receiveHug();
obj2.receivePinch();
obj1.printMood();
obj2.printMood();
```

```
private static int _instantiations;
public MrHappyObject() {
    _instantiations++;
}
public static int instances() {
    return _instantiations;
}
```

Why Static?

היום בשיעור

- תבניות עיצוב (Template Method, Builder)
- מידע על טיפוסים בזמן ריצה
- תבניות וירושה
- קבלנות משנה (ירושה והחוזה)
- שימוש לרעה בירושה

אלגוריתם כללי
Template Method Design Pattern

- מחלקות מופשטות מגדירות שני סוגים של מתודות
  - מתודות ממשיות (effective, concrete)
  - מתודות מופשטות (abstract, deferred)

- ניתן להבחין בין רמות ההפשטה של שני הסוגים
  - המתודות **הממשיות** מגדירות **רעיון כללי**, **תבניתי**
  - המתודות **המופשטות** מגדירות **אבני בניין** (hooks) שבעזרתן ניתן יהיה לממש את האלגוריתמים הכלליים במחלקות היורשות
  - שימו לב – הטרמינולוגיה הפוכה!

- דוגמא: מימוש המתודה changeTop במחסנית לא מחייב הכרות עם המחסנית עצמה

מחסנית מופשטת

```
abstract class AbstStack <T> implements IStack<T> {

    public void change_top(T t) {
            pop ();
            push(t);
    }

    abstract public void push(T t);
    abstract public void pop();
}
```

- השרות change_top אינו תלוי במימוש של push או pop אלא רק בחוזה שלהם
- change_top מכונה אלגוריתם כללי
- pop ו- push הם hooks או callbacks

ירושה ממחסנית מופשטת

- מחלקות היורשות מ AbstStack צריכות רק לממש את ה hooks (שהוגדרו abstract), ומקבלות "בחינם" את האלגוריתמים הכלליים

```
class StackImpl<T> extends AbstStack <T> {
    public void push(T t) {…}
    public void pop() {…}
}
```

- דוגמאות נוספות:
  - שימוש באיטרטורים למציאת מאפיינים של מבנה נתונים
  - השרותים distance ו- toString של AbstPoint
  - זה מאפשר בין היתר לתוכנת מערכת לקרוא לקוד של המשתמש (מחלקה שהמשתמש כתב, שיורשת ממחלקה של המערכת).
  - עוד דוגמאות בשיעורי הבית
- **זוהי תבנית עיצוב** – השימוש בה מדגיש שימוש מסוים של ירושה:
  - היורש אינו **מוסיף** פעולות לטיפוס הנתונים (כמו למשל מלבן צבעוני שהוסיף את תכונת הצבעוניות למלבן), אלא **מממש** (concretization) אותו בדרך מסוימת
  - למרות שהמימוש אינו ידוע במחלקת הבסיס ניתן לממש בה את האלגוריתם הכללי

ירושה מרובה

- מנגנון הירושה נועד לתאר בצורה נכונה יחסים בין מחלקות המבטאות ישויות (טיפוסים) בעולם האמיתי
- לפעמים יש הצדקה לירושה מרובה. לדוגמא:
  - **עוזר הוראה** הוא גם **סטודנט** (תלמיד מחקר) וגם **איש סגל** (חבר בארגון הסגל הזוטר)
  - היחס is-a מתקיים עבור 2 ה'כובעים' של עוזר ההוראה ולכן הוא אמור לרשת ממחלקות שמייצגות את שני התפקידים
  - זו אינה בעיה תיאורטית - למתרגל שני כרטיסי קורא בספריה (סטודנט וסגל) ובכל אחד מהם מוענקות לו זכויות השאלה שונות

ירושה מרובה – עוד דוגמא

- מספר ממשי (REAL) הוא גם מספרי (NUMERIC) וגם בן השוואה (COMPARABLE)

```
class NUMERIC {
    ...
    NUMERIC add (NUMERIC other);
    NUMERIC subtract (NUMERIC other);
}

class COMPARABLE {
    ...
    boolean lessThan (COMPARABLE other);
    boolean lessThanEqual (COMPARABLE other);
}
```

- ולכן הגיוני אולי שיירש משתיהן:

```
class REAL extends NUMERIC ,  COMPARABLE {
    ...
}
```

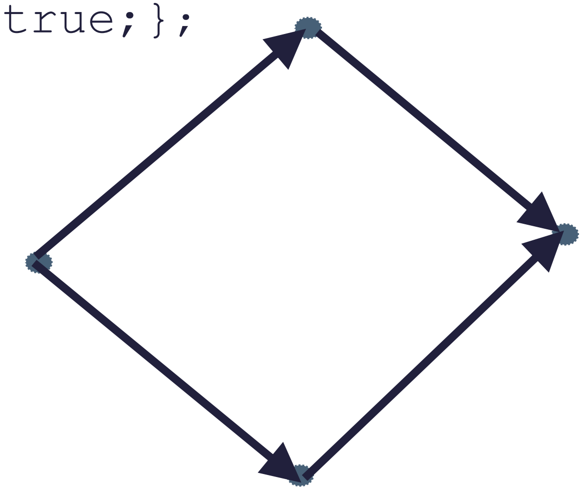
שגיאת קומפילציה
ב Java אין דבר כזה!

- ממי יורשת המחלקה Float?

מה הבעיה בירושה מרובה?

```
class GoodDriver implements driver {
  boolean signalBeforeTurns()
{return true;};
}
```

```
interface driver {
…
}
```



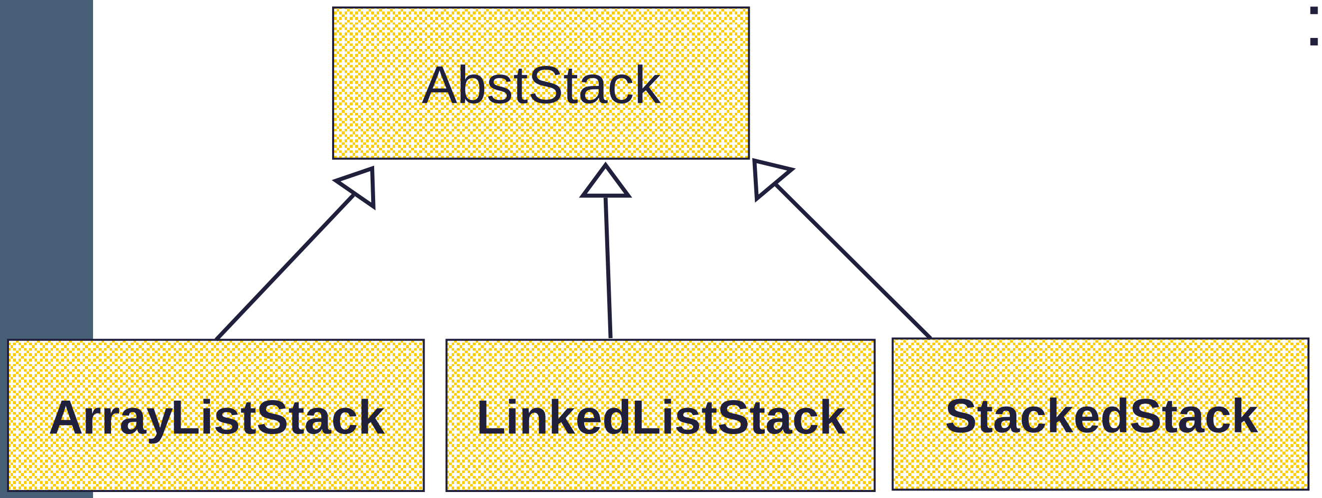
```
Class OpportunisticDriver
extends GoodDriver, BadDriver
```
(not possible)

```
class BadDriver implements driver {
boolean signalBeforeTurns()
{return false;};
}
```

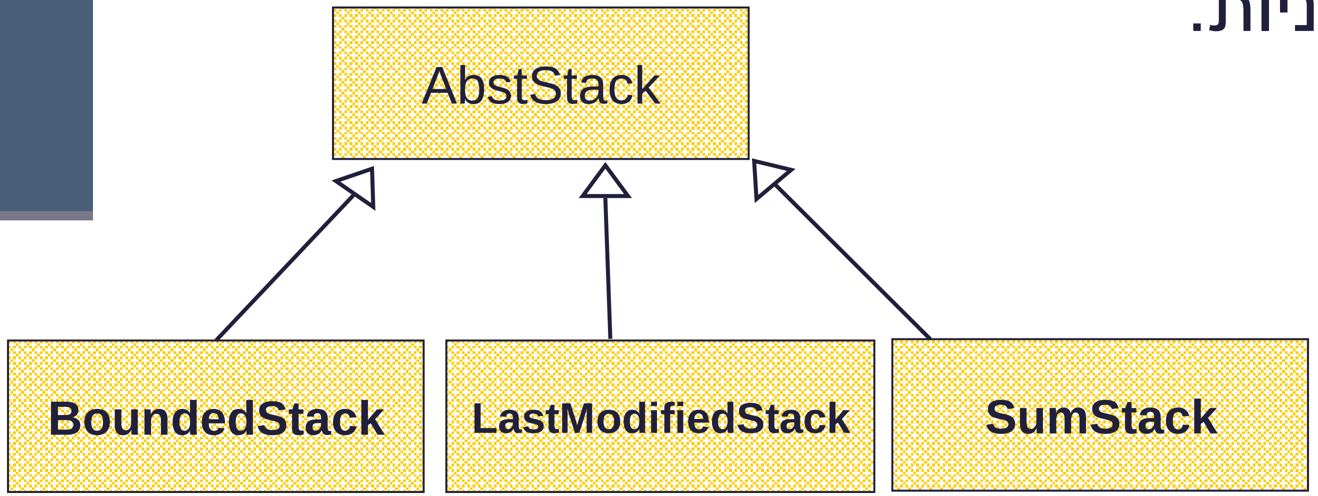
אין ב Java ירושה מרובה

- אין ב Java ירושה מרובה (ואולי טוב שכך?)
  - אמא יש רק אחת
  - יש לעשות פשרות כואבות
- קיימות כמה תבניות עיצוב אשר מתמודדות עם הבעיה הזו בהקשרים שונים
- נתבונן באחת התבניות שממנה נוכל להשליך על אחת הדרכים לפתרון בעיית הירושה המרובה
- **Bridge Design Pattern** – פיתוח מערכת מחלקות היררכית, כאשר לאחת המחלקות צאצאים מסוגים שונים

- סוגי מחסניות:

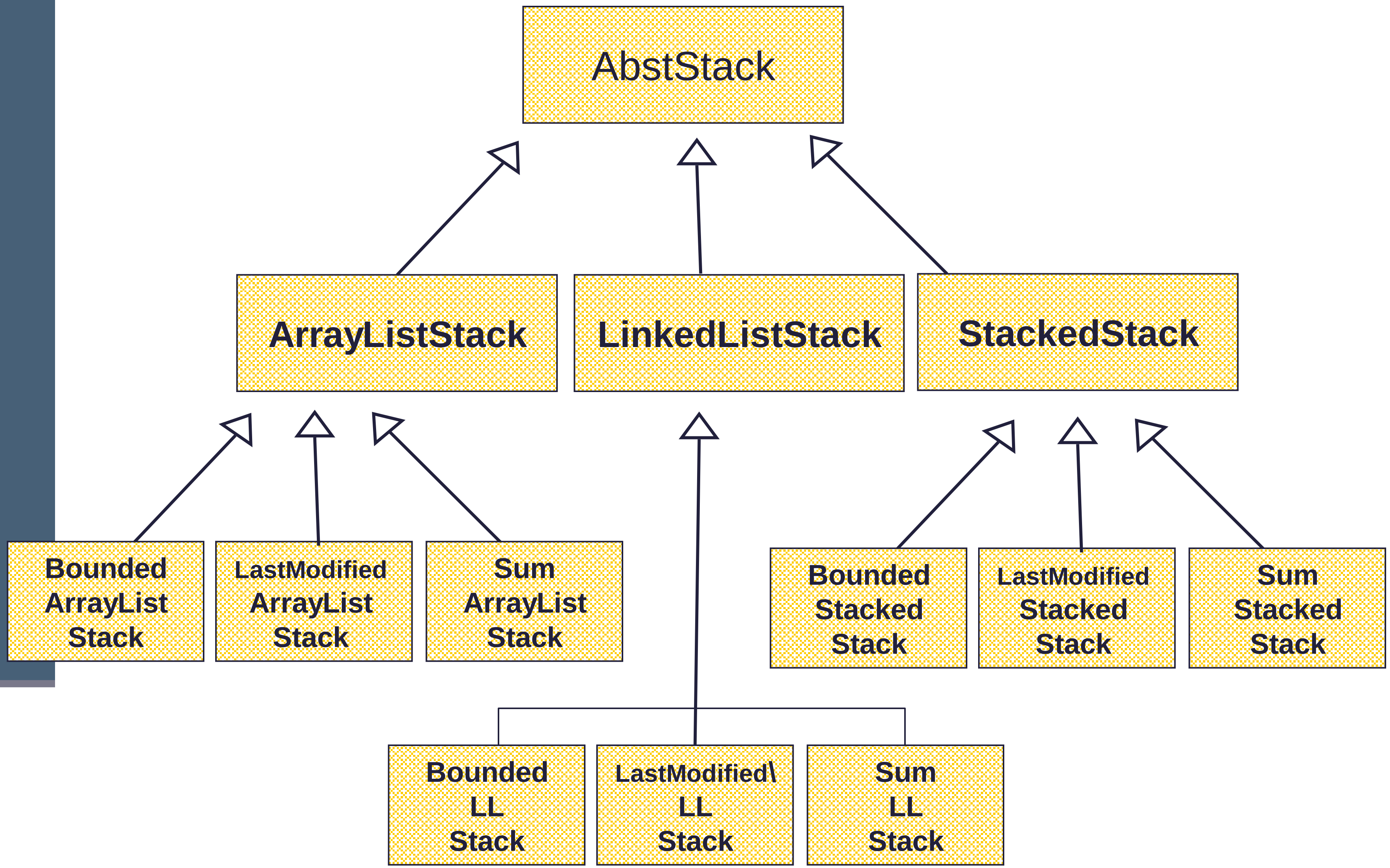


- עוד סוגי מחסניות:



ילדים זה שמחה

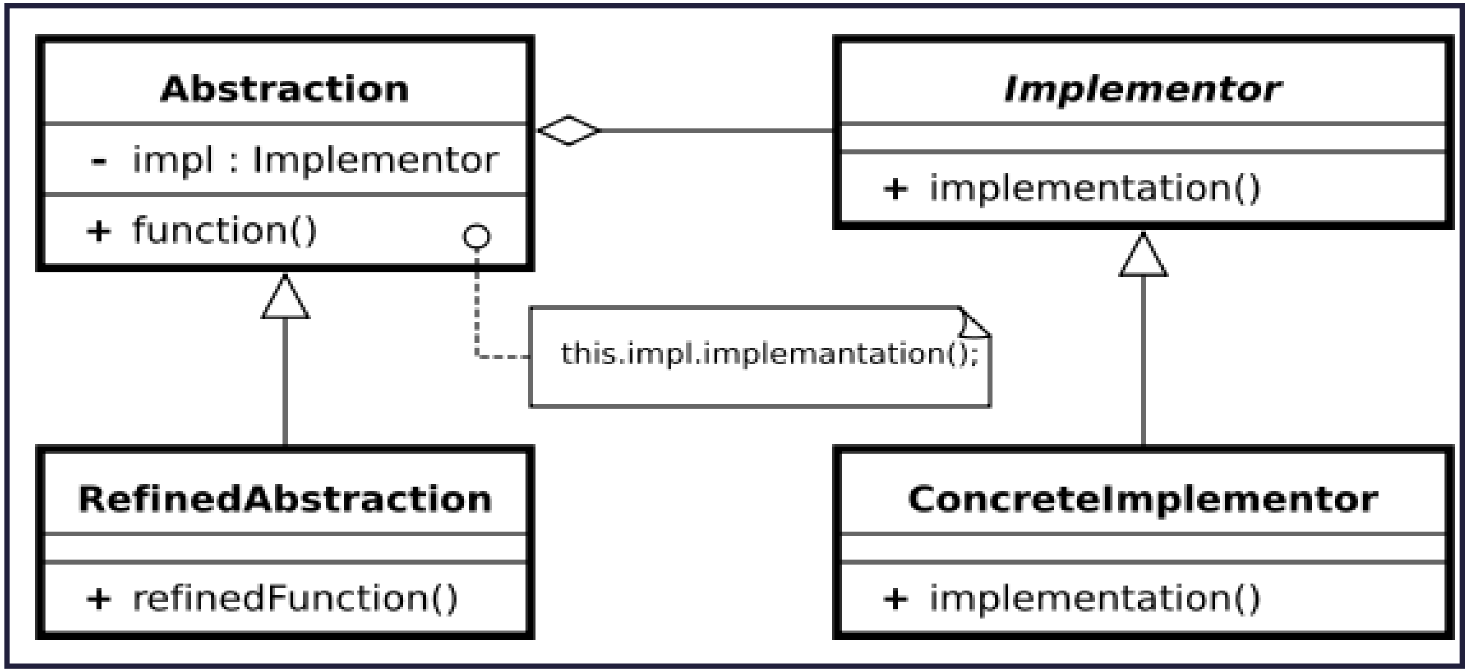
- סוג הירושה של 3 המחלקות העליונות שונה מסוג הירושה של 3 המחלקות התחתונות
- מה יקרה אם נרצה למשל: SumArrayListStack ?
- בשפות מסוימות (כגון ++C או Eiffel) ניתן ליצור מחלקה חדשה היורשת משתיהן
  - הדבר פותח פתח למכפלה קרטזית (9 מחלקות!) שתבטא את כל הצירופים האפשריים
  - דבר זה ייצור אינפלציה של מחלקות
- איך נממש זאת ע"י ירושה (לדוגמא את SumArrayListStack) ב Java ?


AbstStack
ArrayListStack
LinkedListStack
StackedStack
Bounded ArrayList Stack
LastModified ArrayList Stack
Sum ArrayList Stack
Bounded Stacked Stack
LastModified Stacked Stack
Sum Stacked Stack
Bounded LL Stack
LastModified\ LL Stack
Sum LL Stack

לא כל כך שמחה

- חסרונות:
  - שכפול קוד נורא
  - מה יקרה אם נרצה להוסיף טיפוס חדש כגון TwoWayStack?
    - צריך יהיה להוסיף אותו לכל תתי העצים
- גם הוספת ירושה מרובה לשפה לא הייתה פותרת את ההיררכיה הבעייתית
- הפתרון המוצע ע"י תבנית ה Bridge היא **המרת ירושת המימוש בהכלה** (עם האצלה)
  - פתרון זה מופיע בתבניות עיצוב רבות אחרות
- עצי הירושה בשני המישורים (המופשט והמימושי) לא מתמזגים (אורתוגונליים)

תרשים מחלקות



```java
public interface IStack<T> {
   public void push (T e);
   public void pop ();
   public T top ();
}
```

```java
public class SimpleStack<T> implements IStack<T> {

   private IStackImpl<T> impl;
   // MyArrayList or MyLinkedList

   public SimpleStack(IStackImpl<T> impl) {
      this.impl = impl;
   }

   public void pop()          {  impl.remove();     }
   public void push(T e)      {  impl.insert(e);    }
   public T top()             {  return impl.get(0);}
}
```

```java
public class LastModifiedStack<T> extends SimpleStack<T> {

    private Date lastModified;

    public LastModifiedStack(IStackImpl<T> impl) {
        super(impl);
        lastModified = new Date();
    }

    /** Push element and update date */
    public void push(T e) {
        lastModified = new Date();
        super.push(e);
    }

    /** Remove top element and update date */
    public void pop() {
        lastModified = new Date();
        super.pop();
    }

    public Date getLastModified() {
        return lastModified;
    }
}
```

```java
public interface IStackImpl<T> {
	public void insert(T e);
	public void remove();
	public T get(int index);
}
```

- נשים לב להבדל שבין המנשק **IStack** ובין המנשק **IStackImpl**
  - המנשק **IStack** מייצג את המחסנית
  - המנשק **IStackImpl** מייצג את **מימוש** המחסנית

- המחלקה **SimpleStack** המממשת את **Istack** **מכילה** מופע של מחלקה המממשת את **IStackImpl**
  - ירושה (מימוש) לצורכי מימוש (ייצוג) תתבצע מ **IStackImpl**
  - ירושה (מימוש) הנוגעת להפשטה תתבצע מ **Istack**

- דוגמא למימוש מחסנית בעזרת **ArrayList**:

```
public class ArrayListStackImpl<E> implements IStackImpl<E> {

    ArrayList<E> rep = new ArrayList<E>();

    public E get(int index) {   return rep.get(index);        }
    public void insert(E e) {   rep.add(e);                   }
    public void remove()    {   rep.remove(rep.size()-1);     }
}
```

- איך יראה לקוח טיפוסי שמעוניין ליצור מופע של מחסנית?

```
IStack      teger> stack =
   ne      leStack<Integer> (new ArrayListStackImpl<Integer>());
```

Bug before we assume 0 is the latest

- מה החסרונות של מבנה זה?
- איך ניתן לפתור אותם?

טיפוסי זמן ריצה

- בשל הפולימורפיזם ב Java אנו לא יודעים מה הטיפוס המדויק של עצמים
  - הטיפוס הדינאמי עשוי להיות שונה מהטיפוס הסטטי
- בהינתן הטיפוס הדינאמי עשויות להיות פעולות נוספות שניתן לבצע על העצם המוצבע (פעולות שלא הוגדרו בטיפוס הסטטי)
- כדי להפעיל פעולות אלו עלינו לבצע המרת טיפוסים (Casting) על ההפניה

המרת טיפוסים Cast

- המרת טיפוסים בג'אוה נעשית בעזרת אופרטור אונרי שנקרא Cast ונוצר על ידי כתיבת סוגריים מסביב לשם הטיפוס אליו רוצים להמיר.

(Type) <Expression>

- (הדיון כאן אינו מתייחס לטיפוסים פרימיטיביים).
- הוא מייצר ייחוס מטיפוס Type עבור העצם שהביטוי <Expression> מחשב, אם העצם מתאים לטיפוס.
- הפעולה מצליחה אם הייחוס שנוצר מתייחס לעצם מתאים לטיפוס Type
- המרה למטה (downcast): המרה של ייחוס לטיפוס פחות כללי, כלומר הטיפוס Type הוא צאצא של הטיפוס הסטטי של העצם.
- המרה למעלה (upcast): המרה של ייחוס לטיפוס יותר כללי (מחלקה או מנשק)
- כל המרה אחרת גוררת שגיאת קומפילציה.

- המרה למעלה תמיד מצליחה, ובדרך כלל לא מצריכה אופרטור מפורש; היא פשוט גורמת לקומפיילר לאבד מידע
- המרה למטה עלולה להיכשל: אם בזמן ריצה טיפוס העצם המוצבע לא תואם לטיפוס Type התוכנית תעוף (ייזרק חריג ClassCastException)

טיפוסי זמן ריצה

- תעופת תוכנית היא דבר לא רצוי – לפני כל המרה נרצה לבצע בדיקה, שהטיפוס אכן מתאים להמרה
- יש לשים לב כי ההמרה ב Java **אינה** מסירה או מוסיפה שדות לעצם המוצבע (בשונה מ slicing בשפת C++ למשל)
  - בזמן קומפילציה נבדק כי ההסבה **אפשרית** (compatible types)
  - ואולי מתבצע שינוי בטבלאות השרותים שמחזיק העצם (נושא זה ילמד בשיעור 11)
  - כאמור בזמן ריצה המרה לא חוקית תיכשל ותזרוק חריג
- בדוגמא הבאה השאילתא `maxSide()` מוגדרת רק למצולעים (ומחזירה את אורך הצלע הגדולה ביותר). אין כמובן שאילתא כזאת במחלקה Shape (גם לא מופשטת).
- כשהלקוח רוצה לחשב את אורך הצלע הגדולה ביותר מבין כל הצורות במערך, על הלקוח לברר את טיפוס העצם שהועבר לו בפועל ולבצע המרה בהתאם

טיפוסי זמן ריצה

- דרך אחת לבצע זאת היא ע"י המתודה **getClass** המוגדרת ב- Object והשדה הסטטי **class** הקיים בכל מחלקה:

```
Shape [] shapeArr = ....
double maxSide = 0.0;
double tmpSide;
for (Shape shape : shapeArr) {
    if (shape.getClass() == Polygon.class){
      tmpSide =((Polygon)shape).maxSide();
      if (tmpSide > maxSide)
         maxSide = tmpSide;
    }
}
```

מה לגבי צורות מטיפוס Rectangle או Triangle ?

עצמים אלה אינן מהמחלקה Polygon ולכן לא ישתתפו

instanceof

- האופרטור **instanceof** בודק האם הפנייה **is-a** מחלקה כלשהי - כלומר האם היא מטיפוס אותה המחלקה **או יורשיה או ממשיה**

```
Shape [] shapeArr = ....
double maxSide = 0.0;
double tmpSide;
for (Shape shape : shapeArr) {
   if (shape instanceof Polygon){
      tmpSide =((Polygon)shape).maxSide();
      if (tmpSide > maxSide)
          maxSide = tmpSide;
   }
}
```

instanceof

- שימוש ב-Casting בתוכניות מונחות עצמים מעיד בדר"כ על בעיה בתכנון המערכת ("באג ב-design") שנובעת לרוב משימוש לא נכון בפולימורפיזם

- לעיתים אין מנוס משימוש ב-Casting כאשר משתמשים בספריות תוכנה כלליות אשר אין לנו שליטה על כותביהן , או כאשר מידע הלך לאיבוד כאשר נכתב כפלט ואחר כך נקרא כקלט בריצה עתידית של התכנית.

- הדוגמא שניתנה היא נדירה ואולי לא מציאותית.

תבניות וירושה

מה עושים ללא מחלקות גנריות

- אחת הדוגמאות השכיחות לשימוש בהמרת טיפוסים ב Java היא השימוש במבני נתונים לפני Java 1.5
- מכיוון שעד לגרסה 1.5 לא ניתן היה להשתמש בטיפוסים מוכללים (generics), נאלצו כותבי הספריות להניח שהאברים הם מהמחלקה הכללית ביותר, כלומר Object
- נניח כי רוצים לכתוב מנשק ו/או מחלקה עבור מחסנית, שתאפשר ליצור מחסנית של שלמים, מחסנית של מחרוזות, וכו' **ללא שימוש ב Generics**
- בדוגמא – מנשק למחסנית, ומחלקה מממשת (ללא החוזה)

מנשק מחסנית

```
interface Stack {
    public Object top ();
    public void push(Object t);
    public void pop();
    public boolean empty();
    public boolean full();
}
```

מימוש מחסנית פשוט

```
public class FixedCapacityStack implements Stack{

    private Object [] content;
    private int capacity;
    private int topIndex;

    public FixedCapacityStack(int capacity){
            content = new Object[capacity];
            this.capacity = capacity;
            topIndex = -1;
    }

    public Object top () {
            return content[topIndex];
     }
```

מימוש מחסנית פשוט

```
public void push(Object t) {
        content[++topIndex] = t;
}

public void pop() {
        topIndex--;
}

public boolean empty() {
        return (topIndex < 0);
}

public boolean full() {
        return (topIndex >= capacity - 1) ;
}
}
```

איך נשתמש במחסנית?

- נניח שרוצים מחסנית של מחרוזות:

```
Stack s = new FixedCapacityStack(5);
s.push("hello");
String t1 = s.top();            // compilation error
String t2 = (String) s.top();   //ok
```

- באחריות **המתכנתת** לוודא שכל האברים המוכנסים למחסנית הם מאותו טיפוס (כאן מחרוזות), אחרת ה Casting ייכשל.

```
Stack s = new FixedCapacityStack(5);
s.push("hello");
s.push(new Integer(4));
s.push(new PolarPoint(3,2));
String t2 = (String) s.top();   //compilation ok. Runtime Error !
```

בטיחות טיפוסים

- מכיוון שבדיקת ההמרה נעשית בזמן ריצה אנחנו מאבדים בטיחות טיפוסים
- זהו דבר שאינו רצוי – אנו מעוניינים להעביר בדיקות רבות ככל הניתן לזמן קומפילציה
  - מדוע?
- פתרון אחר: מנשק/מחלקה נפרדת לכל טיפוס איבר – שכפול קוד!
- הוספת הטיפוסים המוכללים לשפה פותרת גם את בעיית בטיחות הטיפוסים וגם את בעיית שכפול הקוד

מחלקה מוכללת (גנרית)

- מנגנון ההכללה מיועד לאפשר שימוש חוזר בקוד בלי לאבד מידע לגבי הטיפוס הסטאטי של עצם
- בלי הכללה, שימוש חוזר בקוד מתבצע על ידי השמת התייחסות מטיפוס אחד לטיפוס אחר, יותר כללי; מאותו רגע אין דרך לשחזר את הטיפוס הסטאטי המקורי בלי המרה
- תפקיד ההכללה הוא למנוע צורך בהמרות, שנבדקות מאוחר
- הפרטים מסתבכים בגלל האינטראקציה בין מנגנון ההכללה ובין יחס הירושה (יחס ה-is-a)
- קושי נוסף: תאימות בין גרסאות גנריות ולא גנריות

איך זה עובד

- הקומפיילר ממפה את כל המחלקות המוכללות FCStack<Something> למחלקה אחת רגילה (לא מוכללת) שהיא בעצם FCStack<Object>
- בקוד שמשתמש במחלקה מוכללת, **הקומפיילר מוסיף לקוד המרות** על מנת לבצע השמות מ-Object לטיפוס הספיציפי, למשל String
- הקומפיילר מוודא שההמרה תמיד תצליח ולעולם לא תודיע על ClassCastError:

```
String t = (String) s.top();
```

- כלומר, הטיפוס המוכלל (T) **נמחק** מהקוד שהקומפיילר מייצר; הוא שימושי רק לבדיקות תקינות טיפוסים בזמן קומפילציה; התהליך נקרא מחיקה (erasure)

בטיחות טיפוסים

```
Stack <String>  ss = new FCStack <String> (5);
ss.push("The letter A");
ss.push(new Integer(3));
String t = ss.top(); // same as:(String)ss.top();
```

- מכיוון שרק מחרוזות יכולות להיות מוכלות במחסנית אין עוד צורך בהמרה

```
Stack <Rectangle>  sr = new FCStack <Rectangle>(5);
Rectangle rr = new Rectangle(...)
Rectangle rc = new ColoredRectangle(...)
ColoredRectangle cc = new ColoredRectangle(...)

sr.push(rr);
sr.push(rc);
sr.push(cc);
```

הכללה ויחס is-a

```
     Stack <String>  ts = new FCStack <String> (5);
     Stack <Object>  to = new FCStack <Object> (5);
☒?   to = ts;
☑    ts.push("The letter A");
☒    ts.push(new Integer(3));
☑    to.push(new Integer(3));
```

- מסקנה: FCStack<String> **אינו** סוג של FCStack<Object>
- זה לא אינטואיטיבי אבל נכון.

הכללה ויחס is-a (המשך)

- ההשמה `ts = to` לא חוקית (שגיאת קומפילציה).
- לעומת זאת זה בסדר (רק תחבירית!):

```
String [] as = new String[5];
Object [] ao = as;
```

- שימוש שגוי במערך יחולל שגיאת זמן ריצה:

```
ao[0] = new Integer(); // throws ArrayStoreException
```

- השימוש בטיפוסים מוכללים סותם פרצה זו בתחביר המקורי של שפת Java

- לא ניתן ליצור מערך גנרי (בגלל מחיקת הטיפוס T בזמן ריצה):

```
content = new T[capacity] // compile error
```

אבל זה כן (עם **Type Safety Warning**):

```
content = (T[])new Object[capacity];
```

טיפוסים נאים (raw types)

- מנגנון ההכללה נוסף לג'אווה מאוחר, ולכן היה צורך לאפשר שימוש במחלקות פרמטריות גם מקוד ישן שאין בו הכללות

```
class FCStack <T> implements Stack <T> {…}

Stack <String> vs = new FCStack <String>();

Stack raw =  new FCStack();
//same as: Stack<?> raw = new FCStack<Object>();

raw = vs;   // ok
vs = raw;   //"unckecked" compiler warning
```

- בשימוש בטיפוס נא, פרמטר הטיפוס מוחלף ב**"גבול העליון"** (בדרך כלל Object)

הגבול הוא השמיים

- גבול עליון הוא שם של המחלקה או המנשק שממנה יורש הטיפוס הפרמטרי
- כאשר הגבול העליון הוא Object לא ניתן לבצע כל פעולה על עצמים מהטיפוס הגנרי
- על כן, בהגדרת טיפוס גנרי ניתן לספק גבול עליון אחר

- הדבר יאפשר להשתמש בגוף המחלקה הגנרית בשרותים המוגדרים באותו גבול עליון ללא צורך בהמרה

```
public class SortedSetImplementation<T extends Comparable>  {
    …
    T elem1 = …
    T elem2 = …
    … elem1.compareTo( elem2)  ….
    expectComparable(elem1);
}
```

גנרי Comparable

- ראינו דוגמאות של המנשק **Comparable** בגירסה נאה (raw)

- השימוש בה בעייתי
  - יתכנו שני עצמים שכל אחת מהם **Comparable** אבל הם אינם **Comparable** זה לזה
  - לדוגמא: **String** ו- **Integer**

- אנחנו נעדיף את הגירסה הגנרית, שהשימוש בה הוא:

```
public class MyClass implements Comparable<MyClass> {
    public int compareTo(MyClass other) {
            ...
    }
}
```

- בצורה זאת מגדירים מחלקה שעצמיה ברי השוואה לעצמם, ומספקים שרות שמבצע את ההשוואה
- אם רוצים אפשרות השוואה למחלקה כללית יותר, זה נעשה יותר מסובך (לא נעסוק בזה בקורס)

מוזרויות

- בגלל שבג'אווה הכללה ממומשת באמצעות **מנגנון המחיקה**, בזמן ריצה אין זכר לפרמטר הטיפוס
- כלומר, בזמן ריצה אי אפשר להבחין בין עצם מטיפוס **FCStack<String>** ובין עצם מטיפוס **FCStack<Integer>**, ובפרט, בזמן ריצה נראה ששניהם מאותה מחלקה
- זה משפיע על בדיקת שייכות למחלקה (**instanceof**),על המרות של עצמים מוכללים, ועל שדות המסומנים **static**
- וזה מונע אפשרות לקרוא לבנאי על פי פרמטר טיפוס, כלומר:

```
<T> void m(T x) { T y = new T(); ...} // illegal
```

- **ויש עוד הרבה מזה...**

למשל...

- רצינו לשלב את הקוד הבא (שמצאנו בגרסה ישנה של המוצר) במוצר החדש:

```
public static void printList(PrintWriter out, List list) {
    for(int i=0, n=list.size(); i < n; i++) {
        if (i > 0) out.print(", ");
        out.print(list.get(i).toString());
    }
}
```

- כדי להימנע מאזהרות קומפילציה נשנה את **List** לטיפוס מוכלל:

```
public static void printList(PrintWriter out, List<Object> list) {
    for(int i=0, n=list.size(); i < n; i++) {
        if (i > 0) out.print(", ");
        out.print(list.get(i).toString());
    }
}
```

- לא טוב, לא ניתן להעביר לשרות `List<String>`

ג'וקרים

- נשתמש בג'וקר (סימן שאלה - ?)

```
public static void printList(PrintWriter out, List<?> list) {
    for(int i=0, n=list.size(); i < n; i++) {
        if (i > 0) out.print(", ");
        Object o = list.get(i);
        out.print(o.toString());
    }
}
```

- כדי שנוכל **לבצע פעולות** על אברי הרשימה יש לספק **חסם עליון**, כמו בשורות:

```
public static double sumList(List<? extends Number> list) {
    double total = 0.0;
    for(Number n : list)
        total += n.doubleValue();
    return total;
}
```

- יש גם חסמים תחתונים ושרותים מוכללים:

```
public static Myclass addAll(Collection<? super Myclass> c, Myclass a)
```

ובהקשר של מחלקות פנימיות..

```
public class MyType<E> {
    class Inner { }
    static class Nested { }

    public static void main(String[] args) {
        MyType mt;            // warning: MyType is a raw type
        MyType.Inner inn;     // warning: MyType.Inner is a raw type

        MyType.Nested nest; // no warning: not parameterized type
        MyType<Object> mt1; // no warning: type parameter given
        MyType<?> mt2;      // no warning: type parameter given (wildcard OK!)
    }
}
```

למה טוב שהקומפיילר שומר?

```
List names = new ArrayList(); // warning: raw type!
names.add("John");
names.add("Mary");
names.add(Boolean.FALSE); // not a compilation error!
```

```
for (Object o : names) {
    String name = (String) o;
    System.out.println(name);
} // throws ClassCastException!
  //    java.lang.Boolean cannot be cast to java.lang.String
```

למה טוב שהקומפיילר שומר?

```
List names = new ArrayList(); // warning: raw type!
names.add("John");
names.add("Mary");
names.add(Boolean.FALSE); // not a compilation error!
```

```
List<String> names = new ArrayList<String>();
names.add("John");
names.add("Mary");
names.add(Boolean.FALSE); // compilation error!
```

RAW שונה מ<Object>

```
void appendNewObject(List<Object> list) {
    list.add(new Object());
}
```

```
List<String> names = new ArrayList<String>();
appendNewObject(names); // compilation error!
```

ואם המתודה היתה מקבלת LIST נא?
מה החסרון של שימוש בנא?

RAW שונה מ-<?> (wildcard)

```
static void appendNewObject(List<?> list) {
    list.add(new Object()); // compilation error!
}
//...

List<String> names = new ArrayList<String>();
appendNewObject(names); // this part is fine!
```

לא ניתן פשוט להשתמש ב<?>

כמחלקת בסיס <?>

```
void printCollection(Collection<?> c)
{
        for (Object e : c) {
                System.out.println(e);
        }
}
```

//we can call it with any type of collection.
//Notice that inside printCollection(),
//we can still read elements from c and give them type Object.

כמחלקת בסיס <?>

```
void printCollection(Collection<?> c)
{
        for (Object e : c) {
                System.out.println(e);
        }
 }

//we can call it with any type of collection.
//Notice that inside  printCollection(),
//we can still read elements from  c  and give them type  Object.


Collection<?> c = new ArrayList<String>();
c.add(new Object()); // Compile time error
```

סיכום generics

- מנגנון ההכללה מאפשר להימנע מהמרות בלי לשכפל קוד
- קוד שאין בו המרות מפורשות ושאין בו טיפוסים נאים (ליתר דיוק, אם הקומפיילר לא הזהיר לגבי השימוש בטיפוסים נאים) הוא בטוח מבחינת טיפוסים (type safe)
- קוד כזה לא יכשל בביצוע המרה בזמן ריצה: הבדיקות מועברות לזמן הקומפילציה
- השימוש בהכללה מסבך הצהרות על טיפוסים בגלל האינטראקציה הלא אינטואיטיבית בין טיפוסים מוכללים ובין יחס ה-is-a
- המימוש של הכללות בג'אווה כולל מספר מוזרויות (ועוד לא דיברנו על כולן...)

- דיון מקיף (מעניין, וברור) בנושא ניתן למצוא בפרק 4.1 של:

Java in a Nutshell, 5th Edition By David Flanagan

קבלנות משנה -
על ירושה, טענות וחוזים

ירושה וטענות (assertions)

- תנאי קדם, תנאי בתר ושמורות שהוגדרו עבור מחלקה או מנשק תקפים גם לגבי צאצאי המחלקה (וממשי המנשק), ועשויים להשתנות
- עצם ממחלקה נגזרת המוצבע ע"י הפנייה מטיפוס המנשק [או טיפוס מחלקת הבסיס], צריך לקיים את שמורת המנשק [מחלקת הבסיס]
- מכאן ששמורה של כל מחלקה צריכה להיות שווה או חזקה יותר משמורת הוריה
- בגלל מנגנון הפולימורפיזם, אי הקפדה על כלל זה עשויה ליצור בעיות במערכת התוכנה, כפי שנדגים מיד

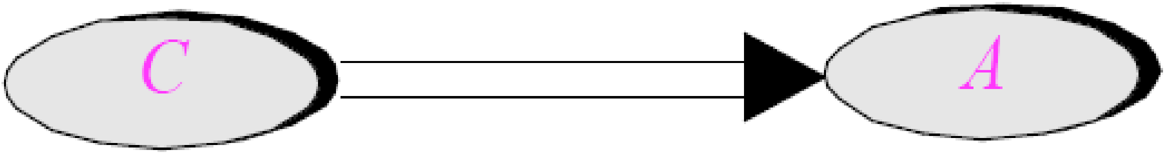
קבלנות משנה

- מחלקת C היא לקוחה של מחלקה A, כלומר:
  - יש ל- C הפנייה ל- A (אחד השדות)

  או

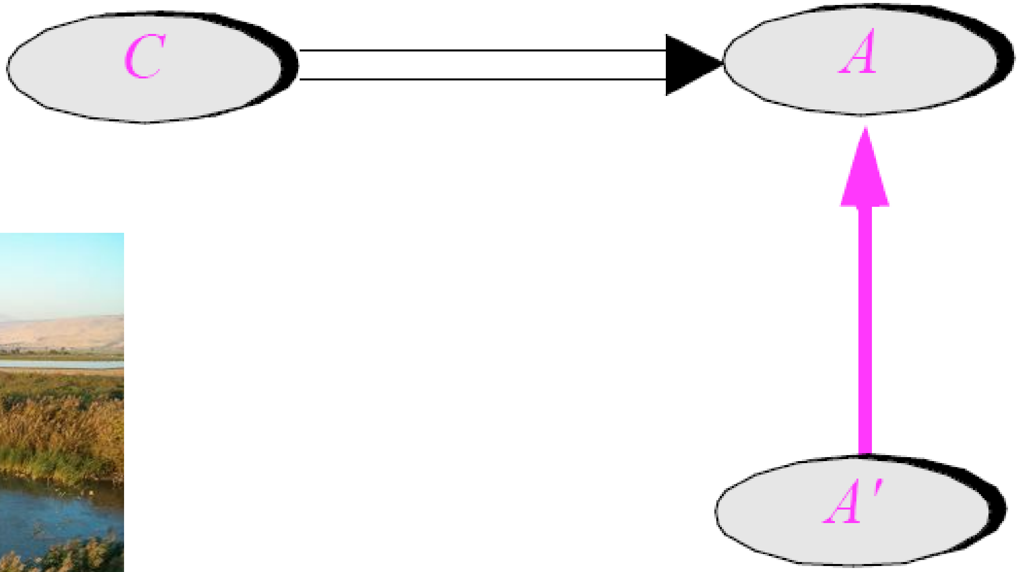
  - אחת המתודות של C מקבלת פרמטר מטיפוס A (הפנייה ל A)

- C מכירה את השמורה של A ומצפה מ A לקיים אותה



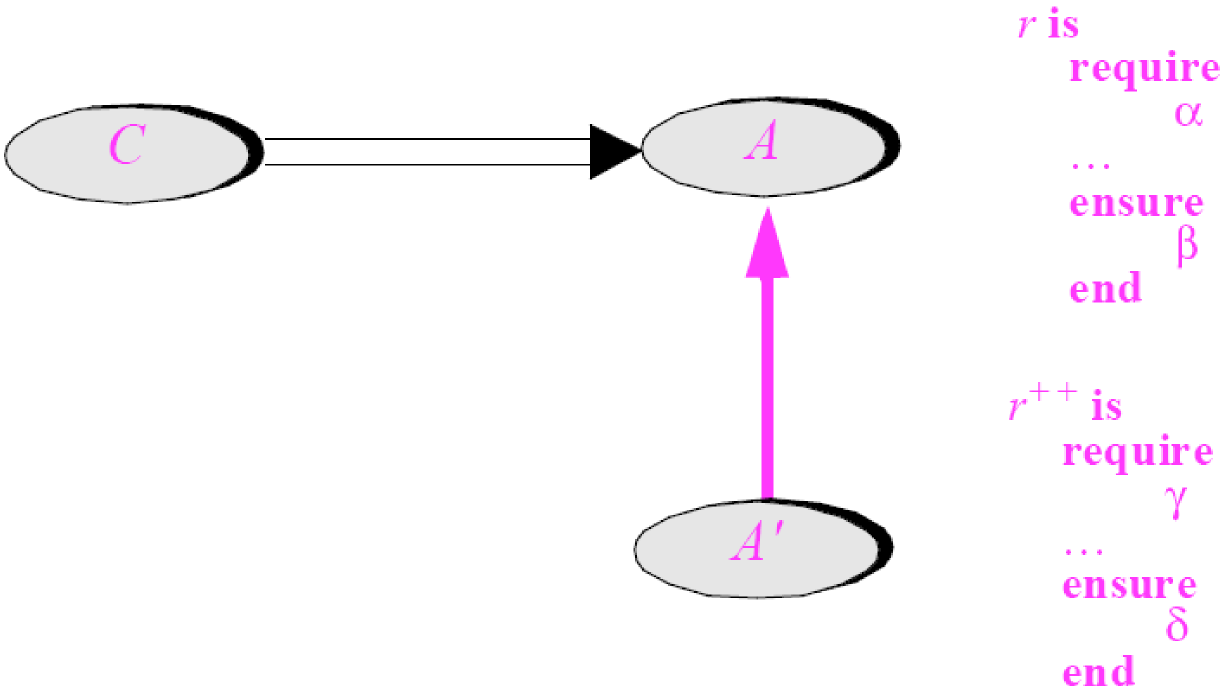
קבלנות משנה - השמורה

- בפועל, המצביע ל- A מצביע ל- 'A , מחלקה הנורשת מ- A
- ברור שכדי לקיים יחסים פולימורפים תקינים על A’ לקיים לפחות את שמורת A



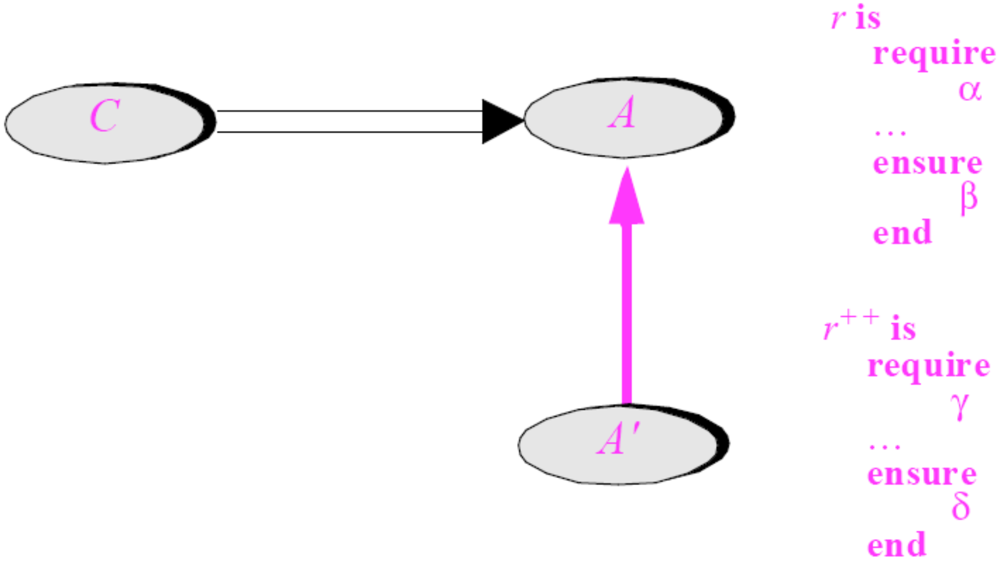
קבלנות משנה – תנאי קדם ובתר

- המחלקה 'A דורסת (overrides) רוטינה r() של A
- מה יש לדרוש מתנאי הקדם והבתר של המתודה החדשה ביחס לאלו של הרוטינה המקורית?



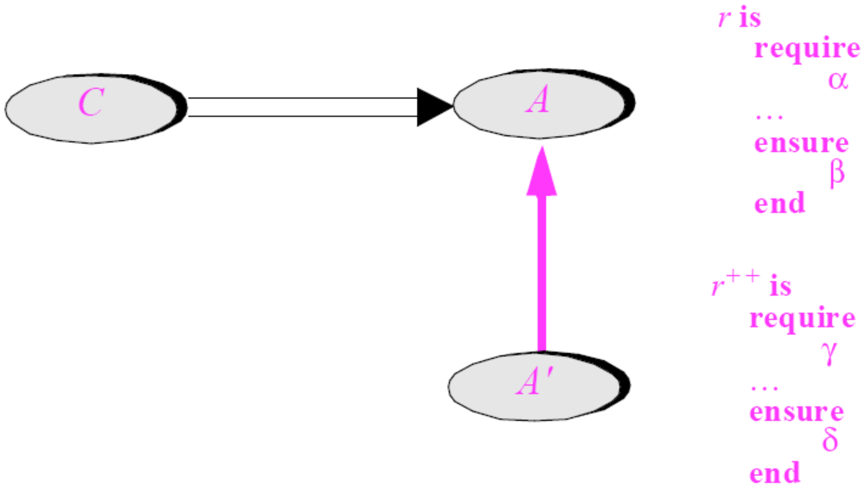
קבלנות משנה – תנאי קדם

- נתבונן בקריאה `l.r()` המופיעה במחלקה C
- על C לקיים את תנאי הקדם של A.r(), היא כלל אינה מכירה את המחלקה A’ ואינה יודעת על קיום A’.r()
- לכן על תנאי הקדם המוגדר במחלקה הנגזרת להיות **שווה** או **חלש יותר** מתנאי הקדם המקורי



קבלנות משנה – תנאי בתר

- משיקולים דומים על תנאי הבתר של המחלקה הנגזרת להיות **שווה** או **חזק יותר** מתנאי הבתר המקורי
- ללקוח C 'הובטח' β ע"י A ואסור שמאחורי הקלעים יסופק δ החלש ממנו
- מנגנון זה מכונה "קבלנות משנה" (subcontracting)



השמורה האפקטיבית

- השמורה ה'אמיתית' של מחלקה מורכבת מ AND לוגי של כל הטענות המופיעות בשמורת אותה מחלקה ובכל הוריה לאורך עץ הירושה

- אם עבור רמה (מחלקה) מסוימת בעץ הירושה לא הוגדרה שמורה, ניתן להתייחס לשמורה שלה כ- TRUE

- כותב מחלקה יכול להגדיר את השמורה שלה בצורה מרומזת (implicit) ע"י ציון הטענות החדשות בלבד

תנאי קדם אפקטיבי

- תנאי הקדם ה'אמיתי' של מתודה שהוגדרה מחדש במחלקה כלשהי, הוא ה OR הלוגי של כל תנאי הקדם של מתודה זו בכל הוריה של אותה מחלקה לאורך עץ הירושה

- אם עבור רמה (מחלקה) מסוימת בעץ הירושה לא הוגדר תנאי קדם למתודה זו, ניתן להתייחס לתנאי הקדם שם כ- FALSE
  - עקרון זה לא תופס עבור מחלקת הבסיס. מדוע?

- כותב תנאי הקדם של המתודה שהוגדרה מחדש במחלקה כלשהי, יכול להגדיר אותו בצורה מרומזת (implicit) ע"י ציון הטענות החדשות בלבד

תנאי בתר אפקטיבי

- תנאי הבתר ה'אמיתי' של מתודה שהוגדרה מחדש במחלקה כלשהי הוא ה AND הלוגי של כל תנאי הבתר של מתודה זו בכל הוריה של אותה מחלקה לאורך עץ הירושה

- אם עבור רמה (מחלקה) מסוימת בעץ הירושה לא הוגדר תנאי קדם למתודה זו, ניתן להתייחס לתנאי הקדם שם כ- TRUE

- כותב תנאי הבתר של המתודה שהוגדרה מחדש במחלקה כלשהי יכול להגדיר אותו בצורה מרומזת (implicit) ע"י ציון הטענות החדשות בלבד

דוגמא

```
public class MATRIX {
    ...
    /** inverse of current with precision epsilon
     * @pre epsilon >= 10 ^(-6)
     * @post (this.mult($prev(this)) - ONE).norm <= epsilon
     */
   void invert(double epsilon);
    ...
}
```

דוגמא

```
public class ACCURATE_MATRIX extends MATRIX {
   ...
   /** inverse of current with precision epsilon
    * @pre epsilon >= 10^(-20)
    * @post (this.mult($prev(this)) – ONE).norm <=
   epsilon/2
    */
   void invert(double epsilon);
   ...
}
```

עוד על ירושה וחוזים

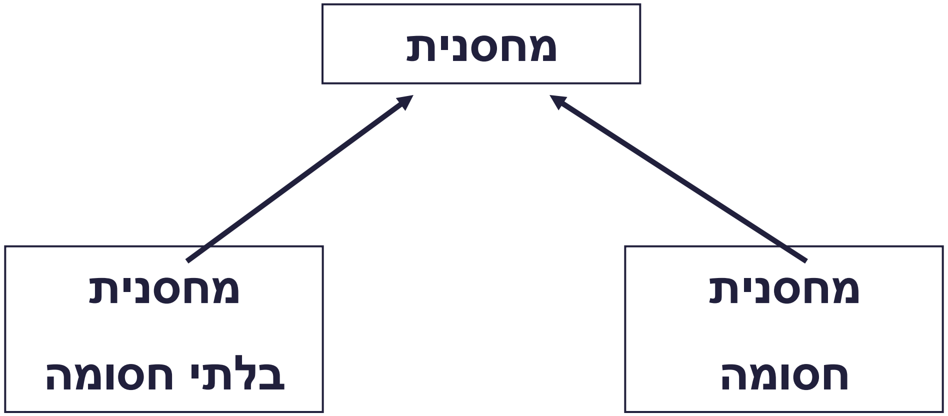
- בנוסף לחריגים, שלגביהם ג'אוה מקפידה על כללי החוזה בירושה, יש עוד כללים בשפה שנובעים משיקולי חוזה וירושה:

- למתודה הדורסת [המממשת] **מותר להקל** את הנראות – כלומר להגדיר סטטוס נראות רחב יותר, אבל אסור להגדיר סטטוס נראות מצומצם יותר.

- (מגירסא 5) למתודה הדורסת [המממשת] **מותר לצמצם** את טיפוס הערך המוחזר, כלומר טיפוס הערך המוחזר הוא תת טיפוס של טיפוס הערך המוחזר במתודה במחלקת הבסיס שלה [במנשק]

תנאי קדם מופשט

- מהי ההיררכיה בין 3 המחלקות: מחסנית, מחסנית חסומה, מחסנית בלתי חסומה ?



- מה יהיה תנאי הקדם של המתודה **push** במחלקה מחסנית?

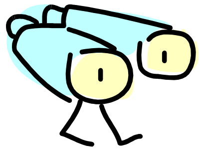
תנאי קדם מופשט

- תנאי הקדם לא יכול להיות ריק (TRUE) כי אז הוא יחוזק ע"י המחסנית החסומה
- תנאי הקדם צריך להיות `!full()` כאשר `full()` היא מתודה מופשטת (או מתודה המחזירה תמיד `false`) שתוגדר מחדש במחלקה מחסנית חסומה להחזיר `count()==capacity()`
- תנאי קדם המכיל מתודות מופשטות או מתודות שנדרסות במורד הירושה נקרא ***תנאי קדם מופשט***
- למרות שתנאי הקדם הקונקרטי אכן מתחזק ע"י המחסנית החסומה תנאי הקדם המופשט <u>נשאר ללא שינוי</u>

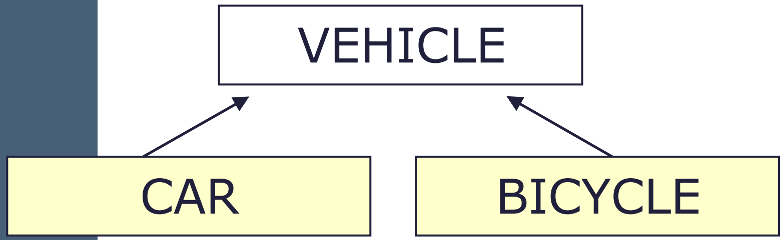
תנאי קדם מופשט

- כאשר מחלקת הבסיס מופשטת, תנאי קדם טריוויאליים מחייבים לפעמים ***ראייה לעתיד***, כדי שלא יחוזקו במחלקות נגזרת
- ראייה לעתיד אינה דבר מופרך במחלקות מופשטות
- נתבונן בדוגמא נוספת: מערכת תוכנה אשר מיוצגים בה כלי תחבורה שונים כגון מכונית, אווירון ואופניים

ראייה לטווח רחוק

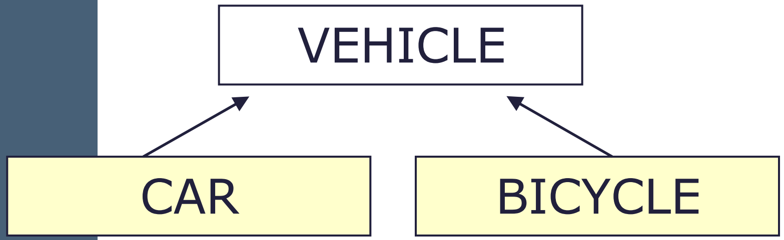


- האבולוציה של היררכית מחלקות כלי הרכב לא מתחילה בגזירת מחלקות קונקרטיות שיירשו מ VEHICLE
- הגיוני יותר שבמהלך מימוש ו\או עיצוב המחלקות CAR ו- AIRPLANE נגלה שיש להן הרבה מן המשותף, וכדי למנוע שכפול קוד ניצור מחלקה שלישית - VEHICLE שתכיל את החיתוך של שתיהן
- אף כלי רכב אינו רק VEHICLE
- בראייה זו, אין זה מוגזם לדרוש ממחלקה מופשטת ניסוח תנאי קדם מופשט



דוגמא

- מהו תנאי הקדם של המתודה ()go של המחלקה VEHICLE ?
- על פניו – אין כל תנאי קדם לפעולה מופשטת
- מה עם המחלקה CAR ? – לה בטח יש דרישות כגון ()hasFuel
- מה עם המחלקה BICYCLE ? – לה בטח יש דרישות כגון ()hasAir
- איך VEHICLE תגדיר תנאי קדם ל ()go גם כללי מספיק וגם שלא יחוזק ע"י אף אחד מיורשותיה?

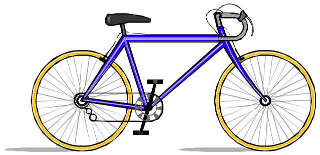


פתרון

- מתודה בולאנית כגון canGo() תעשה את העבודה

- המתודה תוגדר כמחזירה TRUE עבור VEHICLE (או שתוגדר כ abstract), ועבור כל אחת מיורשותיה תוגדר לפי המחלקה האמורה

- בעצם המתודה go() היתה צריכה להיקרא "go_because_you_can()" וכך לא היתה כל הפתעה בתנאי הקדם "המוזר"



לפעמים ירושה זה רע

- ירושה היא מנגנון אשר חוסך קוד ספק
- פרט למנגנון הרב-צורתיות (polymorphism) ירושה היא סוכר תחבירי של הכלה ואינה הכרחית
  - במקום ש B יירש מ-A , ל- B יכולה להיות התכונה A (שדה)
- יחסי ירושה נכונים הם דבר עדין
  - יחס is-a לעומת יחס is-part-of או has-a
  - לעומת זאת To be is also to have אבל לא להיפך (משאית היא מכונית כלומר חלק בה הוא מכונית)
- לפעמים נוח לשאול "האם יכולים להיות לו שניים?"
  - לדוגמא: למכונית יש מנוע
- ירושה או מופע?
  - האם Massachusetts יורשת מ- State?

הכוח משחית

- על המחלקה היורשת לקיים את 2 העקרונות:
  - יחס is-a
  - עקרון ההחלפה

- אי שמירה על כך תגרום לעיוותים במערכת התוכנה

- לדוגמא: ננסה לבטא את יחס המחלקות Rectangle ו- Square בעזרת ירושה

Not is-a Relation

מלבן לא יורש מריבוע

```
public class Square {

    protected double length;

    public double getLength(){
        return length;
    }

    public double getWidth(){
        return length;
    }

    public double area(){
        return length*length;
    }
    ...
}
```

```
public class Rectangle
                extends Square {

    protected double width;

    public double getWidth(){
        return width;
    }

    public double area(){
        return length*width;
    }
    ...
}
```

- ברור כי העיצוב לקוי – Rectangle is NOT a Square
- למשל **המשתמש** של Square צריך להכיל את **getLength()==getWidth()**
  - וברור כי **Rectangle** לא שומר על כך

Substitution principle doesn't hold!

אז אולי ריבוע יורש ממלבן?

```
public class Rectangle {
    protected double width;
    protected double length;

    public double getWidth(){
        return width;
    }

    public double getLength(){
        return length;
    }

    public double area(){
        return length*width;
    }

    public void widen(double delta){
        width += delta;
    }

    ...
}
```

- מתקיים יחס is-a אבל לא מתקיים עקרון ההחלפה
- לא ניתן להשתמש בריבוע בכל הקשר שבו ניתן היה להשתמש במלבן
- זה מפתיע – מכיוון שמתמטית ריבוע הוא סוג של מלבן
- אז איך בכל זאת נממש את המחלקות ריבוע ומלבן?
- בעולם התוכנה יש לעשות "ויתורים כואבים"