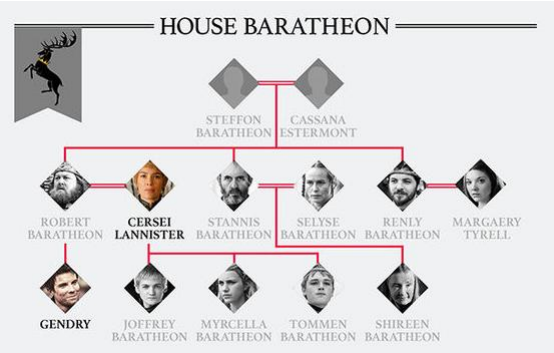
תוכנה 1 בשפת Java

שיעור מספר 12: "ירושה מתקדמת" (הורשה III)



היום בשיעור

- תבניות והורשה
- עוד על Generics
- קבלנות משנה (הורשה והחוזה)
- שימוש לרעה בהורשה

אלגוריתם כללי
Template Method Design Pattern

- מחלקות מופשטות (abstract) 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 לממש אלגוריתמים כלליים. המימוש של המתודות המופשטות נעשה במחלקות יורשות.
  - שימו לב – הטרמינולוגיה הפוכה!

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

מחסנית מופשטת

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

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

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

- השרות changeTop אינו תלוי במימוש של push או pop אלא רק בחוזה שלהם
- changeTop מכונה אלגוריתם כללי
- pop ו- push הם hooks שמחלקות יורשות צריכות לממש בצורה ספציפית

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)

- **זוהי תבנית עיצוב design pattern** – 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 (האבסטרקטית), כן ניתן לממש בה את האלגוריתם הכללי

הורשה מרובה

- מנגנון ההורשה נועד לתאר בצורה נכונה יחסים בין מחלקות המבטאות ישויות (טיפוסים) בעולם האמיתי
- לפעמים יש הצדקה להורשה 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

הורשה 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!

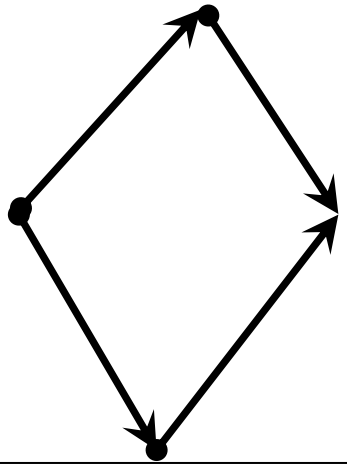
אין ב Java הורשה מרובה

- אין ב Java הורשה 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 ההורשה המרובה
- **Bridge Design Pattern** – פיתוח מערכת מחלקות היררכית, כאשר לאחת המחלקות צאצאים מסוגים שונים

מה הבעיה בירושה מרובה?

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

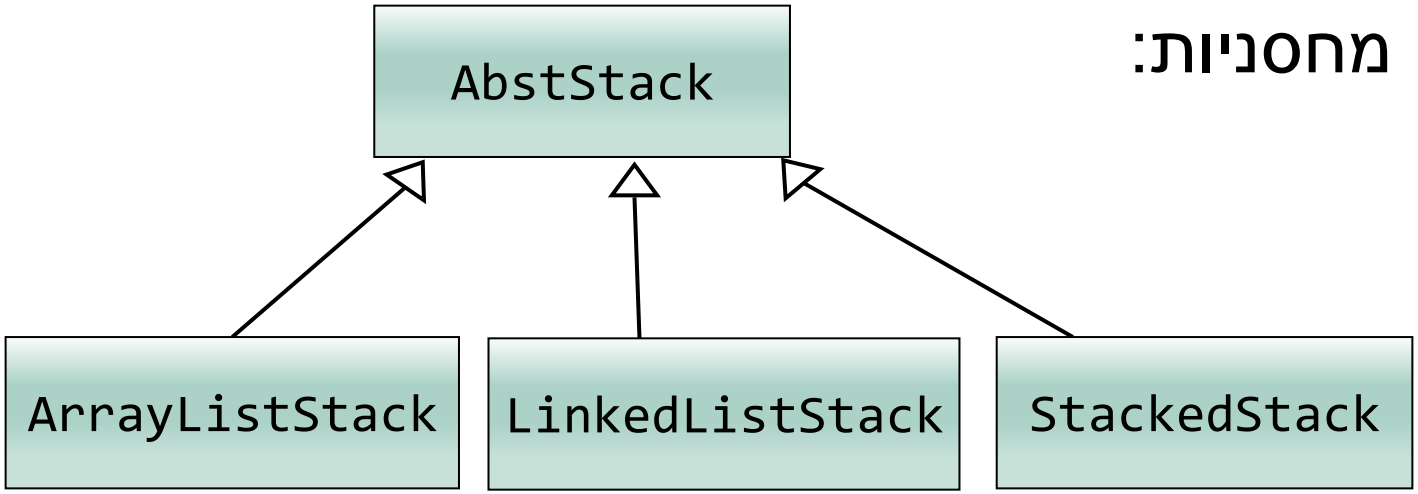
```
interface Driver {
     ...
}
```



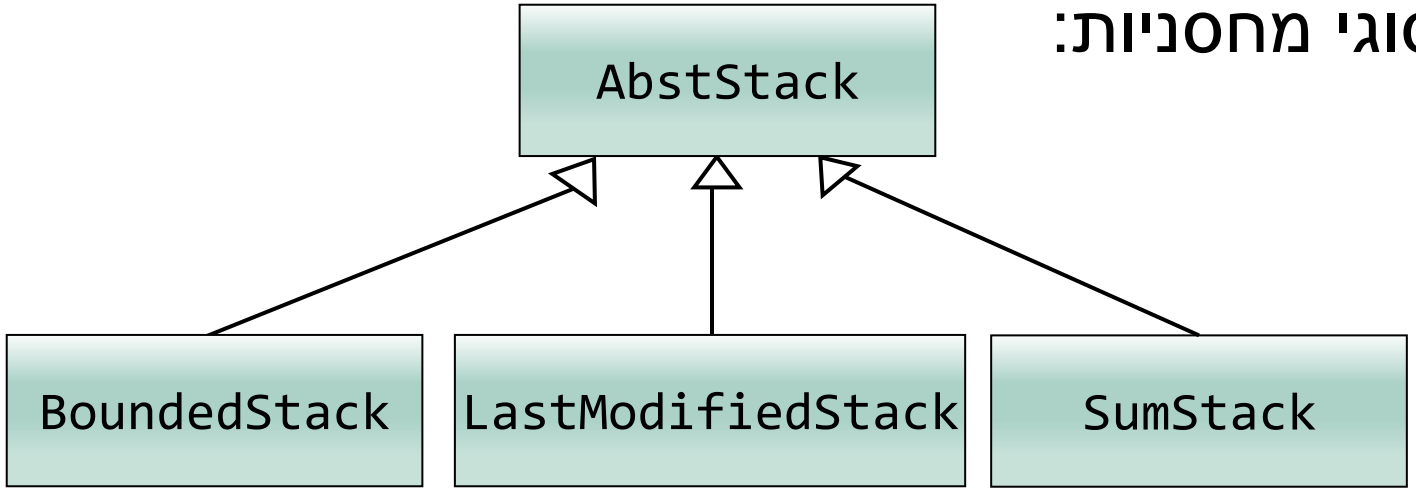
```
Class OpportunisticDriver
extends GoodDriver, BadDriver
(not possible)
```

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

- סוגי מחסניות:

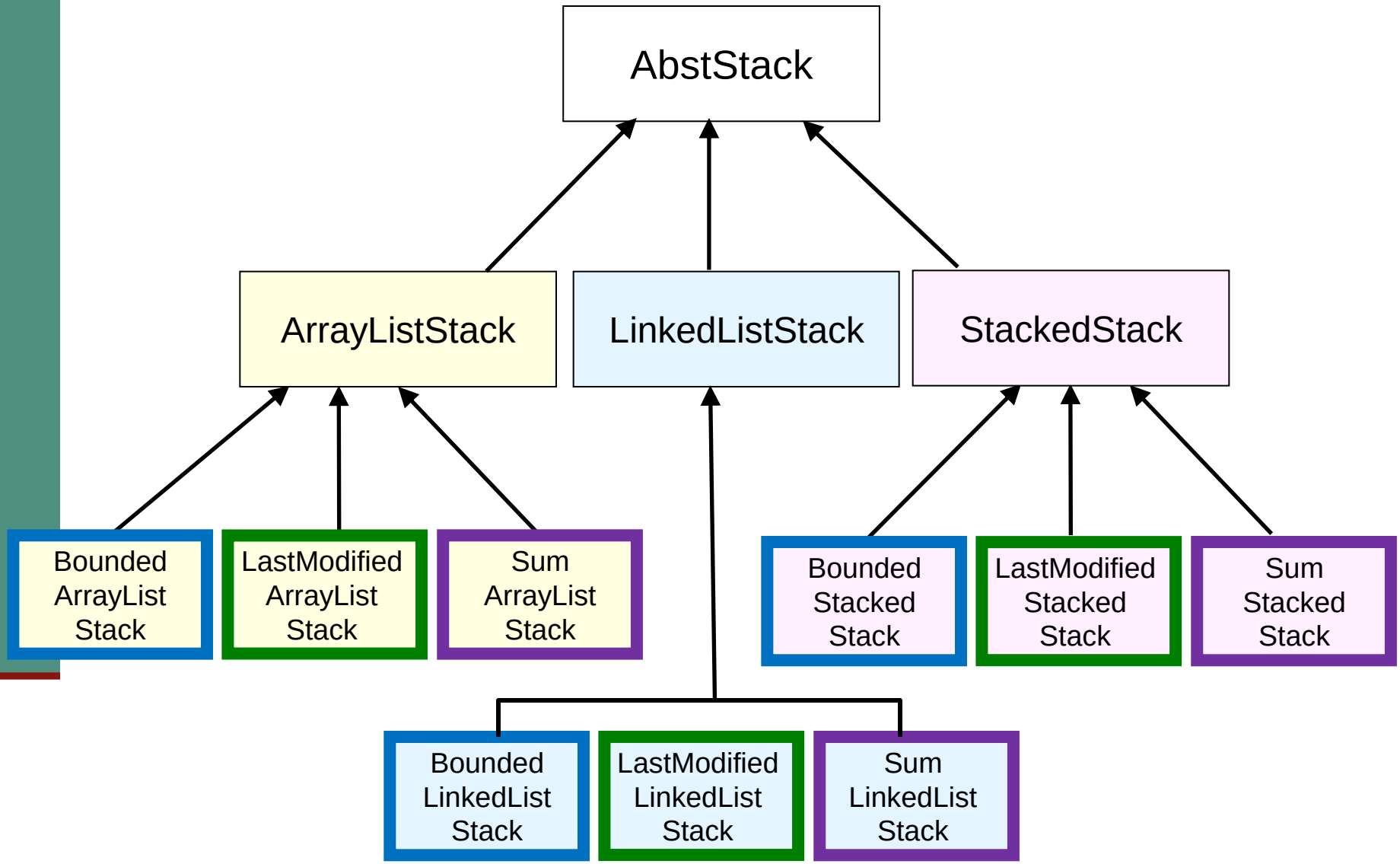


- עוד סוגי מחסניות:



ילדים זה שמחה?

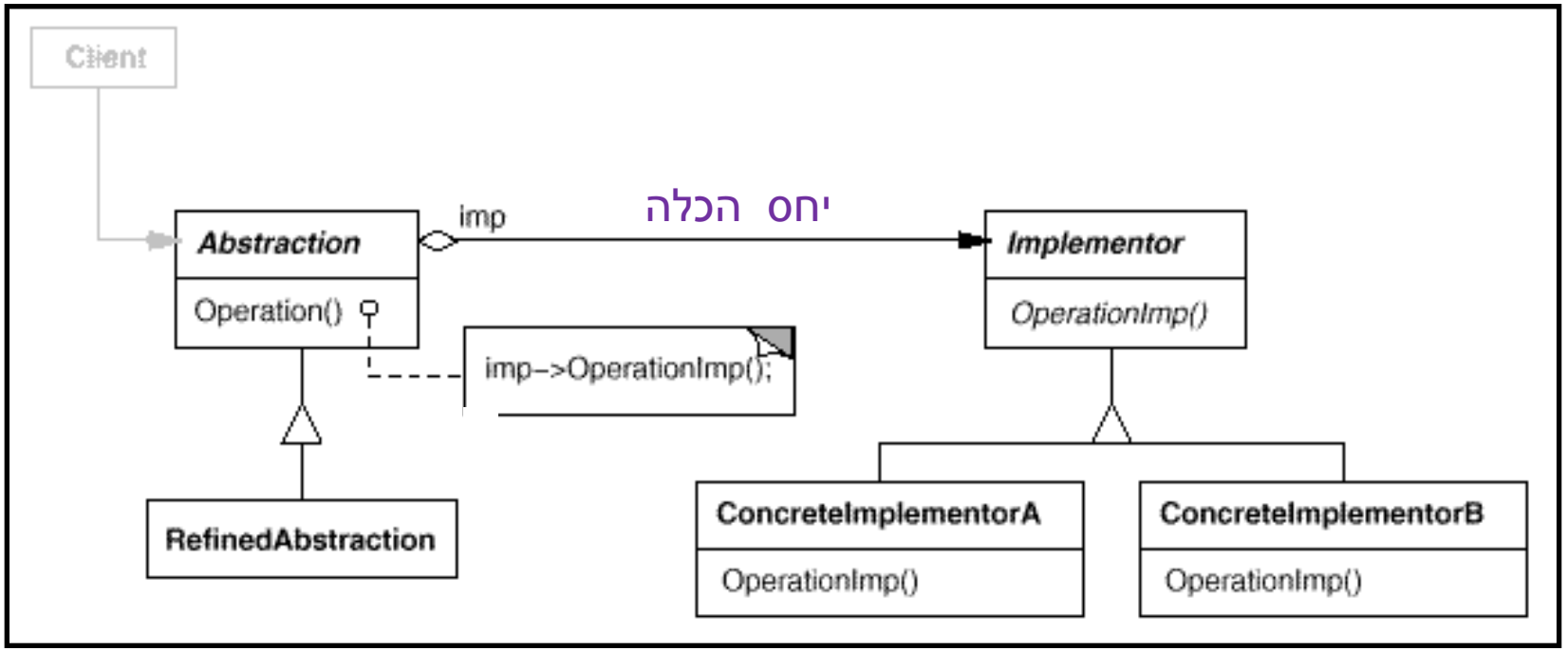
- סוג ההורשה של 3 המחלקות העליונות שונה מסוג ההורשה של 3 המחלקות התחתונות
- מה יקרה אם נרצה למשל: **SumArrayListStack** ?
- בשפות מסוימות (כגון C++ או Eiffel) ניתן ליצור מחלקה חדשה היורשת משתיהן
  - הדבר פותח פתח למכפלה קרטזית (9 מחלקות!) שתבטא את כל הצירופים האפשריים
  - דבר זה ייצור אינפלציה של מחלקות
- איך נממש זאת ע"י הורשה (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 LinkedList Stack
LastModified LinkedList Stack
Sum LinkedList 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 הורשה מרובה לשפה לא הייתה פותרת את ההיררכיה הבעייתית
- הפתרון המוצע ע"י **תבנית העיצוב Bridge** היא **המרת ירושת המימוש בהכלה** (עם האצלה **delegation**)
  - פתרון זה מופיע בתבניות עיצוב רבות אחרות
- עצי ההורשה בשני המישורים (המופשט והמימושי) לא מתמזגים (אורתוגונליים)

Bridge Design Pattern
- תרשים מחלקות -



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

```
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);}
}
```

```
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;
    }
}
```

LastModifiedStack אדישה למימוש של המחסנית, ותעבוד בצורה זהה עם כל מימוש שהוא

```
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**
  - הורשה (מימוש) לצורכי מימוש (ייצוג) תתבצע מ **IStackImpl**
  - הורשה (מימוש) הנוגעת להפשטה תתבצע מ **Istack**

דוגמא למימוש המחסנית באמצעות 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?

```
SimpleStack<Integer> stack =
        new SimpleStack<Integer> (new ArrayListStackImpl<Integer>());
```

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

תבניות ויורשה

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
- אבל העניינים מסתבכים בגלל האינטראקציה בין מנגנון ההכללה ובין יחס ההורשה (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);
```

הכלה 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.

יחס is-a במערכים

- האם מתקיים יחס is-a בין מערך של מחרוזות למערך של אובייקטים?

```
String [] strArr = new String[5];
Object [] objArr = strARr;
```

- השמה זו חוקית מבחינה תחבירית בלבד. ao מצביע למערך של מחרוזות, ולכן שימוש שגוי בו יגרום לשגיאת זמן ריצה.

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

- ההשמה הבאה גם היא מתקמפלת, אך גורמת לשגיאת זמן ריצה:

```
Object[] objArry = new Object[1];
String[] strArr = (String[]) objArry; // throws ClassCastException
```

השימוש בטיפוסים מוכללים סותם פרצה זו בתחביר המקורי של שפת Java ומונעת מקרים כאלה כבר בשלב הקומפילציה.

מערכים מוכללים

- Java מאפשרת לנו להגיד מערך עם טיפוס גנרי, אבל לא מאפשר לייצר מערך כזה, בגלל מחיקת הטיפוסים בזמן ריצה:

```
public class Test<T>{
        T[] arr;

        public Test(){
                arr = new T[10];
        }
}
```

- טיפוסים מוכללים "לא מסתדרים" עם מערכים ב Java. בד"כ מומלץ להימנע משימוש במערכים מוכללים, ולעבוד עם אוספים מוכללים במקום זאת.

מערכים מוכללים

- אפשר להתחכם:

```
arr = (T[])new Object[10];
```

- "טריק" כזה יעבוד עבור קוד המבוצע בתוך המחלקה המוכללת

```
public T[] createArr(T t){
        arr = (T[])new Object[10];
        arr[0] = t;
        return arr;
}
```

- אבל כשנרצה להחזיר את המערך, נקבל שגיאת זמן ריצה, כיוון שהמערך המוחזר הוא למעשה מערך של Object

```
Test<String> test = new Test<>();
String[] arr = test.createArr("abc"); // throws ClassCastException
```

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();

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 מאפשר להשתמש בגוף המחלקה הגנרית בשירותים המוגדרים באותו גבול עליון ללא צורך בהמרה

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

Comparable גנרי

- ראינו דוגמאות של המנשק **Comparable** בגירסה נאה (raw)
- השימוש בה בעייתי
  - יתכנו שני עצמים שכל אחד 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(List list) {
	for(int i=0, n=list.size(); i < n; i++) {
		if (i % 2 == 0) {
			System.out.println(list.get(i));
		}
	}
}
```

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

```
public static void printList(List<Object> list) {
	for(int i=0, n=list.size(); i < n; i++) {
		if (i % 2 == 0) {
			System.out.println(list.get(i));
		}
	}
}
```

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

ג'וקרים

- נשתמש בג'וקר (סימן שאלה - ?)

```
public static void printList(List<?> list) {
        for(int i=0, n=list.size(); i < n; i++) {
                if (i % 2 == 0) {
                        Object obj = list.get(i);
                        System.out.println(obj);
                }
        }
}
```

ג'וקרים

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

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

- משמעות ההגדרה: הטיפוס הגנרי של list הוא טיפוס המרחיב את IShape, כולל IShape עצמו כמובן.
  - שימו לב לשימוש ב extends גם עבור מנשקים. זהו תחביר מיוחד להרחבות.

- שימוש בשירות:

```
List<IShape> shapes = ...
List<Circle> circles = ...
List<Triangle> triangles = ...
double shapesPerimeterSum = sumPerimiters(shapes);
double circlesPerimeterSum = sumPerimiters(circles);
double trianglesPerimeterSum =sumPerimiters(triangles);
```

ג'וקרים

- יש גם חסמים תחתונים:

```
public static boolean addItem(List<? super ColoredRectangle> lst,
                              ColoredRectangle item) {
        return lst.add(item);
}
```

- המשמעות: הטיפוס הגנרי של הרשימה list הוא ColoredRectangle או טיפוס שאותו ColoredRectangle מרחיב.

- שימוש בשירות:

```
List<ColoredRectangle> cRectangles=...;
List<Rectangle> rectangles=...;
List<Object> objects=...;
ColoredRectangle cRect=...;
addItem(cRectangles, cRect);
addItem(rectangles, cRect);
addItem(objects, cRect);
```

שירותים מוכללים

- ניתן להגדיר טיפוס גנרי עבור שירות בודד, ולא רק למחלקה.

```
public class Test{
    public static void main(String[] args){
        List<Integer> intLst = Arrays.asList(1,2,3);
        List<String> strLst = Arrays.asList("a", "b", "c");
        int firstInt = getFirstItem(intLst);
        String firstStr = getFirstItem(strLst);
    }


    /*
     * @pre list.size() > 0
     */
    public static <T> T getFirstItem(List<T> list){
        return list.get(0);
    }
}
```

השירות getFirstItem מכיל פרמטר גנרי <T>.
ערכו של הפרמטר הגנרי יקבע בזמן הקריאה לשירות. למשל, כאשר נשלח List<String> כפרמטר, ערכו של T יקבע ל String.

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 a parametrized type
        MyType<Object> mt1; //no warning
        MyType<?> mt2; //no warning, ? is OK for a type

    }

}
```

למה טוב שהקומפיילר שומר?

```
List names = new ArrayList(); //warning: raw type
names.add("Kyle");
names.add("Eric");
names.add(Boolean.FALSE);
```

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

גילוי השגיאה
בזמן קומפילציה
ולא בזמן ריצה!

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

Raw שונה מ <Object>

```
public static void main(String[] args){
    List<String> strLst = new ArrayList<>();
    appendNewObject(strLst); //compilation error!

}

public static void appendNewObject(List<Object> lst){
    lst.add(new Object());
}
```

מה היה קורה אם הפונקציה appendNewObject היתה מקבלת List נא?

Raw שונה מ <?> (wildcard)

```
public static void main(String[] args){
    List<String> strLst = new ArrayList<>();
    appendNewObject(strLst); //this is fine

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

כמובן שזה לא הגיוני שיהיה ניתן להוסיף עצם מטיפוס Object לרשימה של מחרוזות, לכן, צריך למנוע את זה כבר בשלב הקומפילציה.

<?> כמחלקת בסיס

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

- ניתן לשלוח לפונקציה printCollection כל אוסף.
- בתוך printCollection ניתן לגשת לאלמנטים מתוך c ולשייך להם את הטיפוס הסטטי Object.

```
Collection<?> c = new ArrayList<>();
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...)

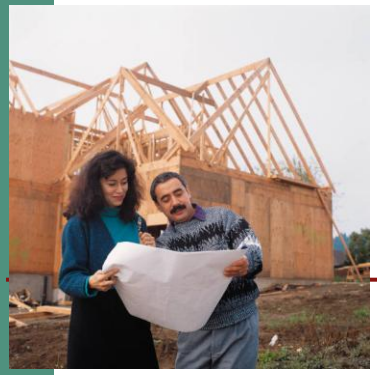
- דיון מקיף (מעניין, וברור) בנושא ניתן למצוא בפרק 4.1 של:

Java in a Nutshell, 5th Edition By David Flanagan

קבלנות משנה -
על הורשה, טענות וחוזים

הורשה 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

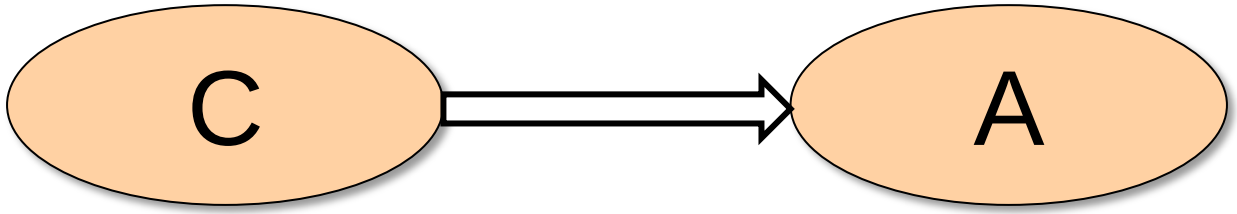


קבלנות משנה

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

או

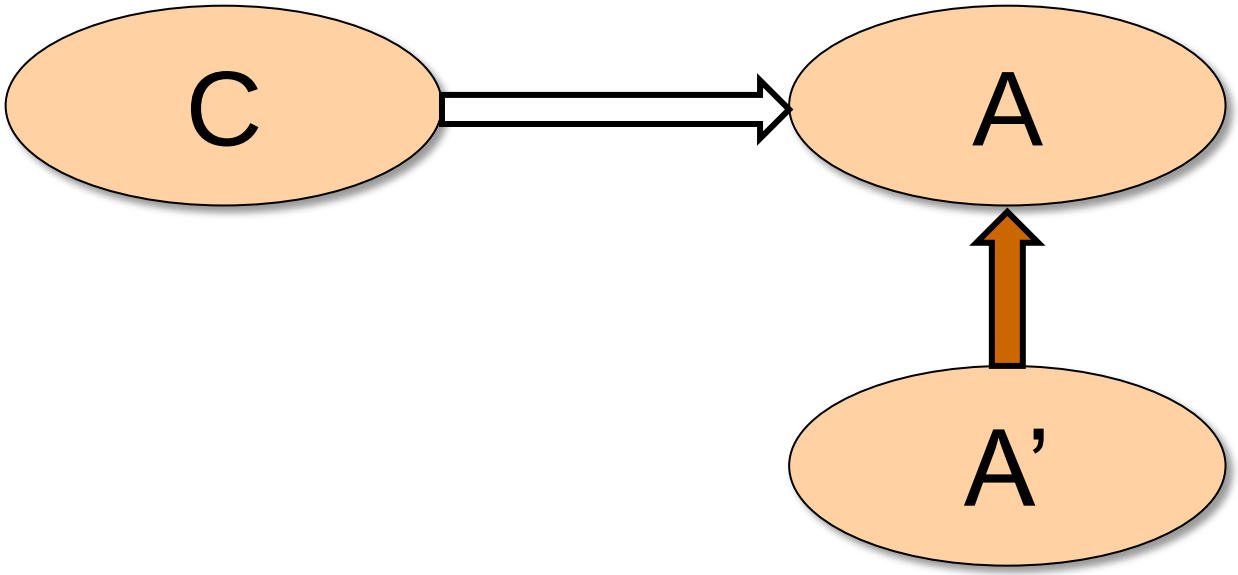
  - אחת המתודות של C מקבלת פרמטר מטיפוס A (הפנייה ל A)



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

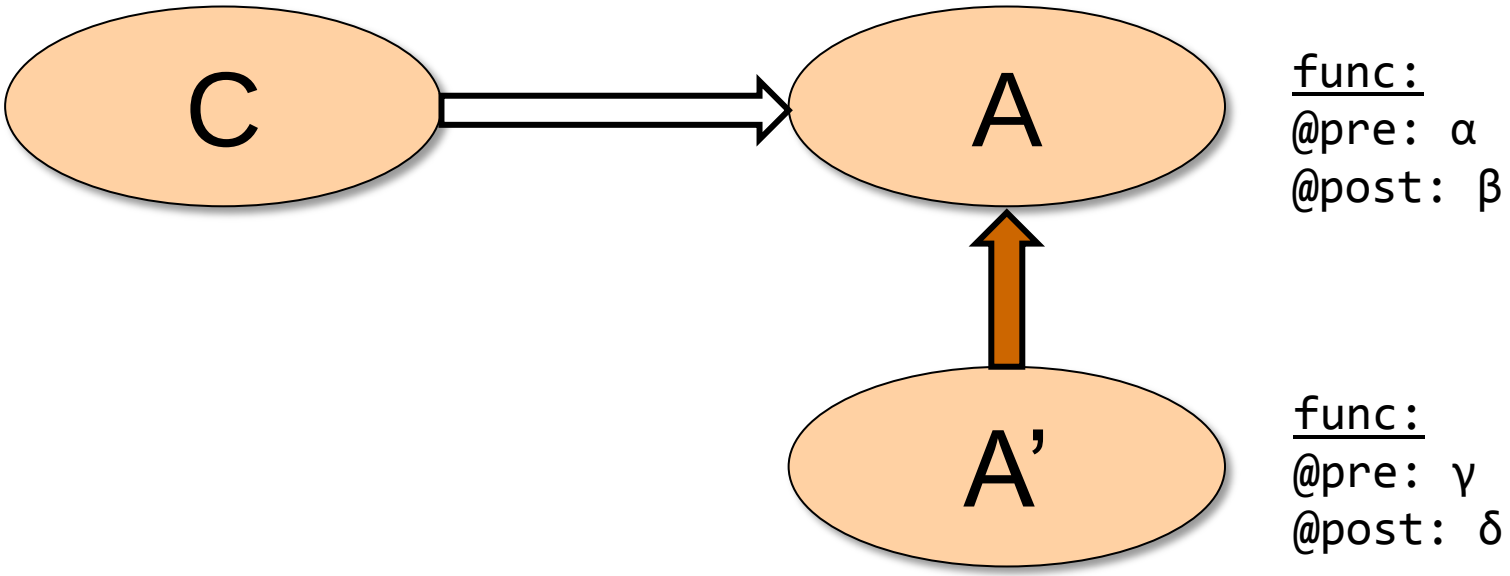
קבלנות משנה - השמורה

- 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) שירות ()r של A
- מה יש לדרוש מתנאי הקדם והבתר של השירות החדש ביחס לאלו של השירות המקורי?

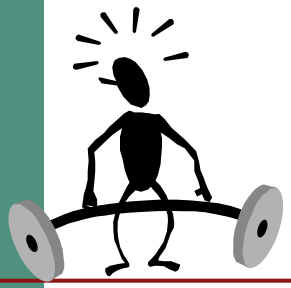


דוגמא

- בתוך המחלקה Client מופיע הקוד הבא:

```
public class Client {
    ...
    public static void g(String[] args)
    {
         List<String> lst = Arrays.asList(args);
         ...
    }
}
```

- בדוגמא זו **Client** הוא הלקוח (C) ו- **List** הוא הספק (A)
- ואולם ברור ש – **lst** מצביע בפועל לעצם ממחלקה שממשת את **List** (אולי **ArrayList**). מחלקה זו היא קבלנית משנה (A')
- הלקוח, שאינו מכיר את קבלן המשנה שלו, מצפה ממנו לעמוד בחוזה המקורי (החוזה מול הספק)

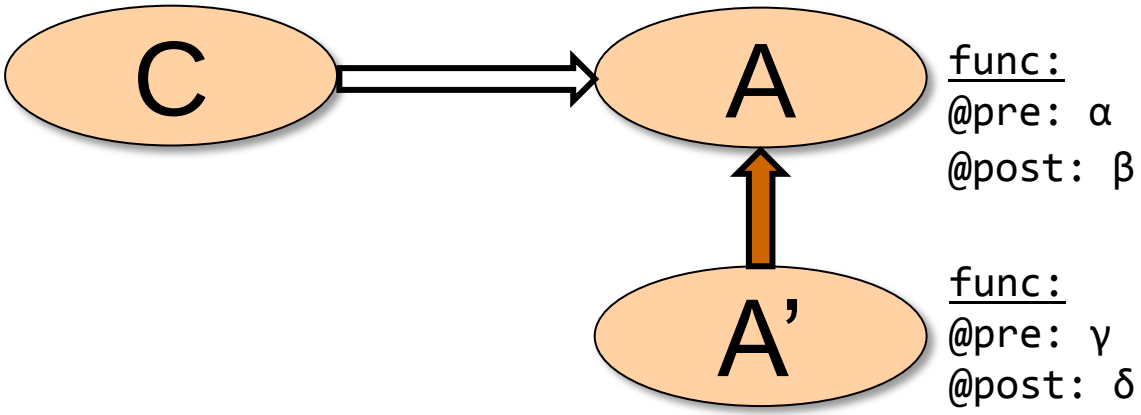


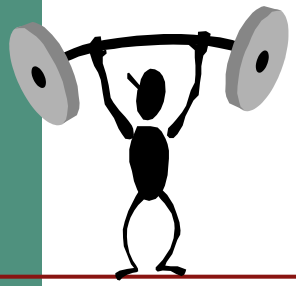
קבלנות משנה – תנאי קדם

- נניח כי במחלקה C מופיע הקוד הבא:

```
A aObj = ...;
aObj.func()
```

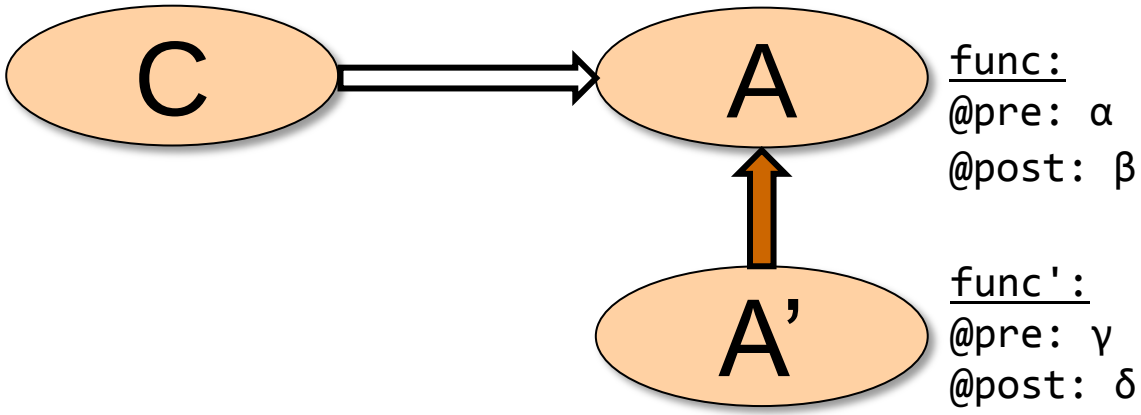
- על C לקיים את תנאי הקדם של A.func(): היא כלל אינה מכירה את המחלקה A' ואינה יודעת על קיום A'.func()
- לכן על תנאי הקדם המוגדר במחלקה הנגזרת להיות **שווה** או **חלש יותר** מתנאי הקדם המקורי





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)



הטענות האפקטיביות

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

- 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 ההורשה

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

דוגמא

```
public class MathWizard {
   ...
   /** returns the square root of num
    * @pre epsilon >= 10 ^(-6)
    * @post abs($ret*$ret - num) <= epsilon
    */
  double sqrt(int num, double epsilon);
   ...
}
```

דוגמא

```
public class AccurateMathWizard extends MathWizard {
    ...
    /** returns the square root of num
     * @pre epsilon >= 10^(-20)
     * @post abs($ret*$ret - num) <= epsilon/2
     */
     double sqrt(int num, double epsilon);
    ...
}
```

- בדוגמא תנאי הקדם חלש יותר (מרשה יותר ערכי אפסילון) ותנאי הבתר יותר חזק (מבטיח דיוק רב יותר)

קבלנות משנה

- משהבנו את ההיגיון שבבסיס יחסי ספק, לקוח וקבלן משנה, ניתן להסביר את חוקי שפת Java לגבי השינויים הבאים שקבלן המשנה יכול לבצע:
  - שינוי ההצהרה על חריגים
  - שינוי נראות
  - שינוי הערך המוחזר

הורשה וחריגים

- קבלן משנה (מחלקה יורשת [מממשת], הדורסת [מממשת] שרות) אינו יכול לזרוק מאחורי הקלעים חריג שלא הוגדר בשרות הנדרס [או במנשק]

- למתודה הדורסת [המממשת] **מותר להקל** על הלקוח ולזרוק **פחות** חריגים מהמתודה במחלקת הבסיס שלה [במנשק]

- לדוגמא: בהנתן מימוש המחלקה A, אילו מבין הגירסאות של func ניתן להוסיף ל B שיורשת מ A?

```
public class A{
        public void func() throws IOException{    }
}

public class B extends A{
      ☑//public void func() {}
      ☑//public void func() throws IOException {}
      ☑//public void func() throws EOFException{}
      ☒//public void func() throws Exception{}
}
```

הורשה ונירואות

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

- לדוגמא: בהנתן מימוש המחלקה A, אילו מבין הגירסאות של func ניתן להוסיף ל B שיורשת מ A?

```
public class A{
        protected void func(){ }
}

public class B extends A{
      ☑ //public void func(){ }
      ☑ //protected void func() {}
      ☒ //void func() {}
      ☒ //private void func() {}
}
```

הורשה והערך המוחזר

- 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]

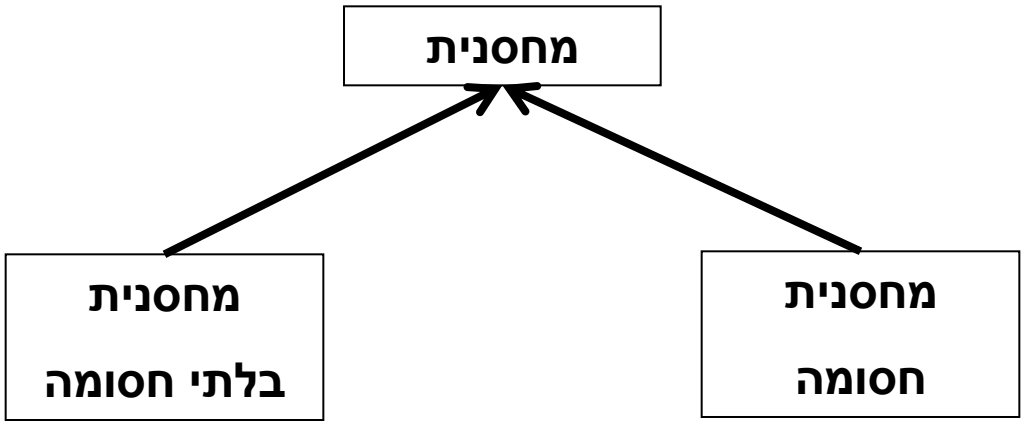
- לדוגמא: בהנתן מימוש המחלקה A, אילו מבין הגירסאות של func ניתן להוסיף ל B שיורשת מ A?

```
public class A{
        public Number func() { return null; }
}

public class B extends A{
      ☒ //public Object func() { return null; }
      ☑ //public Number func() { return null; }
      ☑ //public Integer func() { return null; }
}
```

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`). המחלקה מחסנית חסומה" תממש אותה כך שתחזיר `count()==capacity()`

- תנאי קדם המכיל מתודות מופשטות או מתודות שנדרסות במורד עץ ההורשה נקרא ***תנאי קדם מופשט***

- למרות שתנאי הקדם הקונקרטי אכן מתחזק ע"י המחסנית החסומה תנאי הקדם המופשט נשאר ללא שינוי

תנאי קדם מופשט

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

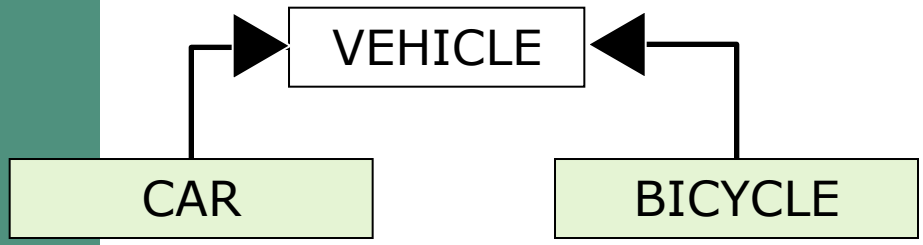
ראייה לטווח רחוק

- האבולוציה של היררכית מחלקות כלי הרכב <u>לא מתחילה</u> בגזירת מחלקות קונקרטיות שיירשו מ VEHICLE

- הגיוני יותר שבמהלך מימוש \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

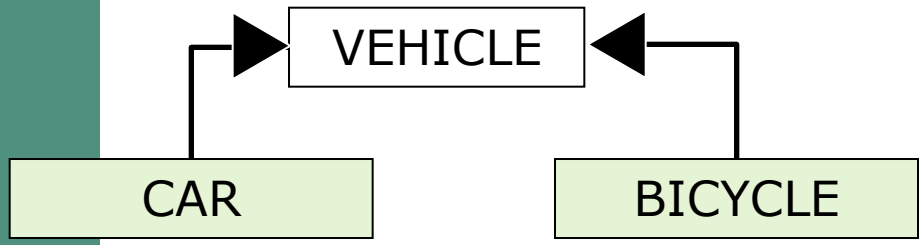
- אף כלי רכב אינו רק VEHICLE

- בראייה זו, אין זה מוגזם לדרוש ממחלקה מופשטת ניסוח תנאי קדם מופשט



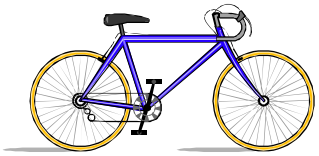
דוגמא

- 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 תידרס ותוגדר לפי מה שמתאים במחלקה האמורה
- בעצם המתודה go() היתה צריכה להיקרא "go_because_you_can()" וכך לא היתה כל הפתעה בתנאי הקדם "המוזר"



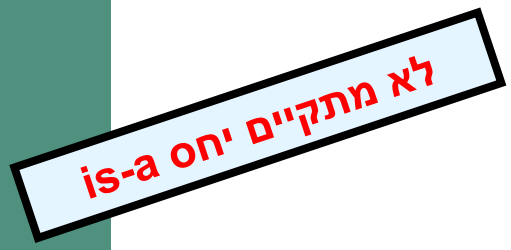
הורשה זה רע?

- הורשה היא מנגנון אשר חוסך קוד ספק
- פרט למנגנון הרב-צורתיות (polymorphism) הורשה היא סוכר תחבירי של הכלה ואינה הכרחית
  - במקום ש B יירש מ- A , ל- B יכולה להיות התכונה A (שדה)
- יחסי הורשה 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, האם יכולה להיות מכונית עם שני מנועים
- הורשה או מופע?
  - האם Washington 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 הורשה

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 **המשתמר** של Square צריך להכיל את `getLength()==getWidth()`
  - וברור כי `Rectangle` לא שומר על כך

אז אולי ריבוע יורש ממלבן ?

לא מתקיים עקרון ההחלפה!

- מתקיים יחס is-a (ריבוע הוא מלבן) אבל במימוש הספציפי הזה 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"

```
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 static void widen(Rectangle rect, double delta){
        rect.width += delta;
    }

    ...
}
```