

תוכנה 1 בשפת Java
שיעור מספר 7: "אמא יש רק אחת" (*)
(הורשה I)

(*) בהורשה

בית הספר למדעי המחשב
אוניברסיטת תל אביב



מה עשינו בינתיים?

■ בסיס – טיפוסים פרימיטיביים וטיפוסי הפניה (references).

■ מודל הזכרון (stack / heap)

■ הגדרת טיפוסים סטטית (בשונה מ Python).

```
int i = 9;
```

```
i = abc; // compilation error
```

■ עוזר למנוע טעויות בשלב הקומפילציה.

■ יעיל בזמן ריצה.

■ לא גמיש

■ הגדרת טיפוסים נתונים.

■ שדות מופע, פונקציות מופע, בנאים.

■ ניראויות.

■ הכמסה (encapsulation) - כל השירותים שמתייחסים לטיפוס מסויים

מוגדרים בתוכו, והמידע מוסתר מהמשתמשים.

מה עשינו בינתיים?

■ מנשקים.

■ מגדירים: מה אני יכולה לעשות?

■ מאפשרים פולימורפיזם

```
for(IShape iShape : shapes){  
    iShape.rotate(90);  
}
```

■ טיפוסים גנריים.

■ מחלקות פנימיות.

על סדר היום

- איטרטורים
- יחסים בין מחלקות
- ירושה כיחס is-a
- המחלקה Object

איטרטורים - תזכורת

Interface Iterable<T>

Type Parameters:

T - the type of elements returned by the iterator

Iterator<T>

iterator()

Returns an iterator over elements of type T.

Interface Iterator<E>

Type Parameters:

E - the type of elements returned by this iterator

boolean

hasNext()

Returns true if the iteration has more elements.

E

next()

Returns the next element in the iteration.

default void

remove()

Removes from the underlying collection the last element returned by this iterator (optional operation).

מדוע יש צורך בשני ממשקים?

■ הממשק Iterable

- מתאר את האובייקט עליו נרצה לעבור בלולאה (בד"כ אוסף כלשהו).
- משמעותו: ניתן לבצע על אובייקט זה מעבר באמצעות לולאת `for` `each`
- הממשק `Iterable` מכיר את הממשק `Iterator` ומחויב להשתמש בו.

■ הממשק Iterator

- מתאר אובייקט **שונה** מהאוסף עליו נרצה לעבור בלולאה.
- לכל אוסף ניתן להגדיר **מספר** איטרטורים, כל אחד יעבור בסדר\חוקיות אחרת
 - למשל, מהסוף להתחלה, בדילוגים, וכו'.
- בפרט, ניתן לכתוב `Iterator` לאובייקט שאינו `Iterable` (אם זה הגיוני, כמובן)

תקני MyListIterator

```
class MyListIterator<S> implements Iterator<S> {
```

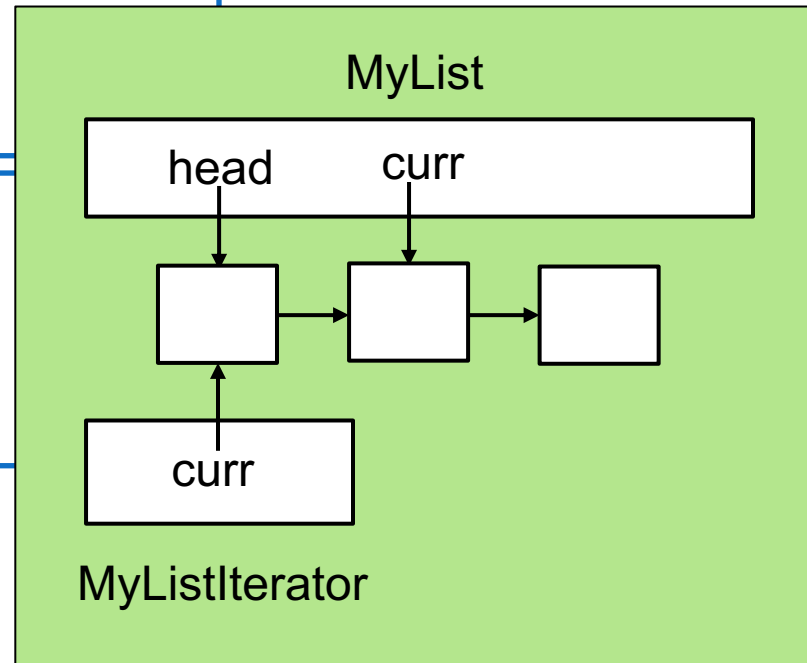
```
    private Cell<S> curr;
```

```
    public MyListIterator(Cell<S> cell) {  
        this.curr = cell;  
    }
```

```
    public boolean hasNext() {  
        return curr != null;  
    }
```

```
    public S next() {  
        S result = curr.getCont();  
        curr = curr.getNext();  
        return result;  
    }
```

```
}
```



MyList<T> מספקת איטרטור ללקוחותיה

```
public class MyList<T> implements Iterable<T> {  
    //...  
    public Iterator<T> iterator() {  
        return new MyListIterator<T>(head);  
    }  
}
```

■ מחלקות הממשות את המתודה `iterator()` בעצם מממשות את הממשק `Iterable<T>` המכיל מתודה זו בלבד

■ הצימוד בין `MyList` ו-`MyListIterator` חזק. על כן מקובל לממש את האיטרטור כמחלקה פנימית של האוסף שעליו הוא פועל

■ כעת הלקוח יכול לבצע פעולות על כל אברי הרשימה בלי לדעת מהו המבנה הפנימי שלה

printSquares

```
public void printSquares ( Iterable<Integer> ds )
{
    for (Iterator<Integer> iter = ds.iterator();
         iter.hasNext();) {
        int i = iter.next();
        System.out.println(i*i);
    }
}
```

Autounboxing

What is the output for:

```
System.out.println(iter.next()*iter.next());
```

(שמרו לכן על הפרדה בין פקודות לשאילתות)

■ הלקוח מדפיס את ריבועי אברי הרשימה בלי להשתמש בעובדה שזו אכן רשימה

■ טיפוס הארגומנט `MyList<Integer>` יכול להיות מוחלף בשם הממשק `Iterable<Integer>`, ואז הלקוח לא ידע אפילו את שמו של טיפוס מבנה הנתונים

for/in (foreach)

- לולאת for שמבצעת את אותה פעולה על כל אברי אוסף נתונים כלשהו כה שכיחה, עד שב Java 5.0 הוסיפו אותה לשפה בתחביר מיוחד (`for/in`)
- הקוד מהשקף הקודם שקול לקוד הבא:

```
public void printSquares (MyList<Integer> list) {  
    for (int i : list)  
        System.out.println(i*i);  
}
```

- יש לקרוא זאת כך:
"לכל איבר `i` מטיפוס `int` שבאוסף הנתונים `list`..."

■ אוסף הנתונים `list` חייב לממש את הממשק `Iterable`

Iterator

- נממש איטרטור פשוט שעובד על מערך של שלמים.
- מטרת האיטרטור – בהנתן חסם תחתון `lowerBound`, האיטרטור יחזיר רק את האיברים שגדולים או שווים לו.
- אבחנות:
 - אם במערך יש `k` איברים, יכול להיות שהאיטרטור יחזיר פחות מ `k` איברים.
 - החלק המורכב – כיצד נדע שאין יותר איברים הגדולים או שווים ל `lowerBound`?
 - אחרי מימוש האיטרטור נקבל נעשה בו שימוש באופן הבא:

```
int[] arr = {1,4,7,3,6,1};
Iterator<Integer> it = new MyIterator(arr, 2);
while(it.hasNext()){
    System.out.println(it.next());
}
```

```
public class MyIterator implements Iterator<Integer>{
    private int[] arr;
    private int lowerBound = 0;
    private int currPos = 0;
    private int lastValidIndex = -1;
```

```
    public MyIterator(int[] arr, int lowerBound){
        this.arr = arr;
        this.lowerBound = lowerBound;
        for (int i = arr.length-1; i >= 0; i--){
            if (arr[i] >= lowerBound){
                this.lastValidIndex = i;
                break;
            }
        }
    }
```

```
    public boolean hasNext() { return currPos <= lastValidIndex; }
```

```
    public Integer next() {
        while(arr[currPos] < lowerBound){ currPos++; }
        return arr[currPos++];
    }
```

```
}
```

```
int[] arr = {1,4,7,3,6,1};
Iterator<Integer> it = new MyIterator(arr, 2);
while(it.hasNext()){
    System.out.println(it.next());
}
```



ירושה

מלבן צבעוני

■ המשימה:

- נתון לנו המימוש של מלבן רגיל.
- נרצה לבנות מחלקה המייצגת מלבן צבעוני.
- כיצד נוכל לעשות שימוש במלבן הרגיל לשם מימוש המלבן הצבעוני?

■ נציג 3 גרסאות למחלקה, ונעמוד על היתרונות והחסרונות של כל גרסה

■ לבסוף, נתמקד בגרסה השלישית (המשתמשת במנגנון הירושה של Java) ונחקור דרכה את מנגנון הירושה



מלבן צבעוני

■ מימוש 1 – שכפול קוד.

■ אנחנו כבר יודעים שזה לא טוב.

```
package il.ac.tau.cs.software1.shapes;
```

```
public class ColoredRectangle1 {
```

```
    private Color col;
```

```
    private IPoint topRight;
```

```
    private IPoint bottomLeft;
```

```
    private PointFactory factory;
```

```
    /** constructor using points */
```

```
    public ColoredRectangle1 (IPoint bottomLeft, IPoint topRight,  
                              PointFactory factory, Color col) {
```

```
        this.bottomLeft = bottomLeft;
```

```
        this.topRight = topRight;
```

```
        this.factory = factory;
```

```
        this.col = col;
```

```
    }
```

```
    /** constructor using coordinates */
```

```
    public ColoredRectangle1 (double x1, double y1, double x2, double y2,  
                              PointFactory factory, Color col) {
```

```
        this.factory = factory;
```

```
        topRight = factory.createPoint(x1,y1);
```

```
        bottomLeft = factory.createPoint(x2,y2);
```

```
        this.col = col;
```

```
    }
```

נבנה את הקוד של ColoredRectangle1 על סמך הקוד של המחלקה Rectangle אותה ראינו בשבוע שעבר.

שאלות

```
/** returns a point representing the bottom-right corner of the rectangle*/  
public IPoint bottomRight() {  
    return factory.createPoint(topRight.x(), bottomLeft.y());  
}
```

```
/** returns a point representing the top-left corner of the rectangle*/  
public IPoint topLeft() {  
    return factory.createPoint(bottomLeft.x(), topRight.y());  
}
```

```
/** returns a point representing the top-right corner of the rectangle*/  
public IPoint topRight() {  
    return factory.createPoint(topRight.x(), topRight.y());  
}
```

```
/** returns a point representing the bottom-left corner of the rectangle*/  
public IPoint bottomLeft() {  
    return factory.createPoint(bottomLeft.x(), bottomLeft.y());  
}
```

שאלות

```
/** returns the horizontal length of the current rectangle */  
public double width(){  
    return topRight.x() - bottomLeft.x();  
}
```

```
/** returns the vertical length of the current rectangle */  
public double height(){  
    return topRight.y() - bottomLeft.y();  
}
```

```
/** returns the length of the diagonal of the current rectangle */  
public double diagonal(){  
    return topRight.distance(bottomLeft);  
}
```

```
/** returns the rectangle's color */  
public Color color() {  
    return col;  
}
```

פקודות

```
/** move the current rectangle by dx and dy */  
public void translate(double dx, double dy){  
    topRight.translate(dx, dy);  
    bottomLeft.translate(dx, dy);  
}
```

```
/** rotate the current rectangle by angle degrees with respect to (0,0) */  
public void rotate(double angle){  
    topRight.rotate(angle);  
    bottomLeft.rotate(angle);  
}
```

```
/** change the rectangle's color */  
public void setColor(Color c) {  
    col = c;  
}
```

```
/** returns a string representation of the rectangle */
```

```
public String toString(){  
    return "bottomRight=" + bottomRight() +  
        "\tbottomLeft=" + bottomLeft() +  
        "\ttopLeft=" + topLeft() +  
        "\ttopRight=" + topRight() ;  
    "\tcolor is: " + col ;  
}  
}
```

■ הקוד לעיל דומה מאוד לקוד שכבר ראינו

■ זהו שכפול קוד נוראי!

■ הספק צריך לתחזק קוד זה פעמיים

■ כאשר מתגלה באג, או כשנדרש שינוי (למשל rotate לא שומר על הפרופורציה של המלבן המקורי), יש לדאוג לתקנו בשני מקומות

■ הדבר נכון בכל סדר גודל: פונקציה, מחלקה, ספרייה, תוכנה, מערכת הפעלה וכו')

Just Do It

- בהינתן מחלקת המלבן שראינו בשיעורים הקודמים, ניתן לראות את המלבן הצבעוני כהתפתחות אבולוציונית של המחלקה
- ספק תוכנה מחויב כלפי לקוחותיו לתאימות אחורה (backward compatibility) – כלומר קוד שסופק ימשיך להיתמך (לעבוד) גם לאחר שיצאה גרסה חדשה של אותו הקוד
- הדבר מחייב ספקים להיות עקביים בשדרוגי התוכנה כדי להיות מסוגלים לתמוך במקביל בכמה גרסאות
- אחת הדרכים לעשות זאת היא ע"י שימוש חוזר בקוד באמצעות הכלה של מחלקות קיימות



מלבן צבעוני

- מימוש 1 – שכפול קוד.
 - אנחנו כבר יודעים שזה לא טוב.
- מימוש 2 – הכללה (aggregation).
 - המלבן הצבעוני יכול שדה מטיפוס מלבן רגיל.
 - בנוסף – שדה של צבע.
 - את רוב הפעולות של המלבן יבצע השדה שהוא המלבן הרגיל - האצלה (delegation)

```
package il.ac.tau.cs.software1.shapes;
```

```
public class ColoredRectangle2 {
```

```
    private Color col;
```

```
    private Rectangle rect;
```

```
    /** constructor using points */
```

```
    public ColoredRectangle2 (IPoint bottomLeft, IPoint topRight,  
                              PointFactory factory, Color col) {  
        this.rect = new Rectangle(bottomLeft, topRight, factory);  
        this.col = col;  
    }
```

```
    /** constructor using coordinates */
```

```
    public ColoredRectangle2 (double x1, double y1, double x2, double y2,  
                              PointFactory factory, Color col) {  
        this.rect = new Rectangle(x1, y1, x2, y2, factory);  
        this.col = col;  
    }
```

המחלקה ColoredRectangle2 תכיל שדה
מטיפוס Rectangle.

שאלות

```
/** returns a point representing the bottom-right corner of the rectangle*/  
public IPoint bottomRight() {  
    return rect.bottomRight();  
}
```

```
/** returns a point representing the top-left corner of the rectangle*/  
public IPoint topLeft() {  
    return rect.topLeft();  
}
```

```
/** returns a point representing the top-right corner of the rectangle*/  
public IPoint topRight() {  
    return rect.topRight();  
}
```

```
/** returns a point representing the bottom-left corner of the rectangle*/  
public IPoint bottomLeft() {  
    return rect.bottomLeft();  
}
```


שאלות

```
/** returns the horizontal length of the current rectangle */
```

```
public double width(){  
    return rect.width();  
}
```

```
/** returns the vertical length of the current rectangle */
```

```
public double height(){  
    return rect.height();  
}
```

```
/** returns the length of the diagonal of the current rectangle */
```

```
public double diagonal(){  
    return rect.diagonal();  
}
```

```
/** returns the rectangle's color */
```

```
public Color color() {  
    return col;  
}
```



פקודות

```
/** move the current rectangle by dx and dy */  
public void translate(double dx, double dy){  
    rect.translate(dx,dy);  
}
```

```
/** rotate the current rectangle by angle degrees with respect to  
(0,0) */  
public void rotate(double angle){  
    rect.rotate(angle);  
}
```

```
/** change the rectangle's color */  
public void setColor(Color c) {  
    col = c;  
}
```

```
/** returns a string representation of the rectangle */  
public String toString(){  
    return rect + "\tcolor is: " + col ;  
}  
}
```

■ המחלקה ColoredRectangle2 מכילה Rectangle כשדה שלה

■ המחלקה החדשה תומכת בכל שדותי המחלקה המקורית

■ פעולות שניתן היה לבצע על המלבן המקורי מופנות לשדה rect (האצלה)

■ הערה: בסביבות פיתוח מודרניות ניתן לחולל קוד זה בצורה אוטומטית!

■ נשים לב כי המתודה toString מוסיפה התנהגות למתודה toString של המלבן המקורי (הוספת הצבע)

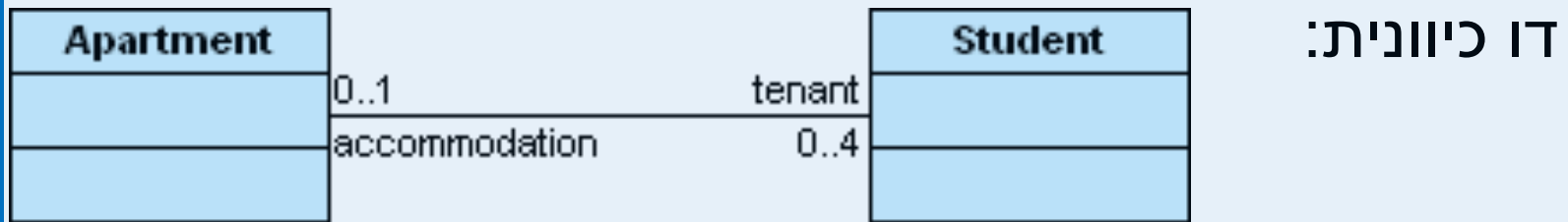
■ הבנאים של המחלקה החדשה קוראים לבנאים של המחלקה Rectangle

שימוש חוזר ותחזוקה

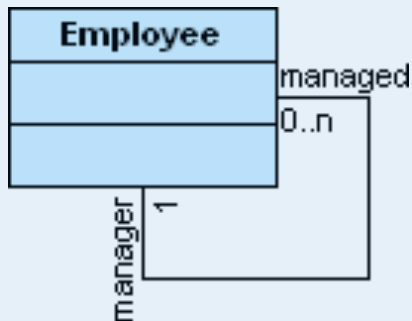
- כעת קל יותר לתחזק במקביל את שני המלבנים
- כל שינוי במחלקה Rectangle יתבטא **אוטומטית** במחלקה ColoredRectangle2 וכך ישדרג הן את קוד לקוחות Rectangle והן את קוד לקוחות ColoredRectangle2
 - זה כמעט נכון. אם נוסיף פונקציונליות חדשה ל Rectangle (למשל, השירות stretch), זה לא יתבטא אוטומטית ב ColoredRectangle2.
- העקביות בין שתי המחלקות **מובנית**
- ColoredRectangle2 הוא **לקוח** של Rectangle, ואולם נרצה לבטא יחס נוסף הקיים בין המחלקות
- ניזכר ביחסי המחלקות שבהם נתקלנו עד כה

יחסים בין מחלקות

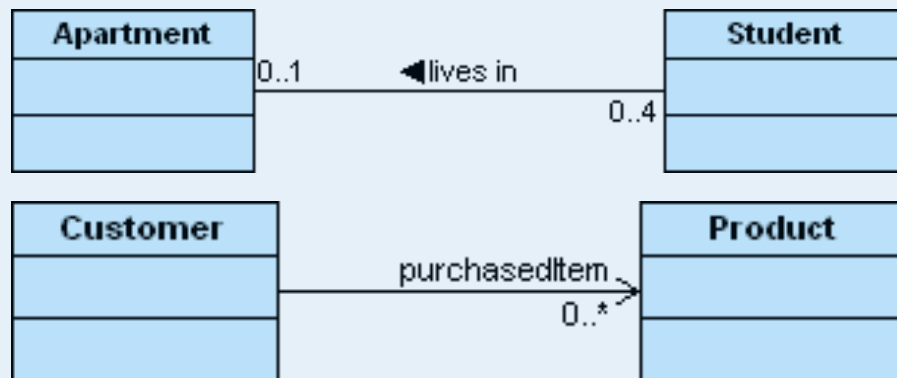
Association (הכרות, קשירות, שיתופיות)



רפלקסיבית:



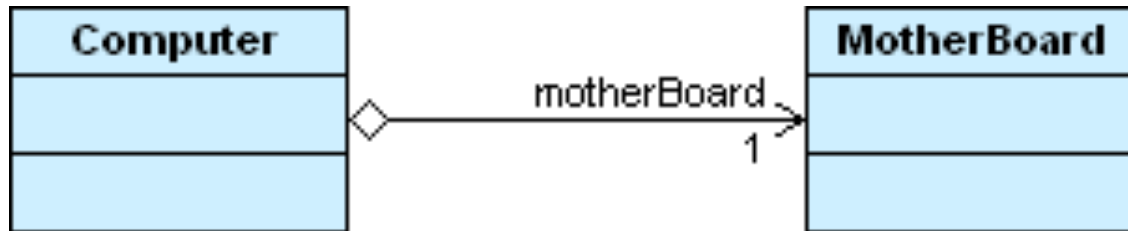
חד כיוונית:



יחסים בין מחלקות

Aggregation (מכלול)

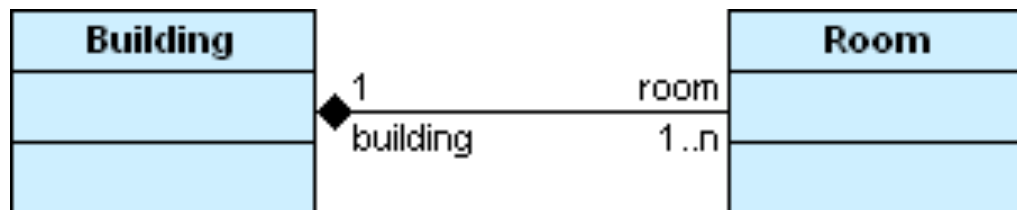
- סוג של Association המבטא הכלה - **Has A**
- החלקים עשויים להתקיים גם ללא המיכל
- המיכל מכיר את רכיביו אבל לא להיפך
- בדרך כלל ל- Collection יש יחס כזה עם רכיביו



יחסים בין מחלקות

Composition (הרכבה)

- מקרה פרטי של Aggregation שבו הרכיב תלוי במיכל (משך קיום למשל) – **Part of**
- בשיעור שעבר ראינו שניתן לבטא הרכבה ע"י שימוש בשדה מופע שטיפוסו הוא **מחלקה פנימית**, אולם זהו מקרה מאוד **קיצוני** של הרכבה (עם תלות הדוקה בין המחלקות)



Composition vs. Aggregation

- ההבדל בין יחסי הכלה ליחסי הרכבה הוא עדין
- ההבדל הוא קונספטואלי שכן היחס מתקיים בעולם האמיתי, ובשפת Java קשה לבטא אותו בשפת התכנות
- בין אותן שתי המחלקות יכולים להתקיים יחסים אחרים בהקשרים שונים

יחסים בין מחלקות - דיון

■ איך נמפה יחסי ספק-לקוח ל-3 היחסים לעיל?

■ מה היחס בין מלבן ונקודותיו (aggregation vs. composition)?

■ מה ההבדל ביחס שבין מלבן ונקודותיו ליחס שבין מלבן צבעוני ומלבן?

יחס is-a

כאשר מחלקה היא סוג של מחלקה אחרת, אנו אומרים שחל עליה היחס is-a

“class A is-a class B”

יחס זה נקרא גם Generalization

יחס זה אינו סימטרי

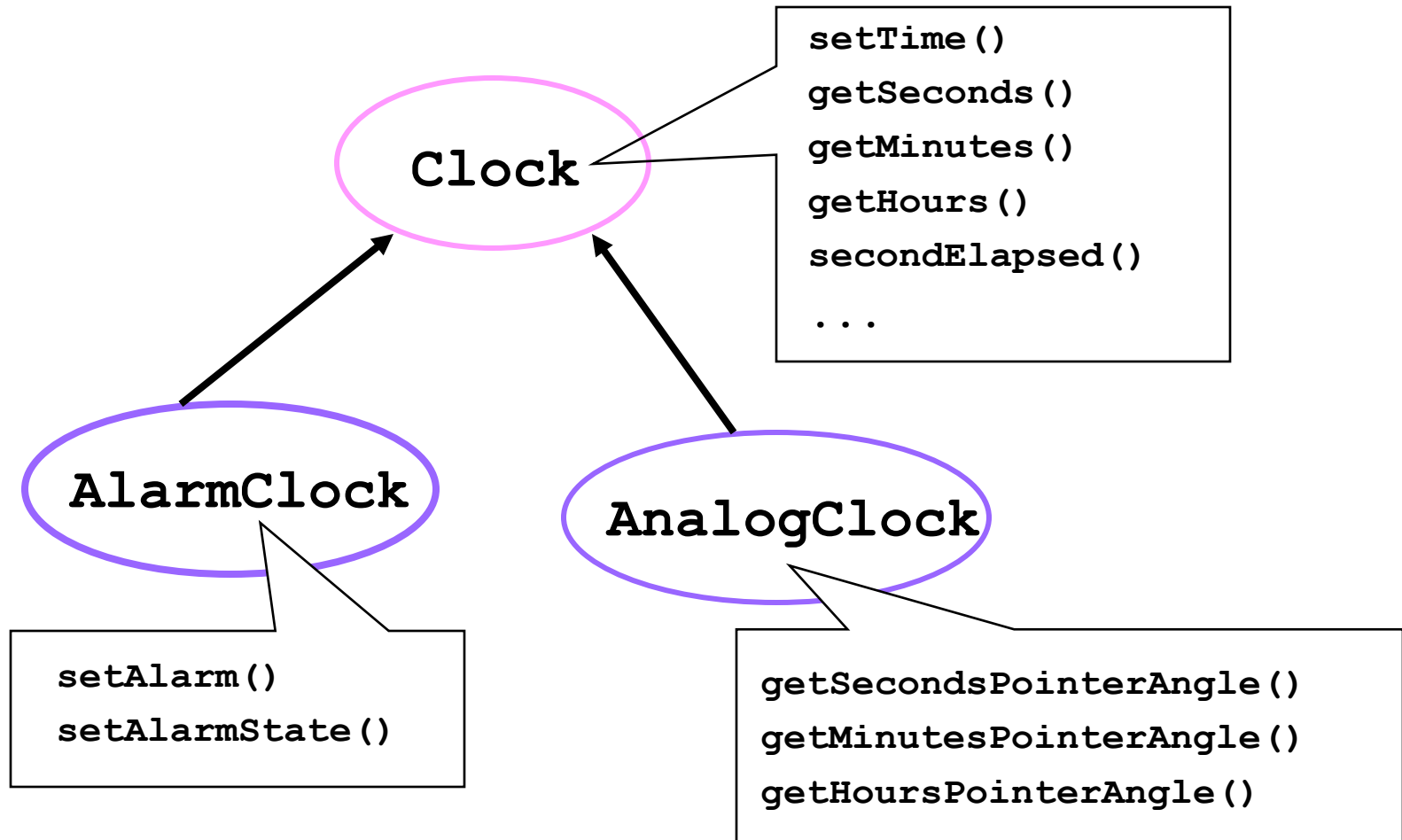
מלבן צבעוני הוא סוג של מלבן אבל לא להיפך

ניתן לראות במחלקה החדשה מקרה פרטי, סוג-מיוחד-של המחלקה המקורית

אם מתייחסים לקבוצת העצמים שהמחלקה מתארת, אז ניתן לראות שהקבוצה של המחלקה החדשה היא תת קבוצה של הקבוצה של המחלקה המקורית

בדרך כלל יהיו למחלקה החדשה תכונות ייחודיות, המאפיינות אותה, שלא באו לידי ביטוי במחלקה המקורית (או שבוטאו בה בכלליות)

Is-a Example



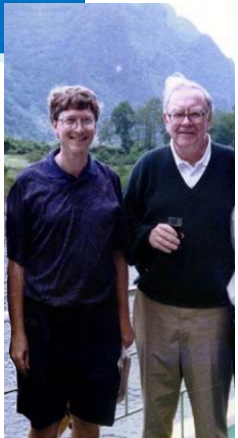
מנגנון הירושה (הורשה?)

■ Java מספקת תחביר מיוחד לבטא יחס is-a בין מחלקות (במקום הכללת המחלקה המקורית כשדה במחלקה החדשה)

■ המנגנון מאפשר שימוש חוזר ויכולת הרחבה של מחלקות קיימות

■ מחלקה אשר תכריז על עצמה שהיא **extends** מחלקה אחרת, תקבל במתנה (בירושה) את כל תכונות אותה מחלקה (כמעט) כאילו שהן תכונותיה שלה

■ כל מחלקה ב Java מרחיבה מחלקה אחת בדיוק (ואולי מממשת מנשקים (0 או יותר))



מלבן צבעוני

- מימוש 1 – שכפול קוד.
 - אנחנו כבר יודעים שזה לא טוב.
- מימוש 2 – הכללה (aggregation).
 - המלבן הצבעוני יכול שדה מטיפוס מלבן רגיל.
 - בנוסף – שדה של צבע.
 - את רוב הפעולות של המלבן יבצע השדה שהוא המלבן הרגיל - האצלה (delegation).
- מימוש 3 – ירושה.

ירושה מ Rectangle

```
package il.ac.tau.cs.software1.shapes;
```

```
public class ColoredRectangle3 extends Rectangle {  
    private Color col;  
    //...  
}
```

- המחלקה ColoredRectangle3 יורשת מהמחלקה Rectangle
- נוסף על השדות והשירותים של Rectangle היא מגדירה שדה נוסף - col

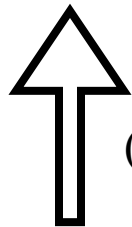
מונחי ירושה



Superman introduces Super-Girl to Lois Lane and Jimmy Olsen, 1958

Rectangle

```
public Rectangle(IPoint bottomLeft, IPoint topRight...)  
public double width()  
public double diagonal()  
public void translate(double dx, double dy)  
public void rotate(double angle)  
public IPoint bottomRight()  
...
```



קשר ירושה
ב-JAVA הרחבה (extension)

ColoredRectangle

```
public ColoredRectangle (IPoint bottomLeft, ...)  
public Color color()  
public void setColor(Color col)  
...
```

הורה
מחלקת בסיס (base)
מחלקת על (super class)

צאצא
מחלקה נגזרת (derived)
תת מחלקה (subclass)

בנאים במחלקות יורשות

- מחלקות נבנות מלמעלה למטה (מההורה הקדמון ביותר ומטה)
- השורה הראשונה בכל בנאי כוללת קריאה לבנאי מחלקת הבסיס בתחביר:
`super(constructorArgs)`
 - מדוע?
- אם לא נכתוב בעצמנו את הקריאה לבנאי מחלקת הבסיס יוסיף הקומפיילר בעצמו את השורה `super()`
 - במקרה זה, אם למחלקת הבסיס אין בנאי ריק נקבל **שגיאת קומפילציה**
- אפשרות נוספת לשורה הראשונה: קריאה לבנאי אחר של המחלקה היורשת באמצעות `this` (ראינו את התחביר הזה, הוא לא מיוחד לירושה).
- בעצם, זה לא סותר את הדרישה שהפעולה הראשונה שתבצע בפועל היא קריאה לבנאי של מחלקת הבסיס. מדוע?

בנאים במחלקות יורשות

```
/** constructor using points */  
public ColoredRectangle3(IPoint bottomLeft, IPoint topRight,  
                          PointFactory factory, Color col) {  
  
    super(bottomLeft, topRight, factory);  
    this.col = col;  
}
```

```
/** constructor using coordinates */  
public ColoredRectangle3(double x1, double y1, double x2, double y2,  
                          PointFactory factory, Color col) {  
  
    super(x1, y1, x2, y2, factory);  
    this.col = col;  
}
```

איך ניתן למנוע את שכפול
הקוד בין הבנאים?

הוספת שרותים

המחלקה היורשת יכולה להוסיף שרותים נוספים (מתודות) שלא הופיעו במחלקת הבסיס: ■

```
/** returns the rectangle's color */  
public Color color() {  
    return col;  
}
```

```
/** change the rectangle's color */  
public void setColor(Color c) {  
    col = c;  
}
```

האם שירותים סטטיים נרשמים?

```
public class Test {  
    public static void main(String[] args) {  
        A.func();  
        B.func();  
    }  
}
```

עובד, אבל לא נכון
קונספטואלית!

```
public class B extends A{  
}
```

```
public class A{  
    public static void func() {  
        System.out.println("This is a test!");  
    }  
}
```

בהמשך הקורס נראה ששירותים סטטיים
שנרשמים מתנהגים בצורה שונה משירותי
מופע שנרשמים.

דריסת שרותים (overriding)

- מחלקה יכולה לדרוס מתודה שהיא קיבלה בירושה
 - שיקולי יעילות
 - הוספת "תחומי אחריות"

■ על המחלקה היורשת להגדיר מתודה בשם זהה ובחתימה זהה למתודה שהתקבלה בירושה (אחרת זוהי העמסה ולא דריסה)

■ כדי להשתמש במתודה שנדרסה, ניתן להשתמש בתחביר:
`super.methodName(arguments)`

דריסת שרותים (overriding)

- המחלקה ColoredRectangle3 רוצה לדרוס את toString כדי להוסיף לה גם את הדפסת צבע המלבן
- כדי למנוע שכפול קוד היא משרשרת את תוצאת toString המקורית (שנדרסה) ללוגיקה החדשה

@Override

אופציונלי

```
public String toString() {  
    return super.toString() + "\tColor is " + col;  
}
```

מה יקרה אם
נמחק את המילה
? super

שימוש במלבן

```
package il.ac.tau.cs.software1.shapes;
```

```
public class Client {
```

```
    public static void main(String[] args) {
```

```
        IPoint tr = new PolarPoint(3.0, (1.0/4.0)*Math.PI); // theta now is 45 degrees
```

```
        IPoint bl = new CartesianPoint(1.0, 1.0);
```

```
        PointFactory factory = new PointFactory(); // or eg. (true,false)
```

```
        ColoredRectangle3 rect = new ColoredRectangle3(bl, tr, factory, Color.BLUE);
```

```
        rect.translate(10, 20);
```

```
        rect.setColor(Color.GREEN);
```

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

```
    }
```

```
}
```

המתודה translate נורשה מ Rectangle

המתודה setColor נוספה ב ColoredRectangle3

המתודה toString נדרסה ב ColoredRectangle3

עניין של ספקים

■ ירושה הוא מנגנון אשר בא לשרת את הספק

■ כל עוד המחלקה מממשת מנשק שהוגדר מראש, לא איכפת ללקוח (והוא גם לא יודע) עם מי הוא עובד

עקרון ההחלפה

(substitution principle)

- **עקרון ההחלפה** פירושו, שבכל הקשר שבו משתמשים במחלקה המקורית ניתן להשתמש במחלקה החדשה במקומה, והקוד יעבוד.
- נשתמש במנגנון הירושה רק כאשר המחלקה החדשה מקיימת יחס **is-a** עם מחלקה קיימת וכן נשמר **עקרון ההחלפה**
- אי שמירה על **שני עקרונות** אלו (יחס is-a ועקרון ההחלפה) מוביל לבעיות תחזוקה במערכות גדולות

פולימורפיזם וירושה

```
package il.ac.tau.cs.software1.shapes;
```

```
public class Client {
```

```
    public static void main(String[] args) {
```

```
        IPoint tr = new PolarPoint(3.0, (1.0/4.0)*Math.PI); // theta now is 45 degrees
```

```
        IPoint bl = new CartesianPoint(1.0, 1.0);
```

```
        PointFactory factory = new PointFactory(true, true);
```

```
        Rectangle rect = new ColoredRectangle3(bl, tr, factory, Color.BLUE);
```

```
        rect.translate(10, 20);
```

```
         rect.setColor(Color.GREEN); // Compilation Error
```

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

```
    }
```

```
}
```

סדר במינוחים - אנגלית תחילה

- static typing vs. dynamic typing:

- Java is statically typed:

```
String str; // str's type is always String.
```

- Python is dynamically typed:

```
str = "abc" # str is a String
```

```
str = [1,2,3] # now str is a list.
```

```
Rectangle r = new ColoredRectangle3(...);
```

Compile time type

Runtime type

טיפוס סטטי ודינמי

■ **טיפוס של עצם:** טיפוס הבנאי שלפיו נוצר העצם. טיפוס זה קבוע ואינו משתנה לאורך חיי העצם.

■ לגבי הפניות (references) לעצמים מבחינים בין:

■ **טיפוס סטטי (טיפוס זמן קומפילציה):** הטיפוס שהוגדר בהכרזה על ההפניה (יכול להיות מנשק או מחלקה).

■ **הטיפוס הדינאמי (טיפוס זמן ריצה):** טיפוס העצם המוצבע

■ הטיפוס הדינאמי חייב להיות נגזרת של הטיפוס הסטטי

```
Rectangle r = new ColoredRectangle3 (...);
```

הטיפוס הסטטי של ההפניה

טיפוס העצם

הטיפוס הדינמי של ההפניה

טיפוס סטטי ודינמי

■ הקומפיילר הוא סטטי:

- שמרן, קונסרבטיבי
- הפעלת שרות על הפנייה מחייב את הגדרת השרות בטיפוס הסטטי של ההפניה

■ מנגנון זמן הריצה הוא דינאמי:

- פולימורפי, וירטואלי, dynamic dispatch
- השרות שיופעל בזמן ריצה הוא השרות שהוגדר בעצם המוצבע בפועל (הטיפוס הדינאמי של ההפניה)

```
Rectangle r = new ColoredRectangle3(...);
```

הטיפוס הסטטי של ההפניה

טיפוס העצם

הטיפוס הדינמי של ההפניה

טיפוס סטטי ודינמי של הפניות

```
void expectRectangle(Rectangle r);  
void expectColoredRectangle(ColoredRectangle3 cr);
```

```
void bar() {  
    Rectangle r = new Rectangle(...);  
    ColoredRectangle3 cr = new  
    ColoredRectangle3(...);
```

```
✓ r = cr;  
✓ expectColoredRectangle(cr);  
✓ expectRectangle(cr);  
✓ expectRectangle(r);  
✗ expectColoredRectangle(r);  
}
```

הטיפוס **הסטטי** של r נשאר
.Rectangle
הטיפוס **הדינמי** של r הופך
להיות ColoredRectangle3.

למרות שהטיפוס **הדינמי** של r הוא
ColoredRectangle3, אנחנו מקבלים שגיאת קומפילציה

טיפוס סטטי

■ טיפוס סטטי של משתנה צריך להיות הכללי ביותר
האפשרי בהקשר שבו הוא מופיע

■ עדיף **מנשק**, אם קיים

■ מחלקה המרחיבה מחלקה אחרת מממשת אוטומטית
את כל המנשקים שמומשו במחלקת הבסיס

■ כלומר ניתן להעביר אותה בכל מקום שבו ניתן היה
להעביר את אותם המנשקים

ניראות וירשה

- מה אם המחלקה ColoredRectangle3 מעוניינת לממש מחדש את המתודה toString (ולא להשתמש במימוש הקודם כקופסא שחורה) רק כתרגיל – זה לא רצוי ולא נחוץ ■

■ קירוב ראשון:

```
/** returns a string representation of the rectangle */  
public String toString()  
    return "bottomRight is " + bottomRight() +  
        "\tbottomLeft is " + bottomLeft +  
        "\ttopLeft is " + topLeft() +  
        "\ttopRight is " + topRight +  
        "\tcolor is: " + col ;  
}
```

השדות הוגדרו ב Rectangle כ private ועל כן הגישה אליהם אסורה

ניראות וירשה

- על אף שהמחלקה `ColoredRectangle3` יורשת מהמחלקה `Rectangle` (ואף מכילה אותה!) אין לה הרשאת גישה לשדותיה הפרטיים של `Rectangle`
- כדי לגשת למידע זה עליה לפנות דרך המתודות הציבוריות:

```
/** returns a string representation of the rectangle */  
public String toString(){  
    return "bottomRight is " + bottomRight() +  
        "\tbottomLeft is " + bottomLeft() +  
        "\ttopLeft is " + topLeft() +  
        "\ttopRight is " + topRight() +  
        "\tcolor is: " + col ;  
}
```


ניראות וירוסה

- קיימים כמה חסרונות בגישה של מחלקה יורשת לתכונותיה הפרטיות של מחלקת הבסיס בעזרת מתודות ציבוריות:

- יעילות

- סרבול קוד

- לשם כך הוגדרה דרגת ניראות חדשה – **protected**

- שדות שהוגדרו כ **protected** מאפשרים גישה מתוך:

- המחלקה המגדירה, מחלקות נגזרת (יורשת), מחלקות באותה החבילה.

- בשפות מונחות עצמים אחרות **protected** אינה כוללת מחלקות באותה החבילה

```
package il.ac.tau.cs.software1.shapes;
```

```
public class Rectangle {
```

```
    protected IPoint topRight;
```

```
    protected IPoint bottomLeft;
```

```
    private PointFactory factory;
```

```
    //...
```

```
}
```

```
package il.ac.tau.cs.software1.otherPackage;
```

```
public class ColoredRectangle3 extends Rectangle {
```

```
    ...
```

```
    /** returns a string representation of the rectangle */
```

```
    public String toString(){
```

```
        return "bottomRight is " + bottomRight() +
```

```
            "\tbottomLeft is " + bottomLeft +
```

```
            "\ttopLeft is " + topLeft() +
```

```
            "\ttopRight is " + topRight +
```

```
            "\tcolor is: " + col ;
```

```
    }
```

```
}
```

ניראות וירחשה

Modifier:	Accessed by class where member is defined	Accessed by Package Members	Accessed by Sub-classes	Accessed by all other classes
Private	Yes	No	No	No
Package (default)	Yes	Yes	No (unless sub-class happens to be in same package)	No
Protected	Yes	Yes	Yes (even if sub-class & super-class are in different packages)	No
Public	Yes	Yes	Yes	Yes

private vs. protected

- יש מתכנתים שטוענים כי ניראות **private** סותרת את רוח ה OO וכי לו היתה ב Java ניראות **protected** אמיתית (ללא package) היה צריך להשתמש בה במקום **private** תמיד
- אחרים טוענים ההיפך
- שתי הגישות מקובלות ולשתיהן נימוקים טובים
- הבחירה בין שתי הגישות היא פרגמטית ותלויה בסיטואציה

private **VS.** protected

protected בעד

■ **coloredRectangle3 is a Rectangle**, הוא

עומד ב"מבחן ההחלפה" ולכן לא הגיוני שלא יהיו לו

אותן הזכויות.



private vs. protected

בעד private:

- כשם שאנו מסתירים מלקוחותינו את המימוש כדי להגן על שלמות המידע עלינו להסתיר זאת גם מצאצאנו
- איננו מכירים את יורשנו כפי שאיננו מכירים את לקוחותינו
- צאצא עם עודף כוח עלול להפר את חוזה מחלקת הבסיס, להעביר את עצמו ללקוח המצפה לקבל את אביו ולשבור את התוכנה



מניעת ירושה

- מתודה שהוגדרה כ **final** לא ניתנת לדריסה במחלקות נגזרת
- ממחלקה שהוגדרה כ **final** לא ניתנת לירושה
- דוגמא: המחלקה String היא **final**. מדוע?

```
public final class String {  
    ...  
}
```

```
public class MyString extends String{  
    ...  
}
```

שגיאת קומפילציה

הגבלה באמצעות sealed

- נכנס ב Java17.
- מאפשר למנשקים או מחלקות לקבוע מי המחלקות שמרחיבות אותם.
- לפני שהיו sealed classes, ניתן היה למנוע ירושה לחלוטין (final) או להשתמש בבנאים שהם בניראות private/package על מנת להגביל את המחלקות המרחיבות.
- **תזכורת** – מחלקה יורשת חייבת לעשות שימוש בבנאי של מחלקת הבסיס, ולכן הוא חייב להיות נגיש לה מבחינת ניראות.
- הבעיה בגישה הזו: לפעמים אנחנו רוצים לתת למשתמשים אופציה לעשות שימוש במחלקת הבסיס, כולל קריאה לבנאי שלה, ועדין למנוע ירושה. השימוש בבנאי בניראות פרטית הוא טוב כשמחלקת הבסיס מכילה קוד משותף ואין לה משמעות בפני עצמה, אבל הוא פחות טוב כשנרצה לעשות בה שימוש דומה למחלקות שמרחיבות אותה.

דוגמת שימוש ב sealed

```
public sealed interface IShape permits Rectangle,  
Triangle, Hexagon{  
}
```

מחלקה\ממשק שהם **sealed** חייבים להגדיר את כל
המחלקות שמרחיבות אותם ע"י **permits**

מחלקה אשר מממשת מ
חייבת להיות מוגדרת ע"

```
public final class Rectangle implements IShape{}
```

```
public sealed class Triangle implements IShape permits  
ColoredRectangle, RightTriangle {}
```

יוגדרו גם כן ע"י אחד מ:
final, sealed, non-sealed

```
public non-sealed class Hexagon implements IShape{}
```

כולם יורשים מ Object

■ אמרנו קודם כי כל מחלקה ב Java יורשת ממחלקה אחת בדיוק. ומה אם הגדרת המחלקה לא כוללת פסוקית `extends` ?

■ במקרה זה מוסיף הקומפיילר במקומו את הפסוקית `extends Object`

```
public class Rectangle {
```

```
...
```

```
}
```

```
public class Rectangle extends java.lang.Object {
```

```
...
```

```
}
```

כולם יורשים מ Object

■ המחלקה Object מהווה בסיס לכל המחלקות ב Java (אולי בצורה טרנזיטיבית) ומכילה מספר שרותים בסיסיים שכל מחלקה צריכה (?)

■ חלק מהמתודות קשורות לתכנות מרובה חוטים (multithreaded programming) וילמדו בקורסים מתקדמים

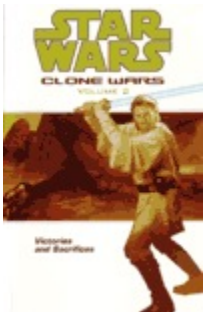
כולם יורשים מ Object

Modifier and Type	Method and Description
protected Object	clone() Creates and returns a copy of this object.
boolean	equals(Object obj) Indicates whether some other object is "equal to" this one.
protected void	finalize() Called by the garbage collector on an object when garbage collection determines that there are no more references to the object.
Class<?>	getClass() Returns the runtime class of this Object.
int	hashCode() Returns a hash code value for the object.
String	toString() Returns a string representation of the object.

(* בעמודת ה modifier, אם לא מצוין אחרת, הנראות היא public

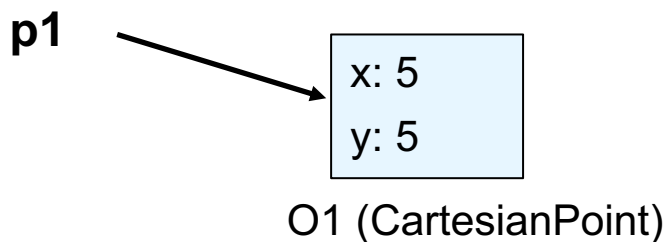
שיבוט והשוואה

- `clone` - הינה פעולה אשר יוצרת עותק זהה לזה של העצם המשובט ומחזירה מצביע אליו
- לא מובטח כי מימוש ברירת המחדל יעבוד אם העצם המבוקש אינו `implements Cloneable`
- `equals` – בד"כ מבטאת השוואה בין שני עצמים שדה-שדה.
- מימוש ברירת המחדל של `Object`: ע"י האופרטור `'=='` (השוואת הפניות)
- בהקשר הזה ניתן לדבר על `deep equals` , ו- `deep clone`



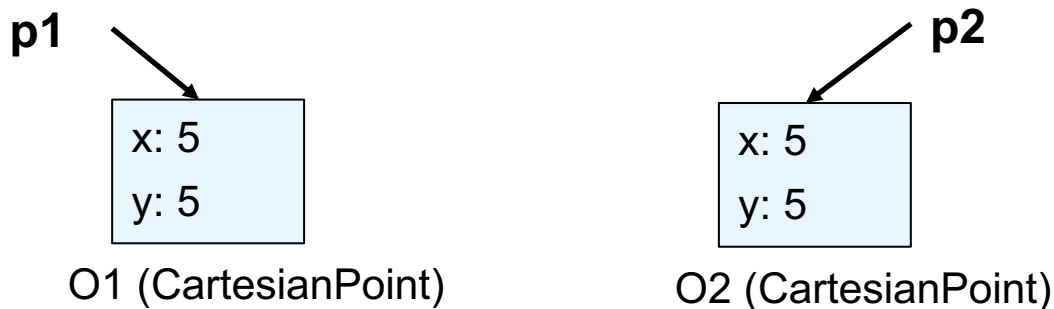
שיבוט עצמים

לפני:



```
IPoint p2 = p1.clone()
```

אחרי



מייצרת אובייקט חדש! clone פעולת ה



מימוש של clone

לא חובה לציין את מימוש המנשק Cloneable (למה לא?), אבל כאן אנו עושים זאת משיקולי קריאות הקוד.

```
public class CartesianPoint implements IPoint, Cloneable{
```

```
    // previous code
```

```
    @Override
```

```
    protected Object clone() {
```

```
        return new CartesianPoint(this.x, this.y);
```

```
    }
```

```
}
```

המתודה clone מייצרת אובייקט חדש באמצעות קריאה לבנאי של CartesianPoint

שיבוט רדוד ושיבוט עמוק

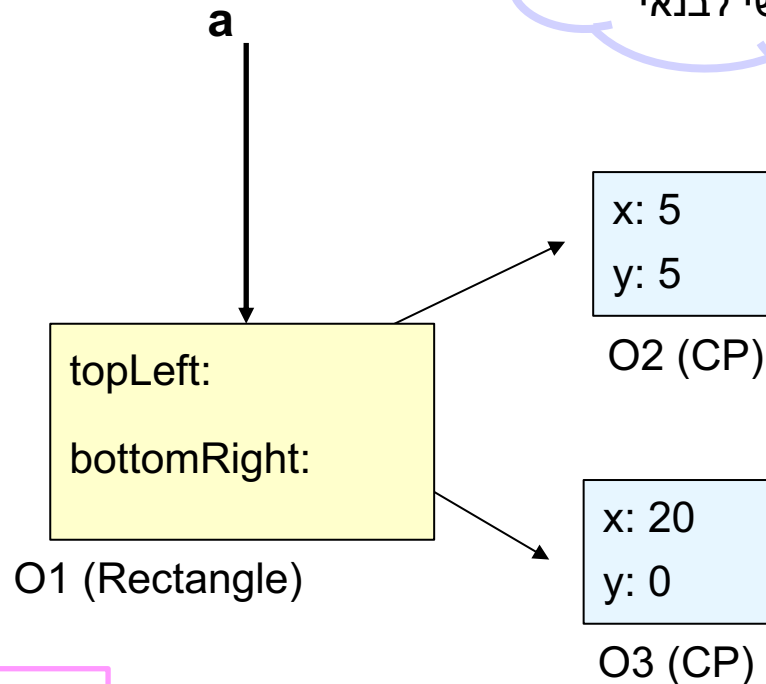
- Deep cloning and shallow cloning
- נדון בסוגיית שכפול עצמים באמצעות הדוגמא של המחלקה `.Rectangle`
- כזכור, לאובייקט מטיפוס `Rectangle` יש שני שדות מטיפוס `.IPoint`

שיבוט רדוד ושיבוט עמוק

```
IPoint tr = new CartesianPoint(5.0, 10.0);  
IPoint bl = new CartesianPoint(20.0, 0.0);  
Rectangle a = new Rectangle(bl, tr);
```

לצורך פישוט הדוגמא
התעלמנו מה
שהיה אמור להיות
הפרמטר השלישי לבנאי

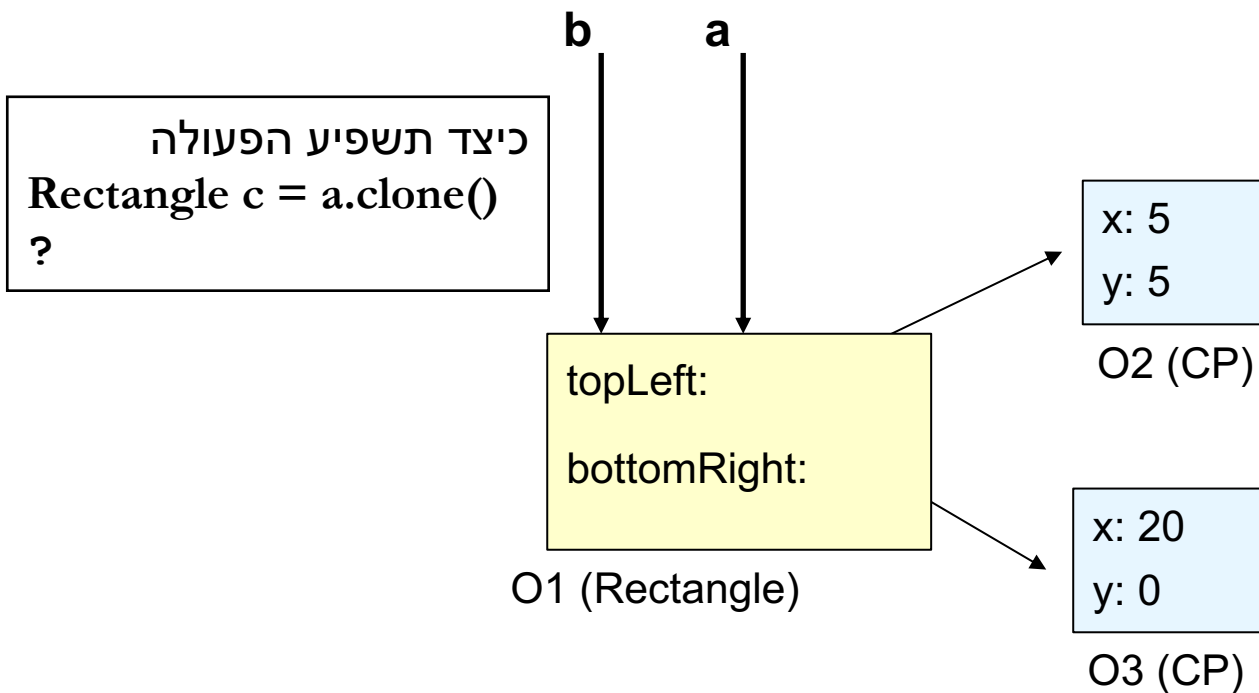
כיצד תשפיע הפעולה
`Rectangle b = a`
?



(*) CartesianPoint הוא קיצור ל CP

שיבוט רדוד ושיבוט עמוק

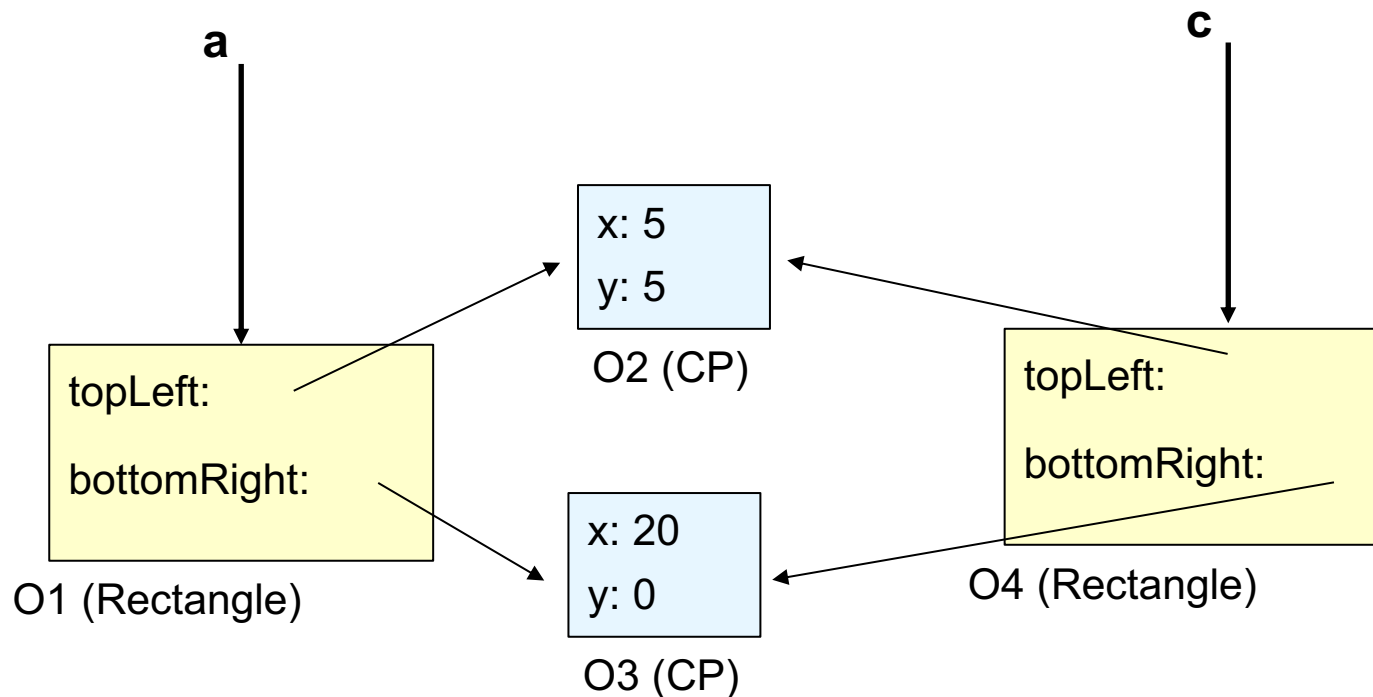
```
IPoint tr = new CartesianPoint(5.0, 10.0);  
IPoint bl = new CartesianPoint(20.0, 0.0);  
Rectangle a = new Rectangle(bl, tr);
```



שיבוט רדוד ושיבוט עמוק

```
IPoint tr = new CartesianPoint(5.0, 10.0);  
IPoint bl = new CartesianPoint(20.0, 0.0);  
Rectangle a = new Rectangle(bl, tr);
```

כיצד תשפיע הפעולה
`Rectangle d = a.deep_clone()`
?



שיבוט רדוד ושיבוט עמוק

```
IPoint tr = new CartesianPoint(5.0, 10.0);  
IPoint bl = new CartesianPoint(20.0, 0.0);  
Rectangle a = new Rectangle(bl, tr);
```

`deep_clone()` אינה מתודה סטנדרטית של `Object`. בחלק מן המקרים נממש את `clone` במובן עמוק (רקורסיבי) ולפעמים במובן רדוד

