

# תוכנה 1 בשפת Java

## שיעור מספר 5: מנשקים תחילה

בית הספר למדעי המחשב  
אוניברסיטת תל אביב

# על סדר היום

---

- ממשקים תחילה (Interfaces)
- על הקיבעון (Mutability)
- רב-צורתיות (Polymorphism)
- תבנית עיצוב המפעל (Factory Design Pattern)

# מנשק תחילה

- כדי לתקשר בין הספק והלקוח עליהם להגדיר מנשק (interface, ממשק) ביניהם
- בתהליך פיתוח תוכנה תקין, כתיבת המנשק תעשה בתחילת תהליך הפיתוח
- כל מודול מגדיר מהם השרותים אותם הוא מספק ע"י ניסוח מנשק מוסכם, בתאום עם לקוחות המודול
- מנשק זה מהווה בסיס לכתיבת הקוד הן בצד הספק, שיממש את הפונקציות הדרושות והן בצד הלקוח, שמשתמש בפונקציות (קורא להן) ללא תלות במימוש שלהן

# יצירת ממשק בעזרת תיעוד

## בצד הלקוח

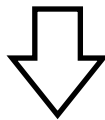
### Class Supplier

```
java.lang.Object  
└─ Supplier
```

### Method Summary

```
static void do_something()  
    Documentation for do_something goes here...
```

משתמש בפונקציות  
לפי הממשק



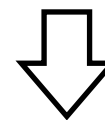
```
public static void main(String [] args) {  
    Supplier.do_something();  
}
```

Client.java

## בצד הספק

Supplier.html

מממש ע"פ הממשק  
את הפונקציות



```
public static void do_something() {  
    // doing...  
}
```

Supplier.java

# מנשקים C ו- Java

- ניתוח והבנה של מערכת תוכנה במונחי ספק-לקוח והמנשקים ביניהם היא אבן יסוד בכתיבת תוכנה מודרנית
- בשפת C המנשק מושג ע"י שימוש בקובצי כותרת (.h) ואינו מתבטא בשפת התכנות, ה pre-processor הוא זה שיוצר אותו, ועל המתכנת לאכוף את עיקביותו
- בשפת Java ניתן להגדיר מנשק ע"י שימוש בקובצי תיעוד (בעזרת javadoc) ואולם ניתן לבטא את המנשק גם כרכיב בשפה אשר המהדר אוכף את עקביותו
- למתכנתי C:
  - ב- Java אין קובצי כותרת (header files)
  - ב- Java אין צורך להצהיר על פונקציות לפני השימוש בהן

# מנשקים (interfaces)

- המנשק הוא מבנה תחבירי בשפה (בדומה למחלקה) המייצג טיפוס נתונים מופשט
- המנשק מכיל הצהרות על שרותים ציבוריים שיהיו לטיפוס, כלומר הוא מכיל את חתימת השרותים בלבד – ללא מימושם (\*)
- מכיוון שב Java המנשק הוא רכיב בשפת התכנות ועקביותו נאכפת ע"י המהדר, אנו מקבלים את היתרונות הבאים:
  - גמישות בקוד הלקוח (התלוי במנשק בלבד)
  - חופש פעולה מוגדר היטב עבור הספק למימוש המנשק

\*כמעט נכון, למעט תוספות שנוספו בגירסא Java 8

# מנשקים וירושה

- לדעתנו, אין לראות במנשקים כחלק ממנגנון הירושה של Java
- בקורסי Java רבים מוצג המנשק כמקרה פרטי של abstract class (נושא שילמד בהמשך הקורס) ואולם לדעתנו הקשר זה הוא טכני בלבד
- אנו נלמד מנשקים בהקשר של תיכון מערכת תוכנה על פי יחסיי ספק-לקוח
- בהקשר זה, נעמוד על חשיבותו של המנשק בהפחתת התלות בין הרכיבים השונים במערכת

# מוטיבציה: מנשק עבור Point

■ בעת עבודה על מערכת תוכנה, הוחלט שהמערכת תכלול (בין השאר) את הרכיבים Point ו- Rectangle

■ רכיבים אלו ימומשו כמחלקות בשפת Java ע"י מפתחים שונים בצוות

■ לפני תחילת העבודה יש לקבוע מנשק מוסכם למחלקה Point שיקרא IPoint



# הגדרת מנשקים

- המנשק מכיל את השרותים הציבוריים (public methods) שתספק המחלקה המבוקשת (לא בהכרח את כולם)
- המנשק אינו מכיל שרותים שאינם ציבוריים ואינו מכיל שדות מופע (גם לא שדות מופע שהם public)
- המנשק אינו מכיל בנאים
- בשפת Java אין צורך לציין את המתודות של interface כ public אולם אנו עושים זאת לצורך בהירות
- החל מ Java 8:
  - מתודות סטטיות
  - מתודות דיפולטיות

# הגדרת ממשק לדוגמא

```
public interface MyInterface{  
    int i = 0;  
    public static final int j = 0;  
  
    void func1();  
    public abstract void func2();  
}
```

ההגדרה של `i` ו `j` שקולה: בשני המקרים מדובר בשדות גלובליים קבועים (`public static` ) (`final`)

ההגדרה של הפונקציות `func1` ו `func2` שקולה: בשני המקרים מדובר בהצהרות על שתי פונקציות בנראות `public` שלהן לא ניתן מימוש (`abstract`).

# הגדרת ממשק לדוגמא

```
public interface MyInterface{
    int i = 0;
    public static final int j = 0;

    void func1();
    public abstract void func2();

    static void printI(){
        System.out.println(i);
    }
}
```

ניתן להגדיר שירותי מחלקה (פונקציות סטטיות). הנראות של שירותים אלה היא תמיד `public`, גם אם זה לא צוין מפורשות

# הגדרת ממשק לדוגמא

```
public interface MyInterface{
    int i = 0;
    public static final int j = 0;

    void func1();
    public abstract void func2();

    static void printI(){
        System.out.println(i);
    }

    default void defaultFunc(){
        func1();
    }
}
```

שירות מופע שהוא default הוא שירות הממומש בתוך הממשק. זוהי תוספת של Java 8 שבמידה מסוימת מהווה סתירה לקונספט המקורי של ממשק. למרות זאת, הכוח של שירותי default הוא מוגבל כיוון שאין להם גישה לשדות מופע הקיימים במימושים הקונקרטיים.

# IPoint

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

```
public interface IPoint {
```

```
    /** returns the x coordinate of the current point*/
```

```
    public double x();
```

```
    /** returns the y coordinate of the current point*/
```

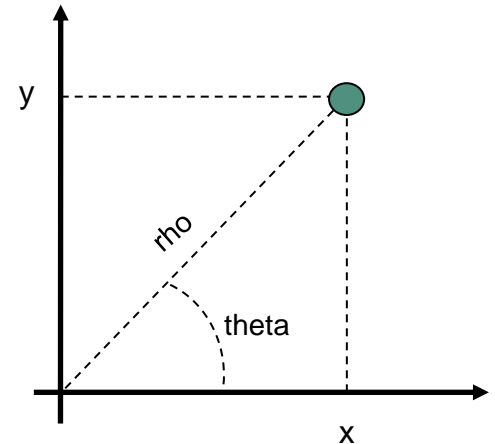
```
    public double y();
```

```
    /** returns the distance between the current point and (0,0) */
```

```
    public double rho();
```

```
    /** returns the angle between the current point and the abscissa */
```

```
    public double theta();
```

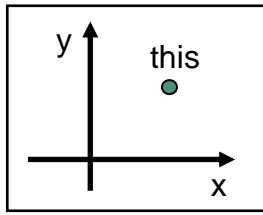


```
/** returns the distance between the current point and other */  
public double distance(IPoint other);  
  
/** returns a point that is symmetrical to the current point  
 * with respect to X axis */  
public IPoint symmetricalX();  
  
/** returns a point that is symmetrical to the current point  
 * with respect to Y axis */  
public IPoint symmetricalY();  
  
/** returns a string representation of the current point */  
public String toString();  
  
/** move the current point by dx and dy */  
public void translate(double dx, double dy);  
  
/** rotate the current point by angle degrees with respect to (0,0) */  
public void rotate(double angle);  
}
```

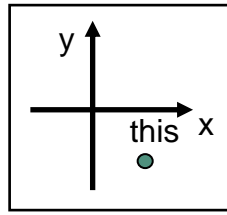
# המנשק והחוזה

- המנשק הוא המקום האידאלי להגדרת חוזה ומצב מופשט לטיפוס נתונים
- מכיוון שמבנה הנתונים טרם נכתב, אין חשש שפרטי מימוש "ידלפו" למפרט
- נתאר את המצב המופשט של `IPoint` בעזרת **תרשים**, כדי להדגים כי תיאור מופשט לא **חייב** להיות מבוטא בעזרת נוסחאות (אף על פי שבדרך כלל זו הדרך הנוחה ביותר)
- כמו כן, נציג חלוקה של **השאלות** לשני סוגים: **צופות**, ו**מפיקות**

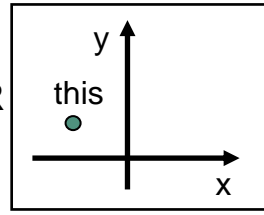
```
/** @abst
 */
```



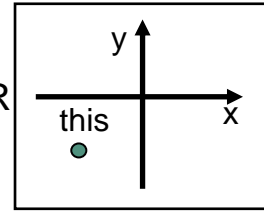
OR



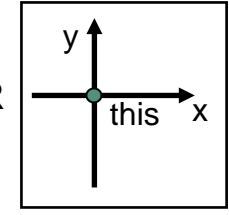
OR



OR



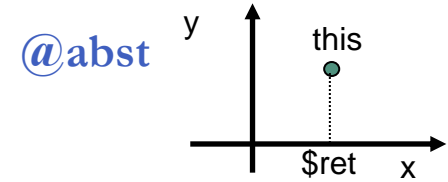
OR



```
public interface IPoint {
```

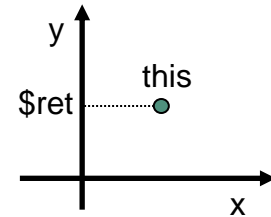
```
/** returns the x coordinate of the current point
 */
```

```
public double x();
```



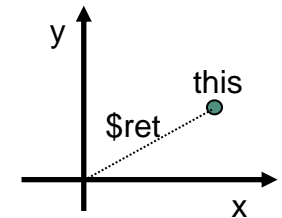
```
/** returns the y coordinate of the current point @abst
 */
```

```
public double y();
```



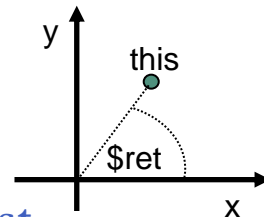
```
/** returns the distance between the current point and (0,0) @abst
 */
```

```
public double rho();
```



```
/** returns the angle between the current point and the abscissa @abst
 */
```

```
public double theta();
```



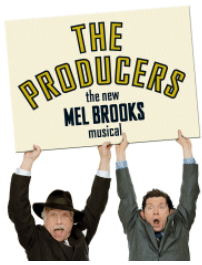


# תרשימים ותיעוד

- הגדרת מפרט בעזרת תרשימים מעלה מספר קשיים. למשל, היא מקשה על שילוב המפרט בגוף הקוד
- סוגיית הטכנולוגיה יכולה להיפתר בכמה דרכים. למשל:

```
/**  
  ^  
  | *  
  | /  
  | /  
----->  
  | $ret  
  
*/  
public double x();
```

- אפשרות אחרת היא שילוב התמונות בגוף הערות ה javadoc אשר תומך ב HTML



# הצופים והצופות



■ השאילתות (queries)  $x()$ ,  $y()$ ,  $\rho()$ ,  $\theta()$  הן צופות (observers)

■ הן מחזירות חיווי כלשהו על העצם שאותו הן מתארות

■ הערך המוחזר אינו מהטיפוס שעליו הן פועלות

■ קיימות שאילתות אחרות המכונות מפיקות (producers):

■ הן מחזירות עצם מהטיפוס שעליו הן פועלות

■ הן לא משנות את העצם הנוכחי

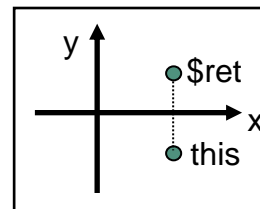
■ לדוגמא, פעולת ה'+ לא משנה את הארגומנט שעליו היא פועלת:

```
int x = 1
```

```
int y = x + 2;
```

**/\*\*** returns a point that is symmetrical to the current point  
**\*** with respect to **X** axis **\*/**

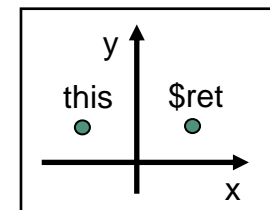
**public** IPoint symmetricalX();



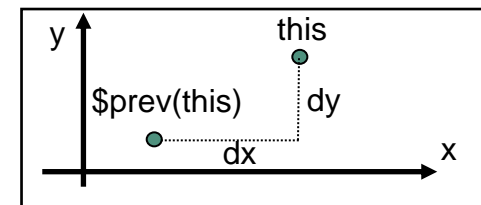
**/\*\*** returns a point that is symmetrical to the current point  
**\*** with respect to **Y** axis **\*/**

**public** IPoint symmetricalY();

מפיקות



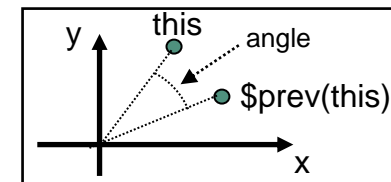
**/\*\*** move the current point by dx and dy **\*/**  
**public** void translate(**double** dx, **double** dy);



**/\*\*** rotate the current point by angle degrees with respect  
**\*** to (0,0) **\*/**

**public** void rotate(**double** angle);

פקודות



# לקוחות של מנשק

- בהמשך השיעור נציג שלושה מימושים שונים למנשק IPoint
- ואולם כבר כעת יכול כותב המחלקה Rectangle, שהוא לקוח של המנשק IPoint, לכתוב את קוד הלקוח (כמעט) במלואו ללא תלות במימוש הספציפי
- הערה: גם כותב המחלקה Rectangle יכול היה להגדיר מנשק (אולי IRectangle) לשימוש מחלקות אחרות, ואולם כדי לפשט את הדוגמא נציג ישר את המחלקה (ונתחרט על כך אחר כך...)

# האצלה



- כתיבה נכונה של שרותי המלבן תעשה שימוש בשירותי נקודה
- כל פעולה/שאילתה על מלבן "תיתרגם" לפעולות/שאילתות על קודקודיו
- הדבר יוצר את ההכמסה וההפשטה (encapsulation and abstraction) המאפיינות תוכנה מונחית עצמים
- הרקורסיביות הזו (רדוקציה) נקראת האצלה (delegation) או פעפוע (propagation)

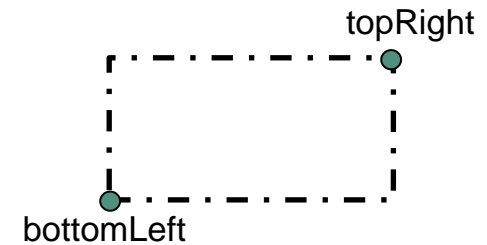


```
public class Rectangle {
```

```
    private IPoint topRight;  
    private IPoint bottomLeft;
```

```
    /** constructor using points */  
    public Rectangle(IPoint bottomLeft, IPoint topRight) {  
        this.bottomLeft = bottomLeft;  
        this.topRight = topRight;  
    }
```

```
    /** constructor using coordinates */  
    public Rectangle(double x1, double y1, double x2, double y2) {  
        topRight = ???;  
        bottomLeft = ???;  
    }
```



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

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

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

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

# 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);  
}
```



# מימוש פקודות Rectangle

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

# toString

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

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

```
    return "bottomRight=" + bottomRight() +
```

```
        "\tbottomLeft=" + bottomLeft() +
```

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

```
        "\ttopRight=" + topRight ;
```

```
}
```

```
}
```

קריאה ל toString  
של IPoint

כאשר הפונקציה `System.out.println` או אופרטור שרשור המחרוזות (+) מקבלים כארגומנט עצם שאינו `String` או טיפוס פרימיטיבי – הם פועלים על תוצאת החישוב של המתודה `toString` של אותו העצם

`toString` מייצגת את המצב המופשט של המחלקה שאותה היא מתארת - זוהי פונקצית הפשטה

```
/** constructor using points */  
public Rectangle(IPoint bottomLeft, IPoint topRight) {  
    this.bottomLeft = bottomLeft;  
    this.topRight = topRight;  
}
```

מהי הבעייתיות במימוש הזה?

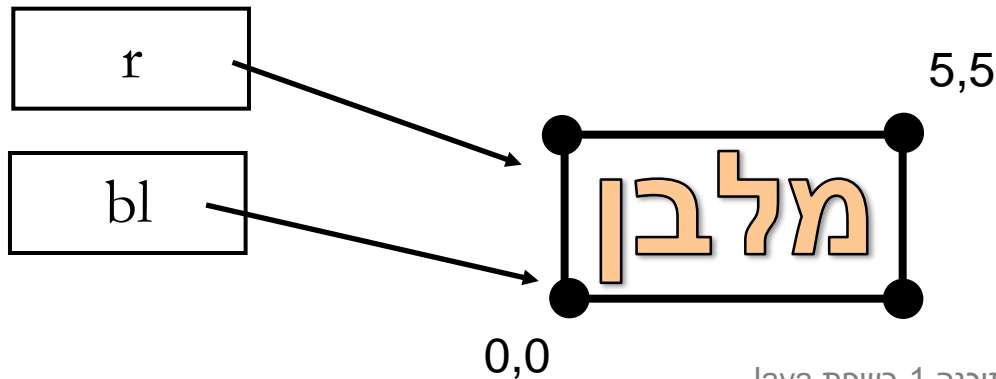
```
/** returns a point representing the top-right corner of the rectangle*/  
public IPoint topRight() {  
    return topRight;  
}
```

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

ובזה?

# "ופרצת ופרצת..."

```
⇒ Rectangle r = new Rectangle(0., 0., 5., 5.);  
⇒ IPoint bl = r.bottomLeft();  
⇒ bl.translate(10.0, 0.0);
```



# "ופרצת ופרצת..."

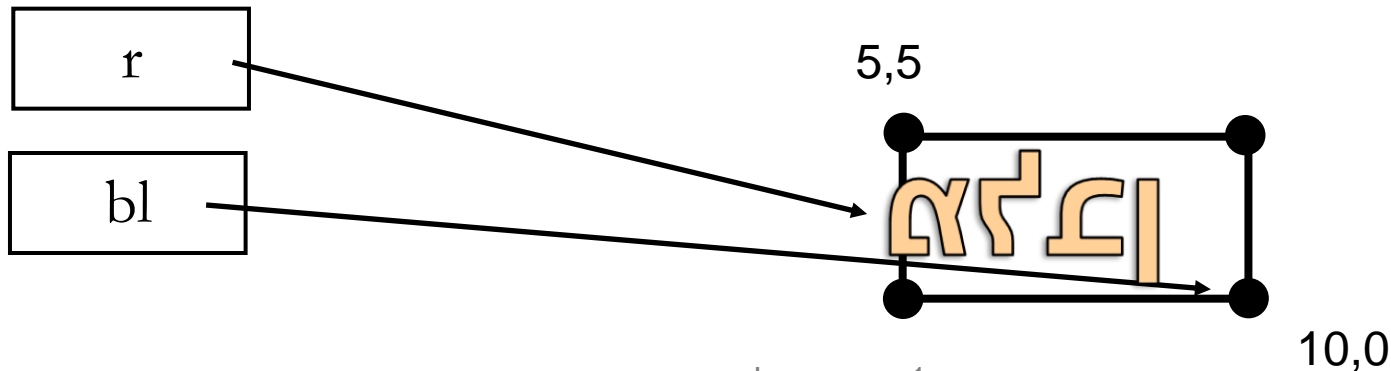


```
Rectangle r = new Rectangle(...);  
IPoint bl = r.bottomLeft();  
bl.translate(10.0, 0.0);
```

זה אינו באג במימוש width() !

⇒ System.out.println(r.width( )); // returns -5.0

נשים לב כי ההתנהגות המוזרה הזו לא תקרה אם נזיז את הקודקוד topRight



# משתמר המלבן

אם היינו מנסחים בזהירות את משתמר המלבן היינו מגלים כי עבור מלבן שצלעותיו מקבילות לצירים צריך להתקיים בכל נקודת זמן:

```
/** @inv bottomLeft().x() < bottomRight().x()
    @inv bottomLeft().y() < topLeft().y()
 */
public class Rectangle {
```

בעיתיות דומה מופיעה גם בבנאי:

```
IPoint bl = ... ;
IPoint tr = ... ;
Rectangle r = new Rectangle(bl, tr);
bl.translate(10.0, 0.0);
```

החזרת נקודות הקודקוד מהשאליות והשמת הנקודות שהתקבלו כארגומנטים לשדות מסכנת משתמר זה

נציג כמה דרכים להתמודד עם הבעיה



# התמודדות עם דליפת היצוג הפנימי וסיכון המשתמר

אפשרות 1: התעלמות – אם אנו משוכנעים כי לא יעשה שימוש לרעה בערך המוחזר ניתן להשאיר את המימוש כך

- הדבר מסוכן ולא מומלץ, אולם אם השימוש במחלקה מוגבל (לדוגמא: רק ע"י מחלקה מסוימת) ניתן לוודא כי כל השימושים מכבדים את משתמר המלבן

אפשרות 2: עבודה עם נקודה מקובעת (immutable) – הגדרת המחלקה שאין לה פקודות כלל

- למרות שהבעיה התגלתה במלבן אנו פותרים את הבעיה ע"י החלפת הנקודה
- את הפקודות יחליפו מפיקות אשר יצרו עבור כל שינוי מבוקש עצם חדש עם התכונה המבוקשת
- המחלקה `String` היא מחלקה מקובעת – ראינו שהמפיקה `toUpperCase` מחזירה הפנייה לעצם חדש



# התמודדות עם דליפת היצוג הפנימי וסיכון המשתמר

אפשרות 3: נוסף ל `IPoint` מפיקה **משבטת** (`clone`) – כלומר נוסף שרות בשם `clone` אשר יחזיר העתק של העצם הנוכחי

- המתודות `bottomLeft` ו-`topRight` של `Rectangle` יחזירו את תוצאת ה `clone` של נקודות הקודקוד `bottomLeft` ו-`topRight`
- הבנאי אשר מקבל נקודות כארגומנטים ישמור את השיבוט שלהן
- שינויים על הערך המוחזר, כגון הזזה או סיבוב לא ישפיעו על הקודקוד המקורי

```
public class Rectangle{
    //...
    public IPoint topRight() {
        return topRight.clone();
    }

    public IPoint bottomLeft() {
        return bottomLeft.clone();
    }
}
```



# על הקיבעון

■ עוד כמה הערות על טיפוסים שהם mutable:

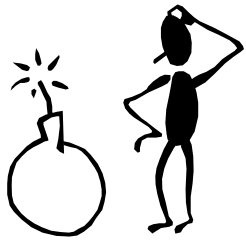
■ כאשר יותר מכמה לקוחות משתמשים בעצם מטיפוס שהוא mutable יש לברר האם שינוי העצם ע"י אחד הלקוחות אמור להשפיע על כל הלקוחות. אם לא, יש לספק העתק

■ גישה אחרת סוברת כי יש להגדיר בעלות (ownership) על עצמים שהם mutable. כך ידע כל לקוח מה מותר לו לעשות ומה אסור לו, ובמקרה הצורך ייצור לעצמו העתק

■ עבודה עם טיפוסים שהם immutable גוררת יצירת עצם חדש עבור כל שינוי בעצם. כאשר הדבר מתבצע בצורה תכופה (למשל בתוך לולאה של שרת שרץ כמה חודשים) התוכנית מייצרת הרבה זבל, שניקוויו עשוי לפגוע בביצועי התוכנית

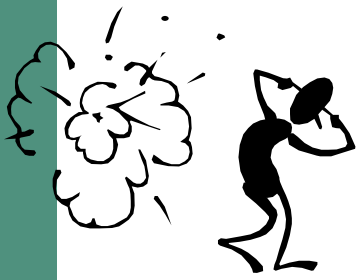
■ דוגמא מעניינת בהקשר זה היא הטיפוס `String` והטיפוס `StringBuffer`

■ עבודה עם טיפוסים שהם mutable מאפשרת מחזור של עצמים ע"י `Object Pooling`



# נקודות בעיתיות נוספות במימוש

- בנאי על פי שיעורי הקודקודים
- האם יש הצדקה לבנאי כזה?
- נוחות לעומת הפשטה
- שאילתות המחזירות קודקודים שאינם שדות של Rectangle ויש צורך ליצר אותם במפורש
- הבעיה בשני המקרים נעוצה בעובדה שהמלבן לא מכיר את טיפוס מחלקת הספק שלו (הוא אפילו לא יודע את שמה!)
- הדבר הכרחי כדי לשמור על חוסר תלות בין מימוש ובין מנשק וכתוצאה מכך בין ספק ובין לקוח



# נקודות בעיתיות נוספות במימוש

ניתן לפתור את הבעיה בשתי דרכים:

- המלבן יכיר את שם המחלקה שבה הוא משתמש:
  - פגיעה בעקרונות הסתרת המידע, הכמסה, חוסר תלות בין ספק ולקוח
  - לגיטימי רק כאשר גם כך יש תלות בין הספק ובין הלקוח
- נגדיר מחלקה חדשה שתייצר מופעים של נקודות חדשות לפי בקשה (**Factory**) ע"י קריאה לבנאי המתאים
  - זוהי אחת מתבניות העיצוב הקלאסיות של תכנות מונחה עצמים, הנותנת פתרון כללי לבעיה

נציג את הפתרון באמצעות Factory בסוף מצגת זו.

# מימושים אפשריים של IPoint

■ מממשי המנשק מחויבים במימוש כל המתודות שהוגדרו במנשק. דרישה זו נאכפת ע"י הקומפיילר

■ נראה 3 מימושים אפשריים:

■ **CartesianPoint** מחלקה הממשת נקודה בעזרת שיעורי  $X$  ו- $Y$  של הנקודה

■ **PolarPoint** מחלקה הממשת נקודה בעזרת שיעורי  $r$  ו- $\theta$  של הנקודה

■ **SmartPoint** מחלקה המתחזקת במקביל שיעורי קוטביים ושיעורים מלבניים לצורכי יעילות

# Cartesian Point



```
public class CartesianPoint implements IPoint {
```

```
    private double x;  
    private double y;
```

```
    public CartesianPoint(double x, double y) {  
        this.x = x;  
        this.y = y;  
    }
```

```
    public double x() { return x; }
```

```
    public double y() { return y; }
```

```
    public double rho() { return Math.sqrt(x*x + y*y); }
```

```
    public double theta() { return Math.atan2(y,x); }
```

קיים מאזן (tradeoff)  
בין מקום וזמן:

- תכונה שנשמרת כשדה תופסת מקום בזכרון אך חוסכת זמן גישה

- תכונה שממומשת כפונקציה חוסכת מקום אך דורשת זמן חישוב בכל גישה

```
// this works also if other is not CartesianPoint!
```

```
public double distance(IPoint other) {  
    return Math.sqrt((x-other.x()) * (x-other.x()) +  
                    (y-other.y())*(y-other.y()));  
}
```

```
public IPoint symmetricalX() {  
    return new CartesianPoint(x,-y);  
}
```

```
public IPoint symmetricalY() {  
    return new CartesianPoint(-x,y);  
}
```

```
public void translate(double dx, double dy) {  
    x += dx;  
    y += dy;  
}
```

```
public String toCartesianString(){
    return "(x=" + x + ", y=" + y + ")";
}
```

אינה חלק מהממשק IPoint (מדוע?)

```
public String toString(){
    return "(x=" + x + ", y=" + y +
           ", r=" + rho() + ", theta=" + theta() + ")";
}
```

חלק מהממשק IPoint

```
public void rotate(double angle) {
    double currentTheta = theta();
    double currentRho = rho();
```

```
    x = currentRho * Math.cos(currentTheta+angle);
```

```
    y = currentRho * Math.sin(currentTheta+angle);
```

```
}
```

```
}
```



# PolarPoint



```
public class PolarPoint implements IPoint {
```

```
    private double r;  
    private double theta;
```

```
    public PolarPoint(double r, double theta) {  
        this.r = r;  
        this.theta = theta;  
    }
```

```
    public double x()    { return r * Math.cos(theta);    }
```

```
    public double y()    { return r * Math.sin(theta);    }
```

```
    public double rho()  { return r;    }
```

```
    public double theta() { return theta; }
```

המאזן מקום-זמן הפוך  
במקרה זה בעקבות  
בחירת השדות

```
public double distance(IPoint other) {  
    double deltaX = x()-other.x();  
    double deltaY = y()-other.y();  
  
    return Math.sqrt(deltaX*deltaX + deltaY*deltaY);  
}
```

```
public IPoint symmetricalX() {  
    return new PolarPoint(r,-theta);  
}
```

```
public IPoint symmetricalY() {  
    return new PolarPoint(r, Math.PI-theta);  
}
```

```
public void translate(double dx, double dy) {  
    double newX = x() + dx;  
    double newY = y() + dy;  
    r = Math.sqrt(newX*newX + newY*newY);  
    theta = Math.atan2(newY, newX);  
}
```

```
public void rotate(double angle) {  
    theta += angle;  
}
```

```
public String toRadianString() {  
    return "theta=" + theta ;  
}
```

```
public String toDegreeString() {  
    return "theta=" + theta*180.0/Math.PI;  
}
```

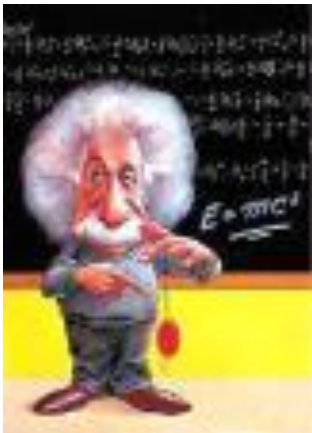
אינה חלק מהממשק IPoint

```
public String toString() {  
    return "(x=" + x() + ", y=" + y() +  
        ", r=" + r + ", theta=" + theta + ")";  
}
```

חלק מהממשק IPoint

```
}
```

# SmartPoint



```
/** @imp_inv polar | | cartesian , “at least one of the representations is valid”  
 *  
 * @imp_inv polar && cartesian $implies  
 * x == r * Math.cos(theta) && y == r * Math.sin(theta)  
 */
```

```
public class SmartPoint implements IPoint {
```

```
    private double x;  
    private double y;  
    private double r;  
    private double theta;
```

```
    private boolean cartesian;  
    private boolean polar;
```

```
    /** Constructor using cartesian coordinates */
```

```
    public SmartPoint(double x, double y) {  
        this.x = x;  
        this.y = y;  
        cartesian = true;  
    }
```

```
/** make x,y consistent */
private void setCartesian(){
    if (!cartesian){
        x = r * Math.cos(theta);
        y = r * Math.sin(theta);
        cartesian = true;
    }
}
```

```
/** make r,theta consistent */
private void setPolar(){
    if (!polar){
        r = Math.sqrt(x*x + y*y);
        theta = Math.atan2(y,x);
        polar = true;
    }
}
```



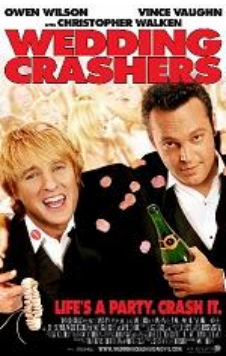
# לרקוד על שתי החתונות

```
public double x() {  
    setCartesian();  
    return x;  
}
```

```
public double y() {  
    setCartesian();  
    return y;  
}
```

```
public double rho() {  
    setPolar();  
    return r;  
}
```

```
public double theta() {  
    setPolar();  
    return theta;  
}
```



# הטוב שבכל העולמות

```
public void translate(double dx, double dy) {  
    setCartesian();  
    x += dx;  
    y += dy;  
    polar = false;  
}
```

- לאחר שינוי בערכי השדות הקארטזיים לא נטרח לחשב את השיעורים הקוטביים, ולהיפך

```
public void rotate(double angle) {  
    setPolar();  
    theta += angle;  
    cartesian = false;  
}  
}
```

- נודא ששיעורים אלו יסומנו כלא עקביים ובמקרה הצורך נעדכן אותם בעתיד

# תוצרי לוואי לגיטימיים

- נשים לב כי השאילות של SmartPoint עשויות לגרום לשינוי בערכי השדות של העצם (side effect)
- הדבר נראה על פניו הפרה של ההפרדה בין שאילתה ובין פקודה
- ואולם, שינויים אלו אינם גורמים לשינוי המצב המופשט של העצם
- המצב המופשט הוא מיקום הנקודה במרחב הדו-מימדי. בעקבות השאילתא  $y()$ , ערכי השדות אמנם מתעדכנים, אבל הנקודה המיוצגת ע"י האובייקט היא בדיוק אותה הנקודה שלפני הקריאה ל  $y()$ .

# דוגמאות שימוש בנקודות

```
PolarPoint polar = new PolarPoint(Math.sqrt(2.0), (1.0/6.0)*Math.PI);  
// theta now is 30 degrees  
polar.rotate((1.0/12.0)*Math.PI); // rotate 15 degrees  
polar.translate(1.0, 1.0);  
System.out.println(polar.toDegreeString());
```

```
CartesianPoint cartesian = new CartesianPoint(1.0, 1.0);  
cartesian.rotate((1.0/2.0)*Math.PI);  
cartesian.translate(-1.0, 1.0);  
System.out.println(cartesian.toCartesianString());
```

# שימוש במנשקים

```
IPoint polar = new PolarPoint(Math.sqrt(2.0), (1.0/6.0)*Math.PI);
```

- מהו הטיפוס של המשתנה polar?
- הטיפוס שלו הוא IPoint

- מהו הטיפוס של האובייקט עליו מצביע polar?
- הטיפוס שלו הוא PolarPoint.

כלומר, אנחנו יכולים לראות שמשתנה מטיפוס X יכול להצביע על אובייקט מטיפוס Y אשר שונה מ X. זה לא אפשרי לכל X ו Y, אלא רק לכאלה שמתקיים ביניהם יחס מיוחד.

למשל, אם X הוא מטיפוס מנשק ו Y מממש את המנשק. דוגמאות נוספות להגדרות של X ו Y אשר מקיימים את התכונה הזו נראה בהמשך הקורס.

# שימוש במנשקים

```
IPoint polar = new PolarPoint(Math.sqrt(2.0), (1.0/6.0)*Math.PI);  
// theta now is 30 degrees  
polar.rotate((1.0/12.0)*Math.PI); // rotate 15 degrees  
polar.translate(1.0, 1.0);  
System.out.println(polar.toDegreeString()); // Compilation Error
```

```
IPoint cartesian = new CartesianPoint(1.0, 1.0);  
cartesian.rotate((1.0/2.0)*Math.PI);  
cartesian.translate(-1.0, 1.0);  
System.out.println(cartesian.toCartesianString()); // Compilation Error
```

# שימוש במנשקים

```
IPoint polar = new PolarPoint(Math.sqrt(2.0), (1.0/6.0)*Math.PI);  
// theta now is 30 degrees  
polar.rotate((1.0/12.0)*Math.PI); // rotate 15 degrees  
polar.translate(1.0, 1.0);  
System.out.println(polar.toString()); // Now OK!
```

```
IPoint cartesian = new CartesianPoint(1.0, 1.0);  
cartesian.rotate((1.0/2.0)*Math.PI);  
cartesian.translate(-1.0, 1.0);  
System.out.println(cartesian.toString()); // Now OK!
```

```
IPoint point = new IPoint (1.0, 1.0); // Compilation Error
```

# שימוש במנשקים

- ניתן להגדיר ב Java הפניות (משתנים) מטיפוס מנשק
- הפניות אלו יקבלו בפועל השמות לעצמים ממחלקות הממשות את המנשק
- על עצמים אלה ניתן יהיה להפעיל בעזרת המנשק רק שרותים שהוגדרו במנשק עצמו
- למנשקים אין שדות, אסור להגדיר להם בנאי ולא ניתן לייצר מהן עצמים
- בכתיבת תוכנה נשתדל (ככל הניתן) להגדיר משתנים מטיפוס המנשק כדי לצמצם ככל הניתן את התלות בין הקוד המשתמש והמימוש של אותן מחלקות



# שימוש במנשקים

■ ההשמה ההפוכה – אסורה

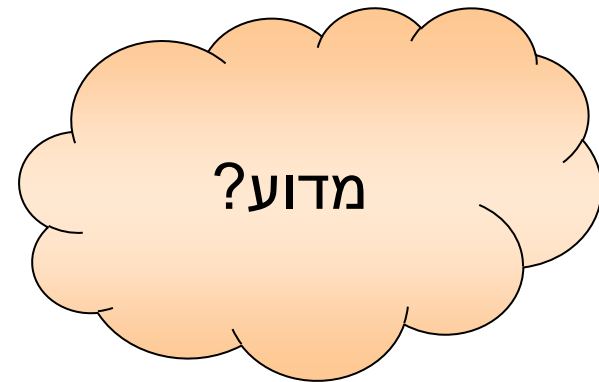
■ כלומר לא ניתן לבצע השמה של הפנייה מטיפוס מנשק להפנייה מטיפוס מחלקה

`CartesianPoint cartesian = ...`

`IPoint point = ...`

`cartesian = point ;`

`point = cartesian ;`



# העברת ארגומנטים לפונקציות

- בהעברת ארגומנט לפונקציה מסתתרת השמה מרומזת (implicit assignment)
- ערכו של הביטוי שהועבר כפרמטר ("הפרמטר האקטואלי") מושם לתוך הפרמטר הפורמלי (המשתנה המקומי על המחסנית)
- הפרמטר האקטואלי לא חייב להיות **משתנה** מטיפוס הפנייה אלא יכול להיות ביטוי כלשהו (תוצאת חישוב) מטיפוס הפניה
- העברת ארגומנטים מצייתת לכללי ההשמה מהשקף הקודם
- שימוש בארגומנטים פורמליים מטיפוס מנשק מייעל את קוד הלקוח

# העברת ארגומנטים לפונקציות

```
void expectPoint(IPoint p);  
void expectCartesian(CartesianPoint c);
```

```
void bar() {
```

```
✓ IPoint p = new CartesianPoint(...);
```

```
✓ CartesianPoint c = new CartesianPoint(...);
```

```
✓ p = c;
```

```
✓ expectCartesian(c);
```

```
✓ expectPoint(c);
```

```
✓ expectPoint(p);
```

```
✗ expectCartesian(p);
```

```
}
```

# ארגומנטים והשמות

```
void foo(IPoint p, SmartPoint smart, CartesianPoint c) {
    IPoint          localP;
    SmartPoint      localS;
    CartesianPoint  localC;

    localP = p;
    localP = smart;
    localP = c;

    localS = p;      // ERROR
    localS = smart;
    localS = c;      // ERROR

    localC = p;      // ERROR
    localC = smart; // ERROR
    localC = c;
}
```

# פולימורפיזם (רב-צורתיות)

- המחלקה Rectangle מיישמת את עקרונות השימוש הנכון במנשק
- המחלקה Rectangle והמתודות שלה אינן תלויות בטיפוס הנקודות שמהן יהיה עשוי המלבן בפועל אלא רק במנשק
- בעת כתיבת הקוד, לא ידוע איזו מתודה תופעל בזמן ריצה
- ההחלטה תיפול בזמן ריצה ע"י מנגנון השיגור הדינאמי (dynamic dispatch), שיריץ בפועל את הפונקציה "הנכונה"



# פולימורפיזם (רב-צורתיות)

לדוגמא: ■

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

■ כותבת המלבן אינה יודעת איזו מתודת translate (באדום) תרוץ באמת, אבל היא יודעת שזו תהיה ה translate של העצמים המוצבעים ע"י topRight ו-bottomLeft

■ תכונה זו נקראת polymorphism. התכונה מאפיינת מחלקות, מנשקים מתודות, משתנים, ערכים מוחזרים ושדות

# פולימורפיזם (רב-צורתיות)

- ללא הפולימורפיזם היה על הלקוח (למשל כותב המחלקה מלבן) לכתוב מחלקת מלבן נפרדת עבור כל סוג של מחלקה קונקרטיית (במקרה שלנו: נקודה)
- המלבן שלנו יודע לעבוד עם כל מחלקה שממשת את המנשק IPoint
- המחלקה Rectangle ערוכה לעבודה גם עם מחלקות שעוד לא נכתבו (כל עוד הן יממשו את המנשק IPoint)

# שימוש במלבן

```
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);
```

```
Rectangle rect = new Rectangle(bl, tr);
```

```
System.out.println("Diagonal of rect is: " + rect.diagonal());
```

```
rect.translate(1, -2);
```

```
System.out.println("Diagonal of rect stayed: " + rect.diagonal());
```



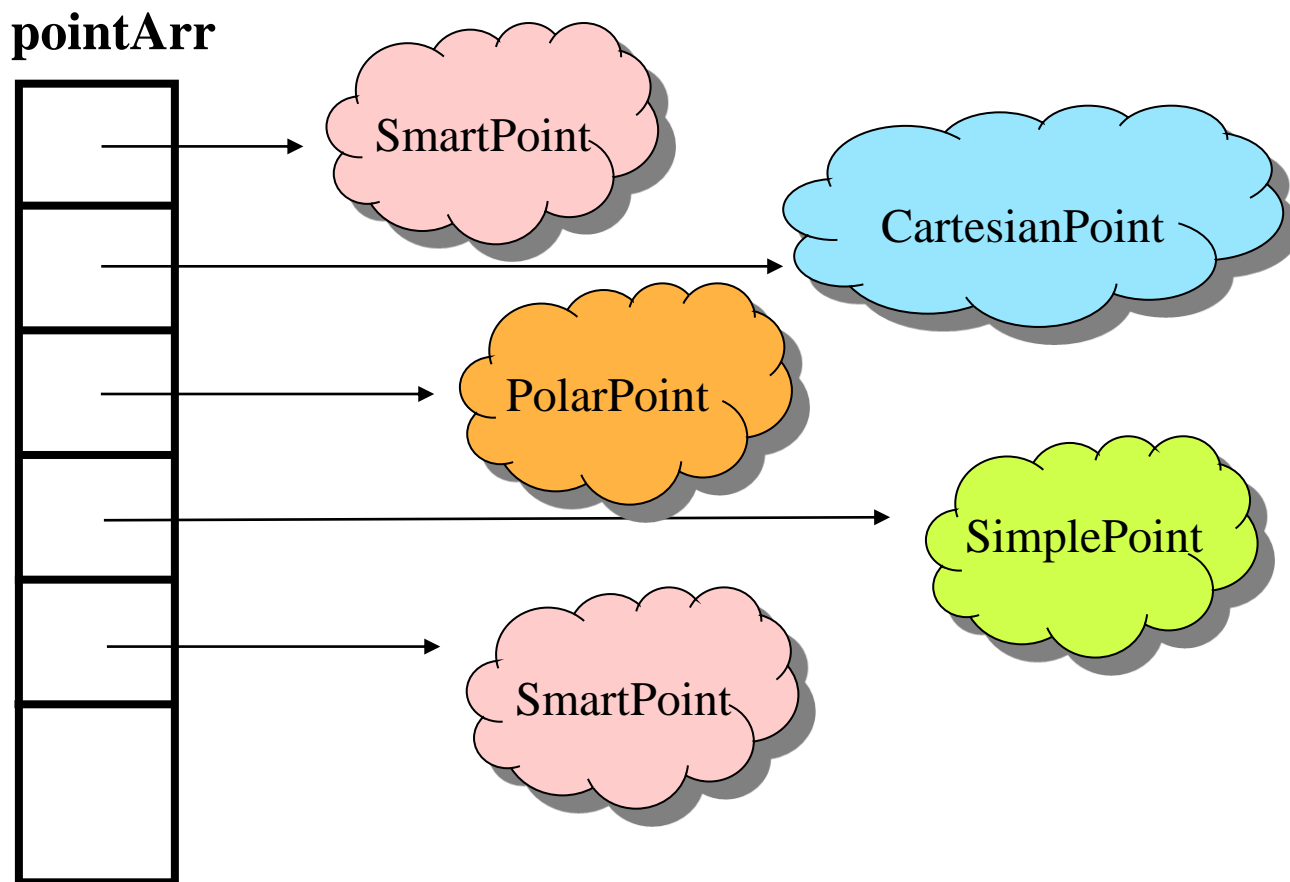
# מבני נתונים פולימורפים

- ניתן להגדיר מבנה נתונים (למשל מערך) מטיפוס של מנשק ואז לבצע פעולה על כל האברים באותו מבנה נתונים

- פעולה זו צריכה להיות מוגדרת במנשק

- אין צורך לברר את טיפוס העצם הספציפי בכל תא מכיוון שאנו יודעים כי הוא מחוייב למימוש כל המתודות של המנשק

# מבני נתונים פולימורפים



# מבני נתונים פולימורפים

```
IPoint [] pointArr = new IPoint[3];
pointArr[0] = new SmartPoint(1,2);
pointArr[1] = new CartesianPoint(1,3);
pointArr[2] = new PolarPoint(1,0.5*Math.PI);

for (IPoint point : pointArr) {
    point.translate(1.0,2.0);
}
```

עבור כל נקודה תורץ גירסת ה  
translate ה"נכונה"

# ריבוי מנשקים

- מחלקה אחת יכולה לממש כמה מנשקים (אפס או יותר)
- במקרה כזה כל אחד מהמנשקים מבטא היבט / תכונה של המחלקה  
■ `Serializable`, `Cloneable`, `Comparable`
- למנשקים כאלה בדרך כלל מספר מצומצם של מתודות (בדרך כלל אחת)
- השמה של מחלקה קונקרטית לתוך הפנייה מטיפוס מנשק שכזה, מהווה הטלה של המחלקה על מישור התכונה שאותה מבטא המנשק (narrowing)

# ריבוי ממשקים

```
public interface I1 {  
    public void methodFromI1();  
}
```

```
public interface I2 {  
    public void methodFromI2();  
}
```

```
public interface I3 {  
    public void methodFromI3();  
}
```

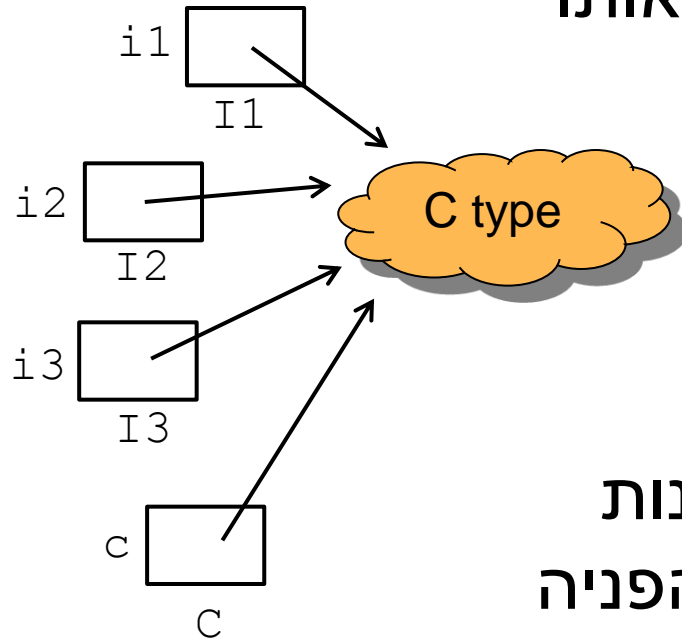
```
public class C implements I1, I2, I3 {  
    public void methodFromI1() {...}  
    public void methodFromI2() {...}  
    public void methodFromI3() {...}  
    public void anotherMethod() {...}  
}
```

# ריבוי מנשקים

```
public void expectingI1(I1 i) {  
    //...  
    i.methodFromI1();  
    // ...  
}
```

```
C c = new C();  
expectingI1(c);
```

# לפעמים אני הורה ולפעמים מורה



■ בהקשרים שונים התייחסויות לאותו בן אדם הם שונות

■ וכך גם התכונות הידועות עליו והשאלות שניתן לשאול אותו

■ כך גם ב Java: התכונות הזמינות של עצם נקבעות לפי טיפוס ההפניה המצביעה אליו, גם אם בפועל לעצם יש תכונות נוספות

# ריבוי מנשקים

- מנשק מצומצם מאפשר ללקוח לכתוב קוד שיעבוד בצורה דומה עבור מגוון גדול של ספקים
- הספקים עשויים להיות שונים מאוד זה מזה

לדוגמא:

- במבני נתונים רבים שמספקת הספרייה התקנית של Java ניתן למיין את האברים בעזרת פונקציות שנכתבו מראש
- איך יודעת פונקציה שנכתבה כבר למיין אברי מבנה נתונים מטיפוס כלשהו?
- על האברים לממש את המנשק Comparable המכיל את המתודה compareTo המאפשרת השוואה בזוגות



# תבנית עיצוב: המפעל

(factory design pattern)



# כמה מלים על תבניות עיצוב

- תבנית עיצוב היא פתרון מקובל לבעית תיכון נפוצה בתכנות מונחה עצמים.
- תבנית עיצוב מתארת כיצד לבנות מחלקות כדי לענות על הדרישה הנתונה.
- מספקת מבנה כללי שיש להשתמש בו כשממשים חלק מתכנית.
- לא מתארת את המבנה של כל המערכת.
- לא מתארת אלגוריתמים ספציפיים.
- מתמקדת בקשר בין מחלקות.
- מתארת ניסיון מצטבר של מתכננים, שניתן ללמד ועוזר לתקשורת בין מהנדסי תוכנה.

# בנאים ומחלקת הלקוח

ניזכר בבנאי של המחלקה מלבן ובמתודה `bottomRight`: ■

```
/** constructor using coordinates */  
public Rectangle(double x1, double y1, double x2, double y2) {  
    topRight = ???;  
    bottomLeft = ???;  
}
```

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

כזכור, במקום סימני השאלה אמור להופיע בנאי של נקודה, ואולם למנשק `IPoint` אין בנאי, ואם נציין שם של בנאי של מחלקה קונקרטית אנו מפרים את חוסר התלות בין המלבן וקודקודיו ■

# בנאים ומחלקת הלקוח

■ **נסיון ראשון:** נגדיר במנשק IPoint את שירות המופע:  
IPoint createPoint() אשר תמומש בכל אחת  
מהמחלקות המממשות ליצור נקודה חדשה ולהחזיר  
אותה

■ **בעיה:** כדי להשתמש במתודה יש להפעיל אותה על  
עצמים שנוצרו כבר, בבנאי של Rectangle עוד לא  
נוצרה אף נקודה



# בנאים ומחלקת הלקוח

■ נסיון שני: נגדיר את המתודה כסטטית:

```
static IPoint createPoint()
```

■ בעיה: עד Java 8 לא ניתן היה להגדיר מתודות סטטיות במנשק. גם לאחר שיכולת זו התאפשרה, פתרון אינו נכון מבחינה עיצובית – המנשק לא אמור להכיר את כל המימושים שלו. כל אחד יכול להוסיף מימוש חדש כרצונו מבלי הצורך לעדכן את הממשק.

■ למשל – אם הממשק התקבל ב jar ע"י ספק כלשהו, ניתן להוסיף לו מימוש חדש אך לא ניתן לשנות את המימוש של המנשק.



# שימוש במפעלים (factory design pattern)

- נגדיר מחלקה, שתכיל מתודה (אולי סטטית) שתפקידה יהיה להגדיר נקודות חדשות
- מחלקה כזו מכונה **מפעל (factory)**, והיא תהיה שדה במחלקה `Rectangle`
- לקוח טיפוסים של מלבן:

```
IPoint tr = new PolarPoint(3.0, (1.0/4.0) * Math.PI);
```

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

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

```
Rectangle rect = new Rectangle(bl, tr, factory);
```



```
public class PointFactory {
```

```
    public PointFactory(boolean usingCartesian, boolean usingPolar) {  
        this.usingCartesian = usingCartesian;  
        this.usingPolar = usingPolar;  
    }
```

```
    public PointFactory() {  
        this(false, false);  
    }
```

```
    public IPoint createPoint(double x, double y) {  
        if (usingCartesian && !usingPolar)  
            return new CartesianPoint(x, y);  
  
        if (usingPolar && !usingCartesian)  
            return new PolarPoint(Math.sqrt(x*x + y*y), Math.atan2(y, x));  
  
        return new SmartPoint(x, y);  
    }
```

```
    private boolean usingCartesian;  
    private boolean usingPolar;
```

```
}
```



```
public class Rectangle {
```

```
    private PointFactory factory;
```

```
    private IPoint topRight;
```

```
    private IPoint bottomLeft;
```

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

```
    public Rectangle(IPoint bottomLeft, IPoint topRight, PointFactory factory) {
```

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

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

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

```
    }
```

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

```
    public Rectangle(double x1, double y1, double x2, double y2, PointFactory factory) {
```

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

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

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

```
    }
```

כעת אין למחלקה Rectangle  
תלות במחלקת הנקודה כלל



# מדוע שימוש במפעלים עדיף?

- הרי עכשיו יש תלות בין המפעל ובין הנקודה, האם לא העברנו את הבעיה ממקום למקום?
- מחלקת המלבן היא מחלקה כללית, המיועדת לשימוש נרחב עם מגוון נקודות שכבר נכתבו ושטרם נכתבו
- מחלקת המלבן נוסף על היותה לקוח של המנשק IPoint משמשת גם ספק כלפי צד שלישי (שירצה ליצור מלבנים – למשל תוכנית גרפיקה)
- לקוחות המחלקה Rectangle הם אלו שצריכים להכיר את מגוון הנקודות הזמין לשימוש. מחלקת המפעל חוסכת מהם את ההתעסקות בפרטים אלה (פגיעה בהפשטה)
- שימוש במפעלים מדגיש את ההבדל בין הידע שיש לכותב ספרייה לעומת הידע שיש לכותב אפליקציה. זמינות המימושים (לדוגמא של טיפוס הנקודה) תהיה ידועה במלואה רק בזמן קונפיגורציה

# שימוש במפעלים במערכות תוכנה מורכבות – שמירה על עקביות

- נניח כי במערכת התוכנה שלנו ניתן למצוא צורות גיאומטריות רבות: Point, Segment, Rectangle, Triangle ואחרות
- נניח כי לכל אחת מהצורות יש מנשק מתאים וכמה מימושים חלופיים – למשל קרטזי ופולרי
- בהקשרים מסוימים (modes) אנו מעוניינים להשתמש רק בגרסאות הקרטזיות ובאחרים רק בגרסאות הקוטביות
- במחלקת המפעל נשמור את ה-Mode (קרטזי או קוטבי) וכל השרותים: create\* ייצרו עצמים לפי ה mode המתאים
- בדרך זו נשמרת העקביות – כל העצמים ייוצרו מאותה משפחה
- בדרך זו כל מחלקה צריכה להכיר רק את המנשקים של שאר המחלקות ולא את כל הגרסאות שלהם

# בנאים עם שם

## (named constructor idiom)

■ נשתמש באותו הטריק של המפעל כדי "להעמיס בנאים" עם אותה חתימה

■ מוטיבציה: המחלקה SmartPoint יודעת לטפל בצורה יעילה גם בייצוג קרטזי וגם בייצוג קוטבי. ואולם הבנאי שלה מקבל רק ייצוג קרטזי (כי לא ניתן להעמיס בנאים עם אותה חתימה)

■ נוסף למחלקה את המתודות createPolar ו- createCartesian שיקבלו את שיעורי הנקודה המבוקשת בשני הייצוגים

■ כדי להדגיש את הסימטריה של הייצוגים נהפוך את הבנאי לפרטי. כך לקוח מפוזר לא יוכל ליצור נקודה מבלי להיות מודע לייצוג שבו הוא משתמש

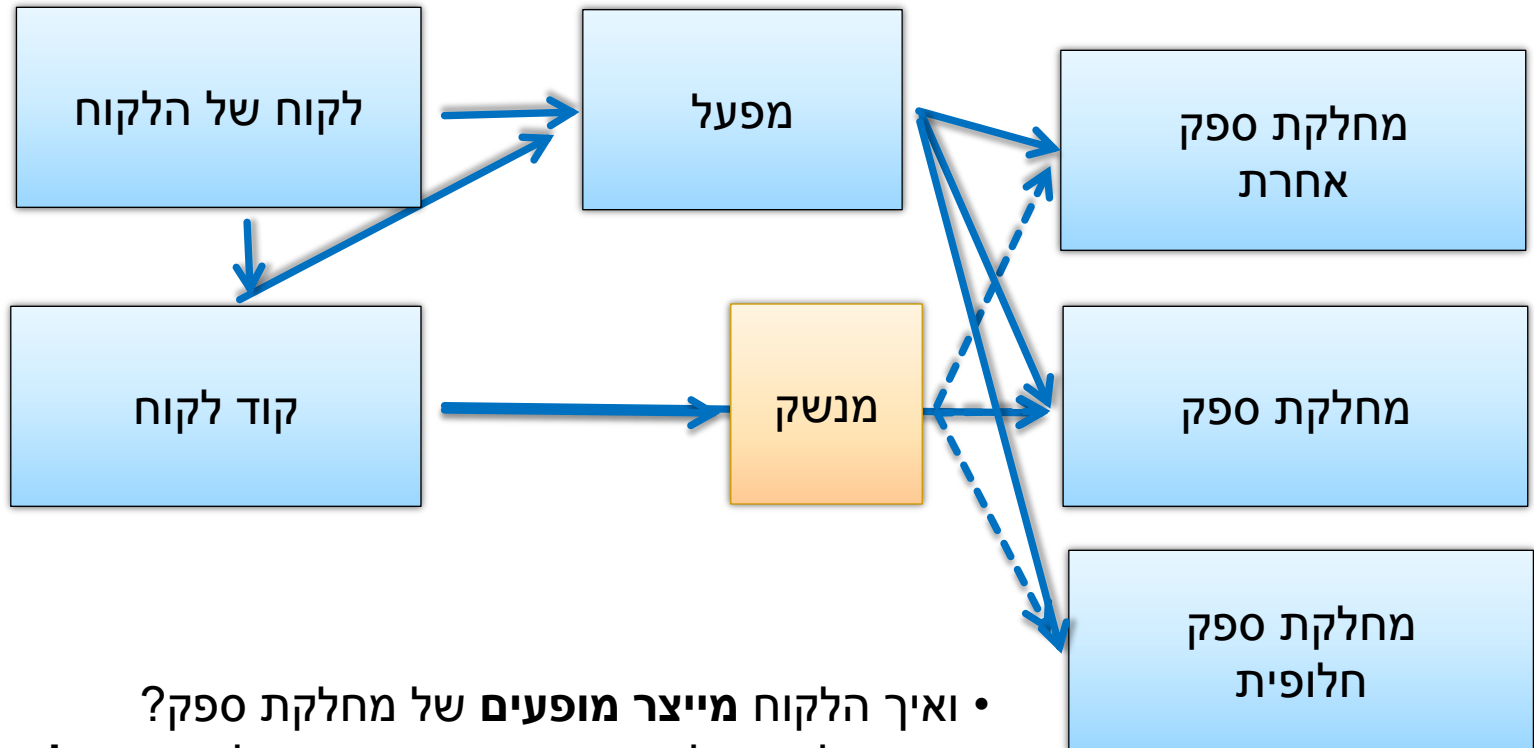
```
/** Default Constructor for private use */  
private SmartPoint(){  
}
```

מה היה קורה אם היינו  
מסירים את הבנאי  
הפרטי מהמימוש?

```
public static SmartPoint createPolar(double r, double theta) {  
    SmartPoint result = new SmartPoint();  
    result.r = r;  
    result.theta = theta;  
    result.polar = true;  
    return result;  
}
```

```
public static SmartPoint createCartesian(double x, double y) {  
    SmartPoint result = new SmartPoint();  
    result.x = x;  
    result.y = y;  
    result.cartesian = true;  
    return result;  
}
```

# לסיכום



- ואיך הלקוח מייצר מופעים של מחלקת ספק?
- רצוי שלא. אבל אם הוא חייב הוא צריך להכיר מחלקת מפעל
- איך אפשר להימנע מכך?
- צריך שהלקוח של הלקוח (האפליקציה!) תכיר את המפעל

# לסיכום

- מנשקים הם רכיב מפתח בעיצוב תוכנה
- הם אינם מייעלים את קוד הספק
- מנשקים עשויים לתרום לחסכון בשכפול קוד לקוח
  - כתבנו רק מחלקת מלבן אחת - Rectangle
- פולימורפיזם מושג ב Java ע"י מנגנון ה `dynamic dispatch` – הפונקציה "המתאימה" תקרא בזמן ריצה
- כתיבת מחלקות הממשות כמה מנשקים מאפשר לכותב המחלקה להנות משירותים שכבר נכתבו עבור אותם מנשקים
  - למשל שרותי מיון עבור ממשי `Comparable`
- תבנית עיצוב המפעל מבטלת את התלות בין לקוחות לספקים ספציפיים