



המכללה האקדמית להנדסה ירושלים

הנדסת תוכנה

11. עקרונות תיכון מונחה עצמים

SOLID OOP

"Any fool can write code that a computer can understand. Good programmers write code that humans can understand"
- Martin Fowler



מקורות

- Pressman 8.13.11
- Robert Martin,
Design Principles and Design Patterns
http://www.objectmentor.com/resources/articles/Principles_and_Patterns.pdf
([pointers article](#))
 - [Books](#): “Agile Software Development, Principles, Patterns, and Practices”, “Agile Principles, Patterns, and Practices in C#”
 - [Motivation slides](#)
- Metz, Practical Object Oriented Design in Ruby
- Smith, [software-practices course @pluralsight](#)
- Head First OOA&D
- Fowler, Inversion of Control Containers and the Dependency Injection pattern <http://martinfowler.com/articles/injection.html>
- Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, Frank Buschmann, Kevlin Henney, Douglas C. Schmidt ["On Patterns and Pattern Languages"](#)

מה היום?

- ראינו: בדיקות, תיכון מתמשך ושיפרוק ברמות שונות כדרך למוצר איכותי

- עוד על **איכות תוכנה**: עקרונות תיכון מונחה עצמים

Object Oriented Design Principles
הדגמת העקרונות (כולל בדיקות)

- בהמשך תבניות תיכון

- הרצאה 3\תרגיל:

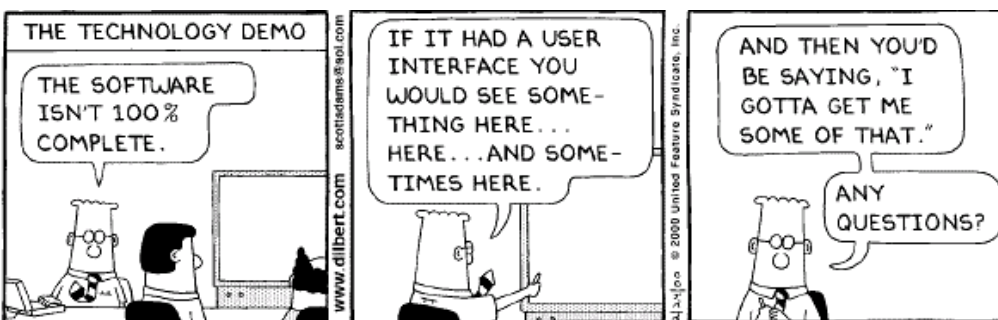
– Pull request ו- סקר קוד עם github

– בפרויקט – המשך סבב 3, סקר שיפורי קוד, בעדיפות ליישום עקרונות התיכון לסקרים

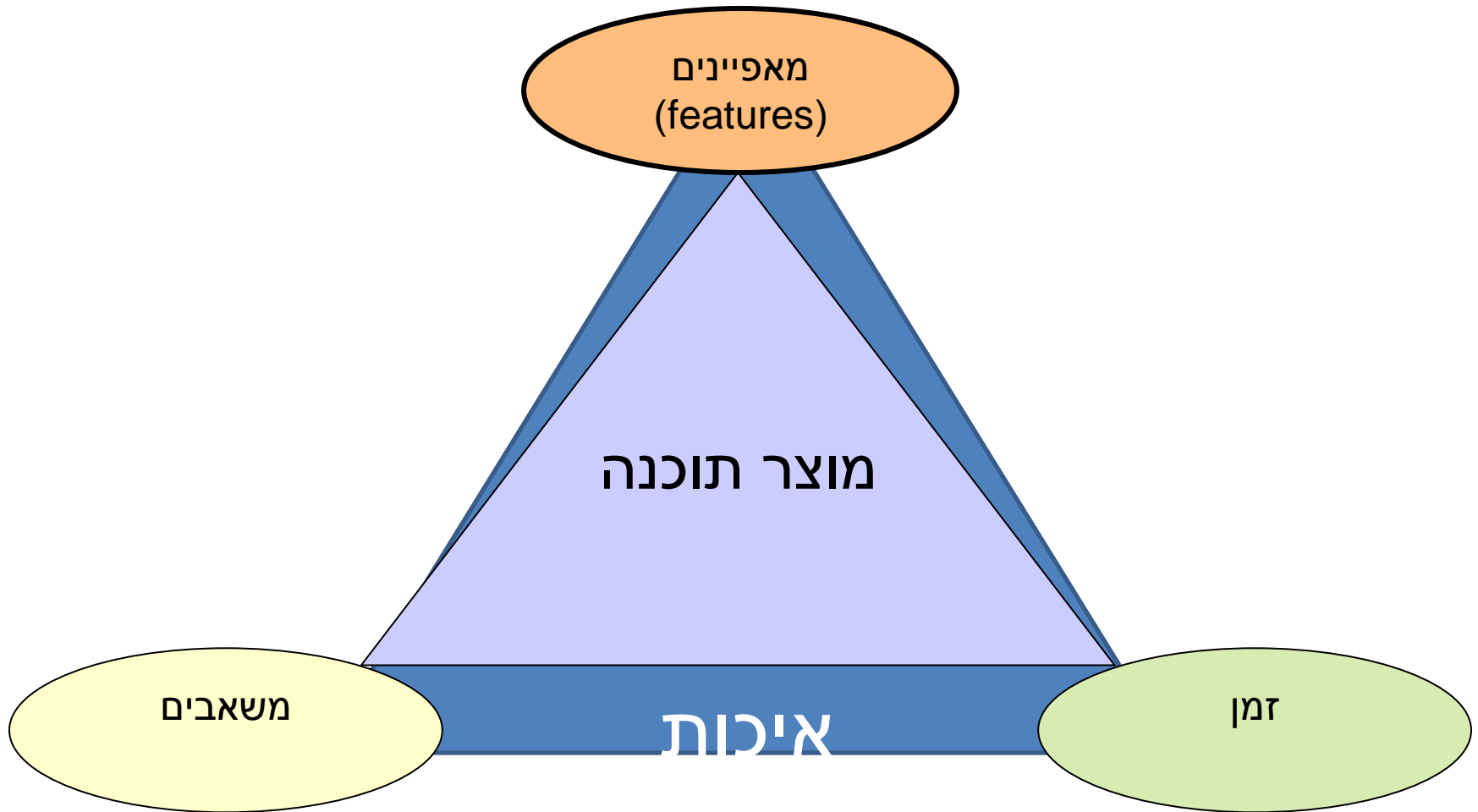


תזכורת בשבוע הבא: שחרור "בטא"

- סבב 3 \ אבן דרך (עם תשלום)
- הצגת פונקציונלית עיקרית, קצה לקצה (נציג לקוח)
- ~~שיפורי שמישות~~
- הדגמת המשך עבודה איכותית – ממצאי סקר וטכנולוגיה – רישום באתר (סקר ותכנון עם הנציג)
- ~~שחרור~~
- ~~עדכון מסמכי פיתוח – סיכונים (רשות: SDS, SRS)~~



תזכורת: פרויקט תוכנה:



שאלות

- מהו קוד איכותי?
- איך כותבים אותו?
- האם בדיקות עוזרות?
- כיצד מגיעים לתיכון בדיק? עמיד לשינויים?
- היום: עקרונות תיכון מונחה עצמים
- רגע – מה זה "עצם"? OOP ? OOD ?

עקרון מרכזי: מודולריות

- חלוקה

- של בעיות גדולות לבעיות קטנות הניתנות לניהול
- של קוד גדול ליחידות קטנות ופשוטות\מפשטות, כל אחת מספקת פונקציונאליות או מאפיין מסויים

- הרכבה

- שימוש חוזר; DRY

- בעצם עשינו זאת ברמת הפרויקט (ניתוח\תיכון\תכנון) עכשיו ברמת הקוד

Separation of concerns

- Functions
- Modules / Libraries
- Objects
- Layers / Components
- Services / Aspects / ...
- In general:
[Programming Paradigms](#)



תזכורת: Beck's Simple Design Rules

1. כל הבדיקות עוברות
2. ללא כפילויות (DRY)
3. מבטא את כוונת המתכנת
4. מינימום של מחלקות ומתודות

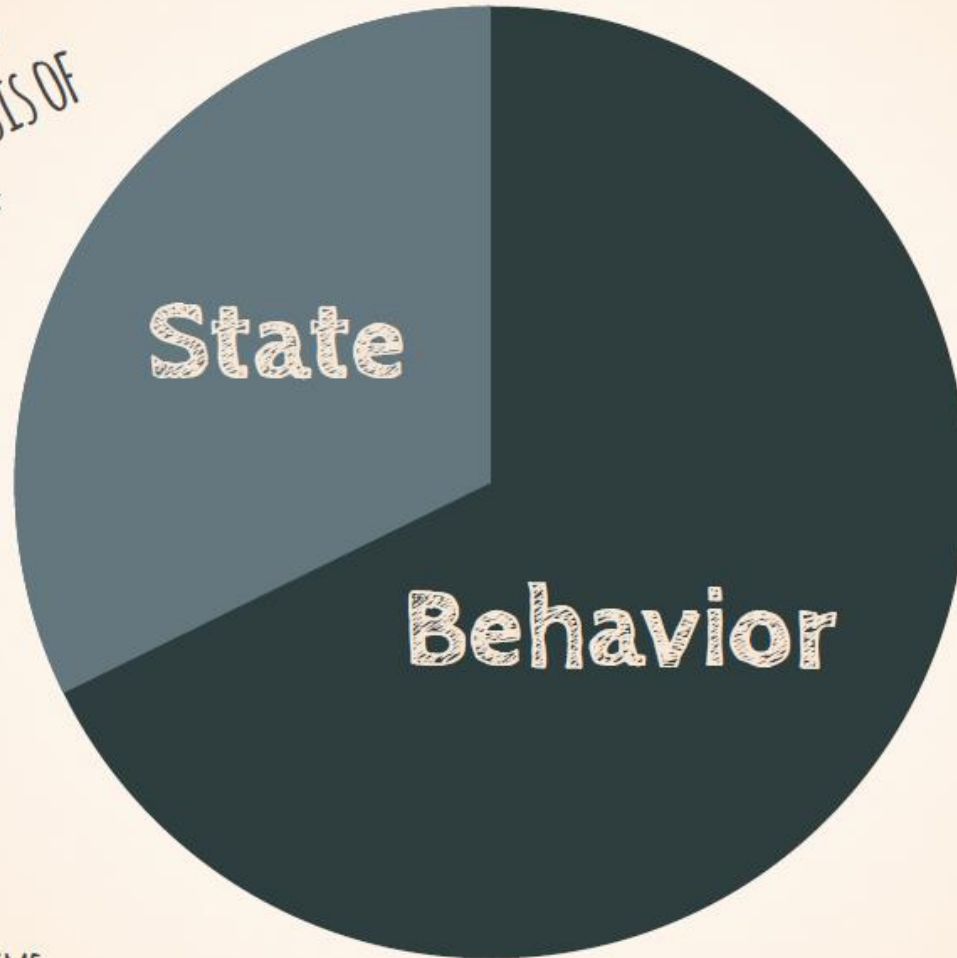
```
Collection {  
  ...  
  int size() {...}  
  boolean isEmpty() {...}  
}
```

כיצד נוריד כפילות?

תזכורת: פיתוח תוכנה מונחה עצמים

- אריזה של נתונים ופעולות יחד – Encapsulation
 - תקשורת דרך שליחת הודעות
- סידור טיפוסים נתונים בהיררכיות – Inheritance
 - התנהגויות משתנות לפי הטיפוס – Polymorphism
- Alan Kay: [The big idea is "messaging"](#)

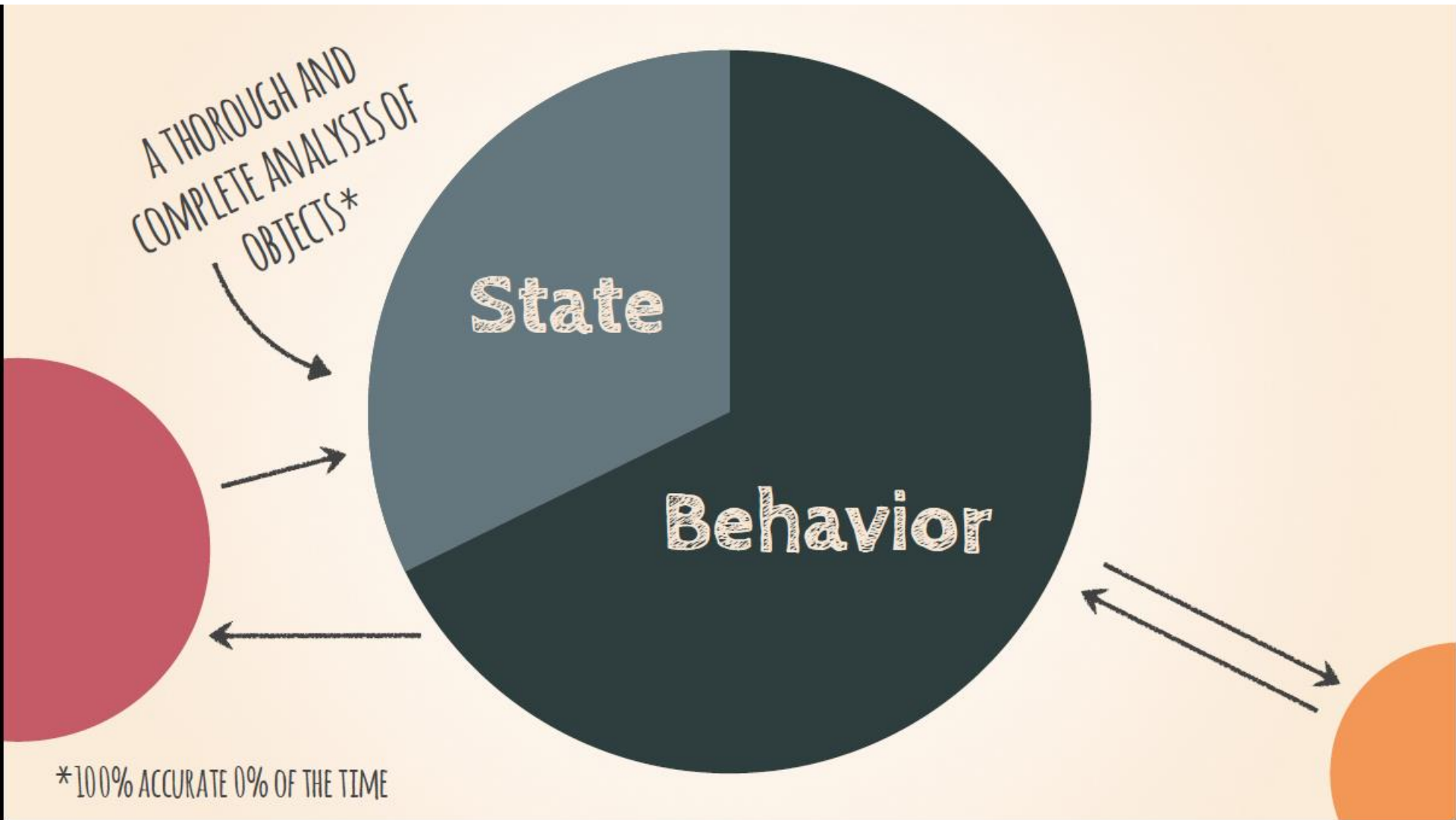
A THOROUGH AND
COMPLETE ANALYSIS OF
OBJECTS*

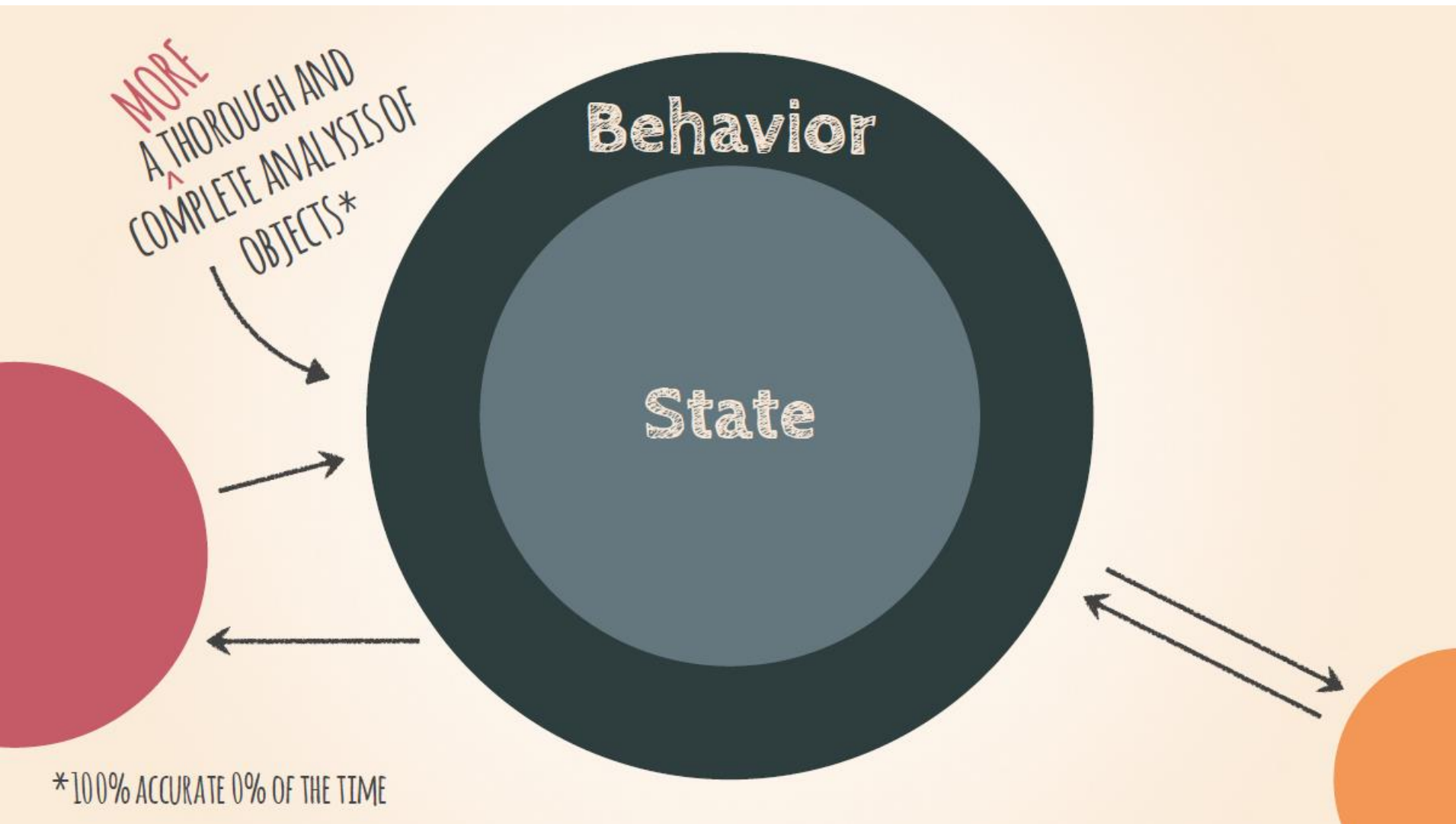


*100% ACCURATE 0% OF THE TIME

<http://www.railsconf.com/2013/talks#talk-46>

<http://www.confreaks.com/videos/2436-railsconf2013-object-oriented-lessons-for-a-service-oriented-world>





למה פיתוח מונחה עצמים?

- חלוקה לאובייקטים
 - מיפוי יותר אינטואיטיבי של תחום הבעיה
 - אלו אובייקטים מופעלים ע"י המערכת?
- שימוש חוזר
 - פעולות בד"כ תלויות בנתונים אז בואו נחבר ביניהם
 - מחלקה כיחידת השימוש העיקרית
- הרחבתיות
 - שימוש ברכיבים קיימים
 - היררכיית אובייקטים המתייצבת במהלך הפיתוח

I will not repeat myself

I will not repeat myself

I will not repeat myself

I will not repeat myself

I will not repeat myself



מהו קוד שקל לשנות?

- שינויים אינם גורמים לתוצאות בלתי צפויות
- שינוי קטן בדרישות לא מצריך שינוי גדול בקוד
- ניתן לעשות שימוש חזור בקוד קיים
- הדרך הקלה ביותר לשנות היא להוסיף קוד שקל לשנות

מאפייני קוד קל לשינוי - TRUE

- **Transparent** The consequences of change should be obvious in the code that is changing and in distant code relies upon it
- **Reasonable** The cost of any change should be proportional to the benefits the change achieves
- **Usable** Existing code should be usable in new and unexpected contexts
- **Exemplary** The code itself should encourage those who change it to perpetuate these qualities

סימנים בקוד Martin: Design Smells

- Rigidity (קשיחות) – קשה לשנות
- Fragility (שבירות) – כשמשנים יש בעיות
- Immobility (נייחות) – רוצים לקחת למקום אחר
- Viscosity (צמיגות) – תקועים עם הארכי', סביבה
- Needless complexity – למשל עודף כלליות
- Needless repetition – למשל בהעברת קוד
- Opacity (עמימות) – קוד לא ברור

"ארץ ישראל – היא ארץ של
סימנים, יש בה סימנים של נפט,
סימני גז, סימנים של נחושת ועוד
סימנים מעודדים רבים", לוי אשכול.

Broken Window Theory



Broken Window Theory





SOLID

Software Development is not a Jenga game

עקרונות תומכים במודולאריות, Martin -

SOLID

- The Single-Responsibility Principle - **SRP** - A class should have only one reason to change.
- The Open-Closed Principle - **OCP** - A class should be extensible without requiring modification
- The Liskov Substitution Principle - **LSP** - Derived classes should be substitutable for their base classes
- The Dependency Inversion Principle - **DIP** - Depend upon abstractions. Do not depend upon concretions
- The Interface Segregation Principle - **ISP** - Many client specific interfaces are better than one general purpose interface.



SINGLE RESPONSIBILITY PRINCIPLE

Just Because You Can, Doesn't Mean You Should

Single-Responsibility Principle (SRP)

A class should have only one reason to change (Martin).

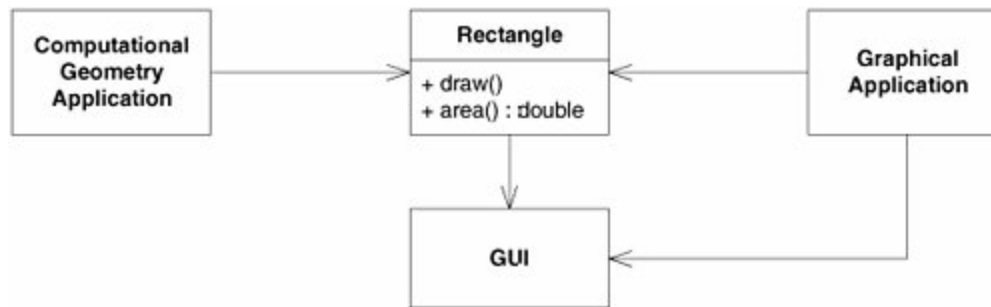
- אחריות היא סיבה לשינוי
- התפקידים שיש למחלקה הם צירי שינוי. אם יש לה שני תפקידים הם **צמודים** ביחד **ומשתנים** ביחד
- עיקרון פשוט אך לא תמיד קל להגיע אליו
- הדרך: האצלה (delegation)



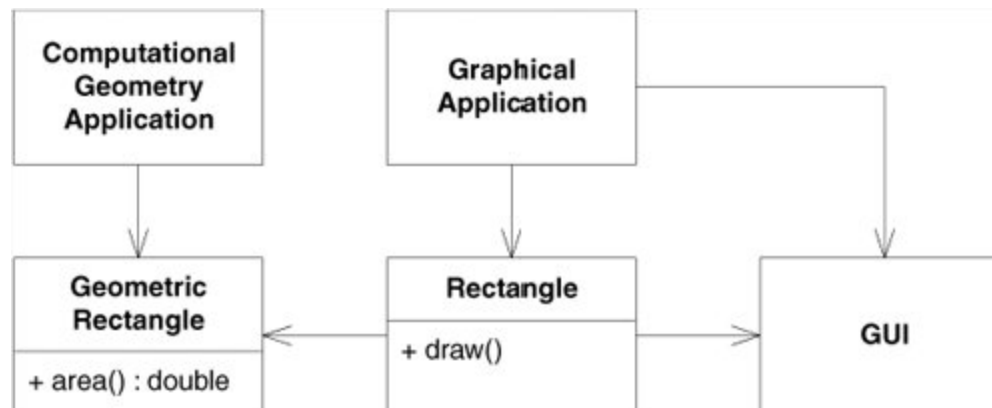
על אילו סימנים התגברנו?

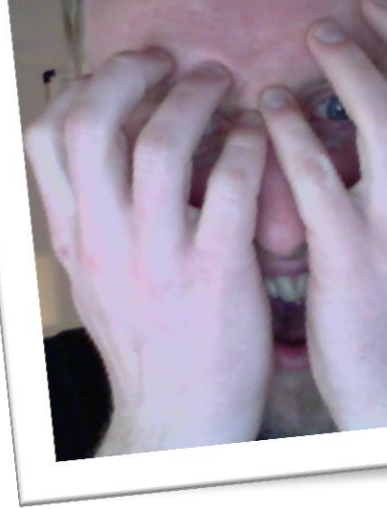
SRP

• מה הבעיה כאן?



• פתרון:





```
public class PrintServer
{
    public string CreateJob(PrintJob data) { //...
    }
    public int GetStatus(string jobId) { //...
    }
    public void Print(string jobId, int startPage, int endPage) { //...
    }

    public List<Printer> GetPrinterList() { //...
    }
    public bool AddPrinter(Printer printer) { //...
    }

    public event EventHandler<JobEvent> PrintPreviewPageComputed;

    public event EventHandler PrintPreviewReady;

    // ...
}
```

```
public class PrintServer {
```

```
    public string CreateJob(PrintJob data) { //...  
    }
```

```
    public int GetStatus(string jobId) { //...  
    }
```

```
    public void Print(string jobId, int startPage, int endPage) { //...  
    }
```

```
}
```

```
public class PrinterList {
```

```
    public List<Printer> GetPrinterList() { //...  
    }
```

```
    public bool AddPrinter(Printer printer) { //...  
    }  
}
```



SRP Violation Smells

- שמות עם And
- Manager Class
- מתודות ארוכות
- הערות ו- regions
- מחלקה עם רכיבי קשירות



DEPENDENCY INVERSION PRINCIPLE

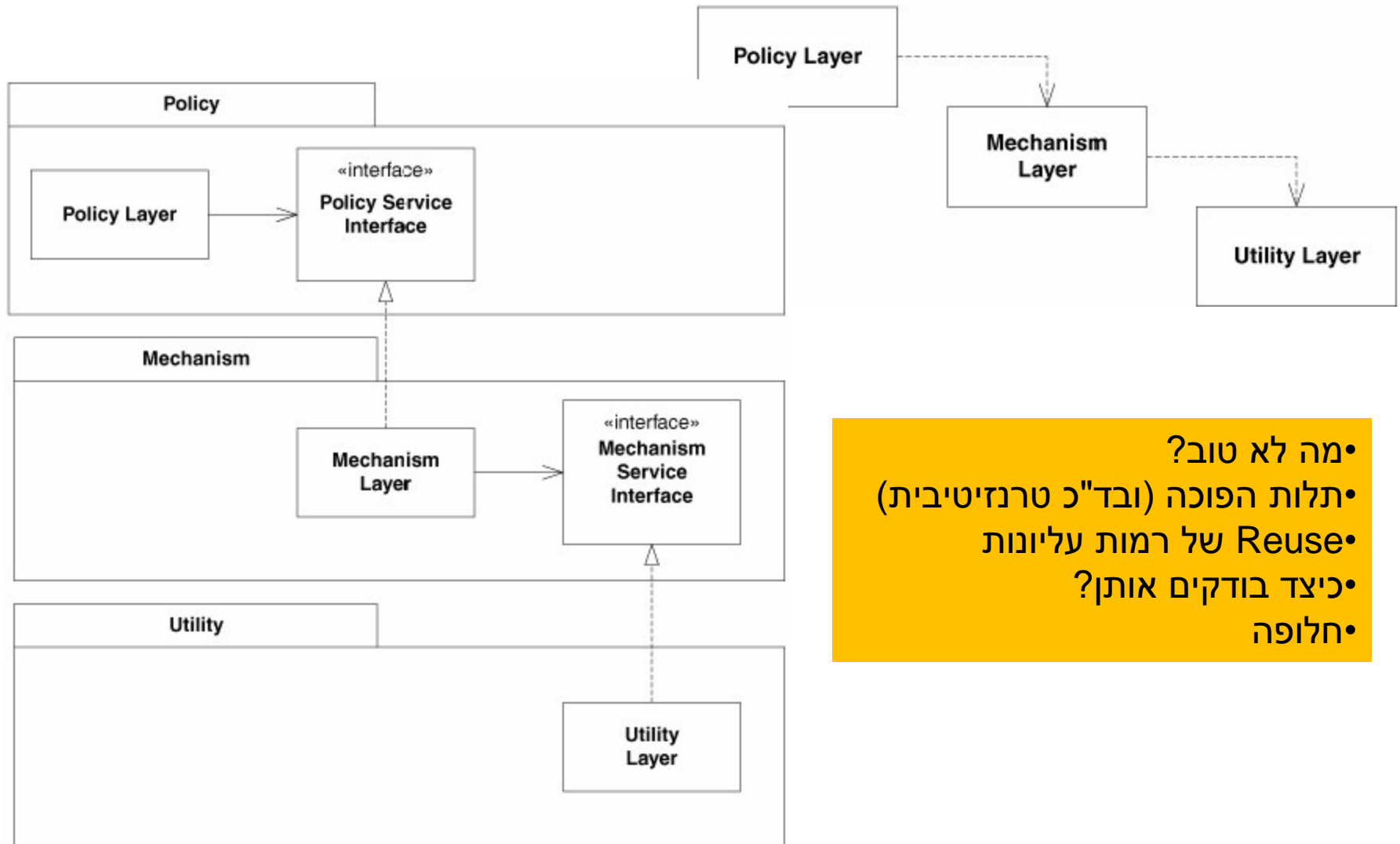
Would You Solder A Lamp Directly To The Electrical Wiring In A Wall?

Dependency Inversion Principle (DIP)

Depend upon abstractions. Do not depend upon concrete implementations (Martin).

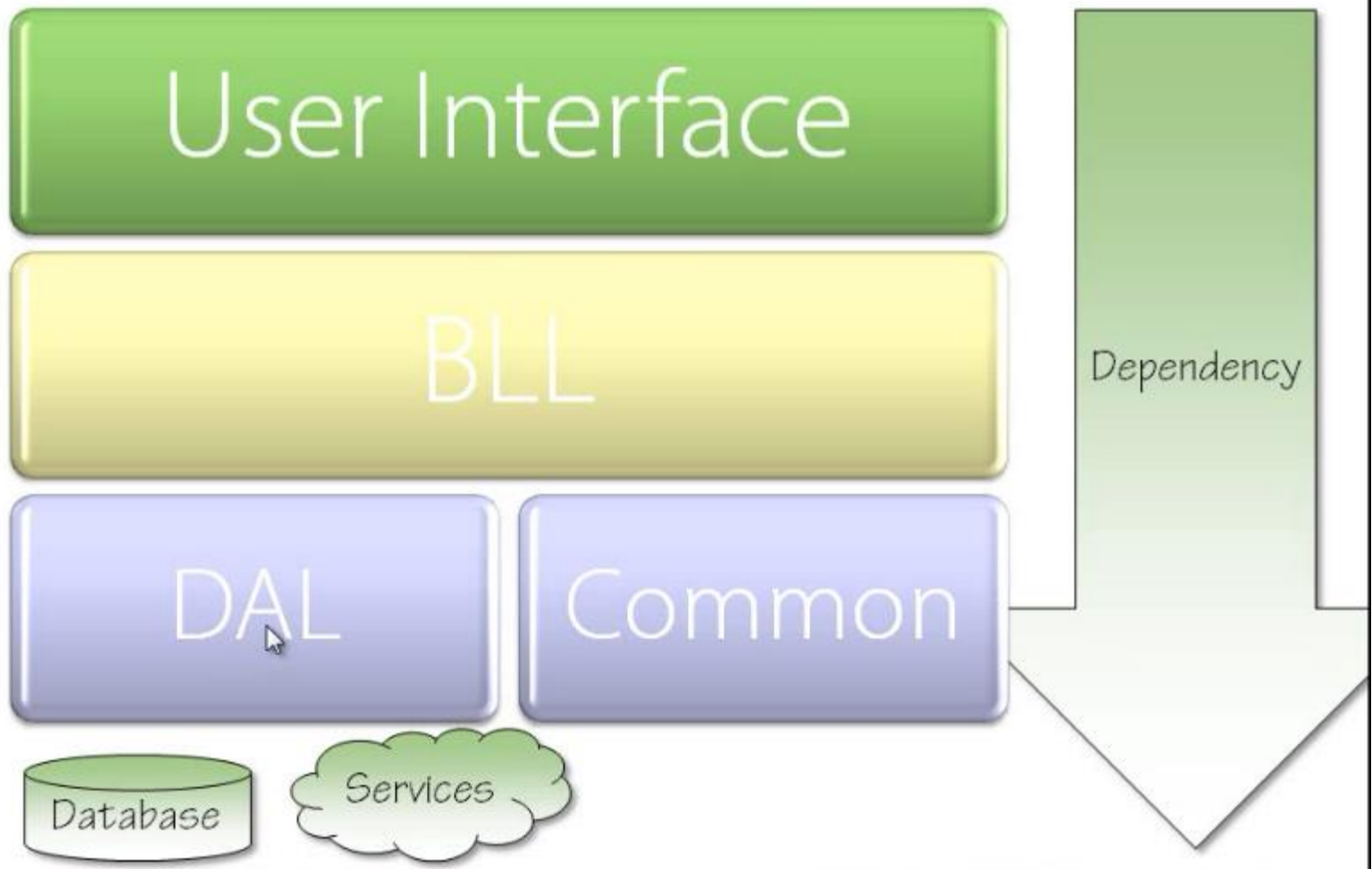
- מחלקות ב"רמה גבוהה" אינן צריכות להיות תלויות במחלקות ב"רמה נמוכה"
- הפשטות צריכות להיות מנותקות ממימוש מסוים ומפרטים
- אם ההפשטה תלויה במימוש אז יש לנו תלות הפוכה (לא טוב)
- הדרך: גישה לאובייקטים (מופעים) דרך ממשקים ומחלקות מופשטות
- אם הרמות העליונות אינן תלויות במימושים מסוימים, איך בעצם מחברים את הרמות התחתונות?

DIP

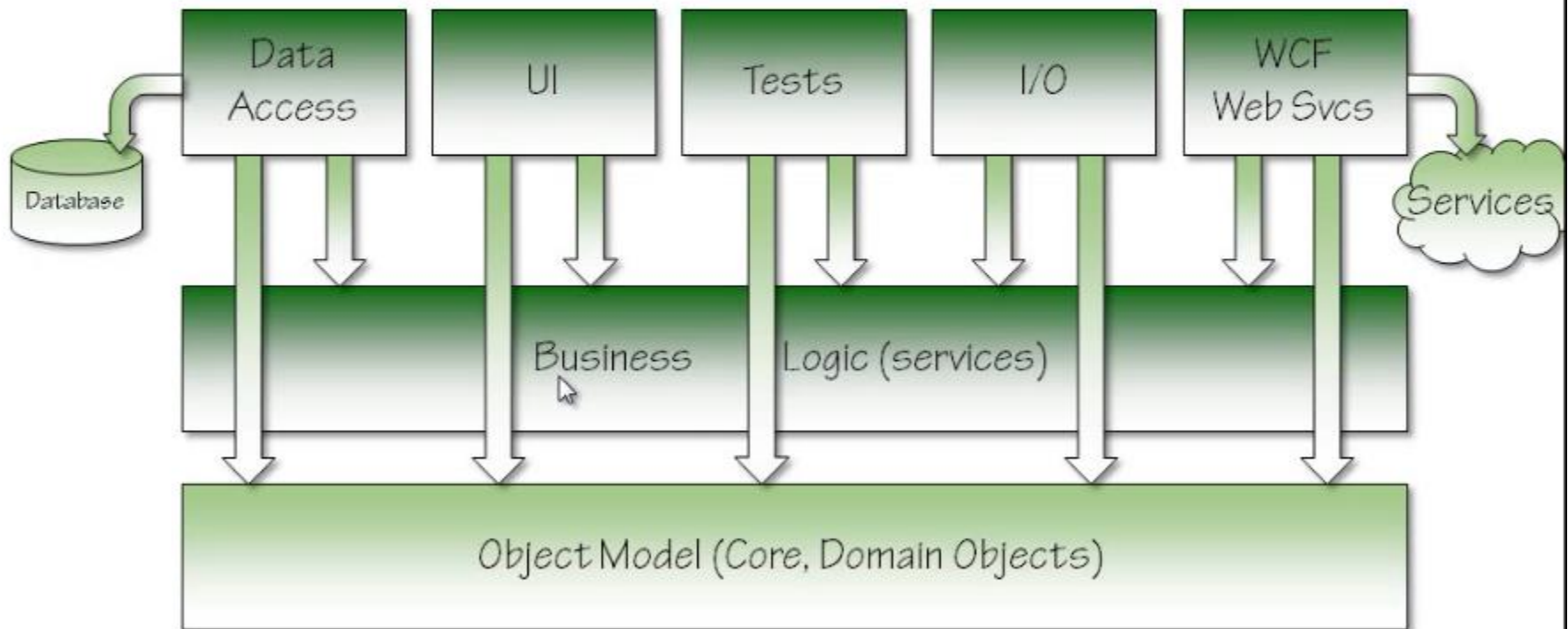


- מה לא טוב?
- תלות הפוכה (ובד"כ טרנזיטיבית)
- Reuse של רמות עליונות
- כיצד בודקים אותן?
- חלופה

Traditional (Naïve) Layered Architecture

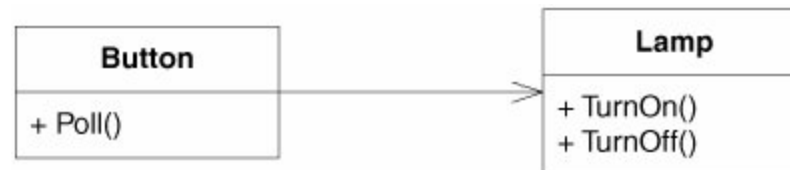


Inverted Architecture



DIP - Example

- ברצונינו לכתוב תוכנית שבה "כפתור" מזהה לחיצה ומפעיל מנורה
- איזה תיכון הייתם מציעים?



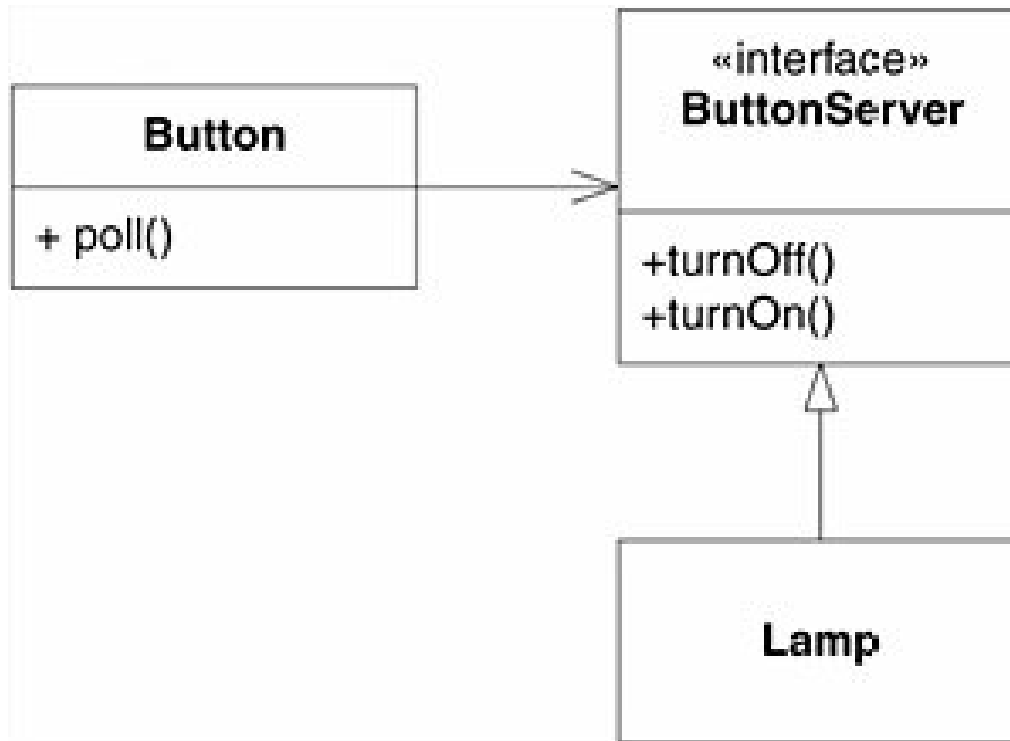
DIP - Violation

```
public class Button
{
    private Lamp lamp;

    public void Poll()
    {
        if (/*some condition*/)
            lamp.TurnOn();
    }
}
```

- מה לא טוב?
- השרות ברמה הגבוהה, תלוי במימוש ברמה תחתונה, הפרה של DIP!
- מה אם נרצה שהכפתור ישלוט על מנוע?

DIP - Solution



- עכשיו הכפתור מגדיר את התלות!
- האם לא יצרנו עכשיו תלות של מנורה בכפתור?
- רק תלות בממשק! אפשר לשנות את השם וגם להוציא את הממשק לחבילה נפרדת, למשל **SwitchableDevice**
- אז בסוף כיצד מקשרים את המנורה לכפתור?

DIP – Frameworks

- התפתח היצע רחב של חבילות תשתית בנושא
- “new” is a smell
- למשל [Guice](#), Spring ל-Java ו-[Autofac](#), MEF ל-.Net
- ```
public class Client {

 public void go() {
 Service service = ServiceFactory.getInstance();
 service.go();
 }
}
```
- [מצגת Guice \(\\*\)](#)
- הערה: פיתוח בדיקות עם Test double מצריך ומעודד עבודה עם ממשקים

# DIP – Frameworks - Example

```
var builder = new ContainerBuilder();

builder.Register<Straight6TwinTurbo>().As<IEngine>().FactoryScoped();

builder.Register(c => new Skyline(c.Resolve<IEngine>(), Color.Black))
 .As<ICar>()
 .FactoryScoped();

////////////////////////////////////

using (var container = builder.Build())
{
 var car = container.Resolve<ICar>();
 car.DriveTo("Byron Bay");
}
```

• רוב החבילות תומכות גם בקבצי  
קינפוג (XML)  
• כמה רחוק אפשר לקחת את  
העיקרון (string)





# INTERFACE SEGREGATION PRINCIPLE

You Want Me To Plug This In, Where?

# Interface Segregation Principle (ISP)

*Many client-specific interfaces are better than one general purpose interface (Martin).*

- אם יש מחלקה שיש לה כמה שימושים, כדאי ליצור ממשק נפרד (ורזה) לכל שימוש.
- אחרת, כל המשתמשים חולקים ממשק גדול, אבל רובם משתמשים בחלק קטן ובכל זאת תלויים בשאר
- החלופה היא שהשימוש במחלקה יאורגן בקבוצות של שיטות שקשורות אחת לשנייה, כל קבוצה כזו היא מחלקה.
- באופן כזה **לקוחות** משתמשים בממשקים קטנים ועקיבים (קוהרנטיים) יותר
- לעומת זאת, ממשקים "שמנים" מובילים לצמידות ותלות אקראית



# ISP

- עדיפות לממשקים "רזים" על פני "שמונים"  
– אם אפשר, מוגדרים ע"י הלקוח
- אם היינו צריכים לכתוב ממשקים (DIP) עבור  
דוגמת המלבנים?  
GraphicRectangle –  
GeometricRectangle –

```

public interface Animal {
 void fly();
 void run();
 void bark();
}

public class Bird implements Animal {
 public void bark() { /* do nothing */ }
 public void run() {
 // write code about running of the bird
 }
 public void fly() {
 // write code about flying of the bird
 }
}

public class Cat implements Animal {
 public void fly() { throw new Exception("Undefined cat property"); }
 public void bark() { throw new Exception("Undefined cat property"); }
 public void run() {
 // write code about running of the cat
 }
}

public class Dog implements Animal {
 public void fly() { }
 public void bark() {
 // write code about barking of the dog
 }

 public void run() {
 // write code about running of the dog
 }
}

```

```

public interface Flyable {
 void fly();
}
public interface Runnable {
 void run();
}
public interface Barkable {
 void bark();
}
public class Bird implements Flyable, Runnable {
 public void run() {
 // write code about running of the bird
 }

 public void fly() {
 // write code about flying of the bird
 }
}
public class Cat implements Runnable{

 public void run() {
 // write code about running of the cat
 }
}
public class Dog implements Runnable, Barkable {

 public void bark() {
 // write code about barking of the dog
 }

 public void run() {
 // write code about running of the dog
 }
}

```

# ISP "Smells"

- NotImplementedException – בעייתי גם עם LSP (בהמשך)
- לקוח שמשתמש בחלק קטן מממשק של מחלקה
- Comments / Comment out / C# Regions
- Testability Issues

# ISP Example

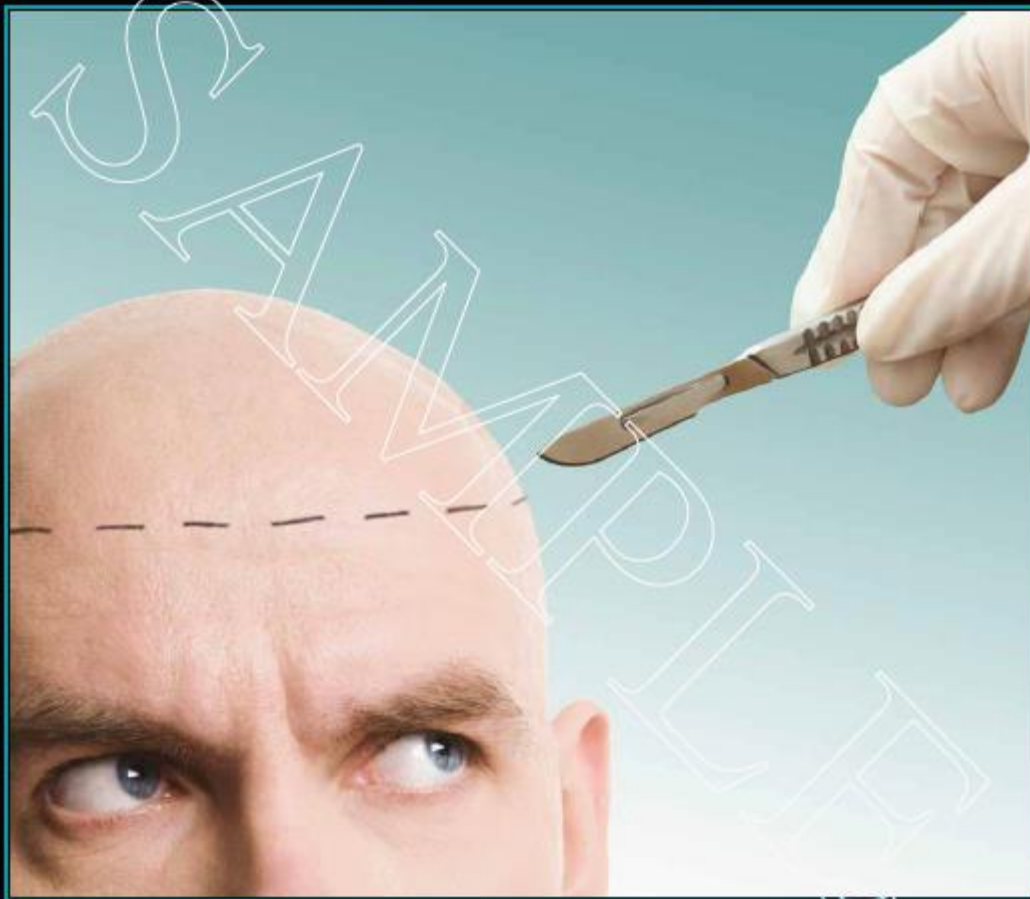
- מפרט: חלון "אודות" עם נתונים מקובץ הגדרות ([קוד קיים](#))
- הוספת אחריות במתודה חדשה (SRP)
- שימוש במחלקה Settings (למרות שצריך רק שני שדות)
  - תלות גבוהה
  - שימוש בקבצים
  - SRP Violation
  - כיצד לבדוק? (הוספת xUnit, [RequiresSTA](#)) ריחות שעולים מהבדיקה
- שיפרוק (Refactoring) לתיכון טוב יותר:
  - הפרדה לממשק ותלות בו (DIP)
  - עדיין תיתכן תלות גבוהה בכל חלקי הממשק
  - פירוק לממשק הנדרש (ISP)



MyForm.zip



WPFBindConfigSettings.zip



# OPEN CLOSED PRINCIPLE

Brain surgery is not necessary when putting on a hat.

# Open-Closed Principle (OCP)

*A module (class) should be open for extension but closed for modification (Bertrand Meyer).*

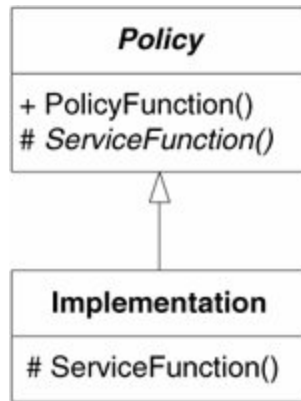
- מחלקות צריכות להיכתב כך שניתן להרחיב אותן ללא צורך לשנות אותן
- כך אפשר לשנות את התנהגות של מחלקה ללא שינויים לקוד המקור וללא פגיעה ב"לקוחות"
- בכדי להרחיב מערכת (כתוצאה משינוי בדרישה), יש להוסיף קוד ולא לשנות את הקיים
- המנגנון העיקרי למימוש: Abstraction (Interface, Abstract Class, ו-subtype polymorphism)

# OCP

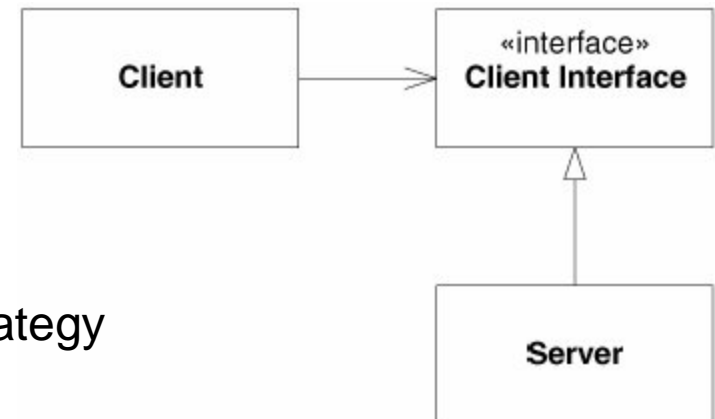
- מה הבעיה בתלות כאן?



- פתרונות OO (שימו לב לשמות):



Design Patterns:  
Template Method <-> Strategy





# Violating OCP

- אפליקציה גרפית פרוצדורלית (C) לציור צורות
- האם תוספת מצריכה שינוי בקוד הספרייה? בקוד הלקוח?



Shapes.c

```

--shape.h-----
enum ShapeType {circle, square};
struct Shape
{
 ShapeType itsType;
};
--circle.h-----
struct Circle
{
 ShapeType itsType;
 double itsRadius;
 Point itsCenter;
};
void DrawCircle(struct Circle*);
--square.h-----
struct Square
{
 ShapeType itsType;
 double itsSide;
 Point itsTopLeft;
};
void DrawSquare(struct Square*);

```

```

--drawAllShapes.cc-----
typedef struct Shape *ShapePointer;
void DrawAllShapes(ShapePointer list[], int n)
{
 int i;
 for (i=0; i<n; i++)
 {
 struct Shape* s = list[i];
 switch (s->itsType)
 {
 case square:
 DrawSquare((struct Square*)s);
 break;

 case circle:
 DrawCircle((struct Circle*)s);
 break;
 }
 }
}

```

היכן ההפרה של OCP?  
אלו סימנים (ריחות) עולים כאן?

# Violating OCP: OOP Solution

```
public interface Shape
{
 void Draw();
}
public class Square : Shape
{
 public void Draw()
 {
 //draw a square
 }
}
public class Circle : Shape
{
 public void Draw()
 {
 //draw a circle
 }
}

public void DrawAllShapes(IList shapes)
{
 foreach(Shape shape in shapes)
 shape.Draw();
}
```

- כיצד תתבצע הרחבה עכשיו?
- האם עמדנו בעיקרון?
- על אלו סימנים התגברנו?

# האם זהו פתרון מושלם?

- מה קורה אם מוסיפים דרישה שכל העיגולים יצוירו לפני המלבנים?
- לעקרון הסגירות יש גבולות!
- כיצב קובעים את הגבולות?
- "Fool me once, shame on you. Fool me twice, shame on me."  
– אם נפגענו פעם אחת, נגן על עצמינו מסוג כזה של פגיעה
- אלו הרגלים יכולים לעזור?
  - בדיקות מקדימות (TDD)
  - מחזורי פיתוח קצרים
  - עדיפות לפיתוח מאפיינים עיקריים (על פני תשתית) והצגה ללקוח
- כיצד נסגור את DrawAllShapes שוב בצורה מופשטת?
- ב-C# יש לנו כבר מנגנון: Comparable

# Closing again (?)

```
public interface Shape : IComparable
{
 void Draw();
}
public class Circle : Shape
{
 public void Draw()
 {
 //draw a circle
 }

 public int CompareTo(object o)
 {
 if(o is Square)
 return -1;
 else
 return 0;
 }
}
public void DrawAllShapes(ICollection shapes)
{
 shapes.Sort();
 foreach(Shape shape in shapes)
 shape.Draw();
}
```

•האם הכל סגור?

# And more...

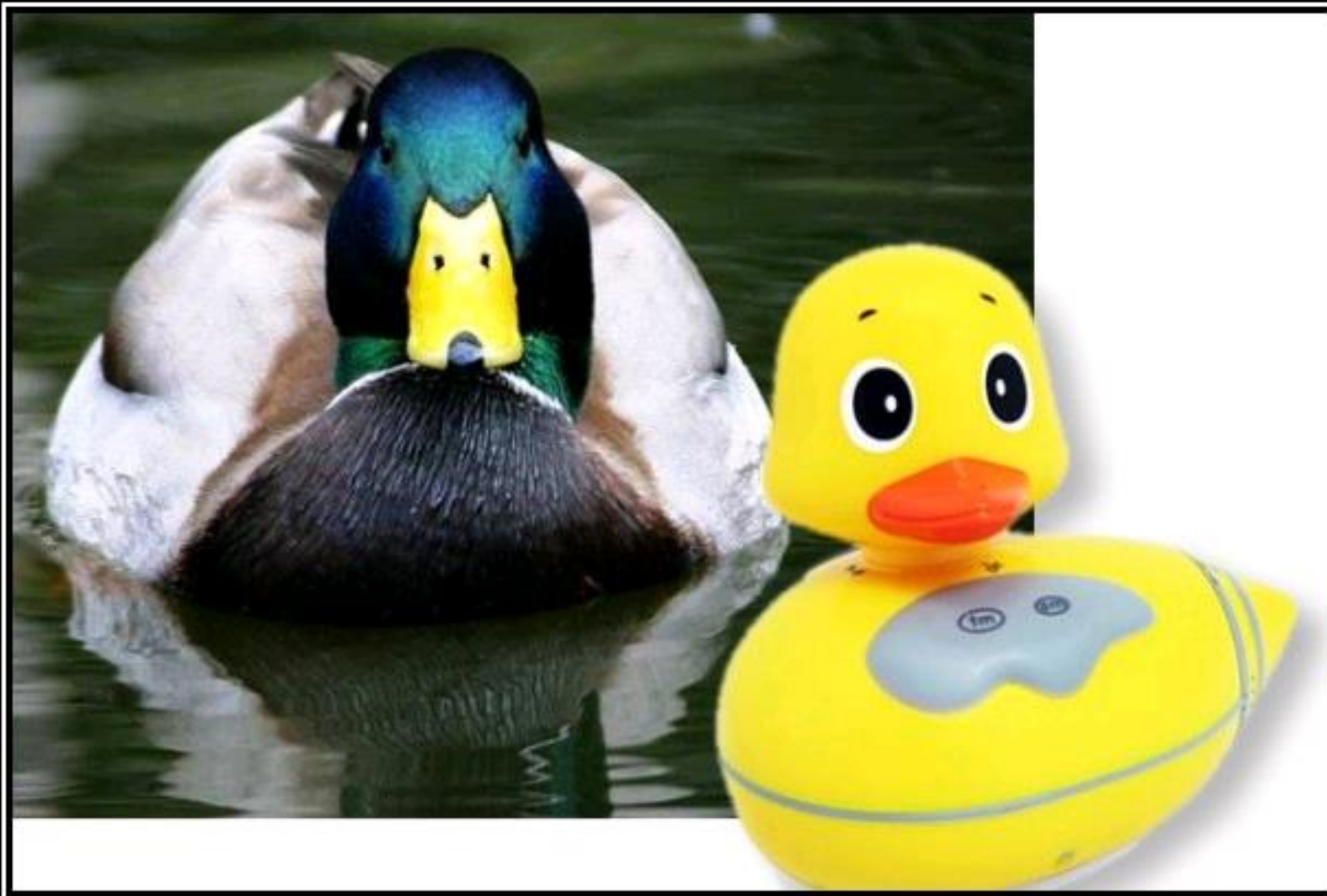
```
public class ShapeComparer : IComparer
{
 private static Hashtable priorities = new Hashtable();
 static ShapeComparer()
 {
 priorities.Add(typeof(Circle), 1);
 priorities.Add(typeof(Square), 2);
 }
 private int PriorityFor(Type type)
 {
 if(priorities.Contains(type))
 return (int)priorities[type];
 else
 return 0;
 }
 public int Compare(object o1, object o2)
 {
 int priority1 = PriorityFor(o1.GetType());
 int priority2 = PriorityFor(o2.GetType());
 return priority1.CompareTo(priority2);
 }
}

public void DrawAllShapes(ArrayList shapes)
{
 shapes.Sort(new ShapeComparer());
 foreach(Shape shape in shapes)
 shape.Draw();
}
```

•האם עכשיו הכל סגור?

# OCP סיכום

- עיקרון מרכזי בתיכון מערכת מונחית עצמים
- הטענה: עוזר להשיג גמישות, שמישות ותחזוקתיות
- ראינו שלא משיגים זאת רק ע"י שימוש בשפה מונחית עצמים
- כנ"ל גם לא ע"י החלת הפשטה ללא אבחנה
- אלא: במקומות שצפויים להשתנות!
- האם זה מספיק?



# LISKOV SUBSTITUTION PRINCIPLE

If It Looks Like A Duck, Quacks Like A Duck, But Needs Batteries - You Probably Have The Wrong Abstraction



# Liskov Substitution Principle (LSP)

*Subclasses should be substitutable for their base classes (Barbara Liskov, 1988)*

- לקוח של מחלקת בסיס צריך להיות מסוגל לעבוד כרגיל גם אם יקבל במקום מחלקה נגזרת
- “A derived class should have some kind of specialized behavior (it should provide the same services as the superclass, only some, at least, are provided differently.)”
- החוזה של מחלקת הבסיס חייב להיות מכובד ע"י מחלקה נגזרת
- הפרה של עיקרון זה מהווה גם הפרה של Open-Closed Principle – מדוע?

# LSP – Violation Example (C#)

```
struct Point {double x, y;}
public enum ShapeType {square, circle};
public class Shape
{
 private ShapeType type;
 public Shape(ShapeType t){type = t;}
 public static void DrawShape(Shape s)
 {
 if(s.type == ShapeType.square)
 (s as Square).Draw();
 else if(s.type == ShapeType.circle)
 (s as Circle).Draw();
 }
}
public class Circle : Shape
{ ...
```

•היכן ההפרה של LSP?  
•Circle ו-Square בעצם לא מחליפים את Shape  
•<= הפרה של LSP גורמת להפרה של OCP ב- DrawShape  
•מדוע תכננו זאת כך? (רמז: ביצועים)

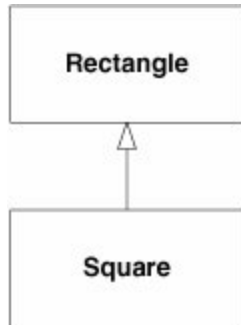
# LSP – A More Subtle Violation

```
public class Rectangle
{
 private Point topLeft;
 private double width;
 private double height;
 public double Width // non virtual, java: final
 {
 get { return width; }
 set { width = value; }
 }
 public double Height
 {
 get { return height; }
 set { height = value; }
 }
}
```

# LSP – A More Subtle Violation

- נניח שהמחלקה Rectangle משמשת באפליקציה כבר זמן רב

- דרישה חדשה: אפשרות להשתמש ב-Square כיצד נממש זאת?



- כידוע Square **IS-A** Rectangle
- האם משהו מריח לא טוב?
- Width ו-Height לא משתנים ביחד!
- פתרון אפשרי...

# LSP – A More Subtle Violation

```
public class Square : Rectangle
{
 public new double Width
 {
 set
 {
 base.Width = value;
 base.Height = value;
 }
 }
 public new double Height
 {
 set
 {
 base.Width = value;
 base.Height = value;
 }
 }
}
```

```
var s = new Square();
s.Width = 1;
s.Height = 2; // sets width too, hooray...
```

- האם הכל בסדר?
- מה עם הקוד הבא?

```
void f(Rectangle r)
{
 r.Width = 32;
}
```

- הפרה של LSP!
- האם אפשר לתקן?
- Virtual

# LSP – A More Subtle Violation

```
public class Rectangle
{
 ...
 public virtual double Width { get; set; }
 public virtual double Height { get; set; }
}
public class Square : Rectangle
{
 public override double Width
 {
 set
 {
 base.Width = value;
 base.Height = value;
 }
 }
 public override double Height
 {
 set
 {
 base.Width = value;
 base.Height = value;
 }
 }
}
```

- עכשיו מתמטית ריבוע מתנהג בסדר
- מה עם הקוד הבא:

```
void g(Rectangle r)
{
 r.Width = 5;
 r.Height = 4;
 if (r.Area() != 20)
 throw new Exception("Bad area!");
}
```

- שוב הפרה של LSP!
- איפה טעינו? האם המפתח של g אשם?
- או אולי ההורשה לא מתאימה?
- לפי LSP מודל נכון תלוי בלקוחות שלו!

# LSP – A More Subtle Violation

- האם לא אמרנו ש: Square IS-A Rectangle?
- **ההתנהגות** של ריבוע לא קונסיסטנטית עם הציפיות של g!
- LSP מלמד אותנו שב-ODD היחס IS-A מתייחס להתנהגות סבירה שלקוחות מצפים
- איך יכולנו לחשוב על זה?

# Design By Contract

- שיטה מאת Bertrand Meyer, שפת Eiffel
- מפתח של מחלקה מודיע על חוזה שמכיל תנאי קדם, תנאי סיום ואינווריאנטות
- במקרה שלנו postcondition:
- `assert((width == w) && (height == old.height));`
- "A routine redeclaration [in a derivative] may only replace the original precondition by one **equal or weaker**, and the original postcondition by one **equal or stronger**."  
[Meyer97], p. 573



# Design By Contract

- ב- C# ו-Java אין תמיכה מובנית בשפה
- התפתחו ספריות שונות

iContract –

– spec# הרחבה מאת MSR – בדיקות סטטיות,  
שימשה לכתיבת מ"ה Singularity (עם #sing)

– Guard (OSS)

- ספריית [Contracts](#) (MSR) + בדיקות אוטומטיות  
([Pex](#)) - חלק מ-.Net 4.0, [VS add-in](#)

# .Net Contracts API

- `CodeContract.Requires(parameter >= 0);`
- `CodeContract.Ensures(SomeSharedState != null);`
- `CodeContract.EnsuresOnThrow<IOException>(SomeSharedState != null);`
- `CodeContract.Ensures(CodeContract.Result<Int32>() >= 0);`
- `[ContractInvariantMethod]`  
`void ObjectInvariant() {`  
    `CodeContract.Invariant(Data >= 0);`  
`}`
- [Pexforfun](#) example

# לסיכום LSP

- היורסטיקה: מחלקה יורשת שמורידה התנהגות, אולי מפירה את LSP

```
public class Base
{
 public virtual void f()
 { /*some code*/ }
 ...
 public class Derived : Base
 {
 public override void f() {}
 }
}
```

- שמירה על LSP עוזרת להגיע ל-OCP
- חוזים נותנים משמעות יותר ספציפית לקשרי מחלקות

# בפעם הבאה

- מימוש מקובל של עקרונות:  
תבניות **עיצוב (תיכון)** Design Patterns
- עוד על Refactoring
- הדגמה
- ~~קריאה \ משימה אישית~~

# לסיכום

- מתי לתקן או לשפר? כשמגלים בעיה? כיצד להתגבר על קשיי ההתחלה?
- לפעמים, מותר גם לתכנן מראש...
- כתיבת בדיקות מראש לגילוי הצרכים
- יש טוענים ש-TDD עם mocks ושות' גורם לעמידה ב-SOLID אפילו כשהמפתחים לא מכירים את העקרונות
- מתפתחים כלים ברמות שונות בנושא איכות הקוד
- עקרונות נוספים במאמרים ובספרים של Martin ואחרים, למשל Tell Don't Ask, The Boy Scout Rule, The Law Of Demeter ויש מתנגדים, למשל:
- SOLID Fight: <http://www.artima.com/weblogs/viewpost.jsp?thread=250296>

# Pull Request .2

- [xbehave.net](http://xbehave.net) [How to contribute](#)
- Demo

• בתרגיל ובפרויקט – סקר קוד