Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών

Προηγμένες Μέθοδοι Προγραμματισμού

ΠΜΣ (M135.CS1E, M135.CS23B, M135.IC1E, παλαιό: M117)

Αντικειμενοστρεφής προγραμματισμός

Δρ. Κώστας Σαΐδης (saiko@di.uoa.gr)

Αντικειμενοστρεφής προγραμματισμός

- Βασικές έννοιες και μηχανισμοί
- Παραδείγματα σε Java, Javascript (και λίγο Typescript)

Αντικείμενα

- Ενθυλακώνουν (encapsulate)
  - Κατάσταση (state)
    - δεδομένα που τηρούνται σε πεδία
  - Συμπεριφορά (behavior)
    - λειτουργίες που τηρούνται σε μεθόδους (methods)
- Στιγμιοτύπιση αντικειμένων (instantiation)
  - Μέσω κατασκευαστών (constructors)
- Αυτο-αναφορά (this, self)
- Ανταλλαγή μηνυμάτων (message passing)

Βασικές έννοιες

- Συνάθροιση (aggregation)
- Σύνθεση (composition)
- Κληρονομικότητα (inheritance)
  - Με βάση κλάσεις (classes)
  - Με βάση πρωτότυπα (prototypes)
- Δυναμική αποστολή μηνυμάτων (dynamic method dispatch)
- Αργή δέσμευση (late binding)
- Πολυμορφισμός

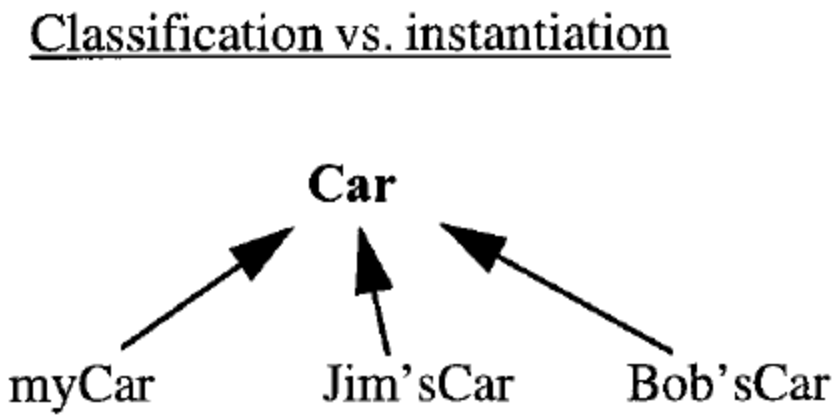
Βασικές αρχές αφαίρεσης (abstraction principles)

Το σήμειο που το αντικειμενοστρεφές μοντέλο συνδέεται με την εννοιολογική μοντελοποίηση (conceptual modeling) και την αναπαράσταση γνώσης (knowledge represenation)

Λίστα αναγνωσμάτων

Antero Taivalsaari, "On the notion of inheritance", ACM Computing Surveys, Vol. 28, No 3, September 1996.

I. Classification - Instantiation



Classification - Instantiation

- Σχέση του αντικειμένου με την κλάση του και αντίστροφα.
- Όλα τα αντικείμενα / στιγμιότυπα μιας κλάσης μοιράζονται κοινά και ομοιόμορφα χαρακτηριστικά.
- Η κλάση είναι το intensional abstraction όλων των δυνατών της αντικειμένων.

Παράδειγμα (Java)

```
class Point {
  private int x;
  private int y;

  public Point(int x, int y) {
    this.x = x;
    this.y = y;
  }
  public int getX() { return x; }

  public int getY() { return y; }

  public void setX(int x) { this.x = x; }

  public void setY(int y) { this.y = y; }

  public void addToX(int num) { this.x += num; }

  public void addToY(int num) { this.y += num; }
}
```

Χρήση

```
Point p1 = new Point(0, 0); //στιγμιοτύπιση
p1.addToX(10); //αποστολή μηνύματος (επίκληση μεθόδου)
Point p2 = new Point(10, 0);
assert(p1.getX() == p2.getX());
assert(p1 instanceof Point);
assert(p2 instanceof Point);
```

assert: throw error if the boolean expression evaluates to false

Παράδειγμα (Javascript < ES6)

```
var Point = function(x, y) { //constuctor
  this.x = x;
  this.y = y;
  this.getX = function() { return this.x; }
  this.getY = function() { return this.y; }
  this.setX = function(x) { this.x = x; }
  this.setY = function(y) { this.y = y; }
  this.addToX = function(num) { this.x += num; }
  this.addToY = function(num) { this.y += num; }
}
```

Τι γίνεται εδώ;

Χρήση (ολόιδια με Java)

```
var p1 = new Point(0, 0);
p1.addToX(10);
var p2 = new Point(10, 0);
assert p1.getX() == p2.getX();
assert (p1 instanceof Point);
assert (p2 instanceof Point);
```

Javascript constructors, objects and prototypes

- All objects are created through a constructor function
- All objects have a prototype
- (almost) Everything is an object (builtins, functions, prototypes)

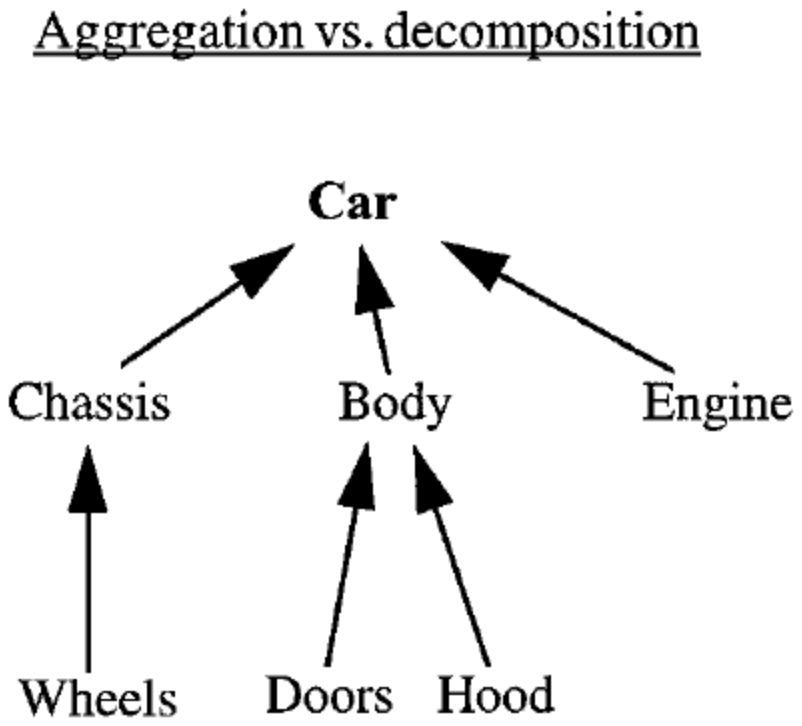
Καλύτερο Παράδειγμα (Javascript < ES6)

```
var Point = function(x, y) { //constuctor
  this.x = x;
  this.y = y;
}

Point.prototype.getX = function() { return this.x; }

Point.prototype.getY = function() { return this.y; }

Point.prototype.setX = function(x) { this.x = x; }

Point.prototype.setY = function(y) { this.y = y; }

Point.prototype.addToX = function(num) { this.x += num; }

Point.prototype.addToY = function(num) { this.y += num; }
```

Παράδειγμα (Javascript >= ES6)

```
class Point {

  x;
  y;

  constructor(x, y) {
    this.x = x;
    this.y = y;
  }

  addToX(num) { this.x += num; }

  addToY(num) { this.y += num; }
}
```

2. Aggregation - Decomposition



Aggregation - Decomposition

- Συνάθροιση (ή σύνθεση) επιμέρους εννοιών για τη σύσταση μιας νέας ξεχωριστής έννοιας.
- Σχέσεις μέρους-όλου (part-of).

Παράδειγμα (Java)

Ένα αντικείμενο περιέχει (απαρτίζεται) από άλλο αντικείμενα

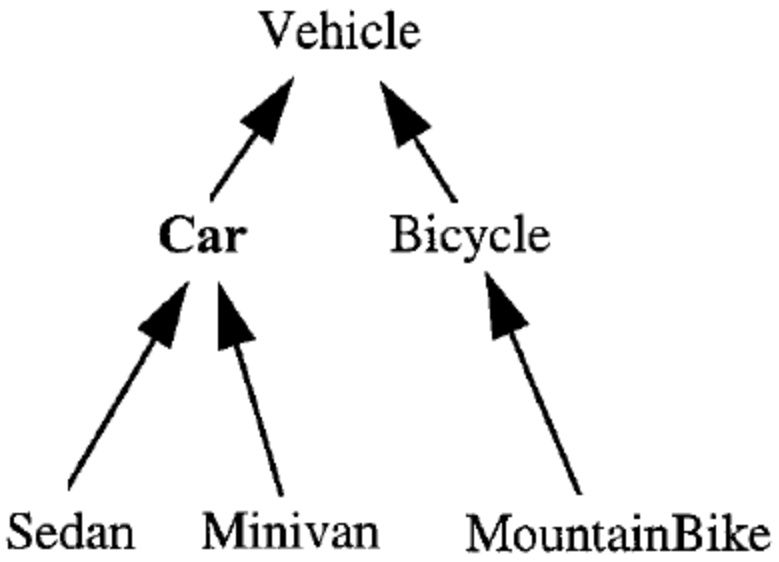
```
class Line {
  private Point first;
  private Point second;

  public Line(Point first, Point second) {
    this.first = first;
    this.second = second;
  }

  Point getFirstPoint() { return first; }

  Point getSecondPoint() { return second; }
}
```

Παράδειγμα (ES6)

Ένα αντικείμενο περιέχει (συντίθεται) από άλλο αντικείμενα

```
class Line {

  first;
  second;

  constructor(first, second) { //Points
    this.first = first;
    this.second = second;
  }

}
```

3. Generalization - Specialization



Generalization - Specialization

- Σχέση μεταξύ κλάσεων.
- Η γενική κλάση συγκεντρώνει τα κοινά στοιχεία όλων των εξειδικεύσεών της.
- Η κληρονομικότητα είναι ο κατεξοχήν μηχανισμός υλοποίησης της εξειδίκευσης.

Κληρονομικότητα

- Ένα αντικείμενο κληρονομεί τα πεδία ή/και τις μεθόδους των "προγόνων" του
- Στην πράξη έχουμε:
  - Κληρονομικότητα για εξειδίκευση (specialization)
  - Κληρονομικότητα για επαναχρησιμοποίηση (reuse)

Παράδειγμα (Java)

```
enum Direction {
  FIRST_SECOND,
  SECOND_TO_FIRST
}

class Arrow extends Line {

  private Direction d;

  public Arrow(Point p1, Point p2, Direction d) {
    super(p1, p2);
    this.d = d;
  }

  public Direction getDirection() { return d; }

  public void toggleDirection() {
    if (d == Direction.FIRST_TO_SECOND)
      d = Direction.SECOND_TO_FIRST;
    else
      d = Direction.FIRST_TO_SECOND;
  }
}
```

Χρήση

```
Point p1 = new Point(0, 0);
Point p2 = new Point(10, 10);
Arrow a = new Arrow(p1, p2, Arrow.Direction.FIRST_TO_SECOND);
assert(a instanceof Arrow); //Προφανώς
assert(a instanceof Line);  //Επίσης -- πολυμορφισμός
assert(a.getFirstPoint().getX() == 0); //Κληρονομικότητα
```

Παράδειγμα (Javascript < ES6)

```
var Line = function() { //Line constructor
  ...
}

var Direction = {
  FIRST_TO_SECOND: 1,
  SECOND_TO_FIRST: 2
}

var Arrow = function(p1, p2, d) {
  Line.call(this, p1, p2); //call the Line constructor
  this.d = d;
}

Arrow.prototype = new Line(); //"Inherit" from Line
Arrow.prototype.constructor = Arrow; //Just to make sure
Arrow.prototype.toggleDirection = function() {
  if (this.d == Direction.FIRST_TO_SECOND)
    this.d = Direction.SECOND_TO_FIRST;
  else
    this.d = Direction.FIRST_TO_SECOND;
}
```

Κληρονομικότητα στη Javascript

- Δεν υπάρχουν κλάσεις, υπάρχουν μόνο αντικείμενα
- Τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω μιας "αλυσίδας πρωτοτύπων" (prototype chain)
- Η γλώσσα για να "βρει" ένα χαρακτηριστικό (π.χ. πεδίο) ενός αντικειμένου:
  - "κοιτάζει" στο ίδιο το αντικείμενο
  - αν δεν το βρεί, "κοιτάζει" στο αντικείμενο/πρωτότυπο αυτού
  - συνεχίζει αναδρομικά μέχρι είτε να το βρει είτε να καταλήξει σε αντικείμενο με `null` πρωτότυπο

https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Inheritance_and_the_prototype_chain

Κλάσεις στη Javascript >= ES6

```
class Line {
  ...
}

var Direction = {
  FIRST_TO_SECOND: 1,
  SECOND_TO_FIRST: 2
}

class Arrow extends Line {

  constructor(p1, p2, d) {
    super(p1, p2);
    this.d = d;
  }

  toggleDirection() {
    if (this.d == Direction.FIRST_TO_SECOND)
      this.d = Direction.SECOND_TO_FIRST;
    else
      this.d = Direction.FIRST_TO_SECOND;
  }
}
```

Προσοχή: δεν είναι "πραγματικές" κλάσεις, αλλά μια συντακτική ευκολία για πιο εύκολη χρήση της αλυσίδας πρωτοτύπων

Χρήση

```
var p1 = new Point(0, 0);
var p2 = new Point(10, 10);
var a = new Arrow(p1, p2, Direction.FIRST_TO_SECOND);
assert(a instanceof Arrow);
assert(a instanceof Line);
assert(a.getFirstPoint().getX() == 0);
```

Private state/behavior

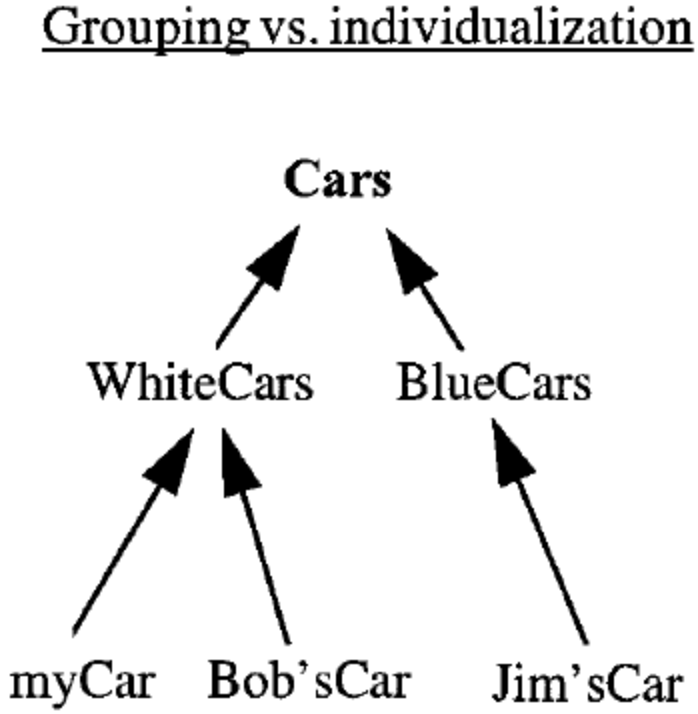
- Στο (απλό) παράδειγμά μας:
  - Η κλάση Point ενθυλακώνει δύο ακεραίους
  - Η κλάση Line ενθυλακώνει δύο Point αντικείμενα
  - Η κλάση Arrow ενθυλακώνει δύο Point αντικείμενα και μια διεύθυνση
- Μηχανισμός απόκρυψης πληροφορίας (information hiding)

Private state σε Javascript (#private fields)

```
class Line {
  #first;
  #second;

  constructor(first, second) {
    this.first = first;
        this.second = second;
  }
}
```

Υπάρχει άλλος τρόπος;

4. Grouping - Individualization



Ομαδοποίηση - Διαχωρισμός

- Ομαδοποίηση αντικειμένων με βάση κάποιο extensional και όχι intensional χαρακτηριστικό.
- Παραδείγματα:
  - Αγαπημένα του χρήστη (user favorites)
  - Πιο πρόσφατα / πιο δημοφιλή
  - Αποτελέσματα μιας αναζήτησης

Πολυμορφισμός

Παροχή μιας κοινής διεπαφής για αντικείμενα διαφορετικών τύπων

ή

Ένα αντικείμενο μπορεί να έχει πολλούς τύπους (πολλές συμπεριφορές)

Είδη πολυμορφισμού

Universal polymorphism

- Parametric
- Inclusion

Ad-hoc

- Overloading
- Coercion

Λίστα αναγνωσμάτων

Luca Cardelli, Peter Wegner, "On Understanding Types, Data Abstraction, and Polymorphism", ACM Computing Surveys, Vol 17 n. 4, pp 471-522, December 1985.

Ad-hoc πολυμορφισμός (Overloading)

Operator overloading

```
int x = 3 + 5;
String s = name + " " + surname;
```

Method overloading

```
class Foo {
  void doSomething(A a) { ... }
  void doSomething(A a, B b) { ... }
}

class Bar extends Foo {
  void doSomething(C c, D d) { ... }
}
```

Ad-hoc πολυμορφισμός (Coercion)

Type coercion

```
double x = 1;
//The int constant is converted to double automatically

double avg, sum;
int count;
...
avg = sum / count;
//The int count is coverted to double automatically
//before applying the division
```

Παραμετρικός πολυμορφισμός

Generics

```
class Cache<K, V> {
  private final Map<K, V> cache = new HashMap<>();
  public synchronized void put(K key, V value) {
    cache.put(key, value);
  }

  public synchronized V get(K key) {
    return cache.get(key);
  }
}
```

```
Cache<String, Line> lineLabels = new Cache<>();
cache.put("First line", someLine);
cache.put("Second line", someOtherLine);
```

Πολυμορφισμός υπο-τύπων (inclusion polymorphism)

```
interface Shape {
  double getArea();
}

class Rectangle implements Shape {
  private double width;
  private double height;
  public double getArea() {
    return width * height;
  }
}

class Circle implements Shape {
  private double radius;
  public double getArea() {
    return Math.PI * radius * radius;
  }
}
```

```
class AreaPrinter {
  public static void print(Shape s) {
    System.out.println(s.getArea());
  }
}

AreaPrinter.print(new Rectangle(2.0, 3.0)); // 6.0
AreaPrinter.print(new Circle(1.0)); // 3.14
```

Δυναμική αποστολή μηνυμάτων και αργή δέσμευση

```
interface Task {
  String getName();
  default void run() {
    System.out.println("Running task " + getName());
  }
}
```

```
class SimpleTask1 implements Task {
  public String getName() {
    return this.getClass().getName();
  }
}

class SimpleTask2 extends SimpleTask1 {
  public void run() {
    super.run();
    System.out.println("Completion of task" + getName());
  }
}
```

```
List<Task> tasks = [
  new SimpleTask1(),
  new SimpleTask2()
];
for (Task t: tasks) {
  t.run();
}

//Output
//?
```

```
Running task SimpleTask1
Running task SimpleTask2
Completion of task SimpleTask2
```