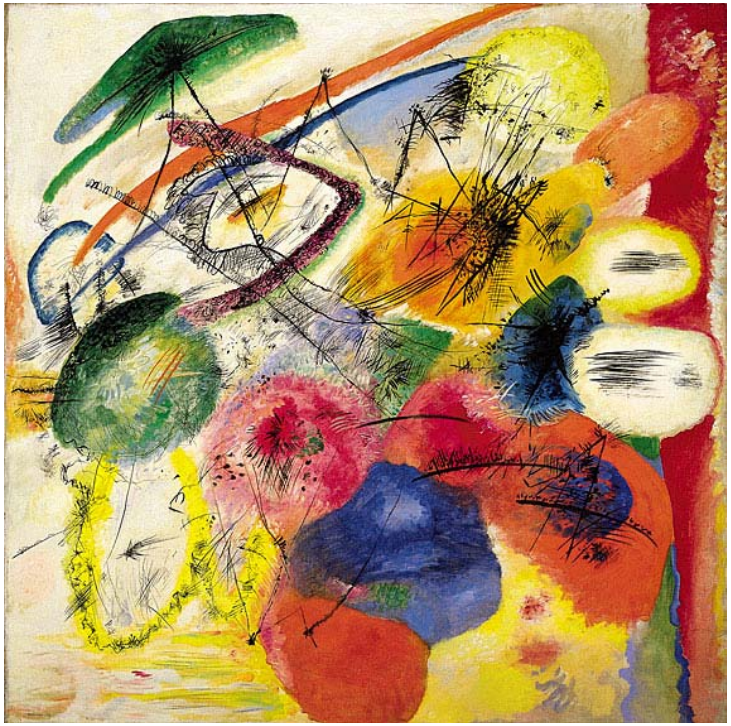
Ονόματα και Εμβέλεια



Wassily Kandinsky, *Black lines*, 1913

Κωστής Σαγώνας <kostis@cs.ntua.gr>
Νίκος Παπασπύρου <nickie@softlab.ntua.gr>

Ανακύκλωση ονομάτων

- Η κατανόηση της εμβέλειας είναι άμεση εάν το κάθε τι έχει το δικό του όνομα

```
fun square a = a * a;
fun double b = b + b;
```

- Αλλά στις μοντέρνες γλώσσες προγραμματισμού, συχνά χρησιμοποιούμε το ίδιο όνομα ξανά και ξανά

```
fun square x = x * x;
fun double x = x + x;
```

- Τι ακριβώς συμβαίνει;

Περιεχόμενα

- Ορισμοί και εμβέλεια
- Εμβέλεια μέσω μπλοκ
- Εμβέλεια με προσδιορισμένους τόπους ονομάτων (labeled namespaces)
- Εμβέλεια με πρωτογενείς τόπους ονομάτων (primitive namespaces)
- Στατική και δυναμική εμβέλεια
- Ξεχωριστή μεταγλώττιση

Ορισμοί

- Όταν υπάρχουν διαφορετικές μεταβλητές με το ίδιο όνομα, υπάρχουν και διαφορετικά πιθανά δεσίματα για κάθε συγκεκριμένο όνομα
- Το παραπάνω δεν αναφέρεται μόνο σε ονόματα μεταβλητών, αλλά σε ονόματα τύπων, ονόματα σταθερών, ονόματα συναρτήσεων, κ.λπ.
- Ένας ορισμός είναι οτιδήποτε εγκαθιστά ένα πιθανό δέσιμο (binding) για ένα όνομα

Παραδείγματα

```
fun square n = n * n;
fun square square = square * square;
```

```
const
  Low = 1;
  High = 10;
type
  Ints = array [Low..High] of Integer;
var
  X: Ints;
```

Εμβέλεια

- Μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι από ένας ορισμοί για κάποιο όνομα
- Κάθε εμφάνιση του ονόματος (εκτός των ορισμών) πρέπει να είναι δεμένη με κάποιον από τους ορισμούς του ονόματος
- Λέμε ότι η εμφάνιση ενός ονόματος **είναι στην εμβέλεια** κάποιου ορισμού του ονόματος όποτε το δέσιμο της συγκεκριμένης εμφάνισης καθορίζεται από αυτόν τον ορισμό

Παραδείγματα

```
- fun square square = square * square;
val square = fn : int -> int
- square 3;
val it = 9 : int
```

- Κάθε εμφάνιση πρέπει να είναι δεμένη με κάποιον από τους ορισμούς
- Αλλά με ποιον από όλους;
- Υπάρχουν πολλοί τρόποι να λύσουμε αυτό το πρόβλημα εμβέλειας

Μπλοκ (blocks)

- Ένα μπλοκ είναι ένα οικοδόμημα των γλωσσών που περιέχει ορισμούς και περικλείει μια περιοχή του προγράμματος στην οποία έχουν εφαρμογή οι ορισμοί

```
let
  val x = 6
  val y = 7
in
  x * y
end
```

Είδη μπλοκ στην ML

- Ένα **`let`** απλώς ορίζει ένα μπλοκ: δεν έχει άλλο σκοπό
- Ένας ορισμός **`fun`** περιλαμβάνει ένα μπλοκ:

```
fun cube x = x * x * x;
```

- Οι διαφορετικές εναλλακτικές προτάσεις των συναρτήσεων ορίζουν διαφορετικά μπλοκ:

```
fun f (a::b::_) = a + b
  | f [a] = a
  | f [] = 0;
```

- Κάθε κανόνας σε ένα ταίριασμα αποτελεί ένα μπλοκ:

```
case x of (a,0) => a | (_,a) => a
```

Μπλοκ στη Java

- Στη Java και σε άλλες γλώσσες σαν τη C, μπορούμε να συνδυάσουμε εντολές σε μια **σύνθετη εντολή** (compound statement) περικλείοντάς τες σε **{** και **}**
- Μια σύνθετη εντολή χρησιμεύει επίσης ως ένα μπλοκ:

```
while (i < 0) {
  int c = i * i;
  p += c;
  q += c;
  i -= step;
}
```

Φωλιασμένα μπλοκ (nested blocks)

- Τι συμβαίνει όταν ένα μπλοκ περιλαμβάνει ένα άλλο μπλοκ, και τα δύο μπλοκ εμπεριέχουν ορισμούς για το ίδιο όνομα;
- Παράδειγμα σε ML: ποια είναι η τιμή της διπλανής έκφρασης;

```
let
  val n = 1
in
  let
    val m = n + 2
    val n = n + 3
    val j = n + m
  in
    (2 + n) * j
  end
end
```

Κλασικός κανόνας εμβέλειας σε μπλοκ

- Η εμβέλεια ενός ορισμού αποτελείται από το μπλοκ που περιέχει τον ορισμό, από το σημείο του ορισμού μέχρι το τέλος του μπλοκ, εκτός από την εμβέλεια των πιθανών ορισμών του ίδιου ονόματος σε εσωτερικά μπλοκ
- Αυτός είναι ο κανόνας εμβέλειας που χρησιμοποιείται στην ML
- Οι περισσότερες γλώσσες με δομή μπλοκ και στατική εμβέλεια χρησιμοποιούν αυτόν τον κανόνα ή κάποια μικρή παραλλαγή του

Παράδειγμα

Η εμβέλεια αυτού του ορισμού είναι Α-Β

```
let
  val n = 1
in
  let
    val m = n + 2
    val n = n + 3
    val j = n + m
  in
    (2 + n) * j
  end
end
```

A

B

Η έκφραση αποτιμάται ως:

```
m = n + 2 = 1 + 2 = 3
n = n + 3 = 1 + 3 = 4
j = n + m = 4 + 3 = 7

   (2 + n) * j =
   (2 + 4) * 7 =
         6 * 7 = 42
```

Η εμβέλεια αυτού του ορισμού είναι Β

Προσδιορισμένοι τόποι ονομάτων

- Ένας **προσδιορισμένος τόπος ονομάτων** είναι οποιοδήποτε οικοδόμημα της γλώσσας που:
  1. περιέχει ορισμούς και μια περιοχή του προγράμματος στην οποία ισχύουν οι ορισμοί
  2. έχει ένα όνομα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσπέλαση των ορισμών του από έξω από το συγκεκριμένο οικοδόμημα

- Η ML έχει ένα τέτοιο οικοδόμημα – τη **δομή (structure)**

Δομές στην ML (ML structures)

```
structure Fred = struct
  val a = 42;
  fun f x = x + a;
end;
```

- Οι δομές είναι περίπου σαν μπλοκ: η τιμή **a** μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού από τον ορισμό της μέχρι το τέλος της δομής
- Αλλά οι ορισμοί μέσα στη δομή είναι προσπελάσιμοι και εκτός της δομής, με χρήση του ονόματός της π.χ. **`Fred.a`** και **`Fred.f`**

Άλλοι προσδιορισμένοι τόποι ονομάτων

- Τόποι ονομάτων που είναι απλώς τόποι ονομάτων:
  - C++ **`namespace`**
  - Modula-3 **`module`**
  - Ada **`package`**
  - Java **`package`**
- Τόποι ονομάτων που έχουν και άλλους σκοπούς:
  - Ορισμοί κλάσεων σε αντικειμενοστρεφείς γλώσσες προγραμματισμού που είναι βασισμένες σε προσδιορισμένους τόπους ονομάτων

Παράδειγμα σε Java

```
public class Month {
  public static int min = 1;
  public static int max = 12;
  …
}
```

- Οι μεταβλητές **`min`** και **`max`** είναι ορατές σε όλη την υπόλοιπη κλάση
- Αλλά είναι προσπελάσιμες και εκτός της κλάσης, ως **`Month.min`** και **`Month.max`**
- Φυσικά, όπως θα δούμε, οι κλάσεις στη Java έχουν και άλλους σκοπούς...

Πλεονεκτήματα τόπων ονομάτων

- Δύο αλληλοσυγκρουόμενοι στόχοι:
  - Χρήση απλών μνημονικών ονομάτων όπως π.χ. **`max`**
  - Για ό,τι θέλουμε να είναι απροσπέλαστο από τον υπόλοιπο κόσμο, χρησιμοποιούμε ασυνήθη ονόματα όπως **`maxSupplierBid`**, δηλαδή ονόματα που δε θα συγκρούονται με ονόματα σε άλλα μέρη του προγράμματος
- Με χρήση τόπων ονομάτων, μπορούμε να επιτύχουμε και τους δύο στόχους:
  - Εντός του τόπου ονόματος, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το όνομα **`max`**
  - Από έξω, το όνομα **`SupplierBid.max`**

Εκλέπτυνση τόπων ονομάτων

- Οι περισσότεροι τόποι ονομάτων έχουν κάποιο τρόπο να επιτρέπουν μέρος του τόπου ονομάτων να παραμένει ιδιωτικής (δηλ. μη κοινής) χρήσης
- Με τον τρόπο αυτό κρύβουμε πληροφορία από κάποια μέρη του προγράμματος
- Τα προγράμματα είναι πιο εύκολα συντηρούμενα όταν χρησιμοποιούν ονόματα με σχετικά μικρή εμβέλεια
- Για παράδειγμα, οι αφηρημένοι τύποι δεδομένων (abstract data types) αποκαλύπτουν μια αυστηρή διαπροσωπεία και ταυτόχρονα κρύβουν τις λεπτομέρειες της υλοποίησης…

Παράδειγμα αφηρημένου τύπου δεδομένων

namespace dictionary contains
a constant definition for **initialSize**
a type definition for **hashTable**
a function definition for **hash**
a function definition for **reallocate**
a function definition for **create**
a function definition for **insert**
a function definition for **search**
a function definition for **delete**
end namespace

Οι λεπτομέρειες της υλοποίησης πρέπει να μείνουν κρυφές

Οι ορισμοί της διαπροσωπείας όμως πρέπει να είναι ορατοί

Δύο προσεγγίσεις

- Σε κάποιες γλώσσες, όπως η C++, ο τόπος ονομάτων καθορίζει λεπτομερώς την ορατότητα των συστατικών στοιχείων του
- Σε άλλες γλώσσες, όπως η ML, κάποιο ξεχωριστό οικοδόμημα ορίζει τη διαπροσωπεία του τόπου ονομάτων (π.χ. ένα **signature** στην ML)
- Και κάποιες γλώσσες, όπως η Ada και η Java, συνδυάζουν και τις δύο παραπάνω προσεγγίσεις

Ο τόπος ονομάτων καθορίζει την ορατότητα

namespace dictionary contains
  private:
  a constant definition for **initialSize**
  a type definition for **hashTable**
  a function definition for **hash**
  a function definition for **reallocate**
  public:
  a function definition for **create**
  a function definition for **insert**
  a function definition for **search**
  a function definition for **delete**
end namespace

Ξεχωριστή διαπροσωπεία

interface dictionary contains
  a function type definition for **create**
  a function type definition for **insert**
  a function type definition for **search**
  a function type definition for **delete**
end interface

namespace myDictionary implements dictionary contains
  a constant definition for **initialSize**
  a type definition for **hashTable**
  a function definition for **hash**
  a function definition for **reallocate**
  a function definition for **create**
  a function definition for **insert**
  a function definition for **search**
  a function definition for **delete**
end namespace

Μη το δοκιμάσετε στο σπίτι!

```
- val int = 42;
val int = 42 : int
```

- Επιτρέπεται να ορίσουμε μια μεταβλητή με όνομα **`int`**
- Η ML δε μπερδεύεται
- Ακόμα και το επόμενο επιτρέπεται (η ML καταλαβαίνει ότι η έκφραση **`int * int`** δεν αναφέρεται σε κάποιο τύπο):

```
- fun f int = int * int;
val f = fn : int -> int
- f 7 - 7;
val it = 42 : int
```

Πρωτογενείς τόποι ονομάτων

- Η σύνταξη της ML κρατάει ξεχωριστούς τους τύπους και τις εκφράσεις
- Η ML πάντα ξέρει αν ένα όνομα είναι τύπος ή κάτι άλλο, διότι υπάρχει ξεχωριστός τόπος ονομάτων για τους τύπους

```
fun f(int:int) = (int:int)*(int:int);
```

Τόπος ονομάτων των μεταβλητών

Τόπος ονομάτων των τύπων

Πρωτογενείς τόποι ονομάτων

- Είναι τόποι ονομάτων που δε μπορούν να δημιουργηθούν με χρήση της γλώσσας (όπως οι πρωτογενείς τύποι)
- Είναι μέρος του ορισμού της γλώσσας
- Κάποιες γλώσσες έχουν αρκετούς διαφορετικούς μεταξύ τους πρωτογενείς τόπους ονομάτων
- Π.χ. η Java: τα πακέτα (packages), οι τύποι, οι μέθοδοι, τα πεδία, και οι ετικέτες των εντολών βρίσκονται σε διαφορετικούς τόπους ονομάτων

Στατική και Δυναμική εμβέλεια

Πότε επιλύεται η εμβέλεια;

- Όλες οι μέθοδοι εμβέλειας που είδαμε μέχρι στιγμής είναι στατικές
- Απαντούν κατά το χρόνο μεταγλώττισης στην ερώτηση του κατά πόσο μια εμφάνιση κάποιου ονόματος είναι στην εμβέλεια κάποιου ορισμού
- Κάποιες γλώσσες καθυστερούν την παραπάνω απόφαση μέχρι το χρόνο εκτέλεσης: λέμε ότι οι γλώσσες αυτές υποστηρίζουν δυναμική εμβέλεια

Δυναμική εμβέλεια

- Κάθε συνάρτηση έχει ένα περιβάλλον από ορισμούς
- Εάν ο ορισμός ενός ονόματος που βρίσκεται σε μια συνάρτηση `f` δε βρίσκεται στο περιβάλλον της συνάρτησης, τότε ψάχνουμε στο περιβάλλον της συνάρτησης που κάλεσε την `f`
- Εάν ο ορισμός δε βρεθεί ούτε εκεί, τότε η αναζήτηση συνεχίζεται ακολουθώντας την αλυσίδα των κλήσεων των συναρτήσεων
- Στη δυναμική εμβέλεια ο κανόνας είναι κάπως περίεργος

Κλασικός κανόνας δυναμικής εμβέλειας

- Η εμβέλεια ενός ορισμού είναι η συνάρτηση που περιέχει τον ορισμό, από το σημείο του ορισμού μέχρι το τέλος της συνάρτησης, μαζί με όλες τις συναρτήσεις που καλούνται (άμεσα ή έμμεσα) από την εμβέλεια – εκτός της εμβέλειας οποιωνδήποτε νέων ορισμών των ίδιων ονομάτων στις καλούμενες συναρτήσεις

Στατική εμβέλεια έναντι δυναμικής

- Οι κανόνες εμβέλειας είναι παρόμοιοι
- Και οι δύο μιλάνε για **τρύπες εμβέλειας** – μέρη στα οποία η εμβέλεια διακόπτεται εξαιτίας νέων ορισμών
- Αλλά ο κανόνας της στατικής εμβέλειας αναφέρεται μόνο σε κομμάτια του κειμένου του προγράμματος, και κατά συνέπεια μπορεί να προσδιοριστεί κατά το χρόνο μεταγλώττισης του προγράμματος
- Ο κανόνας της δυναμικής εμβέλειας αναφέρεται σε γεγονότα χρόνου εκτέλεσης, συγκεκριμένα σε "ακολουθίες κλήσεων συναρτήσεων"

Παράδειγμα

```
fun g x =
  let
    val inc = 1
    fun f y = y + inc
    fun h z =
      let
        val inc = 2
      in
        f z
      end
  in
    h x
  end;
```

Ποια θα ήταν η τιμή της κλήσης **`g 5`** αν η γλώσσα χρησιμοποιούσε

α) στατική εμβέλεια;

β) δυναμική εμβέλεια;

Στατική εμβέλεια (εμβέλεια μπλοκ)

```
fun g x =
  let
    val inc = 1
    fun f y = y + inc
    fun h z =
      let
        val inc = 2
      in
        f z
      end
  in
    h x
  end;
```

Στη στατική εμβέλεια, η μεταβλητή **`inc`** δένεται με τον προηγούμενο ορισμό στο ίδιο μπλοκ. Ο ορισμός της **`inc`** στο περιβάλλον κλήσης της **`f`** είναι μη προσπελάσιμος.

`g 5 = 6`

σε αυτήν την περίπτωση (όπως και στην ML)

Δυναμική εμβέλεια

```
fun g x =
  let
    val inc = 1
    fun f y = y + inc
    fun h z =
      let
        val inc = 2
      in
        f z
      end
  in
    h x
  end;
```

Στη δυναμική εμβέλεια, η μεταβλητή **`inc`** δένεται με τον χρονικά πιο πρόσφατο ορισμό στο περιβάλλον κλήσης της **`f`**.

`g 5 = 7`

σε αυτήν την περίπτωση

Πού χρησιμοποιείται η δυναμική εμβέλεια

- Σε λίγες μόνο γλώσσες
  - Σε κάποιες διαλέκτους της Lisp και της APL
  - Υπάρχει διαθέσιμη ως επιλογή στην Common Lisp
- Μειονεκτήματα:
  - Δυσκολία αποδοτικής υλοποίησης
  - Δημιουργεί μεγάλες και περίπλοκες εμβέλειες (οι εμβέλειες επεκτείνονται στις καλούμενες συναρτήσεις)
  - Η επιλογή του ονόματος κάποιας μεταβλητής στη συνάρτηση κλήσης μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά της καλούμενης συνάρτησης
- Πλεονέκτημα:
  - Δυνατότητα αλλαγής/επιλογής του περιβάλλοντος εκτέλεσης

Πιθανή χρήση της δυναμικής εμβέλειας

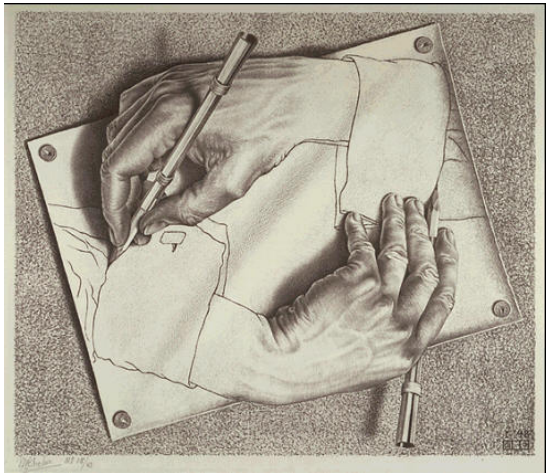
```
program messages;
var message : string;

   procedure complain;
   begin
     writeln(message);
   end;

   procedure out_of_mem;
   var message : string;
   begin
     message := "Out of memory"; complain;
   end;

   procedure timeout;
   var message : string;
   begin
     message := "Timeout"; complain;
   end;
```

Αμοιβαία αναδρομή μέσω δηλώσεων forward



- Γλώσσες όπως η C, C++ και η Pascal χρειάζονται δηλώσεις forward για αμοιβαία αναδρομικούς ορισμούς

```
int foo();
int bar() { ... foo(); ... }
int foo() { ... bar(); ... }
```

- Εν μέρει, το παραπάνω είναι παρενέργεια της διαδικασίας που ακολουθείται από το μεταγλωττιστή: επιτρέπει τη μετάφραση του προγράμματος με ένα μόνο πέρασμα

Αμοιβαία αναδρομικές συναρτήσεις στην ML

Οι αμοιβαία αναδρομικές συναρτήσεις στην ML πρέπει να γραφούν μαζί, με χρήση ενός συνδετικού **and**:

```
- fun even x =
=   if (x <= 0) then true else odd (x-1)
= and  odd x =
=   if (x <= 0) then false else even (x-1);
val even = fn : int -> bool
val  odd = fn : int -> bool
- even 42;
val it = true : bool
- odd 42;
val it = false : bool
```

Ξεχωριστή μεταγλώττιση

- Μέρη του προγράμματος μεταγλωττίζονται ξεχωριστά, και στη συνέχεια συνδέονται (linked) μαζί
- Τα θέματα εμβέλειας επεκτείνονται από το μεταγλωττιστή (compiler) στο συνδέτη (linker) ο οποίος χρειάζεται να συνδέσει αναφορές σε ορισμούς που έχουν προκύψει από ξεχωριστή μεταγλώττιση
- Οι περισσότερες γλώσσες έχουν κάποια ειδική υποστήριξη για το πώς γίνεται η σύνδεση των κομματιών του προγράμματος που έχουν μεταγλωττιστεί ξεχωριστά

Η προσέγγιση της C: η μεριά του μεταγλωττιστή

- Δύο διαφορετικά είδη ορισμών ονομάτων:
  - Πλήρης ορισμός (definition)
  - Όνομα και τύπος μόνο: μια δήλωση (declaration) κατά τη C
- Εάν πολλές διαφορετικές μεταγλωττίσεις/αρχεία θέλουν να χρησιμοποιήσουμε την ίδια ακέραια μεταβλητή **x**:
  - Μόνο ένα αρχείο θα έχει τον ορισμό:

    ```
    int x = 42;
    ```
  - Όλα τα άλλα αρχεία θα έχουν τη δήλωση:

    ```
    extern int x;
    ```

Η προσέγγιση της C: η μεριά του συνδέτη

- Όταν τρέχει ο συνδέτης, θεωρεί κάθε δήλωση ως μια αναφορά σε ένα όνομα που ορίζεται σε κάποιο άλλο αρχείο
- Περιμένει να βρει ακριβώς έναν πλήρη ορισμό του κάθε ονόματος (σε κάποιο αρχείο)
- Προσέξτε ότι οι δηλώσεις δεν αναφέρουν σε ποιο σημείο βρίσκεται ο πλήρης ορισμός και πώς αυτός θα βρεθεί – αντίθετα, απλώς αξιώνουν από το συνδέτη να ψάξει να τον βρει κάπου

Τάσεις ξεχωριστής μεταγλώττισης

- Στις σύγχρονες γλώσσες, η ξεχωριστή μεταγλώττιση είναι λιγότερο ξεχωριστή από ό,τι ήταν πριν από κάποια χρόνια
  - Οι κλάσεις της Java μπορεί να εξαρτώνται κυκλικά μεταξύ τους, και ο μεταγλωττιστής της Java πρέπει να είναι σε θέση να μεταφράσει πολλές ξεχωριστές κλάσεις ταυτόχρονα
  - Η ML δεν προσφέρεται καθόλου για ξεχωριστή μεταγλώττιση, αλλά υπάρχει ο CM (Compilation Manager, ένα ξεχωριστό εργαλείο του συστήματος SML/NJ) που μπορεί να το κάνει για τα περισσότερα προγράμματα σε ML

Συμπερασματικά

- Τέσσερεις διαφορετικές προσεγγίσεις για εμβέλεια
- Υπάρχουν πολλές διαφοροποιήσεις στις προσεγγίσεις
- Οι περισσότερες γλώσσες χρησιμοποιούν τουλάχιστον κάποιες από αυτές