

Γλώσσες Προγραμματισμού I



Pieter Bruegel, *The Tower of Babel*, 1563

Κωστής Σαγώνας <kostis@cs.ntua.gr>
Πέτρος Ποτίκας <ppotik@cs.ntua.gr>

Σχετικά με το μάθημα

Τι: μάθημα 6^{ου} εξαμήνου ΣΗΜΜΥ, υποχρεωτικό στη Ροή Α

Ιστοσελίδα: <http://courses.softlab.ntua.gr/pl1/>

Mailing list (**moodle**): πληροφορίες στην ιστοσελίδα

Πότε: κάθε Πέμπτη και Παρασκευή 12:45 - 14:30

Πρόγραμμα:

- 18 διαλέξεις «θεωρίας»
- 6 «εργαστηριακά» μαθήματα στα περιβάλλοντα των γλωσσών
- 1 επαναληπτικό μάθημα στο τέλος (αν υπάρξει χρόνος)

Προσοχή: το μάθημα θα θεωρηθεί διδαγμένο αν γίνουν όλες οι διαλέξεις και τουλάχιστον 3 από τα εργαστήρια

Σχετικά με το μάθημα

Εργασίες: Θα δοθούν συνολικά 3 σειρές ασκήσεων

1 σε C/C++ και σε ML

1 σε ML και σε Java

1 σε Prolog και σε όποια άλλη γλώσσα θέλετε

Βαθμολογία:

30% εργασίες

80% διαγώνισμα

Συνεργασία μεταξύ φοιτητών

- Οι προθεσμίες των εργασιών τηρούνται αυστηρά
 - Μέσω του συστήματος ηλεκτρονικής υποβολής των εργασιών
- Οι εργασίες γίνονται σε ομάδες το πολύ δύο ατόμων
- Επιτρέπεται να συζητάτε ασκήσεις με τους συμφοιτητές σας, αλλά οι εργασίες πρέπει να είναι δική σας δουλειά
- Δεν επιτρέπεται να δίνετε την εργασία σας σε άλλους ή να τις βάλετε σε μέρος στο οποίο άλλοι έχουν πρόσβαση
- Σε περίπτωση που διαπιστωθούν φαινόμενα αντιγραφής, οι εργασίες αυτομάτως βαθμολογούνται με μηδέν και θα κινηθούν όλες οι προβλεπόμενες διαδικασίες

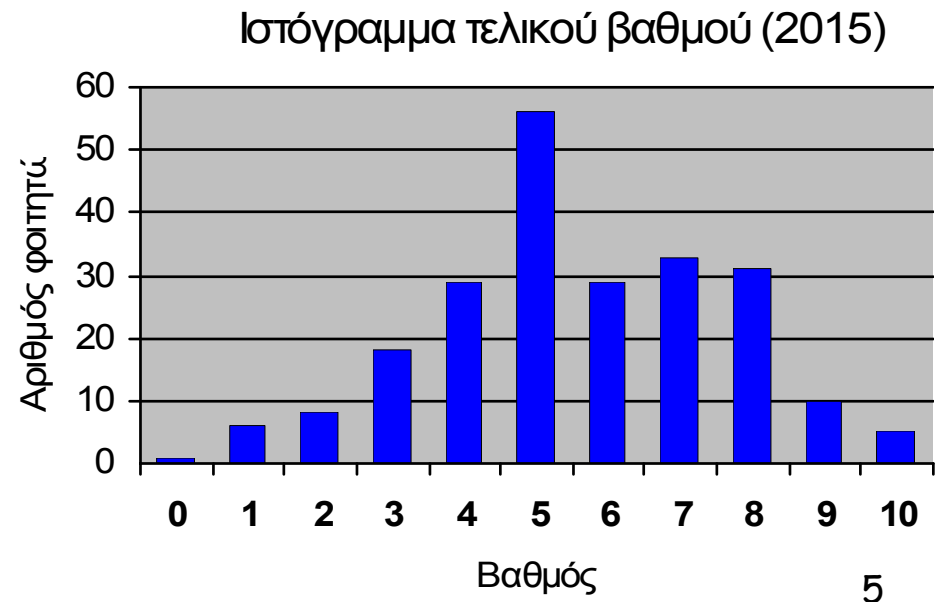
Εξετάσεις

Διαγωνίσματα: τον Ιούλιο και το Σεπτέμβριο

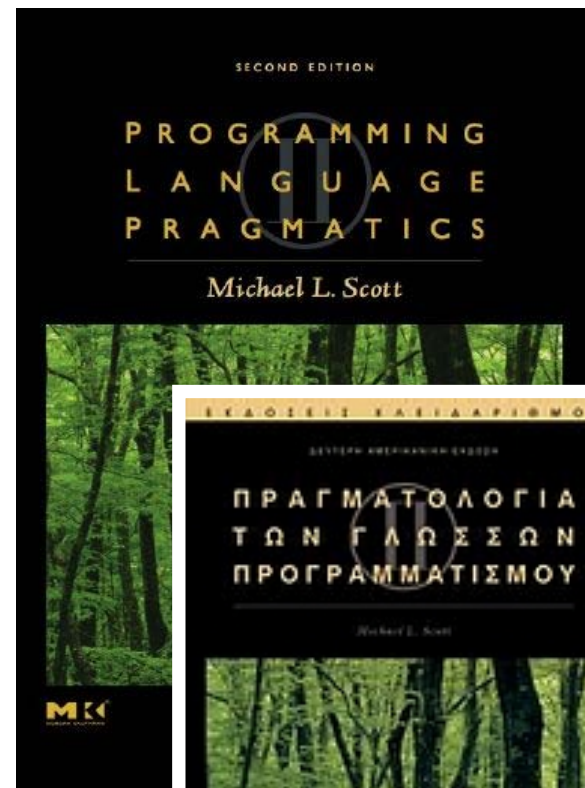
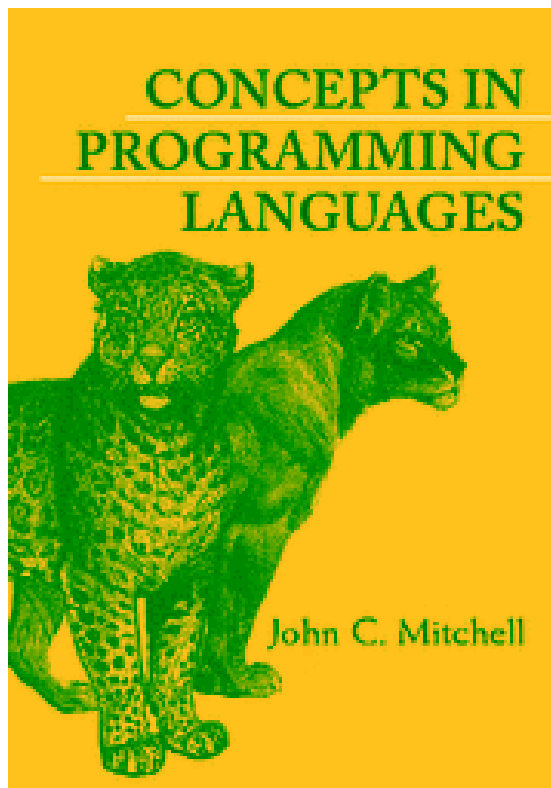
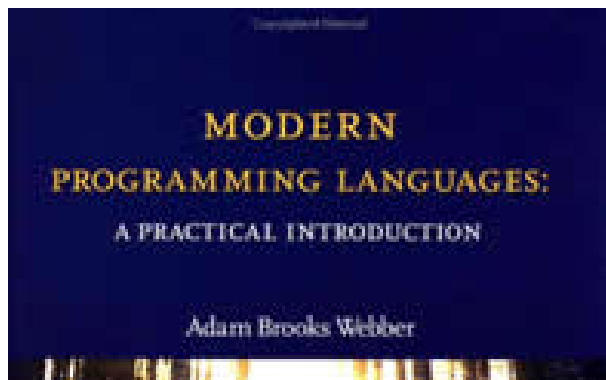
Με κλειστά βιβλία, αλλά με μία κόλλα A4 στην οποία μπορείτε να γράψετε το όνομά σας και ό,τι άλλο θέλετε

Προηγούμενο διαγώνισμα: στην ιστοσελίδα του μαθήματος

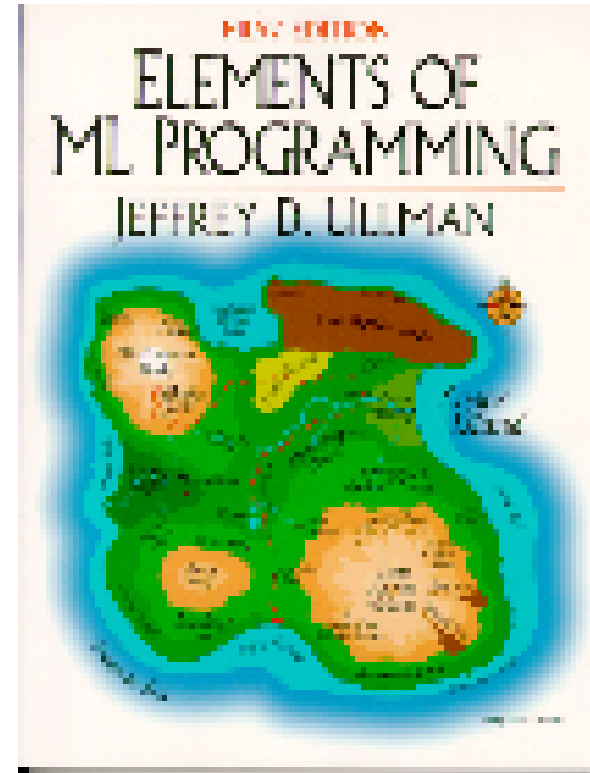
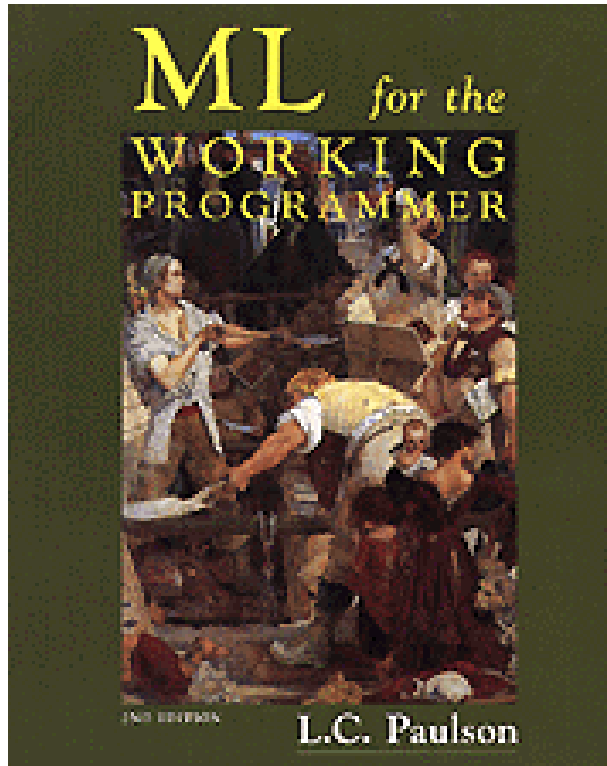
“Χαριστικές”: δεν προβλέπονται



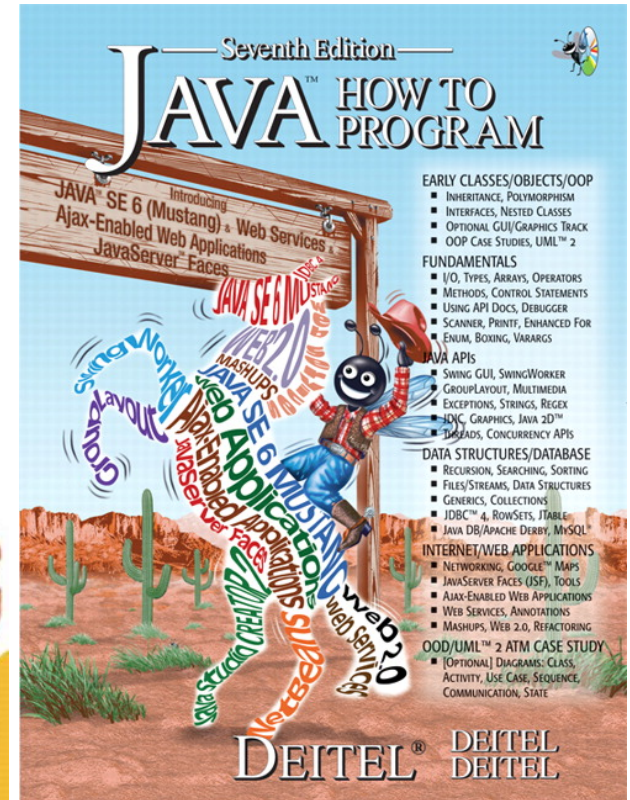
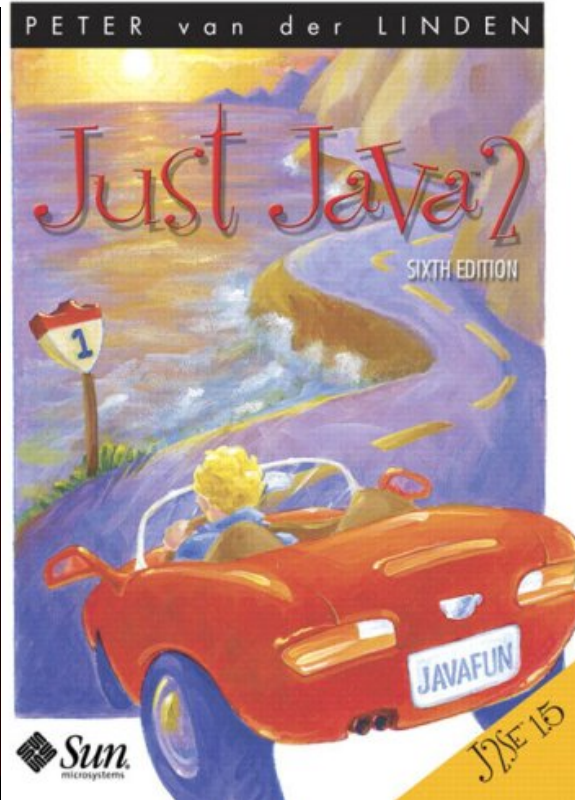
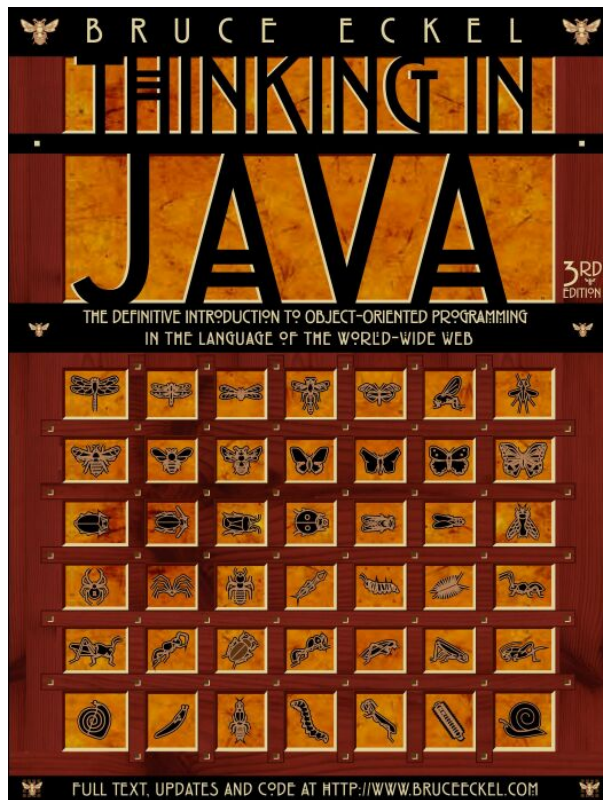
Προτεινόμενα βιβλία



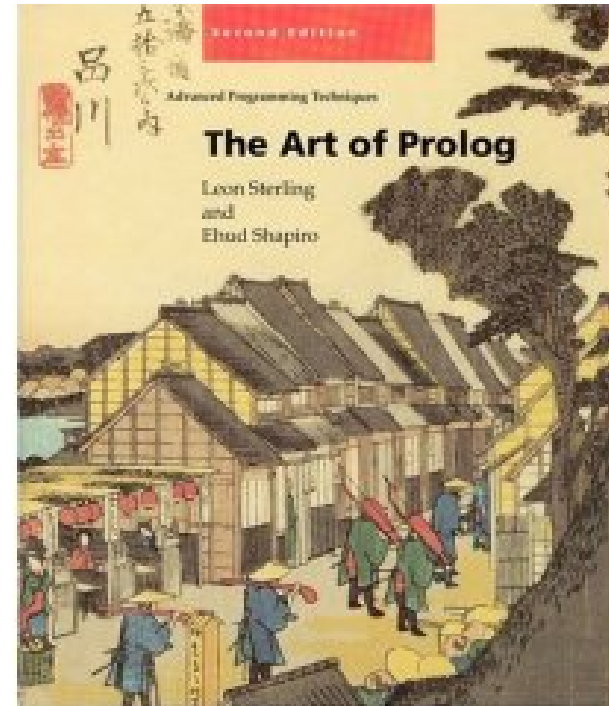
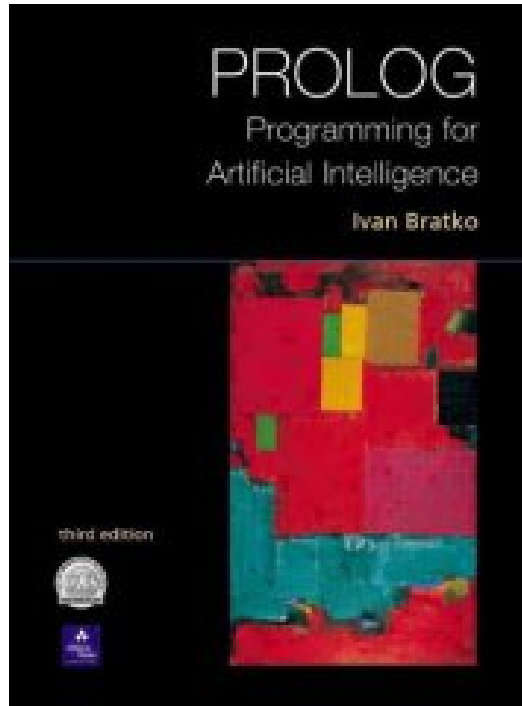
Προτεινόμενα βιβλία για ML



Προτεινόμενα βιβλία για Java



Προτεινόμενα βιβλία για Prolog



Γιατί είναι ενδιαφέρουσες οι γλώσσες;

- Λόγω της ποικιλίας τους και των χαρακτηριστικών τους
- Λόγω των αμφιλεγόμενων στοιχείων τους
- Λόγω της ενδιαφέρουσας εξέλιξής τους
- Λόγω της στενής τους σχέσης με τον προγραμματισμό και την ανάπτυξη λογισμικού
- Λόγω του θεωρητικού τους υπόβαθρου και της στενής τους σχέσης με την επιστήμη των υπολογιστών

Φοβερή ποικιλία γλωσσών προγραμματισμού

- Υπάρχουν πάρα πολλές και αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους γλώσσες
- Το 1995, μια συλλογή που εμφανιζόταν συχνά στη λίστα `comp.lang.misc` περιλάμβανε πάνω από 2300 γλώσσες
- Οι γλώσσες συχνά κατατάσσονται στις εξής οικογένειες:
 - Προστακτικού προγραμματισμού (**Pascal, C, Ada**)
 - Συναρτησιακού προγραμματισμού (**Lisp, ML, Haskell, Erlang**)
 - Λογικού προγραμματισμού (**Prolog, Mercury**)
 - Αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού (**Smalltalk, C++, Java, C#**)
 - Γλώσσες σεναρίων (**Perl, Javascript, PHP, Python, Ruby**)

Γλώσσες προστακτικού προγραμματισμού

Παράδειγμα: η συνάρτηση παραγοντικό στη C

```
int fact(int n) {  
    int f = 1;  
    while (n > 0) f *= n--;  
    return f;  
}
```

- Κύρια χαρακτηριστικά:
 - Ανάθεση μεταβλητών (πολλαπλή)
 - Επανάληψη
 - Η σειρά εκτέλεσης παίζει σημαντικό ρόλο

Γλώσσες συναρτησιακού προγραμματισμού (1)

Παράδειγμα: η συνάρτηση παραγοντικό στην ML

```
fun fact x =  
  if x <= 0 then 1 else x * fact(x-1) ;
```

- Κύρια χαρακτηριστικά:
 - Μεταβλητές μιας τιμής
 - Η επανάληψη εκφράζεται με χρήση αναδρομής

Γλώσσες συναρτησιακού προγραμματισμού (2)

Παράδειγμα: η συνάρτηση παραγοντικό στη Lisp

```
(defun fact (x)
  (if (= x 0) 1 (* x (fact (- x 1)))))
```

- Συντακτικά, η συνάρτηση δείχνει αρκετά διαφορετική από ό,τι στην ML
- Όμως, η ML και η Lisp είναι συγγενείς γλώσσες

Γλώσσες λογικού προγραμματισμού

Παράδειγμα: η συνάρτηση παραγοντικό στην Prolog

```
fact(X, F) :-  
    ( X == 1 -> F = 1  
    ; X > 1,  
      NewX is X - 1,  
      fact(NewX, NF) ,  
      F is X * NF  
    ).
```

- Κύρια χαρακτηριστικά:
 - Λογικές μεταβλητές και χρήση ενοποίησης
 - Το πρόγραμμα γράφεται με χρήση κανόνων λογικής
 - (Τα παραπάνω δε φαίνονται πολύ καθαρά στο συγκεκριμένο κώδικα)

Γλώσσες αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού

Παράδειγμα: ορισμός στη Java ενός αντικειμένου που μπορεί να αποθηκεύσει έναν ακέραιο και να υπολογίσει το παραγοντικό του

```
public class MyInt {  
    private int value;  
    public MyInt(int value) {  
        this.value = value;  
    }  
    public int getValue() {  
        return value;  
    }  
    public MyInt getFact() {  
        return new MyInt(fact(value));  
    }  
    private int fact(int n) {  
        int f = 1;  
        while (n > 1) f *= n--;  
        return f;  
    }  
}
```

Κύρια χαρακτηριστικά:

- Ανάθεση
- Χρήση αντικειμένων: δεδομένων που έχουν κατάσταση και ξέρουν πως
 - να τη μεταβάλλουν
 - να την γνωστοποιήσουν σε άλλα αντικείμενα

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

- Συνήθως, διαφορετικές γλώσσες δείχνουν τα πλεονεκτήματά τους σε διαφορετικού είδους εφαρμογές
- Η έννοια της τέλει γλώσσας προγραμματισμού δεν υφίσταται (αντικειμενικά)
- Αποφασίστε μόνοι σας στο τέλος του μαθήματος, με βάση:
 - την εμπειρία σας
 - τις προσωπικές σας προτιμήσεις
 - (Όχι με βάση τη συνάρτηση παραγοντικό!)

Οικογένειες δε θίγουμε...

- Υπάρχουν πολλές οικογένειες γλωσσών
(η λίστα είναι μη εξαντλητική και έχει επικαλύψεις)
 - Applicative, concurrent, constraint, declarative, definitional, procedural, scripting, single-assignment, ...
- Κάποιες γλώσσες ανήκουν σε πολλές οικογένειες
- Κάποιες άλλες είναι τόσο ιδιάζουσες που η κατάταξή τους σε κάποια οικογένεια δεν έχει μεγάλο νόημα

Παράδειγμα: Παραγοντικό σε Forth

- Γλώσσα βασισμένη σε στοίβα (stack-oriented)

```
: FACTORIAL  
  1 SWAP BEGIN ?DUP WHILE TUCK * SWAP 1- REPEAT ;
```

- Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί προστακτική γλώσσα, αλλά έχει λίγα κοινά στοιχεία με τις περισσότερες προστακτικές γλώσσες

(Η γλώσσα Postscript είναι επίσης stack-oriented)

Παράδειγμα: Παραγοντικό σε APL

$\times / 1 X$

- Μια έκφραση APL που υπολογίζει το παραγοντικό του X
- Επεκτείνει το X σε ένα διάνυσμα (vector) από ακεραίους $1..X$, τους οποίους μετά πολλαπλασιάζει μεταξύ τους
- Θα μπορούσε να θεωρηθεί συναρτησιακή γλώσσα, αλλά έχει ελάχιστα κοινά στοιχεία με τις περισσότερες γλώσσες συναρτησιακού προγραμματισμού

(Για την ακρίβεια, δε θα το γράφαμε με αυτό τον τρόπο στην APL, γιατί η γλώσσα περιλαμβάνει το μοναδιαίο τελεστή παραγοντικό: $!X$)

Αμφιλεγόμενα χαρακτηριστικά και “γλωσσοπόλεμοι”

- Οι γλώσσες πολλές φορές καταλήγουν το αντικείμενο έντονων διαξιφισμών για τα χαρακτηριστικά τους
- Κάθε γλώσσα έχει τόσο υποστηρικτές όσο και πολέμιους οι οποίοι συνήθως έχουν έντονες γνώμες και πιστεύω

Για προσωπική εμπειρία, παρακολουθείστε τα newsgroups:
comp.lang.*

ή τον ιστότοπο:

<http://lambda-the-ultimate.org/>

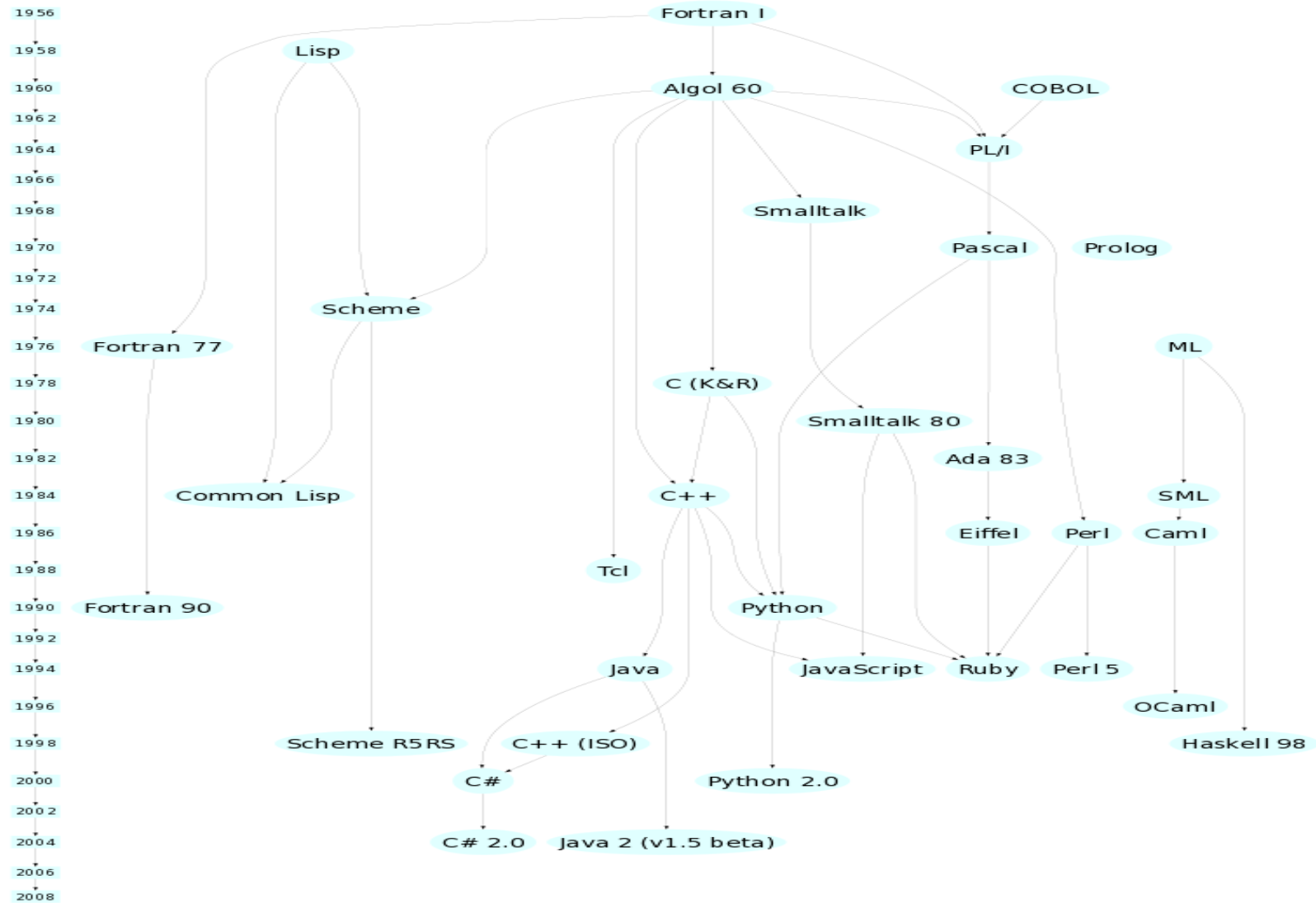
Οι διακρίσεις και οι ορισμοί είναι λίγο ασαφείς

- Κάποιοι όροι αναφέρονται σε ασαφείς έννοιες
 - Για παράδειγμα, η κατηγοριοποίηση των γλωσσών σε οικογένειες
- Κανένα πρόβλημα, αν θυμάστε ότι κάποιοι όροι είναι σχετικά ασαφείς
 - Λάθος ερώτηση:
 - Είναι η γλώσσα X μια πραγματικά αντικειμενοστρεφής γλώσσα;
 - Σωστή ερώτηση:
 - Ποια χαρακτηριστικά της γλώσσας X υποστηρίζουν τον αντικειμενοστρεφή προγραμματισμό και πόσο καλά;

Η φοβερή εξέλιξη των γλωσσών

- Οι γλώσσες προγραμματισμού εξελίσσονται με πολύ γρήγορο ρυθμό
 - Νέες γλώσσες δημιουργούνται
 - Παλιές γλώσσες αποκτούν διαλέκτους ή μεταλλάσσονται

Εξέλιξη γλωσσών προγραμματισμού



Assembly

Πριν: Αριθμοί

55
89E5
8B4508
8B550C
39D0
740D
39D0
7E08
29D0
39D0
75F6
C9
C3
29C2
EBF6

Μετά: Σύμβολα

```
gcd: pushl %ebp
      movl %esp, %ebp
      movl 8(%ebp), %eax
      movl 12(%ebp), %edx
      cmpl %edx, %eax
      je .L9
.L7:  cmpl %edx, %eax
      jle .L5
      subl %edx, %eax
.L2:  cmpl %edx, %eax
      jne .L7
.L9:  leave
      ret
.L5:  subl %eax, %edx
      jmp .L2
```

FORTRAN (FORmula TRANslator)

Πριν: Σύμβολα

```
gcd: pushl %ebp
      movl %esp, %ebp
      movl 8(%ebp), %eax
      movl 12(%ebp), %edx
      cmpl %edx, %eax
      je .L9
.L7: cmpl %edx, %eax
      jle .L5
      subl %edx, %eax
.L2: cmpl %edx, %eax
      jne .L7
.L9: leave
      ret
.L5: subl %eax, %edx
      jmp .L2
```

Μετά: Εκφράσεις, έλεγχος ροής

```
10  IF (a .EQ. b) GOTO 20
      IF (a .LT. b) THEN
          a = a - b
      ELSE
          b = b - a
      ENDIF
      GOTO 10
20  END
```

COBOL

Δηλώσεις τύπων, εγγραφών, διαχείριση αρχείων

data division.

file section.

* describe the input file

fd employee-file-in

label records standard

block contains 5 records

record contains 31 characters

data record is employee-record-in.

01 employee-record-in.

02 employee-name-in pic x(20) .

02 employee-rate-in pic 9(3)v99.

02 employee-hours-in pic 9(3)v99.

02 line-feed-in pic x(1) .



LISP, Scheme, Common LISP

Συναρτησιακές γλώσσες υψηλού επιπέδου

```
(defun gnome-doc-insert ()  
  "Add a documentation header to the current function.  
  Only C/C++ function types are properly supported currently."  
  (interactive)  
  (let (c-insert-here (point))  
    (save-excursion  
      (beginning-of-defun)  
      (let (c-arglist  
            c-funcname  
            (c-point (point))  
            c-comment-point  
            c-isvoid  
            c-doininsert)  
        (search-backward "(")  
        (forward-line -2)  
        (while (or (looking-at "^$")  
                    (looking-at "^ *}")  
                    (looking-at "^ \\|*")  
                    (looking-at "^ #"))  
          (forward-line 1))
```



APL

Γλώσσα αλληλεπίδρασης (interactive) με ισχυρούς τελεστές

```
[0] Z←GAUSSRAND N;B;F;M;P;Q;R
[1]  ⍝Returns ω random numbers having a Gaussian normal distribution
[2]  ⍝ (with mean 0 and variance 1) Uses the Box-Muller method.
[3]  ⍝ See Numerical Recipes in C, pg. 289.
[4]  ⍝
[5]  Z←⊞0
[6]  M←⌈1+2*31 ⍝ largest integer
[7]  L1:Q←N-ρZ ⍝ how many more we need
[8]  →(Q≤0)/L2 ⍝ quit if none
[9]  Q←⌈1.3×Q÷2 ⍝ approx num points needed
[10] P←⌈1+(2÷M-1)×⌈1+?(Q,2)ρM ⍝ a random points in -1 to 1 square
[11] R←+/P×P ⍝ a distance from origin squared
[12] B←(R≠0)∧R<1
[13] R←B/R ⍊ P←B÷P ⍝ a point within unit circle
[14] F←(⌈2×(⊙R)÷R)★.5
[15] Z←Z, ,P×F, [1.5]F
[16] →L1
[17] L2:Z←N+Z
[18] ⍝ ArchDate: 12/10/2007
```



Algol, Pascal, Clu, Modula, Ada

Προστακτικές γλώσσες με τυπικά ορισμένο συντακτικό, χρήση μπλοκ, δομημένος προγραμματισμός

PROC insert = (INT e, REF TREE t)VOID:

NB inserts in t as a side effect

IF TREE(t) IS NIL THEN t := HEAP NODE := (e, TREE(NIL), TREE(NIL))

ELIF e < e OF t THEN insert(e, l OF t)

ELIF e > e OF t THEN insert(e, r OF t)

FI;

PROC trav = (INT switch, TREE t, SCANNER continue, alternative)VOID:

traverse the root node and right sub-tree of t only.

IF t IS NIL THEN continue(switch, alternative)

ELIF e OF t <= switch THEN

print(e OF t);

traverse(switch, r OF t, continue, alternative)

ELSE # e OF t > switch #

PROC defer = (INT sw, SCANNER alt)VOID:

trav(sw, t, continue, alt);

alternative(e OF t, defer)

FI;

SNOBOL, Icon

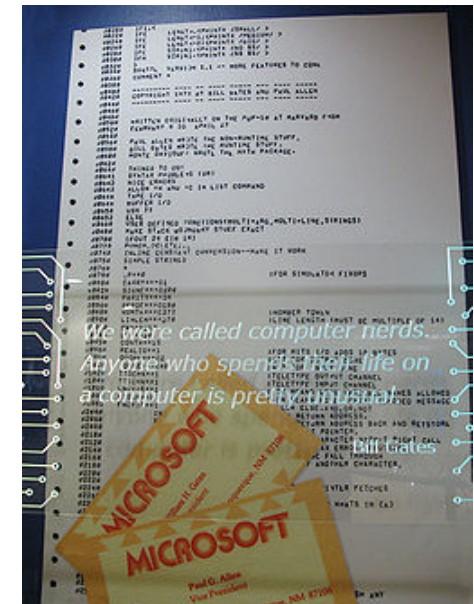
Γλώσσες επεξεργασίας συμβολοσειρών

```
LETTER = 'ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ$#@'
SP.CH = "+- , = . * ( ) ' / & "
SCOTA = SP.CH
SCOTA ' & ' =
Q = " ' "
QLIT = Q FENCE BREAK(Q) Q
ELEM = QLIT | 'L' Q | ANY(SCOTA) | BREAK(SCOTA) | REM
F3 = ARBNO(ELEM FENCE)
B = (SPAN(' ') | RPOS(0)) FENCE
F1 = BREAK(' ') | REM
F2 = F1
CAOP = ('LCL' | 'SET') ANY('ABC') |
+ 'AIF' | 'AGO' | 'ACTR' | 'ANOP'
ATTR = ANY('TLSIKN')
ELEM C = '(' FENCE *F3C ')' | ATTR Q | ELEM
F3C = ARBNO(ELEM C FENCE)
ASM360 = F1 . NAME B
+ ( CAOP . OPERATION B F3C . OPERAND |
+ F2 . OPERATION B F3 . OPERAND)
+ B REM . COMMENT
```

BASIC

Προγραμματισμός για τις “μάζες”

```
10 PRINT "GUESS A NUMBER BETWEEN ONE AND TEN"
20 INPUT A$
30 IF A$ = "5" THEN PRINT "GOOD JOB, YOU GUESSED IT"
40 IF A$ = "5" GOTO 100
50 PRINT "YOU ARE WRONG. TRY AGAIN"
60 GOTO 10
100 END
```



Simula, Smalltalk, C++, Java, C#

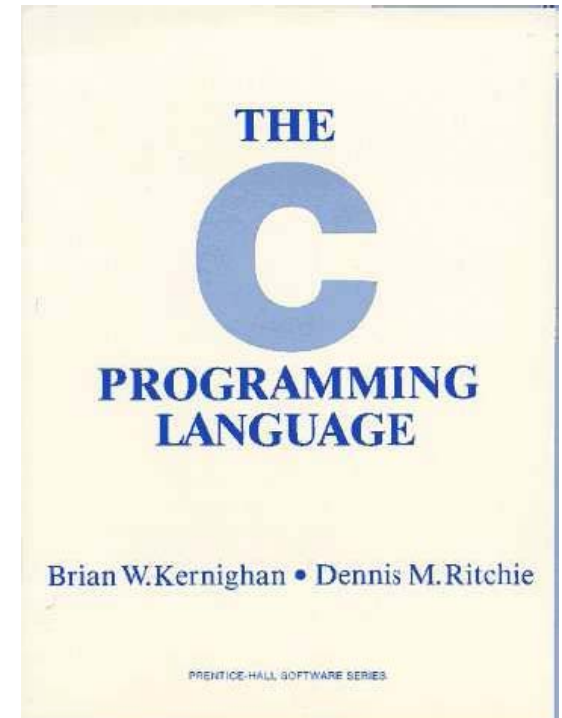
Γλώσσες φιλοσοφίας αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού

```
class Shape(x, y); integer x; integer y;
virtual: procedure draw;
begin
    comment -- get the x & y coordinates --;
    integer procedure getX;
        getX := x;
    integer procedure getY;
        getY := y;
    comment -- set the x & y coordinates --;
    integer procedure setX(newx); integer newx;
        x := newx;
    integer procedure setY(newy); integer newY;
        y := newY;
end Shape;
```

C

Ικανοποιητική επίδοση για προγραμματισμό συστήματος

```
int gcd(int a, int b)
{
    while (a != b) {
        if (a > b) a -= b;
        else b -= a;
    }
    return a;
}
```



ML, Miranda, Haskell, Erlang



```
structure RevStack = struct
  type 'a stack = 'a list
  exception Empty
  val empty = []
  fun isEmpty (s:'a stack):bool =
    (case s
     of [] => true
      | _ => false)
  fun top (s:'a stack): =
    (case s
     of [] => raise Empty
      | x::xs => x)
  fun pop (s:'a stack):'a stack =
    (case s
     of [] => raise Empty
      | x::xs => xs)
  fun push (s:'a stack, x: 'a):'a stack = x::s
  fun rev (s:'a stack):'a stack = rev (s)
end
```



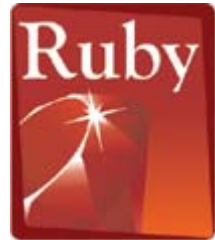
sh, awk, perl, tcl, javascript, python, ruby



Γλώσσες σεναρίων (Scripting languages)



```
class() {  
    classname='echo "$1" | sed -n '1 s/ *:.*$//p' \  
    parent='echo "$1" | sed -n '1 s/^.*: *//p' \  
    hppbody='echo "$1" | sed -n '2,$p' \  
    forwarddefs="$forwarddefs  
    class $classname;"  
    if (echo $hppbody | grep -q "$classname()"); then  
        defaultconstructor=  
    else  
        defaultconstructor="$classname() {}"  
    fi  
}
```



VisiCalc, Lotus 1-2-3, Excel

Γλώσσες προγραμματισμού λογιστικών φύλλων

	A	B	
1	Hours	23	
2	Wage per hour	\$ 5.36	
3			
4	Total Pay	\$ 123.28	B1 * B2
5			
6			

SQL

Γλώσσες βάσεων δεδομένων

```
CREATE TABLE shirt (  
    id SMALLINT UNSIGNED NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
    style ENUM('t-shirt', 'polo', 'dress') NOT NULL,  
    color ENUM('red', 'blue', 'white', 'black') NOT NULL,  
    owner SMALLINT UNSIGNED NOT NULL  
        REFERENCES person(id),  
    PRIMARY KEY (id)  
);
```

```
INSERT INTO shirt VALUES
```

```
(NULL, 'polo', 'blue', LAST_INSERT_ID()),  
(NULL, 'dress', 'white', LAST_INSERT_ID()),  
(NULL, 't-shirt', 'blue', LAST_INSERT_ID())
```



Prolog, Mercury

Γλώσσες λογικού προγραμματισμού

```
/* palindrome(Xs) is true if Xs is a palindrome. */  
/* e.g. palindrome([m,a,d,a,m, i,m, a,d,a,m]). */  
palindrome([]).  
palindrome([_]).  
palindrome([X|Xs]) :-  
    append(Xs1, [X], Xs), palindrome(Xs1).  
  
append([], Ys, Ys).  
append([X|Xs], Ys, [X|Zs]) :- append(Xs, Ys, Zs).
```

Νέες γλώσσες προγραμματισμού

- “Καθαρότητα” σχεδίασης: δεν υπάρχει η ανάγκη να διατηρηθεί η συμβατότητα με υπάρχοντα προγράμματα
- Όμως πλέον οι νέες γλώσσες δεν είναι προϊόντα παρθενογέννησης: συνήθως χρησιμοποιούν ιδέες από ήδη υπάρχουσες γλώσσες
- Κάποιες από αυτές (λίγες) χρησιμοποιούνται ευρέως, άλλες όχι
- Ανεξάρτητα της χρήσης τους, αποτελούν πηγή ιδεών για τις επόμενες γενεές των γλωσσών προγραμματισμού

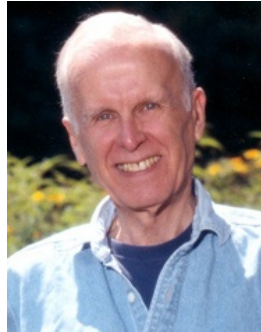
Ευρέως χρησιμοποιούμενη: Java



- Αρκετά δημοφιλής από το 1995 και έκτοτε
- Η Java χρησιμοποιεί πολλές ιδέες από τη C++, κάποιες άλλες ιδέες από τη Mesa και τη Modula, την ιδέα της αυτόματης διαχείρισης μνήμης από τη Lisp, και άλλες ιδέες από άλλες γλώσσες
- Η C++ περιλαμβάνει το μεγαλύτερο κομμάτι της C και την επέκτεινε με ιδέες από τις γλώσσες Simula 67, Ada, Clu, ML και Algol 68
- Η C προέκυψε από τη B, που προέκυψε από τη BCPL, που προέκυψε από τη CPL, που προέκυψε από την Algol 60, που προέκυψε από την Algol 58

Μη ευρέως χρησιμοποιούμενη: Algol

- Μια από τις πρώτες γλώσσες: ALGOrithmic Language
- Εκδόσεις: Algol 58, Algol 60, Algol 68
- Ποτέ δε χρησιμοποιήθηκε ευρέως
- Όμως εισήγαγε πολλές ιδέες που στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν από άλλες γλώσσες, όπως για παράδειγμα:
 - Δομή ανά μπλοκ και εμβέλεια μεταβλητών
 - Αναδρομικές συναρτήσεις
 - Πέρασμα παραμέτρων κατά τιμή (parameter passing by value)



Διάλεκτοι

- Η εμπειρία από τη χρήση γλωσσών αναδεικνύει πιθανές ατέλειες του σχεδιασμού τους και συχνά οδηγεί σε νέες διαλέκτους
- Νέες ιδέες πολλές φορές ενσωματώνονται σε νέες διαλέκτους παλαιών γλωσσών

Κάποιοι διάλεκτοι της Fortran



- Αρχική Fortran, IBM, 1954
- Βασικά standards:
 - Fortran II
 - Fortran III
 - Fortran IV
 - Fortran 66
 - Fortran 77
 - Fortran 90
 - Fortran 95
 - Fortran 2K
- Αποκλίσεις σε κάθε υλοποίηση
- Παράλληλη επεξεργασία
 - HPF
 - Fortran M
 - Vienna Fortran
 - και πολλές άλλες

Η σχέση των γλωσσών με τον προγραμματισμό

- Οι γλώσσες επηρεάζουν τον προγραμματισμό
 - Η κάθε γλώσσα ενθαρρύνει ένα συγκεκριμένο τρόπο προγραμματισμού / αλγοριθμικής επίλυσης προβλημάτων
- Οι εμπειρίες από τον προγραμματισμό εφαρμογών επηρεάζουν το σχεδιασμό (στοιχείων) νέων γλωσσών
- Διαφορετικές γλώσσες ενθαρρύνουν διαφορετικά στυλ προγραμματισμού
 - Αντικειμενοστρεφείς: αντικείμενα και χρήση get/set μεθόδων
 - Συναρτησιακές: πολλές μικρές συναρτήσεις χωρίς παρενέργειες
 - Λογικές: διαδικασία της αναζήτησης σ'ένα λογικά ορισμένο χώρο

Αντίσταση κατά των γλωσσών;

- Γλώσσες που ενθαρρύνουν συγκεκριμένους τρόπους προγραμματισμού συνήθως δεν τους επιβάλλουν πλήρως
- Κατά συνέπεια, είναι δυνατό να παρακάμψουμε ή και να αγνοήσουμε πλήρως τη “φιλοσοφία” κάποιας γλώσσας
- Συνήθως όμως αυτό δεν είναι καλή ιδέα...

Προστακτική ML

Η ML αποθαρρύνει τη χρήση αναθέσεων και παρενεργειών.

Παρόλα αυτά:

```
fun fact n =  
  let  
    val i = ref 1;  
    val xn = ref n  
  in  
    while !xn > 1 do (  
      i := !i * !xn;  
      xn := !xn - 1  
    );  
    !i  
  end;
```

Μη αντικειμενοστρεφής Java

Η Java, σε μεγαλύτερο βαθμό από τη C++, ενθαρρύνει τον αντικειμενοστρεφή προγραμματισμό. Παρόλα αυτά:

```
class Fubar {  
    public static void main (String[] args) {  
        // όλο το πρόγραμμα εδώ!  
    }  
}
```

Συναρτησιακή Pascal

- Κάθε προτακτική γλώσσα που υποστηρίζει αναδρομή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συναρτησιακή γλώσσα

```
function ForLoop(Low, High: Integer): Boolean;  
begin  
    if Low <= High then  
        begin  
            {όλο το σώμα του for loop εδώ}  
            ForLoop := ForLoop(Low+1, High)  
        end  
    else  
        ForLoop := True  
    end;  
end;
```

Γλώσσες και θεωρία τυπικών γλωσσών

Θεωρία των τυπικών γλωσσών: μία από τις θεμελιώδεις μαθηματικές περιοχές της επιστήμης των υπολογιστών

- Κανονικές γραμματικές, αυτόματα πεπερασμένων καταστάσεων
 - Αποτελούν τη βάση για το λεκτικό των γλωσσών προγραμματισμού και του λεκτικού αναλυτή (scanner) ενός compiler
- Γραμματικές ελεύθερες συμφραζομένων, αυτόματα στοίβας
 - Αποτελούν τη βάση για το συντακτικό των γλωσσών προγραμματισμού και του συντακτικού αναλυτή (parser) ενός compiler
- Μηχανές Turing
 - Προσφέρουν το θεωρητικό υπόβαθρο για να μελετήσουμε την υπολογιστική ισχύ των γλωσσών προγραμματισμού

Ισοδυναμία κατά Turing (Turing equivalence)

- Οι (περισσότερες) γλώσσες προγραμματισμού έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα χρήσης, αλλά όλες έχουν την ίδια ισχύ επίλυσης προβλημάτων

{προβλήματα επιλύσιμα στη Java}
= {προβλήματα επιλύσιμα στη Fortran}
= {προβλήματα επιλύσιμα στη C}
= ...

- Και όλες έχουν την ίδια ισχύ με διάφορα υπολογιστικά μοντέλα

{προβλήματα επιλύσιμα σε μηχανές Turing}
= {προβλήματα επιλύσιμα σε λάμβδα λογισμό}
= ...

- Το παραπάνω είναι γνωστό ως η θέση των Church-Turing



Συμπερασματικά

- Γιατί είναι ενδιαφέρουσες οι γλώσσες προγραμματισμού (και αυτό το μάθημα):
 - Λόγω της ποικιλίας τους και των χαρακτηριστικών τους
 - Λόγω των αμφιλεγόμενων στοιχείων τους
 - Λόγω της ενδιαφέρουσας εξέλιξής τους
 - Λόγω της στενής τους σχέσης με τον προγραμματισμό και την ανάπτυξη λογισμικού
 - Λόγω του θεωρητικού τους υπόβαθρου και της στενής τους σχέσης με την επιστήμη των υπολογιστών
- Επίσης, λόγω του ότι θα μάθετε αρκετά καλά τρεις επιπλέον γλώσσες!