Γλώσσες Προγραμματισμού Ι

Pieter Bruegel, *The Tower of Babel*, 1563

Κωστής Σαγώνας <kostis@cs.ntua.gr>
Ζωή Παρασκευοπούλου <zoepar@softlab.ntua.gr>

Σχετικά με το μάθημα

Τι: μάθημα 6ου εξαμήνου, υποχρεωτικό στη Ροή Λ

Ιστοσελίδα: https://courses.softlab.ntua.gr/pl1/

Mailing list (moodle): πληροφορίες στο helios

Πότε: Πέμπτες 15:15−17:00 και Παρασκευές 11:45-13:30

(Κάποιες Παρασκευές μπορεί να κάνουμε 10:45-13:30)

Πρόγραμμα:

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

Σχετικά με το μάθημα

Εργασίες: Θα δοθούν συνολικά 3 σειρές ασκήσεων

- θα αφορούν 4-5 προβλήματα
- καθένα από τα οποία θα πρέπει να λύσετε (συγκριτικά) σε περισσότερες από μία γλώσσες, μεταξύ των:
  - C/C++, ML, Java, Python, Prolog

Βαθμολογία:

30% εργασίες

80% τελική εξέταση

Συνεργασία μεταξύ φοιτητών

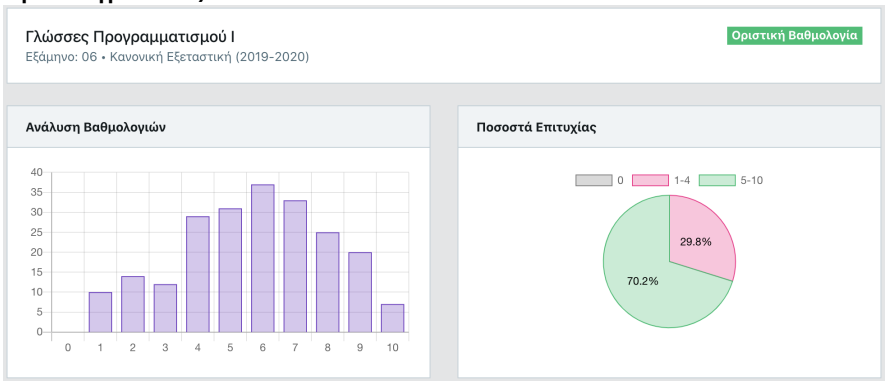
- **Οι προθεσμίες των εργασιών τηρούνται αυστηρά**
  - Μέσω του συστήματος ηλεκτρονικής υποβολής
- Οι εργασίες γίνονται σε **ομάδες το πολύ δύο ατόμων**
- Επιτρέπεται να συζητάτε ασκήσεις με τους συμφοιτητές σας, αλλά **οι εργασίες πρέπει να είναι δική σας δουλειά**
- Δεν επιτρέπεται να δίνετε την εργασία 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

Εξετάσεις

Εξετάσεις: τον Ιούνιο και τον Σεπτέμβριο

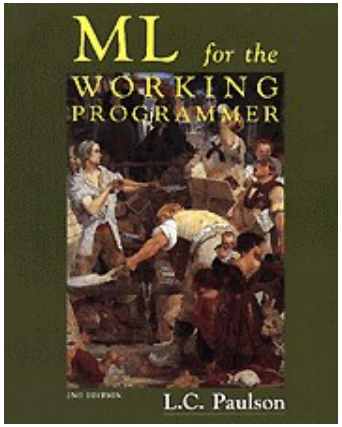
... ελπίζουμε!

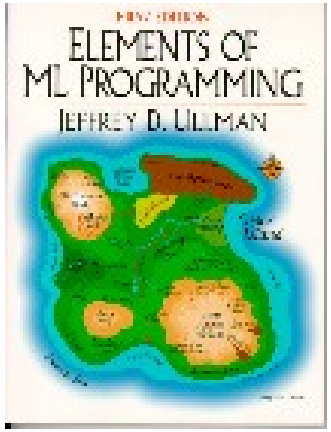
Προηγούμενα θέματα: στην ιστοσελίδα του μαθήματος και στο wiki / forum



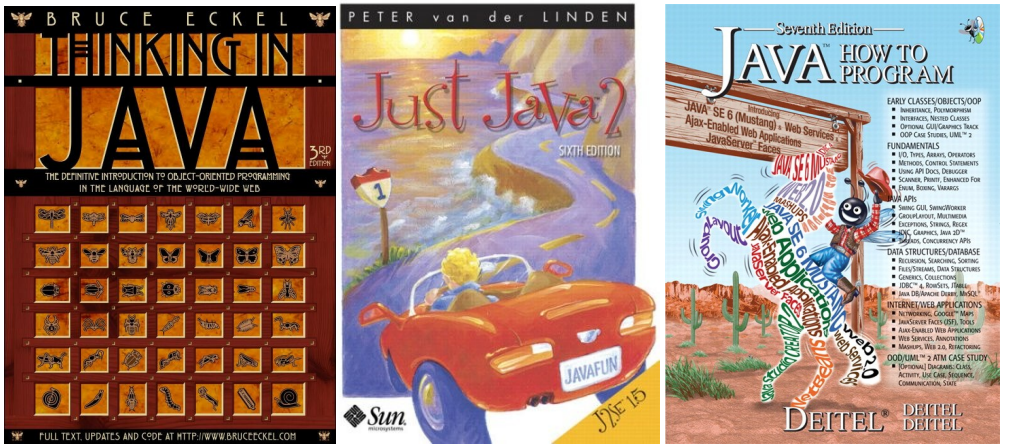
Προτεινόμενα βιβλία

Προτεινόμενα βιβλία για ML

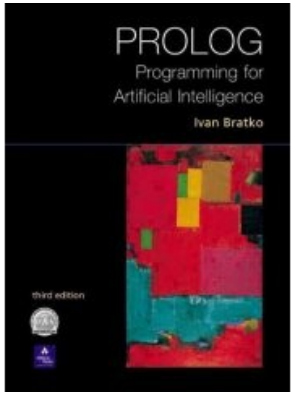


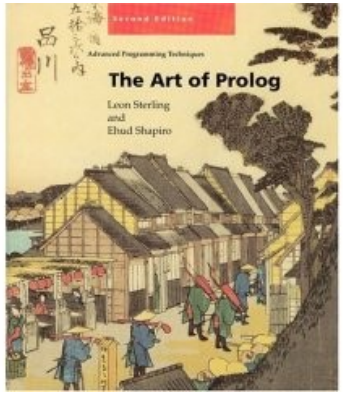


Προτεινόμενα βιβλία για Java



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 σε οικογένειες:
  - Προστακτικού προγραμματισμού (Pascal, C, Ada, Rust, …)
  - Συναρτησιακού προγραμματισμού (Lisp, **ML**, Haskell, Erlang)
  - Λογικού προγραμματισμού (**Prolog**, Mercury)
  - Αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού (Smalltalk, C++, **Java**)
  - Γλώσσες σεναρίων (Perl, Javascript, PHP, **Python**, Ruby, …)
  - “Esoteric” (INTERCAL, Brainfuck, JSFuck, LOLCODE, Whitespace,…)

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 πώς
  - 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 τέλειας 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

```
×/⍳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, παρακολουθήστε τα newsgroups: comp.lang.*

ή τον ιστότοπο: http://lambda-the-ultimate.org/

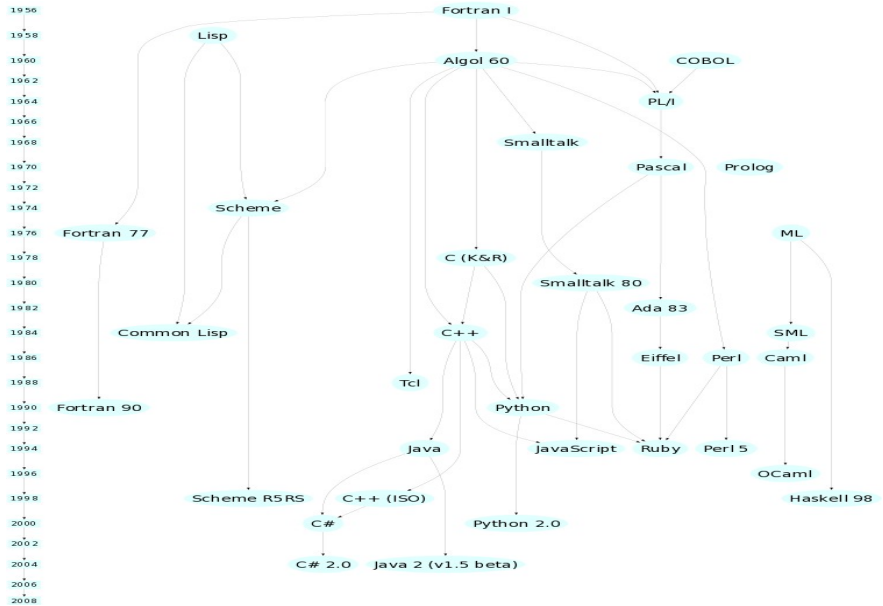
Οι διακρίσεις και οι ορισμοί είναι λίγο ασαφείς

- 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

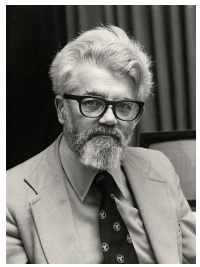
Δηλώσεις τύπων, εγγραφών, διαχείριση αρχείων


```
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-doinsert)
      (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 ⍵ 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-⍴Z           ⍝ 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)⍴M  ⍝ random points in -1 to 1 square
[11]  R←+/P×P            ⍝ distance from origin squared
[12]  B←(R≠0)∧R<1
[13]  R←B/R ⋄ P←B⌿P
[14]  F←(¯2×(⍟R)÷R)*.5
[15]  Z←Z,,P×F,[1.5]F
[16]  →L1
[17] L2:Z←N↑Z
[18]  ⍝ ArchDate: 12/1
```

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

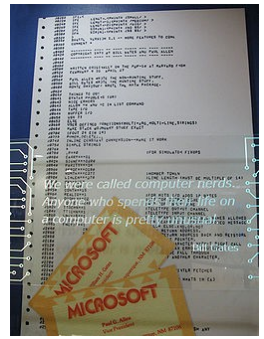
Γλώσσες επεξεργασίας συμβολοσειρών

```
  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')
  ELEMC = '(' FENCE *F3C ')' | ATTR Q | ELEM
  F3C = ARBNO(ELEMC 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#

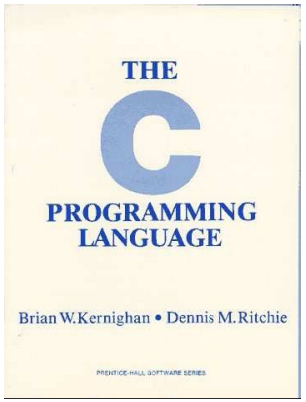
Γλώσσες φιλοσοφίας αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού

```
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
5		

B1 * B2

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

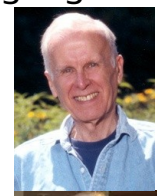
- **"Καθαρότητα" σχεδίασης**: δεν υπάρχει η ανάγκη να διατηρηθεί η συμβατότητα με υπάρχοντα προγράμματα
- Όμως πλέον οι νέες γλώσσες δεν είναι προϊόντα παρθενογέννησης: συνήθως χρησιμοποιούν ιδέες από ήδη υπάρχουσες γλώσσες
- Κάποιες από αυτές (λίγες) χρησιμοποιούνται ευρέως, άλλες όχι
- Ανεξάρτητα της 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: **ALGO**rithmic **L**anguage
- 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

Κάποιες 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. Παρ' όλα 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.

Παρ' όλα αυτά:

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

Συναρτησιακή Pascal

- Κάθε προστακτική 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;
```


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

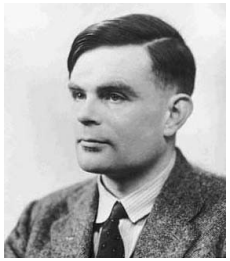
Ισοδυναμία κατά Turing (Turing equivalence)

- 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 λάμδα 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!