



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ  
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



# Θεωρία Υπολογισμού

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Επ. Καθ. Π. Κατσαρός  
Τμήμα Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



- 1 Τι μελετά η ΘΥ
  - Το αντικείμενο της ΘΥ
- 2 Γιατί μελετάμε τη ΘΥ
  - Εφαρμογές
- 3 Οργάνωση μαθήματος
  - Προτεινόμενη Βιβλιογραφία
  - Αξιολόγηση Μαθήματος
  - Επικοινωνία με το Διδάσκοντα

# Το αντικείμενο της ΘΥ

Η Θεωρία Υπολογισμού μελετά:

- Μοντέλα υπολογισμού και την εκφραστικότητα τους.
- Μαθηματικές αναπαραστάσεις για «αλγόριθμους» και «υπολογίσιμες» συναρτήσεις.
- Θεωρία υπολογισιμότητας.

# Θεωρία Γλωσσών και Αυτομάτων

Η ΘΓΑ είναι μέρος της Θεωρίας Υπολογισμού

- Χρησιμοποιούμε μαθηματικές αναπαραστάσεις των υπολογιστών που ονομάζονται **μοντέλα υπολογισμού** (π.χ. μηχανή Turing).
- Είναι η θεωρητική θεμελίωση της Επιστήμης των Υπολογιστών.
- **Υπολογισιμότητα**: ποια προβλήματα επιλύονται με τη χρήση υπολογιστών;
- **Πολυπλοκότητα**: τι είναι αυτό που κάνει κάποια προβλήματα υπολογιστικά πιο δύσκολα από κάποια άλλα;

# Ο «πατέρας» των Αυτομάτων

## Ήρων ο Αλεξανδρεύς

Έλληνας Μαθηματικός και  
Μηχανικός (10-70 μ.Χ.)

Διευθυντής Ανωτάτης Τεχνικής

Σχολής της Αλεξάνδρειας

Συνέγραψε - μεταξύ άλλων - την

«Αυτοματοποιητική»



Σχήμα : Ήρων ο Αλεξανδρεύς

(Πηγή: [http://www.xtec.es/](http://www.xtec.es/~jcanadil/imatges/)

[~jcanadil/imatges/](http://www.xtec.es/~jcanadil/imatges/)

[personatges/actius/Heron.jpg](http://www.xtec.es/~jcanadil/imatges/personatges/actius/Heron.jpg))

# Η «Αυτοματοποιητική» κατά Ήρωνα

## Μηχανισμός κίνησης αυτόματων θεάτρων

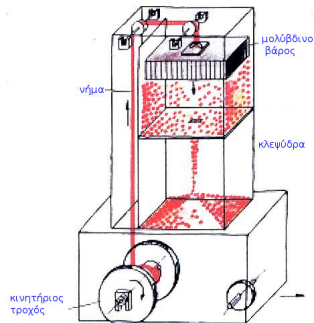
«Τοποθετούμε αρχικά το αυτόματο σε κάποια θέση και αφού απομακρυνθούμε ύστερα από λίγο χρόνο μεταβαίνει το αυτόματο σε κάποιον άλλη ορισμένη θέση. Κι όταν αυτό σταματήσει, φωτιά ανάβει στο βωμό μπροστά απ' τον Διόνυσο. Κι απ' το ραβδί του Διονύσου αναβλύζει γάλα ή νερό κι από την κούπα του χύνεται κρασί... Και με λουλούδια στεφανώνεται όλος ο χώρος γύρω από τους τέσσερις στύλους της βάσης. Και οι κυκλικά τοποθετημένες Βάκχες γυρίζουν χορεύοντας γύρω απ' το μικρό ναό. Και ήχος ακούγεται τύμπανων και κυμβάλων... »

(Ήρων, Αυτοματοποιητική, 4, 2)



# Η «Αυτοματοποιητική» κατά Ήρωνα

Ο μηχανισμός κίνησης αυτόματων θεάτρων αξιοποιεί τη δυναμική ενέργεια ενός μολύβδινου βάρους



**Σχήμα :** Ο κινητήριος μηχανισμός αυτομάτου θεάτρου του Ήρωνα  
(Πηγή: <http://www.hellinon.net/>)

# Η «Αυτοματοποιητική» κατά Ήρωνα

Πύλες ναού της Εφέσιας Αρτέμιδος που ανοίγουν και κλείνουν αυτόματα

«Ναός κατασκευάζεται, έτσι ώστε, μόλις ανάβει φωτιά σε βωμό, που βρίσκεται στην είσοδο του, και γίνει θυσία, οι πόρτες του ναού να ανοίγουν αυτόματα και μόλις σβήσει η φωτιά πάλι να κλείνουν» (Ήρων, Πνευματικά, Α, 38)

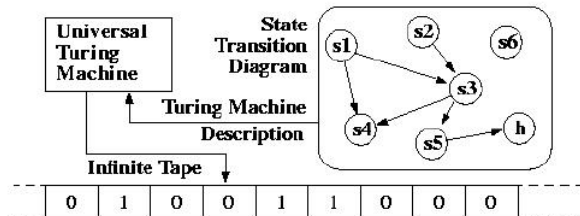
Όταν ανάψει η φωτιά, διαστέλλεται ο αέρας στο δοχείο κάτω από το βωμό, πιέζει το νερό που βρίσκεται σε ένα στεγανό και σταθερό δοχείο πιο κάτω και το μεταφέρει σε ένα κινητό δοχείο, συνδεδεμένο μέσω τροχαλιών και αντίβαρων με τις πύλες του ναού.

# Η «μηχανή» Turing

## Alan Turing

- Ο «πατέρας» της Επιστήμης των Υπολογιστών
- Καθηγητής του Πανεπιστημίου του Cambridge (1912-1954)

Το αυτόματο με τη μεγαλύτερη εκφραστική δυνατότητα: μπορεί να περιγράψει οποιοδήποτε υπολογισμό ενός Η/Υ



Σχήμα : Η μηχανή Turing (Πηγή: <http://web.mit.edu/manoli/turing/www/turing.html>)

# Η μελέτη των «γλωσσών»

## **Avram Noam Chomsky**

Γλωσσολόγος, φιλόσοφος, μελετητής της γνώσης και της νόησης, της λογικής, ιστορικός, που ακσεί πολιτική κριτική και ακτιβισμό.

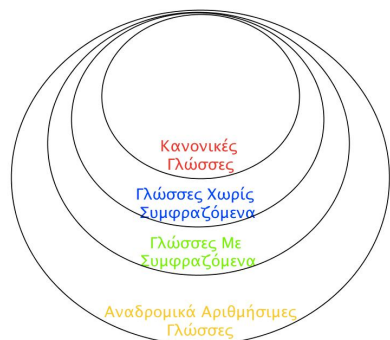
Ομ. Καθηγητής Γλωσσολογίας και Φιλοσοφίας του Πανεπιστημίου MIT  
(1928- )

# Ιεραρχία «τυπικά» ορισμένων γλωσσών με γραμματικές

Οι **γλώσσες** είναι σύνολα συμβολοσειρών με συγκεκριμένη σύνταξη, που περιγράφεται μαθηματικά από μία **γραμματική**.

Ιεραρχία γλωσσών των Chomsky–Schutzenberger

Αυτόματα	Γραμματικές
Μη υπολογίσιμες γλώσσες	
Μηχανές Turing	Δομή φράσης
Γραμμικά περιορισμένα αυτόματα	Με συμφραζόμενα
Αυτόματα στοιβάς	Χωρίς συμφραζόμενα
Πεπερασμένα αυτόματα	Κανονικές



# Τα περιεχόμενα του μαθήματος ΘΥ

Για κάθε μία από τις 3 οικογένειες γλωσσών που θα εξετάσουμε (κανονικές, χωρίς συμφραζόμενα, με δομή φράσης) θα αποδείξουμε:

- Σχέσεις ισοδυναμίας μεταξύ γλωσσών για την κατασκευή αυτομάτων (αλγορίθμων).
- Ιδιότητες κλειστότητας: τι γλώσσα προκύπτει όταν εφαρμόσουμε μια πράξη σε δύο ή περισσότερες γλώσσες.
- Πότε μία γλώσσα δεν ανήκει σε μία οικογένεια γλωσσών.

# Πρωτοπόροι της Θεωρίας Υπολογισμού

John von Neumann

Καθ. Παν. Princeton

Stephen Kleene

Καθ. Παν. Wisconsin  
–Madison (1909-1994)

Alonzo Church

Καθ. Παν. California  
στο Los Angeles (1903-  
1995)

## Εφαρμογές στη σχεδίαση γλωσσών

Σήμερα η κατασκευή συστημάτων επεξεργασίας γλωσσών γίνεται με εργαλεία που στηρίζονται σε αποτελέσματα της ΘΥ.

- Περιγραφή σύνταξης γλωσσών με γραμματικές χωρίς συμφραζόμενα.
- Λεξική επεξεργασία για την αναγνώριση των συντακτικών στοιχείων των γλωσσών με κανονικές εκφράσεις ή πεπερασμένα αυτόματα.
- Συντακτική επεξεργασία για την αναγνώριση της συντακτικής δομής της εισόδου σε συστήματα επεξεργασίας γλωσσών.
- Αναζήτηση προτύπων σε κείμενα με κανονικές εκφράσεις.
- Μεταγλωττιστές γλωσσών προγραμματισμού.
- Λογισμικό πλοήγησς στον παγκόσμιο ιστό.
- Συστήματα που ελέγχονται με διασύνδεση επεξεργασίας εντολών και σεναρίων εκτέλεσης (λειτουργικά συστήματα, βάσεις δεδομένων κ.α.).



# Εφαρμογές στη σχεδίαση ψηφιακών συστημάτων

Τα αποτελέσματα της ΘΥ χρησιμοποιούνται στη διερεύνηση της συμπεριφοράς και της δομής ψηφιακών συστημάτων, όπως τα κυκλώματα για ηλεκτρονικά συστήματα επικοινωνίας, υπολογισμού και ελέγχου (ψηφιακές επικοινωνίες, έλεγχος διεργασιών, ηλεκτρονικά αυτοκινήτων, μικροσυσκευών, συστημάτων πλοήγησης κ.α.).

- Ανάλυση λογικής σχεδίασης.
- Ελαχιστοποίηση χώρου καταστάσεων.
- Ανάλυση της αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον (υβριδικά αυτόματα).

# Εφαρμογές στην αλγοριθμική ανάλυση προβλημάτων

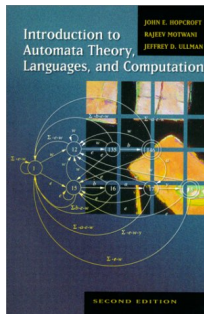
- Θεωρία πολυπλοκότητας (κόστος αλγοριθμικής επίλυσης προβλημάτων)

# Εφαρμογές στην επαλήθευση συστημάτων

- Αναπαράσταση συμπεριφοράς συστημάτων (προγράμματα χωρίς δυναμική εκχώρηση μνήμης και συναρτήσεις είναι αυτόματα στοίβας, γενικά προγράμματα είναι μηχανές Turing, προγράμματα με ακέραιες μεταβλητές είναι counter machines ).
- Προβλήματα για την επαλήθευση της συμπεριφοράς συστημάτων (αν μια γλώσσα είναι κενή ή υποσύνολο μιας άλλης γλώσσας, αν μια συγκεκριμένη διαμόρφωση αυτόματου στοίβας είναι προσεγγίσιμη).
- Ανάλυση προβλημάτων ικανοποίησης συνθήκης (satisfiability) σε γλώσσες λογικής.

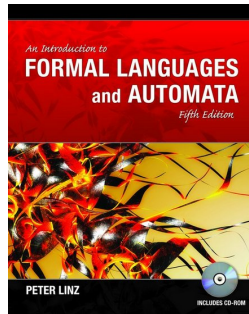


# Προτεινόμενη Βιβλιογραφία



Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation (2nd Ed.)

J.E. Hopcroft, R. Motwani, J.D. Ullman, Addison Wesley, 2000



An Introduction to Formal Languages and Automata (5th Ed.)

P. Linz, Jones & Bartlett Learning, 2012

# Υλικό Μαθήματος

Υλικό μαθήματος: `pileas.csd.auth.gr`

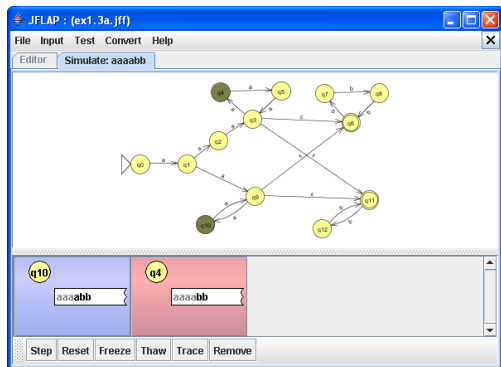
- Διαφάνειες παραδόσεων (φέτος ανανεώνονται).
- Εκπαιδευτικό εργαλείο JFLAP για την προσομοίωση γραμματικών και αυτομάτων.
- Λυμένες και άλυτες ασκήσεις.
- Παλιά θέματα.
- Πίνακας Ανακοινώσεων.

# Εκπαιδευτικό εργαλείο JFLAP

[www.jflap.org](http://www.jflap.org)

Από το Πανεπιστήμιο Duke των  
Ην. Πολιτειών. Υποστηρίζει:

- Ορισμό γραμματικών, αυτομάτων και προσομοίωση γλωσσών.
- Αλγορίθμους μετατροπής με βήμα προς βήμα κατασκευή ισοδύναμων αναπαραστάσεων γλώσσας.
- Προσομοίωση απόδειξης ότι μια γλώσσα ΔΕΝ εντάσσεται σε οικογένεια γλωσσών.
- Εύχρηστο γραφικό περιβάλλον.



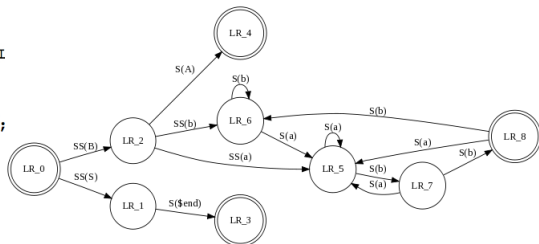
# Εργαλείο οπτικοποίησης Graphviz

[www.graphviz.org](http://www.graphviz.org)

Μπορούμε να γράψουμε

αυτόματα ως κείμενο:

```
digraph finite_state_machine {
    rankdir=LR;
    size="8,5"
    node [shape = doublecircle]; LR_0 I
    node [shape = circle];
    LR_0 -> LR_2 [ label = "SS(B)" ];
    LR_0 -> LR_1 [ label = "SS(S)" ];
    LR_1 -> LR_3 [ label = "S($end)" ];
    LR_2 -> LR_6 [ label = "SS(b)" ];
    LR_2 -> LR_5 [ label = "SS(a)" ];
    LR_2 -> LR_4 [ label = "S(A)" ];
    LR_5 -> LR_7 [ label = "S(b)" ];
    LR_5 -> LR_1 [ label = "S(a)" ];
    LR_6 -> LR_6 [ label = "S(b)" ];
    LR_6 -> LR_5 [ label = "S(a)" ];
    LR_7 -> LR_8 [ label = "S(b)" ];
    LR_7 -> LR_5 [ label = "S(a)" ];
    LR_8 -> LR_6 [ label = "S(b)" ];
    LR_8 -> LR_5 [ label = "S(a)" ];
}
```





# Αξιολόγηση Επίδοσης

Ο τελικός βαθμός για την **εξεταστική Ιουνίου 2013** στηρίζεται στις επιδόσεις:

- Εξέτασης πρόοδου (30%) .
- Εξέτασης Ιουνίου 2013 (70%).
- Επιτυχής είναι η φοίτηση με βαθμό ίσο ή μεγαλύτερο του 5, υπολογιζόμενο με το σταθμισμένο μέσο όρο των δύο εξετάσεων.
- Αναβολή εξέτασης μπορεί να γίνει μόνο για επείγοντα περιστατικά υγείας προσκομίζοντας παραστατικό επίσκεψης σε νοσοκομείο.
- Δε γίνεται αποδεκτή καμία εξαίρεση φοιτητή από τον αναφερόμενο κανόνα αξιολόγησης.

# Αξιολόγηση Επίδοσης

Για τον τελικό βαθμό της **εξεταστικής Σεπτεμβρίου 2013** δεν προσμετράται η επίδοση της εξέτασης προόδου.

# Επικοινωνία με το Διδάσκοντα

- Διδάσκων: Επ. Καθ. Παναγιώτης Κατσαρός (επικοινωνία μέσω email: katsaros@csd.auth.gr).
- Γραφείο: Εθν. Αντίστασης 16 - Καλαμαριά (Δευ - Τρι - Τετ) και Γρ. Διδασκόντων στον Ημιόροφο Βιολογικού (Πεμ - Παρ)
- Ώρες γραφείου για τους φοιτητές: Πέμπτη και Παρασκευή 11.15 - 13.00 στο Γρ. Διδασκόντων στον Ημιόροφο Βιολογικού.

# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Εμμανουέλα Στάχτιαρη  
Θεσσαλονίκη, 24/07/2014