

---

# Αλγόριθμοι

## Σχεδίαση και Εφαρμογές

**Michael T. Goodrich**

Τμήμα Πληροφορικής και Επιστήμης Υπολογιστών  
University of California, Irvine

**Roberto Tamassia**

Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών  
Brown University

---

Απόδοση: **Αγαμέμνων Μήλιος**  
Μηχανικός Λογισμικού

 **Εκδόσεις: Μ. Γκιούρδας**

Ζωοδόχου Πηγής 70-74 – Τηλ.: 210 3630219

106 81 Αθήνα, 2016

[www.mgiurdas.gr](http://www.mgiurdas.gr)

**Τίτλος Πρωτοτύπου:**

Algorithm Design and Applications

ISBN 978-1-118-33591-

Copyright © 2015 John Wiley & Sons, Inc.  
111 River Street, Hoboken, NJ 07030-5774

Αποκλειστικότητα για την Ελληνική Γλώσσα

Εκδόσεις: **Μόσχος Γκιούρδας**



Ζωοδόχου Πηγής 70-74 – Τηλ.: 210 3630219

106 81 Αθήνα, 2016

[www.mgiurdas.gr](http://www.mgiurdas.gr)

**ISBN: 978-960-512-697-1**

Επιμέλεια κειμένων: Μιχαήλ Μεταξάς

Desktop Publishing: Κ. Καλαϊτζής, τηλ.: 210 2813066

Εκτύπωση: ΑΛΦΑΒΗΤΟ Α.Ε.Β.Ε., τηλ.: 210 6466086

Αναδημοσίευση του βιβλίου σε οποιαδήποτε μορφή, ολόκληρου ή μέρους, καθώς και των περιεχομένων προγραμμάτων, δεν επιτρέπεται χωρίς την έγγραφη εξουσιοδότηση του εκδότη.

Στους Κάρεν, Πολ, Άννα και Τζακ  
– *Michael T. Goodrich*

Στην Ιζαμπέλ  
– *Roberto Tamassia*

Πρόλογος .....	xiii
<b>1 Ανάλυση Αλγόριθμων .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ανάλυση Αλγόριθμων.....	3
1.2 Μια Σύντομη Μαθηματική Ανακεφαλαίωση .....	19
1.3 Μια Μελέτη Περίπτωσης στην Ανάλυση Αλγόριθμων .....	29
1.4 Επιμερισμένη Ανάλυση .....	34
1.5 Ασκήσεις.....	42
<b>Μέρος Ι: Δομές Δεδομένων</b>	
<b>2 Βασικές Δομές Δεδομένων.....</b>	<b>51</b>
2.1 Στοιίβες και Ουρές.....	53
2.2 Λίστες.....	60
2.3 Δέντρα .....	68
2.4 Ασκήσεις.....	84
<b>3 Δυαδικά Δέντρα Αναζήτησης .....</b>	<b>89</b>
3.1 Αναζητήσεις και Ενημερώσεις.....	91
3.2 Ερωτήματα Διαστημάτων .....	101
3.3 Αναζήτηση που Βασίζεται σε Δείκτες.....	104
3.4 Τυχαία Κατασκευασμένα Δέντρα Αναζήτησης .....	107
3.5 Ασκήσεις.....	110
<b>4 Ισορροπημένα Δυαδικά Δέντρα Αναζήτησης .....</b>	<b>115</b>
4.1 Βαθμοί και Περιστροφές.....	117
4.2 Δέντρα AVL.....	120
4.3 Κόκκινα-Μαύρα Δέντρα .....	126
4.4 Ασθενή Δέντρα AVL .....	130
4.5 Στρεβλά Δέντρα .....	139
4.6 Ασκήσεις.....	149

<b>5</b>	<b>Ουρές Προτεραιότητας και Σωροί.....</b>	<b>155</b>
5.1	Ουρές προτεραιότητας.....	157
5.2	Ταξινόμηση με Ουρά Προτεραιότητας, Ταξινόμηση με Επιλογή και Ταξινόμηση με Εισαγωγή.....	158
5.3	Σωροί .....	163
5.4	Ταξινόμηση Σωρού.....	174
5.5	Επέκταση Ουρών Προτεραιότητας .....	179
5.6	Ασκήσεις.....	182
<b>6</b>	<b>Πίνακες Κατακερματισμού.....</b>	<b>187</b>
6.1	Χάρτες .....	189
6.2	Συναρτήσεις Κατακερματισμού .....	192
6.3	Διαχείριση Συγκρούσεων και Επανακατακερματισμός .....	198
6.4	Κατακερματισμός Κούκου .....	206
6.5	Καθολικός Κατακερματισμός .....	212
6.6	Ασκήσεις .....	215
<b>7</b>	<b>Δομές Ένωσης-Εύρεσης .....</b>	<b>219</b>
7.1	Ένωση-Εύρεση και οι Εφαρμογές της.....	221
7.2	Υλοποίηση που Βασίζεται σε Λίστα.....	225
7.3	Υλοποίηση που Βασίζεται σε Δέντρα.....	228
7.4	Ασκήσεις.....	236
<b>Μέρος II: Ταξινόμηση και Επιλογή</b>		
<b>8</b>	<b>Αλγόριθμοι Merge-Sort και Quick-Sort .....</b>	<b>241</b>
8.1	Merge-Sort.....	243
8.2	Quick-Sort.....	250
8.3	Ένα Κατώτερο Όριο στην Ταξινόμηση Σύγκρισης.....	257
8.4	Ασκήσεις 259	
<b>9</b>	<b>Γρήγορη Ταξινόμηση και Επιλογή.....</b>	<b>265</b>
9.1	Bucket-Sort και Radix-Sort.....	267
9.2	Επιλογή.....	270
9.3	Σταθμισμένες Διάμεσοι.....	276
9.4	Ασκήσεις.....	279

## Μέρος III: Θεμελιώδεις Τεχνικές

<b>10</b>	<b>Η Άπληστη Μέθοδος .....</b>	<b>283</b>
10.1	Το Κλασματικό Πρόβλημα Σακιδίου .....	286
10.2	Προγραμματισμός Εργασιών .....	289
10.3	Συμπίεση Κειμένου και Κωδικοποίηση Huffman .....	292
10.4	Ασκήσεις .....	298
<b>11</b>	<b>Διαίρει και Βασίλευε .....</b>	<b>303</b>
11.1	Αναδρομές και το Μάστερ Θεώρημα .....	305
11.2	Πολλαπλασιασμός Ακεραίων .....	313
11.3	Πολλαπλασιασμός Πινάκων .....	315
11.4	Το Πρόβλημα του Μέγιστου Συνόλου .....	317
11.5	Ασκήσεις .....	319
<b>12</b>	<b>Δυναμικός Προγραμματισμός.....</b>	<b>323</b>
12.1	Γινόμενα Αλυσίδας Πινάκων .....	325
12.2	Η Γενική Τεχνική.....	329
12.3	Προγραμματισμός Τηλεσκοπίων .....	331
12.4	Στρατηγικές Παιχνιδιών .....	334
12.5	Το πρόβλημα της Μέγιστης Κοινής Υποακολουθίας.....	339
12.6	Το πρόβλημα Σακιδίου 0-1.....	343
12.7	Ασκήσεις .....	346

## Μέρος IV: Αλγόριθμοι Γράφων

<b>13</b>	<b>Γράφοι και Διασχίσεις.....</b>	<b>353</b>
13.1	Ορολογία και Αναπαραστάσεις Γράφων .....	355
13.2	Αναζήτηση Πρώτα σε Βάθος .....	365
13.3	Αναζήτηση Πρώτα σε Πλάτος .....	370
13.4	Κατευθυνόμενοι Γράφοι .....	373
13.5	Δισυνδεδμεμένες συνιστώσες .....	386
13.6	Ασκήσεις .....	392
<b>14</b>	<b>Συντομότερες Διαδρομές .....</b>	<b>397</b>
14.1	Συντομότερες Διαδρομές Μίας Προέλευσης .....	399
14.2	Αλγόριθμος του Dijkstra .....	400

14.3	Αλγόριθμος Bellman-Ford .....	407
14.4	Συντομότερες Διαδρομές σε Κατευθυνόμενους Ακυκλικούς Γράφους .....	410
14.5	Συντομότερες Διαδρομές Όλων των Ζευγών .....	412
14.6	Ασκήσεις .....	418
<b>15</b>	<b>Δέντρα Επικάλυψης Ελάχιστου Κόστους.....</b>	<b>423</b>
15.1	Ιδιότητες Δέντρων Επικάλυψης Ελάχιστου Κόστους.....	425
15.2	Αλγόριθμος του Kruskal .....	428
15.3	Αλγόριθμος Prim-Jarník .....	433
15.4	Αλγόριθμος του Borůvka .....	436
15.5	Ασκήσεις .....	439
<b>16</b>	<b>Ροή Δικτύου και Αντιστοίχιση .....</b>	<b>443</b>
16.1	Ροές και Μειώσεις .....	445
16.2	Αλγόριθμοι Μέγιστης Ροής .....	452
16.3	Μέγιστη Διμερής Αντιστοίχιση .....	458
16.4	Αποκλεισμός στο Μπέιζμπολ .....	460
16.5	Ροή Ελάχιστου Κόστους .....	462
16.6	Ασκήσεις .....	469
<b>Μέρος V: Υπολογιστική Δυσεπιλυσιμότητα</b>		
<b>17</b>	<b>NP-Πληρότητα .....</b>	<b>473</b>
17.1	P και NP .....	476
17.2	NP-Πληρότητα .....	483
17.3	CNF-SAT και 3SAT .....	489
17.4	VERTEX-COVER, CLIQUE και SET-COVER .....	492
17.5	SUBSET-SUM και KNAPSACK .....	496
17.6	HAMILTONIAN-CYCLE και TSP .....	499
17.7	Ασκήσεις .....	502
<b>18</b>	<b>Προσεγγιστικοί Αλγόριθμοι .....</b>	<b>507</b>
18.1	Το Μετρικό Πρόβλημα του Περιοδεύοντος Πωλητή .....	511
18.2	Προσεγγίσεις για Προβλήματα Κάλυψης .....	515
18.3	Τεχνικές Προσέγγισης Πολυωνυμικού Χρόνου .....	518
18.4	Οπισθοδρόμηση και Διακλάδωση και Οριοθέτηση .....	521
18.5	Ασκήσεις .....	525

## Μέρος VI: Επιπρόσθετα Ζητήματα

<b>19</b>	<b>Τυχαιοποιημένοι Αλγόριθμοι</b> .....	<b>529</b>
19.1	Παραγωγή Τυχαίων Συνδυασμών .....	531
19.2	Σταθεροί Γάμοι και Συλλογή Κουπονιών .....	534
19.3	Ελάχιστες τομές .....	539
19.4	Εύρεση Πρώτων Αριθμών .....	546
19.5	Όρια Chernoff .....	551
19.6	Λίστες Παράλειψης .....	557
19.7	Ασκήσεις .....	563
<b>20</b>	<b>B-δέντρα και Εξωτερική Μνήμη</b> .....	<b>569</b>
20.1	Εξωτερική Μνήμη .....	571
20.2	(2,4) Δέντρα και B-δέντρα .....	574
20.3	Ταξινόμηση Εξωτερικής Μνήμης .....	590
20.4	Online Αλγόριθμοι Προσωρινής Αποθήκευσης .....	593
20.5	Ασκήσεις .....	600
<b>21</b>	<b>Αναζήτηση Πολλαπλών Διαστάσεων</b> .....	<b>603</b>
21.1	Δέντρα Διαστήματος .....	605
21.2	Δέντρα Αναζήτησης Προτεραιότητας .....	609
21.3	Τετραδικά Δέντρα και k-d δέντρα .....	614
21.4	Ασκήσεις .....	618
<b>22</b>	<b>Υπολογιστική Γεωμετρία</b> .....	<b>623</b>
22.1	Πράξεις σε Γεωμετρικά Αντικείμενα .....	625
22.2	Κυρτά Περιβλήματα .....	630
22.3	Τομή Τμημάτων .....	638
22.4	Εύρεση Ζεύγους Εγγύτερων Σημείων .....	642
22.5	Ασκήσεις .....	646
<b>23</b>	<b>Αλγόριθμοι Συμβολοσειρών</b> .....	<b>651</b>
23.1	Πράξεις Συμβολοσειρών .....	653
23.2	Αλγόριθμος Boyer-Moore .....	656
23.3	Αλγόριθμος Knuth-Morris-Pratt .....	660
23.4	Λεξικογραφική Αντιστοίχιση που Βασίζεται σε Κατακερματισμό .....	664



23.5	Trie .....	669
23.6	Ασκήσεις .....	680
<b>24</b>	<b>Κρυπτογραφία .....</b>	<b>685</b>
24.1	Μέγιστοι Κοινοί Διαιρέτες (ΜΚΔ) .....	687
24.2	Αριθμητική Υπολοίπων .....	691
24.3	Κρυπτογραφικές Πράξεις .....	699
24.4	Το Κρυπτοσύστημα RSA .....	703
24.5	Το Κρυπτοσύστημα El Gamal .....	706
24.6	Ασκήσεις .....	708
<b>25</b>	<b>Ο Γρήγορος Μετασχηματισμός Φουριέ .....</b>	<b>711</b>
25.1	Συνέλιξη .....	713
25.2	Πρωταρχικές Ρίζες της Μονάδας .....	715
25.3	Ο Διακριτός Μετασχηματισμός Φουριέ .....	717
25.4	Ο Αλγόριθμος του Γρήγορου Μετασχηματισμού Φουριέ .....	721
25.5	Ασκήσεις .....	727
<b>26</b>	<b>Γραμμικός Προγραμματισμός .....</b>	<b>731</b>
26.1	Διατύπωση του Προβλήματος .....	734
26.2	Η Μέθοδος Simplex .....	739
26.3	Δυϊκότητα .....	746
26.4	Εφαρμογές του Γραμμικού Προγραμματισμού .....	750
26.5	Ασκήσεις .....	753
<b>Παράρτημα Α</b>	<b>Χρήσιμα Μαθηματικά Στοιχεία .....</b>	<b>761</b>
	<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>765</b>
	<b>Ευρετήριο .....</b>	<b>774</b>

---

# Πρόλογος

Αυτό το βιβλίο έχει σχεδιαστεί ούτως ώστε να αποτελεί μια ολοκληρωμένη εισαγωγή στη σχεδίαση και ανάλυση αλγόριθμων και δομών δεδομένων για υπολογιστές. Κάθε κεφάλαιο είναι σχετικά ανεξάρτητο απ' τα υπόλοιπα, προκειμένου οι καθηγητές και οι φοιτητές να έχουν μεγαλύτερη ευελιξία ως προς την πορεία με την οποία θα εξερευνήσουν τα κεφάλαια. Επιπλέον, η εκτεταμένη συλλογή θεμάτων του βιβλίου καλύπτει τόσο τις κλασικές, όσο και τις νέες αλγοριθμικές μεθόδους. Στο βιβλίο θα βρείτε:

- **Μαθηματικά για ασυμπτωτική ανάλυση** – επιμερισμένη ανάλυση και τυχαιοποίηση.
- **Γενικές τεχνικές σχεδίασης αλγόριθμων** – άπληστη μέθοδος, τεχνική διαίρει και βασίλευε και δυναμικός προγραμματισμός.
- **Δομές δεδομένων** – λίστες, δέντρα, σωροί, δέντρα αναζήτησης, B-δέντρα, πίνακες κατακερματισμού, λίστες παράλειψης, αλγόριθμοι ένωσης-εύρεσης και δέντρα πολλαπλών διαστάσεων.
- **Αλγοριθμικά πλαίσια** – NP-πληρότητα, προσεγγιστικοί αλγόριθμοι και αλγόριθμοι εξωτερικής μνήμης, και
- **Θεμελιώδεις αλγόριθμοι** – ταξινόμηση, αλγόριθμοι σε γράφους, υπολογιστική γεωμετρία, κρυπτογραφία, αριθμητικοί αλγόριθμοι, Γρήγορος Μετασχηματισμός Fourier (FFT) και γραμμικός προγραμματισμός.

## Προσέγγιση που Βασίζεται στις Εφαρμογές

Η εποχή μας είναι συναρπαστική για την επιστήμη των υπολογιστών. Οι υπολογιστές δεν είναι πλέον απλές μηχανές υπολογισμών, αλλά χρησιμοποιούνται ως επεξεργαστές πληροφοριών, με εφαρμογές για κάθε επιστημονικό πεδίο, ενώ παράλληλα, η επέκταση του Internet προσφέρει νέα υποδείγματα για εφαρμογές υπολογιστών για την κοινωνία και το εμπόριο. Για παράδειγμα, οι υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποθήκευση και ανάκτηση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων και χρησιμοποιούνται σε πολλούς άλλους κλάδους, όπως στον αθλητισμό, τα βιντεοπαιχνίδια, στην βιολογία, την ιατρική, την κοινωνική δικτύωση, στην μηχανική και στην επιστήμη. Συνεπώς, πιστεύουμε πως οι αλγόριθμοι θα πρέπει να διδάσκονται έτσι, ώστε να μην δίνουμε έμφαση μόνο στη μαθηματική ανάλυσή τους, αλλά και στις πρακτικές εφαρμογές τους.

Για να εκπληρώσουμε αυτήν την ανάγκη, ξεκινάμε κάθε κεφάλαιο με μια σύντομη περιγραφή μιας εφαρμογής που σχετίζεται με το θέμα του κεφαλαίου. Σε κάποιες περιπτώσεις, αυτή η εφαρμογή προέρχεται από μια πραγματική χρήση του θέματος που πραγματεύεται το κεφάλαιο και σε άλλες αποτελεί μια αριστοτεχνική εφαρμογή η οποία επισημαίνει πώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το θέμα του κεφαλαίου στην πράξη. Σκοπός μας είναι να παρέχουμε στους αναγνώστες ένα εννοιολογικό πλαίσιο και μια πρακτική αιτιολόγηση που θα συνοδεύει τη μελέτη κάθε κεφαλαίου. Εκτός απ' αυτήν την προσέγγιση που βασίζεται σε εφαρμογές, περιλαμβάνουμε επίσης αναλυτικές περιγραφές ψευδοκώδικα και ολοκληρωμένη μαθηματική ανάλυση. Πιστεύουμε μάλιστα ότι η μαθηματική αυστηρότητα δεν θα πρέπει απλά να εξυπηρετεί τον εαυτό της, αλλά θα πρέπει να αναδεικνύει τις πρακτικές συνέπειές της.

## Για τον Καθηγητή

Αυτό το βιβλίο έχει δομηθεί έτσι, ώστε να προσφέρει στους καθηγητές μεγάλη ελευθερία στον τρόπο οργάνωσης και παρουσίασης της ύλης. Η εξάρτηση μεταξύ των κεφαλαίων είναι σχετικά μικρή και αυτό επιτρέπει στον καθηγητή να καλύπτει τα θέματα με τη σειρά που προτιμά. Επιπλέον, κάθε κεφάλαιο έχει σχεδιαστεί κατά τρόπο τέτοιο ώστε να μπορεί να καλυφθεί σε 1–3 παρουσιάσεις, ανάλογα με το βάρος της κάλυψης.

### Παραδείγματα Σειράς Μαθημάτων

Το βιβλίο έχει πολλές πιθανές χρήσεις ως πανεπιστημιακό σύγγραμμα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, σε ένα εισαγωγικό μάθημα αλγόριθμων ή θα μπορούσε εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί σε ένα μάθημα για δομές δεδομένων και αλγόριθμους ανώτερου επιπέδου. Για να επισημάνουμε τις εναλλακτικές, παρέχουμε ένα παράδειγμα προγράμματος σπουδών για καθένα από τα παρακάτω πιθανά μαθήματα.

#### Παράδειγμα προγράμματος σπουδών για βασικό μάθημα αλγόριθμων:

1. Ανάλυση Αλγόριθμων (Παρακάμψτε ή περιγράψτε σύντομα τα Κεφάλαια 2-4 για τις θεμελιώδεις δομές δεδομένων)<sup>1</sup>
  5. Ουρές Προτεραιότητας και Σωροί
  6. Πίνακες Κατακερματισμού
  7. Δομές Ένωσης-Εύρεσης
  8. Ταξινόμηση με Συγχώνευση και Γρήγορη Ταξινόμηση
  9. Γρήγορη Ταξινόμηση και Επιλογή (αν το επιτρέπει ο χρόνος)
  10. Η Άπληστη Μέθοδος
  11. Διαίρει και Βασίλευε
  12. Δυναμικός Προγραμματισμός
  13. Γράφοι και Διασχίσεις
  14. Συντομότερες Διαδρομές
  15. Δέντρα Επικάλυψης Ελάχιστου Κόστους
  16. Ροή Δικτύου και Αντιστοίχιση (αν το επιτρέπει ο χρόνος)
  17. **NP**-Πληρότητα
  18. Προσεγγιστικοί Αλγόριθμοι
- Προαιρετικές επιλογές από τα Κεφάλαια 19-26, αν το επιτρέπει ο χρόνος

Οι προαιρετικές επιλογές από τα Κεφάλαια 19-26 που θα μπορούσαν να καλυφθούν στο τέλος της σειράς μαθημάτων περιλαμβάνουν τους Τυχαίοποιημένους Αλγόριθμους, την Υπολογιστική Γεωμετρία, τους Αλγόριθμους Συμβολοσειρών, την Κρυπτογραφία, τον Γρήγορο Μετασχηματισμό Φουριέ (FFT) και τον Γραμμικό Προγραμματισμό.

<sup>1</sup> Αυτά τα θέματα και πιθανώς και τα θέματα των Κεφαλαίων 5 και 6, συνήθως καλύπτονται τουλάχιστον σε ένα βασικό επίπεδο σε ένα μάθημα για Δομές Δεδομένων, που θα μπορούσε να είναι προαπαιτούμενο αυτού του μαθήματος.

**Παράδειγμα προγράμματος σπουδών για προχωρημένα μαθήματα δομών δεδομένων:**

1. Ανάλυση Αλγόριθμων
2. Βασικές Δομές Δεδομένων
3. Δυαδικά Δέντρα Αναζήτησης
4. Ισορροπημένο Δέντρα Αναζήτησης
5. Ουρές Προτεραιότητας και Σωροί
6. Πίνακες Κατακερματισμού
7. Δομές Ένωσης-Εύρεσης
8. Ταξινόμηση με Συγχώνευση και Γρήγορη Ταξινόμηση
13. Γράφοι και Διασχίσεις
14. Συντομότερες Διαδρομές
15. Δέντρα Επικάλυψης Ελάχιστου Κόστους
20. Β-δέντρα και Εξωτερική Μνήμη
21. Αναζήτηση Πολλαπλών Διαστάσεων

**Παράδειγμα προγράμματος σπουδών για προχωρημένα μαθήματα αλγόριθμων:**

(Παρακάμψτε ή περιγράψτε σύντομα τα Κεφάλαια 1-8)

9. Γρήγορη Ταξινόμηση και Επιλογή
10. Η Άπληστη Μέθοδος
11. Διαίρει και Βασίλευε
12. Δυναμικός Προγραμματισμός
16. Ροή Δικτύου και Αντιστοίχιση
17. **NP**-Πληρότητα
18. Προσεγγιστικοί Αλγόριθμοι
19. Τυχαιοποιημένοι Αλγόριθμοι
22. Υπολογιστική Γεωμετρία
23. Αλγόριθμοι Συμβολοσειρών
24. Κρυπτογραφία
25. Γρήγορος Μετασχηματισμός Φουριέ (FFT)
26. Γραμμικός Προγραμματισμός

Αυτή η σειρά μαθημάτων θα μπορούσε να διδαχθεί είτε ως αυτόνομο μάθημα ή σε συνδυασμό με ένα προχωρημένο μάθημα δομών δεδομένων, όπως είδαμε παραπάνω.

Βέβαια, υπάρχουν κι άλλες επιλογές – οι καθηγητές μπορούν να επιλέξουν καλύτερα τη σειρά μαθημάτων.

## Τρία Είδη Ασκήσεων

Αυτό το book περιέχει πολλές ασκήσεις –περισσότερες από 800– οι οποίες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ασκήσεις **υποστήριξης**, οι οποίες ελέγχουν την κατανόηση των θεμάτων κάθε κεφαλαίου.
- Ασκήσεις **δημιουργικότητας**, οι οποίες ελέγχουν τη δημιουργική αξιοποίηση των τεχνικών κάθε κεφαλαίου.
- Ασκήσεις **εφαρμογής**, οι οποίες ελέγχουν τη χρήση των θεμάτων του κεφαλαίου σε πραγματικές εφαρμογές.

Οι ασκήσεις χωρίζονται χοντρικά σε 35% υποστήριξης, 40% δημιουργικότητας και 25% εφαρμογής.

---

## Προαπαιτούμενα

Έχουμε γράψει αυτό το βιβλίο θεωρώντας ότι ο αναγνώστης γνωρίζει ήδη κάποια πράγματα. Συγκεκριμένα, θεωρούμε ότι ο αναγνώστης κατέχει βασικές γνώσεις για τις θεμελιώδεις δομές δεδομένων, όπως τους πίνακες και τις συνδεδεμένες λίστες και έχει αποκτήσει κάποια οικειότητα, έστω και μικρή, με μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, όπως τη C, τη C++, τη Java ή την Python. Συνεπώς, όλοι οι αλγόριθμοι περιγράφονται σε “ψευδοκώδικα” υψηλού επιπέδου, ο οποίος παραλείπει κάποιες λεπτομέρειες, όπως τον έλεγχο σφαλμάτων, αλλά είναι κατάλληλος προκειμένου οι αναγνώστες να μετατρέψουν τις περιγραφές αλγόριθμων σε λειτουργικό κώδικα.

Ως προς τις μαθηματικές γνώσεις, θεωρούμε ότι ο αναγνώστης γνωρίζει κάποια πράγματα για εκθέτες, λογάριθμους, αθροίσματα, όρια και θεωρία πιθανοτήτων. Ακόμα κι έτσι, κάνουμε μια σύντομη επανάληψη για κάποιες απ’ αυτές τις έννοιες στο Κεφάλαιο 1 και παρέχουμε μια περίληψη άλλων χρήσιμων μαθηματικών στοιχείων στο Παράρτημα A.

---

## Λίγα Λόγια για τους Συγγραφείς

Οι καθηγητές Goodrich και Tamassia είναι αναγνωρισμένοι ερευνητές στους αλγόριθμους και στις δομές δεδομένων, με δημοσιεύσεις πολλών εργασιών σ’ αυτούς τους κλάδους, με εφαρμογές στην ασφάλεια υπολογιστών, στην κρυπτογραφία, στο Internet, στην απεικόνιση πληροφοριών και στη γεωμετρική πληροφορική. Έχουν συνεργαστεί ως ερευνητές σε μεγάλα έργα που χρηματοδοτούνται από φορείς όπως National Science Foundation, Army Research Office και Defense Advanced Research Projects Agency. Είναι επίσης ιδιαίτερα δραστήριοι στην έρευνα για την τεχνολογία εκπαίδευσης.

Ο Michael Goodrich έλαβε το Ph.D. του στην Επιστήμη των Υπολογιστών από το Purdue University το 1987. Είναι Πρύτανης και Επικεφαλής του Τμήματος Επιστήμης υπολογιστών στο University of California με έδρα το Irvine. Παλαιότερα εργάστηκε ως καθηγητής στο

Johns Hopkins University. Η έρευνά του περιλαμβάνει ανάλυση, σχεδίαση και υλοποίηση αλγόριθμων, ασφάλεια δεδομένων, cloud, σχεδίαση γράφων και υπολογιστική γεωμετρία. Είναι μέλος των οργανισμών Fulbright και American Association for the Advancement of Science (AAAS), Association for Computing Machinery (ACM) και Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Έχει λάβει το βραβείο Computer Society Technical Achievement Award του IEEE, το βραβείο Recognition of Service Award του ACM και το Pond Award για αριστεία στη διδασκαλία. Προσφέρει τις συμβουλευτικές υπηρεσίες του στα *International Journal of Computational Geometry & Applications* (IJCGA) και *Journal of Graph Algorithms and Applications* (JGAA).

Ο Roberto Tamassia έλαβε το Ph.D. του ως Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Ηλεκτρονικών υπολογιστών από το University of Illinois At Urbana-Champaign το 1988. Είναι καθηγητής της Επιστήμης των Υπολογιστών και επικεφαλής του Τμήματος της Επιστήμης των Υπολογιστών στο Brown University. Είναι επίσης διευθυντής στο κέντρο Υπολογιστικής Γεωμετρίας του Brown University. Η έρευνά του περιλαμβάνει ασφάλεια δεδομένων, εφαρμοσμένη κρυπτογραφία, cloud, ανάλυση, σχεδίαση και υλοποίηση αλγόριθμων, σχεδίαση γράφων και υπολογιστική γεωμετρία. Είναι μέρος των οργανισμών American Association for the Advancement of Science (AAAS), Association for Computing Machinery (ACM) και Institute for Electrical and Electronic Engineers (IEEE). Έχει λάβει το βραβείο Technical Achievement Award από το IEEE Computer Society. Είναι συνιδρυτής του *Journal of Graph Algorithms and Applications* (JGAA) και του Symposium on Graph Drawing. Παρέχει τις υπηρεσίες του ως συνεργάτης εκδότης του JGAA.

---

## Ευχαριστίες

Υπάρχουν πολλοί άνθρωποι που μας βοήθησαν να γράψουμε αυτό το βιβλίο. Συγκεκριμένα, ευχαριστούμε τους Jeff Achter, Vesselin Arnaudov, James Baker, Ryan Baker, Benjamin Boer, Devin Borland, Lubomir Bourdev, Ulrik Brandes, Stina Bridgeman, Bryan Cantrill, Yi-Jen Chiang, Robert Cohen, David Ellis, David Emory, Jody Fanto, Ben Finkel, Peter Fröhlich, Ashim Garg, David Ginat, Natasha Gelfand, Michael Goldwasser, Mark Handy, Michael Horn, Greg Howard, Benoît Hudson, Jovanna Ignatowicz, James Kelley, David Mount, Jeremy Mullendore, Olga Ohrimenko, Seth Padowitz, Χαράλαμπος Παπαμάνθου, James Piechota, Daniel Polivy, Seth Proctor, Susannah Raub, Haru Sakai, John Schultz, Andrew Schwerin, Michael Shapiro, Michael Shim, Michael Shin, Galina Shubina, Amy Simpson, Christian Straub, Ye Sun, Νίκος Τριαντόπουλος, Luca Vismara, Danfeng Yao, Jason Ye και Eric Zamore.

Είμαστε ευγνώμονες για την εκδότριά μας, Beth Golub, για την ενθουσιώδη υποστήριξη που πρόσφερε στο έργο. Η ομάδα παραγωγής στη Wiley ήταν σπουδαία. Πολλά ευχαριστώ στους ανθρώπους που μας βοήθησαν στην υλοποίηση του βιβλίου, όπως τους Jayne Ziemba, Jennifer Welter, Debbie Martin, Chris Ruel, Julie Kennedy, Wanqian Ye, Joyce Poh και Janis Soo.

Είμαστε ιδιαίτερα ευγνώμονες στους Michael Bannister, Jenny Lam και Joseph Simons, για τη συνεισφορά τους στο κεφάλαιο για το γραμμικό προγραμματισμό. Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους Siddhartha Sen και Robert Tarjan για μια διαφωτιστική συζήτηση για τα ισορροπημένα δέντρα αναζήτησης.

Είμαστε επίσης πραγματικά υπόχρεοι στους αναγνώστες για τα αναλυτικά σχόλιά τους και την εποικοδομητική κριτική τους και ιδιαίτερα στον Jack Snoeyink. Ευχαριστούμε επίσης τους John Donald, Hui Yang, Nicholas Tran, John Black, My Thai, Dana Randall, Ming-Yang Kao, Qiang Cheng, Ravi Janarden, Fikret Ercal, Jack Snoeyink, S. Muthukrishnan, Elliot Anshelevich, Mukkai Krishnamoorthy, Roxanne Canosa, Michael Cutler, Roger Crawfis, Glencora Borradaile και Jennifer Welch.

Αυτό το χειρόγραφο προετοιμάστηκε αρχικά με το LATEX για το κείμενο και με τα προγράμματα PowerPoint®, Visio® και Adobe FrameMaker® της Microsoft για τα σχήματα.

Τέλος, ευχαριστούμε θερμά τους Isabel Cruz, Karen Goodrich, Giuseppe Di Battista, Franco Preparata, Ιωάννη Τόλη και τους γονείς μας που παρείχαν συμβουλές, ενθάρρυνση και υποστήριξη στα διάφορα στάδια της προετοιμασίας αυτού του βιβλίου. Τους ευχαριστούμε επίσης που μας θυμίζουν ότι υπάρχουν κι άλλα πράγματα στη ζωή πέρα από τα βιβλία.

Michael T. Goodrich  
Roberto Tamassia