

Περιεχόμενα

Σημείωμα στην Ελληνική Έκδοση	xiii
Πρόλογος	xv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή	1
1.1 Τι Πραγματεύεται το Βιβλίο	1
1.2 Αντικειμενοστρεφής Σχεδίαση	1
1.3 Ιεραρχίες Αντικειμένων και Σχεδιαστικά Μορφήματα	3
1.4 Τι Χρειάζεται να Γνωρίζετε από τη C++	4
1.5 Οργάνωση του Βιβλίου	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ανάλυση Αλγορίθμων	8
2.1 Ένα Λεπτομερές Μοντέλο του Υπολογιστή	9
2.2 Ένα Απλουστευμένο Μοντέλο του Υπολογιστή	25
Ασκήσεις	35
Προγραμματιστικές Εργασίες	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Πλαίσιο Ασυμπτωτικής Συμπεριφοράς Αλγορίθμων	38
3.1 Ασυμπτωτικό Άνω Όριο – Ο-Πολυπλοκότητα (Big Oh)	38
3.2 Ασυμπτωτικό Κάτω Όριο – Ωμέγα Πολυπλοκότητα	51
3.3 Περισσότερη Σημειολογία – Θήτα-Πολυπλοκότητα και ο-Πολυπλοκότητα	54
3.4 Ασυμπτωτική Ανάλυση Αλγορίθμων	55
Ασκήσεις	69
Προγραμματιστικές Εργασίες	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Θεμελιώδεις Δομές Δεδομένων	73
4.1 Δυναμικά Διανύσματα	73
4.2 Απλά Διασυνδεδεμένες Λίστες	82
4.3 Διανύσματα Πολλαπλών Διαστάσεων	97
Ασκήσεις	105
Προγραμματιστικές Εργασίες	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Τύποι Δεδομένων και η Έννοια της Αφαίρεσης 108

5.1	Αφαιρετικοί Τύποι Δεδομένων	108
5.2	Σχεδιαστικά Μορφήματα	110
	Ασκήσεις	139
	Προγραμματιστικές Εργασίες	141

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Στοιβες, Ουρές και Διπλο-ουρές 143

6.1	Στοιβες	144
6.2	Ουρές	161
6.3	Διπλο-ουρά (Ουρά Δύο Άκρων – Deque)	172
	Ασκήσεις	181
	Προγραμματιστικές Εργασίες	182

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Διατεταγμένες Λίστες και Ταξινομημένες Λίστες 186

7.1	Διατεταγμένες Λίστες	186
7.2	Ταξινομημένες Λίστες	212
	Ασκήσεις	225
	Προγραμματιστικές Εργασίες	227

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Κατακερματισμός, Πίνακες Κατακερματισμού και Πίνακες Διάχυσης 229

8.1	Κατακερματισμός – Η Βασική Ιδέα	230
8.2	Μέθοδοι Κατακερματισμού	233
8.3	Υλοποιήσεις Συναρτήσεων Κατακερματισμού	239
8.4	Πίνακες Κατακερματισμού	250
8.5	Πίνακες Διάχυσης (Scatter Tables)	257
8.6	Πίνακας Διάχυσης με Ανοικτή Διευθυνσιοδότηση	268
8.7	Εφαρμογές	284
	Ασκήσεις	286
	Προγραμματιστικές Εργασίες	289

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Δένδρα 291

9.1	Βασικές Έννοιες	292
9.2	N -αδικά Δένδρα	296
9.3	Δυαδικά Δένδρα	300
9.4	Διάσχιση Δένδρων	301
9.5	Δένδρα Εκφράσεων	304
9.6	Υλοποίηση Δένδρων	307
	Ασκήσεις	337
	Προγραμματιστικές Εργασίες	339

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 Δένδρα Αναζήτησης 341

10.1	Βασικές Έννοιες	341
10.2	Εκτέλεση Αναζήτησης σε ένα Δένδρο Αναζήτησης	344
10.3	Ανάλυση Μέσης Περίπτωσης	346

10.4	Υλοποίηση των Δένδρων Αναζήτησης	352
10.5	AVL Δένδρα Αναζήτησης	359
10.6	Δένδρα Αναζήτησης <i>M</i> Οδεύσεων	373
10.7	B-Δένδρα	383
10.8	Εφαρμογές	395
	Ασκήσεις	397
	Προγραμματιστικές Εργασίες	399

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 Σωροί και Ουρές Προτεραιότητας 401

11.1	Βασικές Αρχές	402
11.2	Δυαδικοί Σωροί	404
11.3	Αριστεροβαρείς Σωροί	416
11.4	Διωνυμικές Ουρές	424
11.5	Εφαρμογές	440
	Ασκήσεις	444
	Προγραμματιστικές Εργασίες	446

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 Σύνοδα, Πολυσύνολα, και Διαμερίσεις 448

12.1	Βασικές Αρχές	449
12.2	Σύνολα Διανυσμάτων και Διανυσμάτων Δυαδικών Τιμών (Bit Vectors)	451
12.3	Πολυ-σύνολα	460
12.4	Διαμερίσεις	466
12.5	Εφαρμογές	480
	Ασκήσεις	482
	Προγραμματιστικές Εργασίες	484

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 Δυναμική Παραχώρηση Μνήμης: Η Άλλη Πλευρά του Σωρού 485

13.1	Βασικές Αρχές	485
13.2	Διαχείριση με Μονά Διασυνδεδεμένη Ελεύθερη Αποθήκευση	492
13.3	Διπλά Διασυνδεδεμένη Ελεύθερη Αποθήκευση	502
13.4	Συνεταιρικό Σύστημα Διαχείρισης Μνήμης	510
13.5	Εφαρμογές	520
	Ασκήσεις	523
	Προγραμματιστικές Εργασίες	524

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 Αλγοριθμικά Μοτίβα και Επιλυτές 527

14.1	Εξαντλητικοί Αλγόριθμοι και Άπληστοι Αλγόριθμοι	527
14.2	Αλγόριθμοι Οπισθοχρηλάτησης	531
14.3	Αλγόριθμοι Αναλυτικής Στρατηγικής: Διαίρει και Βασίλευε	542
14.4	Αλγόριθμοι Συνδυαστικής Στρατηγικής: Δυναμικός Προγραμματισμός	553
14.5	Αλγόριθμοι Τυχαιότητας	562
	Ασκήσεις	574
	Προγραμματιστικές Εργασίες	576

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15	Ταξινομητές και Αλγόριθμοι Ταξινόμησης	579
15.1	Βασικές Αρχές	579
15.2	Ταξινόμηση και Ταξινομητές	580
15.3	Ταξινόμηση με Εισαγωγή	583
15.4	Ταξινόμηση με Ανταλλαγή	589
15.5	Ταξινόμηση με Επιλογή	602
15.6	Ταξινόμηση με Συγχώνευση	612
15.7	Το Κάτω Όριο της Ταξινόμησης	618
15.8	Ταξινόμηση με Μοίρασμα	619
15.9	Σχόλια για την Απόδοση των Αλγορίθμων	627
	Ασκήσεις	630
	Προγραμματιστικές Εργασίες	632
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16	Γράφοι και Αλγόριθμοι Γράφων	634
16.1	Βασικές Αρχές	635
16.2	Υλοποίηση Γράφων	644
16.3	Διασχίσεις Γράφων	656
16.4	Αλγόριθμοι Συντομότερου Μονοπατιού	671
16.5	Επικαλύπτον Δένδρο Ελάχιστου Κόστους	682
16.6	Εφαρμογή: Ανάλυση Κρίσιμου Μονοπατιού	692
	Ασκήσεις	698
	Προγραμματιστικές Εργασίες	702
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	C++ και Αντικειμενοστρεφής Προγραμματισμός	705
A.1	Μεταβλητές, Δείκτες και Αναφορές	705
A.2	Πέρασμα Παραμέτρων	709
A.3	Αντικείμενα και Κλάσεις	712
A.4	Κληρονομικότητα και Πολυμορφισμός	718
A.5	Πρότυπα - Φόρμες	729
A.6	Εξαιρέσεις	731
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	Διαγράμματα Ιεραρχίας Κλάσεων	733
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	Κώδικες Χαρακτήρων	735
	Βιβλιογραφία	737
	Ευρετήριο Όρων	739

Σημείωμα στην Ελληνική Έκδοση

Αυτό το βιβλίο πραγματεύεται δύο θεμελιώδη αντικείμενα της επιστήμης των υπολογιστών, το αντικείμενο των αλγορίθμων και το αντικείμενο των δομών δεδομένων, με τη χρήση μιας πλήρως δομημένης αντικειμενοστρεφούς προσέγγισης. Αν και αυτά τα γνωστικά αντικείμενα παρουσιάζονται σε μια σειρά από αντίστοιχα συγγράμματα στη βιβλιογραφία, αυτός ο τόμος έρχεται να καλύψει το κενό που συνήθως παρουσιάζεται όταν προσπαθούμε από τη μια μεριά να εισαγάγουμε με απλό τρόπο πρωτοετείς και δευτεροετείς φοιτητές σε θεμελιώδεις αρχές και έννοιες, και από την άλλη να εξηγήσουμε σημαντικές προηγμένες τεχνικές λεπτομέρειες, οι οποίες όμως είναι απαραίτητες για την ορθή κατανόηση και χρήση του αντικειμένου.

Η επιλογή αυτού του βιβλίου έγινε με βάση τις ανάγκες της ύλης που διαπιστώσαμε ότι χρειάζεται να καλύψουμε κατά τη διδασκαλία μαθημάτων πληροφορικής και προγραμματισμού, αλλά και με βάση την ανάγκη για εκπαίδευση μηχανικών και επιστημόνων πληροφορικής οι οποίοι θα πρέπει να έχουν μια σφαιρική και εμπειριστατωμένη εικόνα του αντικειμένου όχι ως εισαγωγικού μαθήματος αλλά ως βασικού τεχνικού εργαλείου για τη σχεδίαση και υλοποίηση συστημάτων.

Η οργάνωση της ύλης του βιβλίου στοχεύει όχι μόνο στην κατανόηση μιας εκτεταμένης συλλογής δομών δεδομένων, η οποία έχει επιλεγεί για να καλύψει ένα ευρύτατο φάσμα γνώσης, αλλά και στην παρουσίαση της ολοκληρωμένης και ορθής χρήσης του αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού για τη σχεδίαση και υλοποίηση αυτών των δομών με τη χρήση της γλώσσας C++. Η παρουσίαση των δομών δεδομένων που καλύπτονται σε αυτό το βιβλίο βασίζεται σε αρχές της Τεχνολογίας Λογισμικού και σε σχεδιαστικά μορφήματα (design patterns) τα οποία εισάγονται σταδιακά, καθώς η ύλη ξεδιπλώνεται από απλές σε πιο σύνθετες έννοιες. Έτσι, αυτό το βιβλίο εξυπηρετεί τις ανάγκες των νέων επιστημόνων, μηχανικών και φοιτητών, οι οποίοι τώρα εισάγονται στον χώρο της πληροφορικής, καθώς και τις ανάγκες έμπειρων επιστημόνων και μηχανικών πληροφορικής οι οποίοι αναζητούν ένα βιβλίο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βασική αναφορά για τη σχεδίαση και υλοποίηση συστημάτων λογισμικού.

Κάθε αλγόριθμος και δομή δεδομένων που παρουσιάζεται σε αυτό το βιβλίο συνοδεύεται από αντίστοιχο πηγαίο κώδικα, ο οποίος αναλύεται διεξοδικά ώστε ο ανα-

γνώστης να έχει την ευκαιρία να κατανοήσει σε βάθος τα πλεονεκτήματα και τη χρήση της κάθε δομής, καθώς και τον τρόπο σκέψης που αφορά τη σχεδίαση ευέλικτων και αποδοτικών συστημάτων.

Το βιβλίο παρέχει τόσο το μαθηματικό υπόβαθρο για την τυπική παρουσίαση του αντικειμένου, όσο και πρακτικές έννοιες και τεχνικά στοιχεία που αφορούν τη χρήση αλγορίθμων και δομών δεδομένων. Έτσι, όπου αυτό απαιτείται, ο αναγνώστης εισάγεται στις κατάλληλες μαθηματικές έννοιες οι οποίες εξηγούν την ανάγκη χρήσης ενός αλγορίθμου ή μιας δομής δεδομένων και παράλληλα αποκτά πλήρη εικόνα της πρακτικής σχεδίασης και υλοποίησης αυτών των αλγορίθμων και δομών με κατάλληλο πηγαίο κώδικα, ο οποίος είναι προσπελάσιμος στον αναγνώστη από τη διαδικτυακή πύλη του βιβλίου.

Θεωρώ ότι αυτό το βιβλίο είναι ένα βασικό βοήθημα τόσο για τους νεοεισερχόμενους στον χώρο της πληροφορικής όσο και για τους επιστήμονες και μηχανικούς λογισμικού οι οποίοι αναζητούν ένα βιβλίο αναφορά στην περιοχή των δομών δεδομένων και αλγορίθμων.

Κώστας Κοντογιάννης
Αναπληρωτής Καθηγητής, ΕΜΠ

Πρόλογος

Το εφαλτήριο για τη συγγραφή αυτού του βιβλίου ήταν η πολύχρονη εμπειρία μου στη διδασκαλία του μαθήματος «Αλγόριθμοι και Δομές Δεδομένων» (κωδ. ECE 250) το οποίο εντάσσεται στο πρόγραμμα σπουδών της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου του Waterloo στον Καναδά. Παρατήρησα ότι η εισαγωγή αντικειμενοστρεφών μεθόδων και η εμφάνιση αντικειμενοστρεφών σχεδιαστικών μορφημάτων επηρεάζουν σημαντικά τον τρόπο διδασκαλίας αλγορίθμων και δομών δεδομένων. Η ολοκληρωμένη εφαρμογή αυτών των αντικειμενοστρεφών τεχνικών αναδεικνύει μια μορφή γνωστικής ενοποίησης. Έτσι, όταν χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες αφαιρέσεις και σχεδιαστικά μορφήματα, ετερόκλητες και φαινομενικά διαφορετικές έννοιες αρχίζουν να συγκλίνουν.

Αυτή η αλλαγή τρόπου σκέψης είναι και εξελικτική και ρηζικέλευθη. Από τη μια μεριά, το σύνολο της γνώσης συνεχώς αυξάνει καθώς οι προγραμματιστές και οι ερευνητές ανακαλύπτουν νέους αλγορίθμους και νέες δομές δεδομένων. Από την άλλη, η κατάλληλη χρήση των αντικειμενοστρεφών τεχνικών απαιτεί μια θεμελιώδη αλλαγή του τρόπου με τον οποίο τα προγράμματα σχεδιάζονται και υλοποιούνται. Συχνά οι προγραμματιστές οι οποίοι έχουν διδαχτεί διαδικαστικές τεχνικές ανάπτυξης λογισμικού δυσκολεύονται να κάνουν τη μετάβαση σε αυτόν τον αντικειμενοστρεφή τρόπο σκέψης σχεδίασης λογισμικού.

Στόχοι

Οι βασικοί στόχοι αυτού του βιβλίου είναι αφενός η προώθηση της αντικειμενοστρεφούς σχεδίασης λογισμικού με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού C++ και αφετέρου η επεξήγηση της χρήσης αντικειμενοστρεφών σχεδιαστικών μορφημάτων. Έμπειροι προγραμματιστές θεωρούν ότι κάποιες συγκεκριμένες λύσεις δουλεύουν καλύτερα από άλλες και ότι αυτές οι λύσεις χρησιμοποιούνται ξανά και ξανά. Αυτό το βιβλίο παρουσιάζει πώς τέτοιες λύσεις και μορφήματα μπορούν να εφαρμοστούν για να κατασκευάσουμε καλοσχεδιασμένο λογισμικό. Έτσι, τα συγκεκριμένα σχεδιαστικά μορφήματα τα οποία

παρουσιάζονται στο βιβλίο είναι το σχεδιαστικό μόρφημα *μοναδιαίο*, το σχεδιαστικό μόρφημα *υποδοχέας*, το σχεδιαστικό μόρφημα *επαναλήπτης*, το σχεδιαστικό μόρφημα *προσαρμογέας* και το σχεδιαστικό μόρφημα *επισκέπτης*.

Σε αυτό το βιβλίο ουσιαστικά όλες οι δομές δεδομένων παρουσιάζονται στο πλαίσιο μιας ενιαίας και ενοποιημένης πολυμορφικής ιεραρχίας κλάσεων. Αυτό το πλαίσιο δείχνει καθαρά τη σχέση ανάμεσα στις διαφορετικές δομές δεδομένων και εξηγεί πώς οι έννοιες του πολυμορφισμού και της κληρονομικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά. Επίσης, χρησιμοποιείται ευρέως η έννοια της αλγοριθμικής αφαίρεσης (algorithmic abstraction). Η χρήση της αλγοριθμικής αφαίρεσης καθιστά εφικτή την περιγραφή ενός γενικού αλγορίθμου χωρίς να χρειάζεται να προβληματιζόμαστε για τις λεπτομέρειες υλοποίησης του αλγορίθμου αυτού.

Ένας δευτερεύων στόχος αυτού του βιβλίου είναι η χρήση μαθηματικών εργαλείων τα οποία παρουσιάζονται στα κατάλληλα σημεία της ύλης. Έτσι, τεχνικές ανάλυσης και αποδείξεις θεωρημάτων παρουσιάζονται όποτε απαιτείται και στο κατάλληλο πλαίσιο. Όταν η ύλη του βιβλίου αυτού διδασκόταν παλαιότερα σε μεταπτυχιακούς φοιτητές, θεωρούσαμε ότι αυτοί είχαν όλο το μαθηματικό υπόβαθρο το οποίο απαιτείται. Ωστόσο, καθώς το βιβλίο απευθύνεται σε δευτεροετείς και τριτοετείς φοιτητές, είναι απαραίτητο να συμπληρώνουμε τα όποια κενά στα μαθηματικά όταν χρειάζεται. Όμως η παρουσίαση των μαθηματικών εννοιών εστιάζει περισσότερο στη διαισθητική κατανόησή τους παρά στη μαθηματική ακρίβεια του ορισμού τους, στον βαθμό που είναι εφικτό και χωρίς να διακινδυνεύουμε την ορθότητα της ύλης.

Προσέγγιση

Προφανώς, κάποιος δεν θα μάθει να προγραμματίζει απλώς διαβάζοντας αυτό το βιβλίο. Ο προγραμματισμός είναι μια δεξιότητα η οποία αποκτιέται με την πρακτική εξάσκηση. Βέβαια, οι καλύτεροι προγραμματιστές μελετούν τη δουλειά άλλων προγραμματιστών και ενσωματώνουν αυτές τις παρατηρήσεις στα δικά τους προγράμματα. Πιστεύω ακράδαντα ότι, μετά την κατανόηση των βασικών αρχών του προγραμματισμού, οι φοιτητές θα πρέπει να δουν παραδείγματα σύνθετων αλλά καλοσχεδιασμένων προγραμμάτων, ώστε να μάθουν πώς να σχεδιάζουν λογισμικό σωστά.

Έτσι, αυτό το βιβλίο παρουσιάζει τους διαφορετικούς αλγορίθμους και τις διαφορετικές δομές δεδομένων ως πλήρη C++ προγράμματα. Όλα αυτά τα προγράμματα είναι αποσπάσματα από λειτουργικά και ελεγμένα αρχεία πηγαίου κώδικα.

Για τα παραδείγματα χρησιμοποιείται η πλήρης λειτουργικότητα του προτύπου ANSI της γλώσσας προγραμματισμού C++, συμπεριλαμβανομένων των εννοιών της κλάσης φόρμας, των συναρτήσεων εξαίρεσης και της πληροφορίας τύπων οι οποίοι προσδιορίζονται κατά την εκτέλεση του προγράμματος [3]. Η εμπειρία μου είναι ότι με τη χρήση κατάλληλων αφαιρετικών μηχανισμών είναι εφικτό να παρουσιαστούν οι έννοιες των δομών δεδομένων και των αλγορίθμων με πλήρως λειτουργικά προγράμματα παρά με ψευδοκώδικα ή με τη χρήση γενικών και αόριστων όρων.

Δομή

Το βιβλίο παρουσιάζει την ύλη όπως προσδιορίστηκε στην έκθεση της ομάδας εργασίας της ACM/IEEE-CS 1991 για τον προσδιορισμό ενοτήτων προγραμμάτων σπουδών στην περιοχή της επιστήμης και μηχανικής υπολογιστών [38]. Πιο συγκεκριμένα το βιβλίο πραγματεύεται τις παρακάτω ενότητες: AL1: Βασικές δομές δεδομένων, AL2: Αφαιρετικοί τύποι δεδομένων, AL3: Αναδρομικοί αλγόριθμοι, AL4: Ανάλυση πολυπλοκότητας, AL6: Ταξινόμηση και αναζήτηση, και AL8: Στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων. Το εύρος και το βάθος κάλυψης αυτών των ενοτήτων είναι εκείνα που αναμένονται στο δεύτερο ή το τρίτο έτος σπουδών ενός προπτυχιακού προγράμματος επιστήμης υπολογιστών ή μηχανικής υπολογιστών.

Για να αναλύσουμε τη συμπεριφορά ενός προγράμματος είναι απαραίτητη η κατασκευή ενός μοντέλου της λειτουργίας του υπολογιστή. Έτσι, το Κεφάλαιο 2 αναπτύσσει τέτοια μοντέλα και παρουσιάζει με παραδείγματα πώς αυτά τα μοντέλα μπορούν να προβλέψουν την απόδοση ενός προγράμματος. Η ανάλυση λαμβάνει υπόψη τη μέση αλλά και τη χειρότερη περίπτωση εκτέλεσης. Εξετάζονται αναδρομικοί αλγόριθμοι, καθώς επίσης η επίλυση αναδρομών με τη χρήση της μεθόδου επαναληπτικής αντικατάστασης. Αυτό το κεφάλαιο μελετά ακόμη αριθμητικές και γεωμετρικές σειρές, τον κανόνα του Horner και τις ιδιότητες των αρμονικών αριθμών.

Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει τη σημειολογία ασυμπτωτικής ανάλυσης Ο-πολυπλοκότητας και δείχνει ότι τα αποτελέσματα της ασυμπτωτικής ανάλυσης είναι συμβατά με αυτά της ανάλυσης των μοντέλων του Κεφαλαίου 2. Συμπληρωματικά με την έννοια της Ο-πολυπλοκότητας, το Κεφάλαιο 3 μελετά και άλλες έννοιες ασυμπτωτικής ανάλυσης και συγκεκριμένα της Ω-πολυπλοκότητας, της Θ-πολυπλοκότητας και της ο-πολυπλοκότητας, και αναπτύσσει τις ασυμπτωτικές ιδιότητες πολυωνύμων και λογαρίθμων.

Το Κεφάλαιο 4 παρουσιάζει δύο θεμελιώδεις δομές δεδομένων, τη δομή διάνυσμα και τη δομή διασυνδεμένη λίστα. Ουσιαστικά όλες οι δομές δεδομένων οι οποίες παρουσιάζονται σε αυτό το βιβλίο μπορούν να υλοποιηθούν με τη χρήση μίας από αυτές τις δύο θεμελιώδεις δομές. Εδώ μελετώνται επίσης πολυδιάστατα διανύσματα και πίνακες.

Το Κεφάλαιο 5 πραγματεύεται την έννοια της αφαίρεσης στους τύπους δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζει σχεδιαστικά μορφήματα τα οποία χρησιμοποιούνται σε όλο το βιβλίο, καθώς και ένα πλαίσιο ενοποίησης για τις δομές δεδομένων οι οποίες μελετώνται στα επόμενα κεφάλαια. Όλες οι δομές δεδομένων παρουσιάζονται ως αφαιρετικοί υποδοχείς (abstract containers).

Το Κεφάλαιο 6 μελετά στοίβες, ουρές και διπλο-ουρές. Παρουσιάζει διαφορετικές υλοποιήσεις οι οποίες βασίζονται στις θεμελιώδεις δομές (διανύσματα και διασυνδεμένες λίστες). Επίσης, παρουσιάζει εφαρμογές της χρήσης της δομής στοίβα και της δομής ουρά.

Το Κεφάλαιο 7 καλύπτει διατεταγμένες και ταξινομημένες λίστες, όπου οι λίστες εξετάζονται ως ερευνησιμοι υποδοχείς. Επίσης εδώ παρουσιάζονται εφαρμογές της χρήσης της δομής λίστα.

Το Κεφάλαιο 8 μάς εισάγει στην έννοια του κατακερματισμού και των πινάκων κατακερματισμού. Ειδικότερα, μελετά τη σχεδίαση των συναρτήσεων κατακερματισμού

τόσο για τους θεμελιώδεις τύπους δεδομένων όσο και για τους αφαιρετικούς τύπους δεδομένων οι οποίοι παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 5. Τέλος, μελετά σε βάθος την αποδοτικότητα των πινάκων κατακερματισμού και των πινάκων διάχυσης.

Το Κεφάλαιο 9 παρουσιάζει δένδρα ως δομές δεδομένων και περιγράφει τις διαφορετικές μορφές τους. Επίσης, αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει γενικούς αλγορίθμους διάσχισης δένδρων με τη χρήση του σχεδιαστικού μορφήματος του επισκέπτη, εξηγώντας έτσι την αποτελεσματικότητα της αλγοριθμικής αφαίρεσης. Επιπλέον, παρουσιάζει τη χρήση των δένδρων για την αναπαράσταση μαθηματικών εκφράσεων και εξηγεί τη σχέση ανάμεσα στις διαφορετικές μεθόδους διάσχισης και τις διαφορετικές σημειολογίες μαθηματικών εκφράσεων (προθεματική, ενδοθεματική, μεταθεματική).

Το Κεφάλαιο 10 μελετά τα δένδρα ως ερευνήσιμους υποδοχείς. Και σε αυτό το κεφάλαιο, όπως στα προηγούμενα, παρουσιάζεται η αποτελεσματικότητα της αλγοριθμικής αφαίρεσης, εξηγώντας τη σχέση ανάμεσα σε απλούς αλγορίθμους και αλγορίθμους ισορροπίας δένδρων. Τέλος, περιγράφει αποτελέσματα από την ανάλυση της αποδοτικότητας αυτών των αλγορίθμων για τη μέση περίπτωση, όπως επίσης την τεχνική επίλυσης αναδρομών με τη χρήση της τηλεσκόπησης.

Το Κεφάλαιο 11 παρουσιάζει διαφορετικές υλοποιήσεις ουρών προτεραιότητας, συμπεριλαμβανομένων των δυαδικών σωρών, των αριστεροβαρών σωρών και των δυωνυμικών ουρών. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφει πώς μια σύνθετη δομή δεδομένων, όπως η δομή του αριστεροβαρούς σωρού, παράγεται από την επέκταση μιας πιο απλής δομής, όπως η δομή δένδρου. Τέλος, παρουσιάζει την τεχνική προσομοίωσης διακριτών γεγονότων ως μια εφαρμογή της δομής ουρά προτεραιότητας.

Το Κεφάλαιο 12 καλύπτει σύνολα και πολυ-σύνολα. Επίσης, εξετάζει διαμερίσεις και αλγορίθμους διακριτών συνόλων. Αυτοί οι αλγόριθμοι παρουσιάζονται στο πλαίσιο της αλγοριθμικής αφαίρεσης.

Το Κεφάλαιο 13 παρουσιάζει τεχνικές για δυναμική διαχείριση μνήμης. Πρόκειται για ένα θέμα που συνήθως δεν καλύπτεται σε βιβλία δομών δεδομένων. Ωστόσο, οι δυνατότητες της γλώσσας προγραμματισμού C++ επιτρέπουν τον εκ νέου ορισμό των τελεστών **new** και **delete**, καθιστώντας το κεφάλαιο αυτό αρκετά προσιτό αλλά και εκπαιδευτικό.

Το Κεφάλαιο 14 παρουσιάζει μια σειρά από τεχνικές αλγοριθμικής σχεδίασης και διαφορετικούς τύπους αλγορίθμων. Σε αυτές τις διαφορετικές τεχνικές και τύπους αλγορίθμων περιλαμβάνονται άπληστοι και εξαντλητικοί αλγόριθμοι, αλγόριθμοι οπισθιχνηλάτησης (όπως αλγόριθμοι διακλάδισης και αποκοπής), αλγόριθμοι διαίρει και βασίλευε και, τέλος, η τεχνική του δυναμικού προγραμματισμού. Η όλη συζήτηση διευκολύνεται με τη χρήση αντικειμενοστρεφούς προσέγγισης, την εισαγωγή της έννοιας του αφαιρετικού χώρου λύσεων και της έννοιας του αφαιρετικού επιλύτη. Τέλος, αυτό το κεφάλαιο καλύπτει συνοπτικά γεννήτριες τυχαίων αριθμών, μεθόδους Monte Carlo και αλγορίθμους προσομοιωμένης ανόπτησης.

Το Κεφάλαιο 15 καλύπτει τους σημαντικότερους αλγορίθμους ταξινόμησης χρησιμοποιώντας αντικειμενοστρεφή προσέγγιση και την έννοια του αφαιρετικού ταξινομητή. Η χρήση του αφαιρετικού ταξινομητή εξηγεί τη σχέση ανάμεσα στις διαφορετικές κλάσεις αλγορίθμων ταξινόμησης, καθώς και τη χρησιμότητα της αλγοριθμικής αφαίρεσης.

Τέλος, το Κεφάλαιο 16 παρουσιάζει μια ανασκόπηση των γράφων αλλά και αλγορίθμων οι οποίοι είναι σχετικοί με γράφους. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κατά πλάτος και κατά βάθος τεχνικές διάσχισης των γράφων. Η τοπολογική ταξινόμηση παρουσιάζεται ως ακόμη μία μορφή διάσχισης. Γενικευμένοι αλγόριθμοι διάσχισης μελετώνται με τη χρήση του σχεδιαστικού μορφήματος επισκέπτη, παρουσιάζοντας έτσι την αποδοτικότητα της αλγοριθμικής αφαίρεσης. Επίσης, αυτό το κεφάλαιο καλύπτει μια σειρά από αλγορίθμους συντομότερου μονοπατιού και αλγορίθμους επικαλυπτόντων δένδρων ελάχιστου κόστους.

Στο τέλος κάθε κεφαλαίου δίνονται σειρές ασκήσεων και σειρές προγραμματιστικών εργασιών. Οι ασκήσεις έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να καλύπτουν πλήρως τις έννοιες οι οποίες έχουν παρουσιαστεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Όμοια, οι προγραμματιστικές εργασίες έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε οι φοιτητές να χρησιμοποιούν και να επεκτείνουν τον πηγαίο κώδικα ο οποίος παρουσιάζεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Προτεινόμενη Ροή Διδασκαλίας

Αυτό το βιβλίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ένα μάθημα το οποίο καλύπτει ένα εξάμηνο ή για δύο συναφή μαθήματα σε δύο εξάμηνα. Το αντίστοιχο μάθημα το οποίο δίδασκα στο Πανεπιστήμιο του Waterloo ολοκληρωνόταν σε ένα εξάμηνο, αποτελούσαν από 36 ώρες διδασκαλίας και κάλυπτε τα παρακάτω θέματα:

1. Ανασκόπηση θεμελιωδών αρχών προγραμματισμού με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού C++ και ανασκόπηση αρχών αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού με C++ (Παράρτημα Α). [4 ώρες διδασκαλίας]
2. Μοντέλα του υπολογιστή, ανάλυση αλγορίθμων και ασυμπτωτική ανάλυση (Κεφάλαια 2 και 3). [4 ώρες διδασκαλίας]
3. Θεμελιώδεις δομές δεδομένων, αφαίρεση, αφαιρετικοί τύποι δεδομένων (Κεφάλαια 4 και 5). [4 ώρες διδασκαλίας]
4. Στοιβες, ουρές, διατεταγμένες και ταξινομημένες λίστες (Κεφάλαια 6 και 7). [3 ώρες διδασκαλίας]
5. Κατακερματισμός, πίνακες κατακερματισμού, πίνακες διάχυσης (Κεφάλαιο 8). [3 ώρες διδασκαλίας]
6. Δένδρα και δένδρα αναζήτησης (Κεφάλαια 9 και 10). [6 ώρες διδασκαλίας]
7. Σωροί και ουρές προτεραιότητας (Κεφάλαιο 11). [3 ώρες διδασκαλίας]
8. Τεχνικές σχεδίασης αλγορίθμων (Κεφάλαιο 14). [3 ώρες διδασκαλίας]
9. Αλγόριθμοι ταξινόμησης και ταξινομητές (Κεφάλαιο 15). [3 ώρες διδασκαλίας]
10. Γράφοι και αλγόριθμοι γράφων (Κεφάλαιο 15). [3 ώρες διδασκαλίας]

Ανάλογα με το υπόβαθρο των φοιτητών, ο καθηγητής ίσως να θελήσει να κάνει μια επανάληψη στα χαρακτηριστικά της γλώσσας προγραμματισμού C++. Για παράδειγμα, η κατανόηση των κλάσεων φόρμας είναι απαραίτητη για τις θεμελιώδεις δομές δεδομένων οι οποίες παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4. Όμοια, οι φοιτητές πρέπει να κατανοήσουν τη

λειτουργία των κλάσεων και της κληρονομικότητας ώστε να εμπεδώσουν την ιεραρχία των κλάσεων η οποία παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 5.

Υλικό του Βιβλίου στο Διαδίκτυο

Συμπληρωματικό και υποστηρικτικό υλικό για αυτό το βιβλίο παρέχεται στον ιστότοπο

<http://www.brpreiss.com/books/opus4/>.

Πιο συγκεκριμένα, στον παραπάνω ιστότοπο μπορείτε να βρείτε όλο τον πηγαίο κώδικα ο οποίος παρουσιάζεται σε αυτό το βιβλίο, καθώς και λίστα με σφάλματα ή παραλείψεις.

Bruno R. Preiss
Waterloo, Καναδάς
22 Μαΐου 1998