

Συστήματα Βάσεων Δεδομένων

Έβδομη Έκδοση

Abraham Silberschatz
Πανεπιστήμιο Yale

Henry F. Korth
Πανεπιστήμιο Lehigh

S. Sudarshan
Indian Institute of Technology, Bombay

Απόδοση: **Μαίρη Γκλαβά**
Μαθηματικός, MSc Computer Science

 **Εκδόσεις: Μ. Γκιούρδας**

Ζωοδόχου Πηγής 70-74 - Τηλ.: 210 3630219

106 81 Αθήνα, 2021

www.mgiurdas.gr

Τίτλος Πρωτοτύπου:

DATABASE SYSTEM CONCEPTS, SEVENTH EDITION

ISBN: 978-0-07-802215-9

Copyright © 2020 by McGraw-Hill Education. All rights reserved.
2 Penn Plaza, New York, NY 10121

Αποκλειστικότητα για την Ελληνική Γλώσσα
Copyright © 2021 Εκδόσεις: **Μόσχος Γκιούρδας**



Ζωοδόχου Πηγής 70-74
106 81 Αθήνα
Τηλ.: 210 3630219
www.mgiurdas.gr

ISBN: 978-960-512-7435

Desktop Publishing: *male.gr* τηλ.: 210 7481081

Εκτύπωση: Ves Company, τηλ. 210-5711700

Βιβλιοδεσία: Αφροί Ηλιόπουλοι & Ροδόπουλος Π. ΟΕ , τηλ. 210-3477108

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

Στη meine schatzi, Valerie

*τους γονείς της και τους αγαπητούς μου φίλους, Steve και Mary Anne
και στη μνήμη των γονιών μου, Joseph και Vera*

Avi Silberschatz

Στη γυναίκα μου, Joan.

*τα παιδιά μου, Abigail και Joseph
τη μητέρα μου, Frances
και στη μνήμη του πατέρα μου, Henry*

Hank Korth

Στη γυναίκα μου, Sita.

*τα παιδιά μου, Madhur και Advait
και τη μητέρα μου, Indira*

S. Sudarshan

Λίγα Λόγια για τους Συγγραφείς

Ο Abraham (Avi) Silberschatz είναι ο Sidney J. Weinberg καθηγητής Πληροφορικής στο Πανεπιστήμιο Yale. Πριν πάει στο Yale το 2003, ήταν αντιπρόεδρος του Information Sciences Research Center στα Bell Labs. Προηγουμένως κατείχε θέση καθηγητή στο Πανεπιστήμιο του Τέξας στο Austin, όπου δίδαξε μέχρι το 1993. Ο Silberschatz είναι μέλος της ACM, συνεργάτης του IEEE και μέλος του Connecticut Academy of Science and Engineering. Έλαβε το 2002 το βραβείο IEEE Taylor L. Booth Education Award, το 1998 το ACM Karl V. Karlstrom Outstanding Educator Award και 1997 το ACM SIGMOD Contribution Award. Ο Silberschatz τιμήθηκε τρεις φορές με το βραβείο President's Award στα Bell Laboratories, το 1998, 1999 και 2004. Τα γραπτά του έχουν δημοσιευθεί σε πολλά περιοδικά, συνέδρια, εργαστήρια και κεφάλαια βιβλίων. Έχει λάβει περισσότερα από 48 διπλώματα ευρεσιτεχνίας και πάνω από 24 επιχορηγήσεις. Είναι ένας απ' τους συγγραφείς του βιβλίου *Operating System Concepts*.

Ο Henry F. (Hank) Korth είναι καθηγητής Πληροφορικής και συν-διευθυντής του προγράμματος Computer Science and Business στο πανεπιστήμιο Lehigh. Πριν από την ένταξή του στο Lehigh, ήταν διευθυντής Database Principles Research στα Bell Labs, αντιπρόεδρος της Panasonic Technologies, αναπληρωτής καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Τέξας στο Austin και μέλος του ερευνητικού προσωπικού στην IBM Research. Ο Korth είναι συνεργάτης της ACM και του IEEE και νικητής του 10ετούς βραβείου στο Συνέδριο VLDB. Οι πολλές ερευνητικές δημοσιεύσεις του καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα πτυχών των συστημάτων βάσεων δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης συναλλαγών σε παράλληλα και καταναμημένα συστήματα, των συστημάτων πραγματικού χρόνου, της επεξεργασίας ερωτημάτων και της επίδρασης των σύγχρονων αρχιτεκτονικών υπολογιστών σ' αυτούς τους τομείς. Πιο πρόσφατα, η έρευνά του είναι σε θέματα που αφορούν στην εφαρμογή των blockchain σε επιχειρηματικές βάσεις δεδομένων.

Ο S. Sudarshan είναι σήμερα Πρόεδρος Καθηγητών στο Subrao M. Nilekani στο Indian Institute of Technology, στη Βομβάη. Έλαβε το διδακτορικό του από το Πανεπιστήμιο του Wisconsin το 1992 και ήταν μέλος του τεχνικού προσωπικού της Bell Labs πριν εργασθεί στην IIT BomBay. Ο Sudarshan είναι συνεργάτης στην ACM. Η έρευνά του εκτείνεται σε διάφορους τομείς των συστημάτων βάσεων δεδομένων, με έμφαση στην επεξεργασία ερωτημάτων και τη βελτιστοποίηση ερωτημάτων. Η εργασία του σχετικά με την αναζήτηση λέξεων-κλειδιών σε βάσεις δεδομένων που δημοσιεύθηκε το 2002 κέρδισε το Βραβείο IEEE ICDE Most Influential Paper το 2012 και το έργο του σε βάσεις δεδομένων κύριας μνήμης έλαβε το President's Award στα Bell Laboratories το 1999. Οι τρέχουσες περιοχές έρευνας περιλαμβάνουν δοκιμή και χαρακτηρισμό SQL ερωτημάτων, βελτιστοποίηση εφαρμογών βάσεων δεδομένων με επανεγγραφή επιτακτικού κώδικα και τη βελτιστοποίηση ερωτημάτων για παράλληλες βάσεις δεδομένων. Έχει δημοσιεύσει πάνω από 100 εργασίες και έχει λάβει 15 διπλώματα ευρεσιτεχνίας.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

- | | | | | | |
|-----|--|----|------|--|----|
| 1.1 | Εφαρμογές Συστημάτων Βάσεων Δεδομένων | 1 | 1.7 | Αρχιτεκτονική Βάσεων Δεδομένων και Εφαρμογών | 21 |
| 1.2 | Σκοπός των Συστημάτων Βάσεων Δεδομένων | 5 | 1.8 | Χρήστες και Διαχειριστές Βάσεων Δεδομένων | 24 |
| 1.3 | Προβολή Δεδομένων | 8 | 1.9 | Ιστορία των Συστημάτων Βάσεων Δεδομένων | 25 |
| 1.4 | Γλώσσες Βάσεων Δεδομένων | 13 | 1.10 | Περίληψη | 29 |
| 1.5 | Σχεδίαση Βάσεων Δεδομένων | 17 | | Ασκήσεις | 31 |
| 1.6 | Μηχανή Βάσεων Δεδομένων | 18 | | Επιπλέον Διάβασμα | 33 |

ΜΕΡΟΣ 1 ■ ΣΧΕΣΙΑΚΕΣ ΓΛΩΣΣΕΣ

Κεφάλαιο 2 Εισαγωγή στο Σχεσιακό Μοντέλο

- | | | | | | |
|-----|-------------------------------------|----|-----|------------------------------|----|
| 2.1 | Δομή των Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων | 37 | 2.5 | Σχεσιακές Γλώσσες Ερωτημάτων | 47 |
| 2.2 | Σχήμα Βάσεων Δεδομένων | 41 | 2.6 | Σχεσιακή Άλγεβρα | 48 |
| 2.3 | Κλειδιά | 43 | 2.7 | Περίληψη | 58 |
| 2.4 | Διαγράμματα Σχήματος | 46 | | Ασκήσεις | 60 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 63 |

Κεφάλαιο 3 Εισαγωγή στην SQL

- | | | | | | |
|-----|---------------------------------------|----|------|------------------------------|-----|
| 3.1 | Επισκόπηση της Γλώσσας Ερωτημάτων SQL | 65 | 3.6 | Τιμές Null | 89 |
| 3.2 | Ορισμός SQL Δεδομένων | 66 | 3.7 | Συνοπτικές Συναρτήσεις | 91 |
| 3.3 | Βασική Δομή των SQL Ερωτημάτων | 71 | 3.8 | Ένθετα Υπο-ερωτήματα | 98 |
| 3.4 | Πρόσθετες Βασικές Διαδικασίες | 79 | 3.9 | Τροποποίηση Βάσεων Δεδομένων | 108 |
| 3.5 | Πράξεις Συνόλων | 85 | 3.10 | Περίληψη | 114 |
| | | | | Ασκήσεις | 115 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 124 |

Κεφάλαιο 4 Μεσαίου Επιπέδου SQL

- | | | | | | |
|-----|-------------------------------------|-----|-----|-----------------------------|-----|
| 4.1 | Εκφράσεις με Συνδέσμους | 125 | 4.6 | Ορισμός Ευρετηρίου στην SQL | 164 |
| 4.2 | Προβολές | 137 | 4.7 | Εξουσιοδότηση | 165 |
| 4.3 | Συναλλαγές | 143 | 4.8 | Περίληψη | 173 |
| 4.4 | Περιορισμοί Ακεραιότητας | 145 | | Ασκήσεις | 176 |
| 4.5 | Τύποι Δεδομένων και Σχήματα της SQL | 153 | | Επιπλέον Διάβασμα | 180 |

Κεφάλαιο 5 Προχωρημένη SQL

- | | | | | | |
|-----|--|-----|-----|---|-----|
| 5.1 | Πρόσβαση στην SQL από μία Γλώσσα Προγραμματισμού | 183 | 5.5 | Προχωρημένες Συγκεντρωτικές Λειτουργίες | 219 |
| 5.2 | Συναρτήσεις και Διαδικασίες | 198 | 5.6 | Περίληψη | 231 |
| 5.3 | Έναυσμα | 206 | | Ασκήσεις | 232 |
| 5.4 | Αναδρομικά Ερωτήματα | 213 | | Επιπλέον Διάβασμα | 238 |

ΜΕΡΟΣ 2 ■ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο 6 Σχεδίαση Βάσεων Δεδομένων Χρησιμοποιώντας το Μοντέλο E-R

- | | | | | | |
|-----|---|-----|------|--|-----|
| 6.1 | Επισκόπηση της Διαδικασίας Σχεδίασης | 241 | 6.8 | Εκτεταμένες Λειτουργίες E-R | 271 |
| 6.2 | Το Μοντέλο Οντοτήτων-Συσχετίσεων | 244 | 6.9 | Θέματα Σχεδίασης Οντοτήτων-Συσχετίσεων | 279 |
| 6.3 | Σύνθετες Ιδιότητες | 249 | 6.10 | Εναλλακτικές Συντάξεις για Μοντελοποίηση Δεδομένων | 285 |
| 6.4 | Πληθικότητα Απεικόνισης | 252 | 6.11 | Άλλες Πτυχές της Σχεδίασης Βάσεων Δεδομένων | 291 |
| 6.5 | Πρωτεύον Κλειδί | 256 | 6.12 | Περίληψη | 292 |
| 6.6 | Αφαιρώντας Πλεοναστικές Ιδιότητες σε Σύνολα Οντοτήτων | 261 | | Ασκήσεις | 294 |
| 6.7 | Περιορισμός των E-R Διαγραμμάτων σε Σχισιακά Σχήματα | 264 | | Επιπλέον Διάβασμα | 300 |

Κεφάλαιο 7 Σχεδίαση Σχισιακών Βάσεων Δεδομένων

- | | | | | | |
|-----|---|-----|------|--|-----|
| 7.1 | Χαρακτηριστικά μίας Καλής Σχισιακής Σχεδίασης | 303 | 7.7 | Περισσότερες Κανονικές Μορφές | 341 |
| 7.2 | Αποσύνθεση Χρησιμοποιώντας Λειτουργικές Εξαρτήσεις | 308 | 7.8 | Ατομικά Πεδία Τιμών και η Πρώτη Κανονική Μορφή | 342 |
| 7.3 | Κανονικές Μορφές | 313 | 7.9 | Διαδικασία Σχεδίασης Βάσεων Δεδομένων | 343 |
| 7.4 | Θεωρία Λειτουργικών Εξαρτήσεων | 320 | 7.10 | Μοντελοποίηση Χρονολογικών Δεδομένων | 347 |
| 7.5 | Αλγόριθμοι για Αποσύνθεση Χρησιμοποιώντας Λειτουργικές Εξαρτήσεις | 330 | 7.11 | Περίληψη | 351 |
| 7.6 | Αποσύνθεση Χρησιμοποιώντας Εξαρτήσεις Πολλαπλών Τιμών | 336 | | Ασκήσεις | 353 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 360 |

ΜΕΡΟΣ 3 ■ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Κεφάλαιο 8 Περίπλοκοι Τύποι Δεδομένων

- | | | | | | |
|-----|--------------------------------|-----|-----|---------------------|-----|
| 8.1 | Ημιδομημένα Δεδομένα | 365 | 8.4 | Χωροταξικά Δεδομένα | 387 |
| 8.2 | Προσανατολισμός σε Αντικείμενα | 376 | 8.5 | Περίληψη | 394 |
| 8.3 | Δεδομένα Κειμένου | 382 | | Ασκήσεις | 397 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 401 |

Κεφάλαιο 9 Ανάπτυξη Εφαρμογών

- | | | | | | |
|-----|---|-----|------|------------------------------------|-----|
| 9.1 | Προγράμματα και Περιβάλλοντα Χρήστη | 403 | 9.6 | Αρχιτεκτονικές Εφαρμογών | 429 |
| 9.2 | Βασικές Αρχές του Web | 405 | 9.7 | Απόδοση Εφαρμογών | 434 |
| 9.3 | Servlet | 411 | 9.8 | Ασφάλεια Εφαρμογών | 437 |
| 9.4 | Εναλλακτικά Πλαίσια από την Πλευρά του Διακομιστή | 416 | 9.9 | Κρυπτογράφηση και οι Εφαρμογές της | 447 |
| 9.5 | Κώδικας από την Πλευρά του Πελάτη και Web Υπηρεσίες | 421 | 9.10 | Περίληψη | 453 |
| | | | | Ασκήσεις | 455 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 462 |

ΜΕΡΟΣ 4 ■ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο 10 Μεγάλα Δεδομένα

- | | | | | | |
|------|---|-----|------|-----------------------------|-----|
| 10.1 | Κίνητρο | 467 | 10.5 | Δεδομένα Ροής | 500 |
| 10.2 | Συστήματα Αποθήκευσης Μεγάλων Δεδομένων | 472 | 10.6 | Βάσεις Δεδομένων Γραφημάτων | 508 |
| 10.3 | Το Παράδειγμα του MapReduce | 483 | 10.7 | Περίληψη | 511 |
| 10.4 | Πέρα από το MapReduce: Αλγεβρικές Πράξεις | 494 | | Ασκήσεις | 513 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 516 |

Κεφάλαιο 11 Ανάλυση Δεδομένων

- | | | | | | |
|------|-----------------------------------|-----|------|-------------------|-----|
| 11.1 | Επισκόπηση της Ανάλυσης Δεδομένων | 519 | 11.4 | Εξόρυξη Δεδομένων | 540 |
| 11.2 | Αποθήκευση Δεδομένων | 521 | 11.5 | Περίληψη | 550 |
| 11.3 | Ηλεκτρονική Αναλυτική Επεξεργασία | 527 | | Ασκήσεις | 552 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 555 |

ΜΕΡΟΣ 5 ■ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΥΡΕΤΗΡΙΩΝ

Κεφάλαιο 12 Συστήματα Φυσικής Αποθήκευσης

- | | | | | | |
|------|--|-----|------|--------------------------|-----|
| 12.1 | Επισκόπηση των Φυσικών Μέσων Αποθήκευσης | 559 | 12.5 | RAID | 570 |
| 12.2 | Διασυνδέσεις Αποθήκευσης | 562 | 12.6 | Πρόσβαση σε Μπλοκ Δίσκων | 577 |
| 12.3 | Μαγνητικοί Δίσκοι και Μνήμες Flash | 563 | 12.7 | Περιληψη | 580 |
| 12.4 | Μνήμη Flash | 567 | | Ασκήσεις | 582 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 584 |

Κεφάλαιο 13 Δομές Αποθήκευσης Δεδομένων

- | | | | | | |
|------|--|-----|------|--|-----|
| 13.1 | Αρχιτεκτονική Αποθήκευσης Βάσεων Δεδομένων | 587 | 13.6 | Αποθήκευση Προσανατολισμένη σε Στήλες | 611 |
| 13.2 | Οργάνωση Αρχείων | 588 | 13.7 | Οργάνωση Αποθήκευσης σε Βάσεις Δεδομένων Κύριας Μνήμης | 615 |
| 13.3 | Οργάνωση Εγγραφών σε Αρχεία | 595 | 13.8 | Περιληψη | 617 |
| 13.4 | Αποθήκευση ενός Λεξικού Δεδομένων | 602 | | Ασκήσεις | 619 |
| 13.5 | Buffer Βάσεων Δεδομένων | 604 | | Επιπλέον Διάβασμα | 621 |

Κεφάλαιο 14 Δημιουργία Ευρετηρίων

- | | | | | | |
|------|---|-----|-------|--|-----|
| 14.1 | Βασικές Έννοιες | 623 | 14.8 | Δομές Ευρετηρίων με Βελτιστοποίηση στο Γράψιμο | 665 |
| 14.2 | Ταξινομημένα Ευρετήρια | 625 | 14.9 | Ευρετήρια Bitmap | 670 |
| 14.3 | Αρχεία Ευρετηρίων B ⁺ -Δένδρων | 634 | 14.10 | Ευρετήρια σε Χωροταξικά και Χρονικά Δεδομένα | 672 |
| 14.4 | Επεκτάσεις B ⁺ -Δένδρων | 650 | 14.11 | Περιληψη | 677 |
| 14.5 | Ευρετήρια Hash | 658 | | Ασκήσεις | 679 |
| 14.6 | Πρόσβαση με Πολλαπλά Κλειδιά | 661 | | Επιπλέον Διάβασμα | 683 |
| 14.7 | Δημιουργία Ευρετηρίων | 664 | | | |

ΜΕΡΟΣ 6 ■ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΩΝ

Κεφάλαιο 15 Επεξεργασία Ερωτημάτων

- | | | | | | |
|------|---|-----|------|----------------------------------|-----|
| 15.1 | Επισκόπηση | 689 | 15.7 | Υπολογισμός Εκφράσεων | 724 |
| 15.2 | Μονάδες Μέτρησης του Κόστους των Ερωτημάτων | 692 | 15.8 | Επεξεργασία Ερωτημάτων στη Μνήμη | 731 |
| 15.3 | Λειτουργίες Επιλογής | 695 | 15.9 | Περιληψη | 734 |
| 15.4 | Ταξινόμηση | 701 | | Ασκήσεις | 736 |
| 15.5 | Λειτουργία Συνδέσμου | 704 | | Επιπλέον Διάβασμα | 740 |
| 15.6 | Άλλες Λειτουργίες | 719 | | | |

Κεφάλαιο 16 Βελτιστοποίηση Ερωτημάτων

- | | | | | | |
|------|--|-----|------|---|-----|
| 16.1 | Επισκόπηση | 743 | 16.5 | Αντικειμενικές Προβολές | 778 |
| 16.2 | Μετασχηματισμός Σχεσιακών Εκφράσεων | 747 | 16.6 | Προχωρημένα Θέματα Βελτιστοποίησης Ερωτημάτων | 783 |
| 16.3 | Αξιολογώντας Στατιστικές Αποτελεσμάτων Εκφράσεων | 757 | 16.7 | Περίληψη | 787 |
| 16.4 | Επιλογή Πλάνων Υπολογισμού | 766 | | Ασκήσεις | 789 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 794 |

ΜΕΡΟΣ 7 ■ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΝΑΛΛΑΓΩΝ

Κεφάλαιο 17 Συναλλαγές

- | | | | | | |
|------|--|-----|-------|-------------------------------|-----|
| 17.1 | Η Θεωρία των Συναλλαγών | 799 | 17.8 | Επίπεδα Απομόνωσης Συναλλαγών | 821 |
| 17.2 | Ένα Απλό Μοντέλο Συναλλαγών | 801 | 17.9 | Χειρισμός Επιπέδων Απομόνωσης | 823 |
| 17.3 | Δομή Χώρων Αποθήκευσης | 804 | 17.10 | Συναλλαγές ως SQL Προτάσεις | 826 |
| 17.4 | Ατομικότητα και Ανθεκτικότητα των Συναλλαγών | 805 | 17.11 | Περίληψη | 828 |
| 17.5 | Απομόνωση Συναλλαγών | 807 | | Ασκήσεις | 831 |
| 17.6 | Σειριοποίηση | 812 | | Επιπλέον Διάβασμα | 834 |
| 17.7 | Απομόνωση και Ατομικότητα Συναλλαγών | 819 | | | |

Κεφάλαιο 18 Έλεγχος Συγχρονικότητας

- | | | | | | |
|------|--|-----|-------|--|-----|
| 18.1 | Πρωτόκολλα Βασισμένα σε Κλειδωμα | 835 | 18.7 | Σχήματα Πολλαπλών Εκδόσεων | 869 |
| 18.2 | Χειρισμός Αδιέξοδης Κατάστασης | 849 | 18.8 | Απομόνωση Στιγμιότυπων | 872 |
| 18.3 | Πολλαπλή Κλιμάκωση | 853 | 18.9 | Αδύναμα Επίπεδα Ασουνέπιας στην Πράξη | 880 |
| 18.4 | Λειτουργίες Εισαγωγής και Διαγραφής και Διαβάσματα με Κατηγορημα | 857 | 18.10 | Προχωρημένα Θέματα στον Έλεγχο Συγχρονικότητας | 883 |
| 18.5 | Πρωτόκολλα Βασισμένα σε Χρονική Σήμανση | 861 | 18.11 | Περίληψη | 894 |
| 18.6 | Πρωτόκολλα Βασισμένα σε Επικύρωση | 866 | | Ασκήσεις | 899 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 904 |

Κεφάλαιο 19 Σύστημα Αποκατάστασης

- | | | | | | |
|------|--|-----|-------|---|-----|
| 19.1 | Κατηγοριοποίηση Προβλημάτων | 907 | 19.8 | Πρόωρη Απελευθέρωση Κλειδωμάτων και Λογικές Λειτουργίες Αναίρεσης | 935 |
| 19.2 | Αποθήκευση | 908 | 19.9 | ARIES | 941 |
| 19.3 | Αποκατάσταση και Ατομικότητα | 912 | 19.10 | Αποκατάσταση σε Βάσεις Δεδομένων Κύριας Μνήμης | 947 |
| 19.4 | Αλγόριθμος Αποκατάστασης | 922 | 19.11 | Περίληψη | 948 |
| 19.5 | Διαχείριση Buffer | 926 | | Ασκήσεις | 952 |
| 19.6 | Βλάβη με Απώλεια της Μόνιμης Μνήμης | 930 | | Επιπλέον Διάβασμα | 956 |
| 19.7 | Υψηλή Διαθεσιμότητα Χρησιμοποιώντας Απομακρυσμένα Συστήματα Αντιγράφων Ασφαλείας | 931 | | | |

ΜΕΡΟΣ 8 ■ ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο 20 Αρχιτεκτονικές Συστημάτων Βάσεων Δεδομένων

- | | | | | | |
|------|--------------------------------------|-----|------|--|------|
| 20.1 | Επισκόπηση | 961 | 20.6 | Επεξεργασία Συναλλαγών σε Παράλληλα και Κατανεμημένα Συστήματα | 989 |
| 20.2 | Κεντρικά Συστήματα Βάσεων Δεδομένων | 962 | 20.7 | Υπηρεσίες που Βασίζονται στο Cloud | 990 |
| 20.3 | Αρχιτεκτονικές Συστημάτων Διακομιστή | 963 | 20.8 | Περίληψη | 995 |
| 20.4 | Παράλληλα Συστήματα | 970 | | Ασκήσεις | 998 |
| 20.5 | Κατανεμημένα Συστήματα | 986 | | Επιπλέον Διάβασμα | 1001 |

Κεφάλαιο 21 Παράλληλος και Κατανεμημένος Χώρος Αποθήκευσης

- | | | | | | |
|------|-------------------------------------|------|------|---|------|
| 21.1 | Επισκόπηση | 1003 | 21.6 | Κατανεμημένα Συστήματα Αρχείων | 1019 |
| 21.2 | Διαμερισμός Δεδομένων | 1004 | 21.7 | Παράλληλοι Χώροι Αποθήκευσης Κλειδιών-Τιμών | 1023 |
| 21.3 | Χειρισμός Ασυμμετρίας με Διαμερισμό | 1007 | 21.8 | Περίληψη | 1032 |
| 21.4 | Αντιγραφή Δεδομένων | 1013 | | Ασκήσεις | 1033 |
| 21.5 | Παράλληλη Δημιουργία Ευρετηρίου | 1017 | | Επιπλέον Διάβασμα | 1036 |

Κεφάλαιο 22 Παράλληλη και Κατανεμημένη Επεξεργασία Ερωτημάτων

- | | | | | | |
|------|--|------|-------|--|------|
| 22.1 | Επισκόπηση | 1039 | 22.7 | Βελτιστοποίηση Ερωτημάτων για Παράλληλη Εκτέλεση | 1064 |
| 22.2 | Παράλληλη Ταξινόμηση | 1041 | 22.8 | Παράλληλη Επεξεργασία Δεδομένων Ροών | 1070 |
| 22.3 | Παράλληλος Σύνδεσμος | 1043 | 22.9 | Επεξεργασία Κατανεμημένων Ερωτημάτων | 1076 |
| 22.4 | Λοιπές Λειτουργίες | 1048 | 22.10 | Περίληψη | 1086 |
| 22.5 | Παράλληλος Υπολογισμός Πλάνων Ερωτημάτων | 1052 | | Ασκήσεις | 1089 |
| 22.6 | Επεξεργασία Ερωτημάτων σε Αρχιτεκτονικές Κοινόχρηστης Μνήμης | 1061 | | Επιπλέον Διάβασμα | 1093 |

Κεφάλαιο 23 Παράλληλη και Κατανεμημένη Επεξεργασία Συναλλαγών

- | | | | | | |
|------|---|------|------|--|------|
| 23.1 | Κατανεμημένες Συναλλαγές | 1098 | 23.6 | Αντιγραφή με Αδύναμους Βαθμούς Συνέπειας | 1133 |
| 23.2 | Πρωτόκολλα Ολοκλήρωσης Συναλλαγών | 1100 | 23.7 | Επιλογή Συντονιστή | 1146 |
| 23.3 | Έλεγχος Συγχρονικότητας σε Κατανεμημένες Βάσεις Δεδομένων | 1111 | 23.8 | Συναίνεση σε Κατανεμημένα Συστήματα | 1150 |
| 23.4 | Αντιγραφή | 1121 | 23.9 | Περίληψη | 1162 |
| 23.5 | Εκτεταμένα Πρωτόκολλα Ελέγχου Συγχρονικότητας | 1129 | | Ασκήσεις | 1165 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 1168 |

ΜΕΡΟΣ 9 ■ ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ

Κεφάλαιο 24 Προχωρημένες Τεχνικές Δημιουργίας Ευρετηρίων

- | | | | | | |
|------|--|------|------|----------------------------------|------|
| 24.1 | Φίλτρο Bloom | 1175 | 24.4 | Ευρετήριο σε Χωροταξικά Δεδομένα | 1186 |
| 24.2 | Δέντρο Συγχώνευσης με Δομή Αρχείου Καταγραφής και Παραλλαγές του | 1176 | 24.5 | Ευρετήρια Hash | 1190 |
| 24.3 | Ευρετήρια Bitmap | 1182 | 24.6 | Περίληψη | 1203 |
| | | | | Ασκήσεις | 1205 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 1206 |

Κεφάλαιο 25 Προχωρημένη Ανάπτυξη Εφαρμογών

- | | | | | | |
|------|-------------------------------------|------|------|----------------------------------|------|
| 25.1 | Βελτίωση της Απόδοσης | 1210 | 25.5 | Κατανεμημένα Συστήματα Καταλόγων | 1240 |
| 25.2 | Μετρήσεις της Απόδοσης | 1230 | 25.6 | Περίληψη | 1243 |
| 25.3 | Άλλα Θέματα στην Ανάπτυξη Εφαρμογών | 1234 | | Ασκήσεις | 1245 |
| 25.4 | Πρότυπα | 1237 | | Επιπλέον Διάβασμα | 1248 |

Κεφάλαιο 26 Βάσεις δεδομένων Blockchain

- | | | | | | |
|------|--|------|------|--------------------------|------|
| 26.1 | Επισκόπηση | 1252 | 26.6 | Έξυπνα Συμβόλαια | 1269 |
| 26.2 | Ιδιότητες Blockchain | 1254 | 26.7 | Βελτίωση Επιδόσεων | 1274 |
| 26.3 | Επίτευξη Ιδιοτήτων Blockchain Μέσω Κρυπτογραφικών Συναρτήσεων Hash | 1259 | 26.8 | Αναπτυσσόμενες Εφαρμογές | 1276 |
| 26.4 | Συναίνεση | 1263 | 26.9 | Περίληψη | 1279 |
| 26.5 | Διαχείριση Δεδομένων σε ένα Blockchain | 1267 | | Ασκήσεις | 1280 |
| | | | | Επιπλέον Διάβασμα | 1282 |

ΜΕΡΟΣ 10 ■ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Παράρτημα Α Το Λεπτομερές Πανεπιστημιακό Σχήμα 1287

Ευρετήριο 1299

ΜΕΡΟΣ 11 ■ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ

Κεφάλαιο 27 Formal Relational Query Languages

Κεφάλαιο 28 Advanced Relational Database Design

Κεφάλαιο 29 Object-Based Databases

Κεφάλαιο 30 XML

Κεφάλαιο 31 Information Retrieval

Κεφάλαιο 32 PostgreSQL

Πρόλογος

Η διαχείριση βάσεων δεδομένων έχει εξελιχθεί από μία εξειδικευμένη εφαρμογή υπολογιστών σ' ένα βασικό συστατικό σχεδόν σε όλες τις εταιρείες, με αποτέλεσμα, οι γνώσεις για τα συστήματα βάσεων δεδομένων να έχουν γίνει απαραίτητο συστατικό της εκπαίδευσης στην επιστήμη των υπολογιστών. Σε αυτό το κείμενο, παρουσιάζουμε τις βασικές ιδέες της διαχείρισης βάσεων δεδομένων. Αυτές οι ιδέες περιλαμβάνουν θέματα σχεδίασης βάσεων δεδομένων, γλώσσες βάσεων δεδομένων και χειρισμό συστημάτων βάσεων δεδομένων.

Αυτό το βιβλίο έχει ως στόχο να είναι το πρώτο μάθημα για βάσεις δεδομένων σε πανεπιστημιακό επίπεδο ή για τον πρώτο χρόνο μεταπτυχιακού επιπέδου. Επιπλέον, εκτός από το βασικό υλικό που περιέχει ως εισαγωγικό μάθημα, το βιβλίο αυτό περιέχει προχωρημένο υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συμπληρωματικό σε μαθήματα ή ως εισαγωγικό υλικό για ένα προχωρημένο μάθημα.

Υποθέτουμε μόνο ότι υπάρχει εξοικείωση με τις βασικές δομές δεδομένων, την οργάνωση των υπολογιστών και με μία γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, όπως είναι οι Java, C, C++ ή Python. Παρουσιάζουμε την θεωρία με απλές περιγραφές, με το μεγαλύτερο μέρος να βασίζεται σε παραδείγματα ενός πανεπιστημίου. Καλύπτονται σημαντικά θεωρητικά αποτελέσματα, αλλά παραλείπονται οι τυπικές αποδείξεις. Αντί για τις αποδείξεις, χρησιμοποιούνται εικόνες και παραδείγματα που δείχνουν γιατί ένα αποτέλεσμα είναι σωστό. Οι σημειώσεις βιβλιογραφίας περιέχουν έρευνες και προχωρημένες εργασίες με τυπικές περιγραφές και αποδείξεις των θεωρητικών αποτελεσμάτων.

Οι βασικές ιδέες και οι αλγόριθμοι που καλύπτονται στο βιβλίο συνήθως βασίζονται σ' αυτούς που χρησιμοποιούνται σε υπάρχοντα εμπορικά ή πειραματικά συστήματα βάσεων δεδομένων. Ο στόχος μας είναι να παρουσιάσουμε αυτές τις ιδέες και αλγόριθμους με ένα γενικό τρόπο που δεν είναι συνδεδεμένος με ένα συγκεκριμένο σύστημα βάσης δεδομένων, αν και παρέχουμε αναφορές σε συγκεκριμένα συστήματα όπου χρειάζεται.

Σε αυτή την έβδομη έκδοση του βιβλίου, έχουμε διατηρήσει το καθολικό στυλ των προηγούμενων εκδόσεων, ενώ έχουμε αναπτύξει τα περιεχόμενα και την οργάνωση ώστε να αντικατοπτρίζουν τις αλλαγές στον τρόπο σχεδίασης, διαχείρισης και χρήσης των βάσεων δεδομένων. Μια τέτοια σημαντική αλλαγή είναι η εκτεταμένη χρήση των συστημάτων "Big Data". Έχουμε λάβει επίσης υπόψη τις τάσεις στη διδασκαλία των εννοιών των σχετικών με βάσεις δεδομένων και τις προσαρμογές που γίνονται ώστε να διευκολύνουμε αυτές τις τάσεις όπου απαιτείται.

Μεταξύ των αξιοσημείωτων αλλαγών σ' αυτήν την έκδοση είναι:

- Εκτεταμένη κάλυψη των συστημάτων Big Data, από την πλευρά του χρήστη (Κεφάλαιο 10), καθώς και από μία εσωτερική σκοπιά (Κεφάλαιο 20 έως Κεφάλαιο 23), με εκτεταμένες προσθήκες και τροποποιήσεις σε σύγκριση με την έκτη έκδοση.
- Ένα νέο κεφάλαιο με τίτλο «Βάσεις Δεδομένων Blockchain» (Κεφάλαιο 26) που παρουσιάζει την τεχνολογία blockchain και τον αυξανόμενο ρόλο της στις επιχειρηματικές εφαρμογές. Μία σημαντική εστίαση σε αυτό το κεφάλαιο είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ των συστημάτων blockchain και των συστημάτων βάσεων δεδομένων.
- Ενημερώσεις σ' όλα τα κεφάλαια που καλύπτουν εσωτερικά στοιχεία βάσεων δεδομένων (Κεφάλαιο 12 έως Κεφάλαιο 19), ώστε να αντικατοπτρίζουν την τεχνολογία τρέχουσας γενιάς, όπως δίσκους SSD, βάσεις δεδομένων κύριας μνήμης, συστήματα πολλαπλών πυρήνων και χώροι αποθήκευσης στηλών.
- Βελτιωμένη κάλυψη ημι-δομημένης διαχείρισης δεδομένων με τη χρήση JSON, RDF και SPARQL (Ενότητα 8.1).
- Βελτιωμένη κάλυψη των χρονολογικών δεδομένων (στην Ενότητα 7.10), της ανάλυσης δεδομένων (Κεφάλαιο 11) και των προηγμένων τεχνικών ευρετηρίου, όπως ευρετήρια βελτιστοποιημένα για εγγραφή (Ενότητα 14.8 και Ενότητα 24.2).
- Αναδιοργάνωση και ενημέρωση κεφαλαίων για καλύτερη υποστήριξη των μαθημάτων με ένα σημαντικό πρακτικό συστατικό (το οποίο συνιστούμε έντονα για κάθε μάθημα βάσης δεδομένων), συμπεριλαμβανομένης της χρήσης εργαλείων ανάπτυξης εφαρμογών τρέχουσας γενιάς και συστήματα Big Data όπως τα Apache Hadoop και Spark.

Αυτές κι άλλες ενημερώσεις έχουν προκύψει από τα πολλά σχόλια και τις προτάσεις που έχουμε λάβει από τους αναγνώστες της έκτης έκδοσης, τους φοιτητές μας στο Πανεπιστήμιο Yale, Lehigh University, και IIT Bombay, καθώς και τις δικές μας παρατηρήσεις και αναλύσεις των εξελίξεων στην τεχνολογία των βάσεων δεδομένων.

Περιεχόμενα Αυτού του Βιβλίου

Το κείμενο είναι οργανωμένο σε έντεκα κύρια μέρη.

- **Εισαγωγή** (Κεφάλαιο 1). Το Κεφάλαιο 1 κάνει μία γενική επισκόπηση της φύσης και του σκοπού των συστημάτων βάσεων δεδομένων. Εξηγούμε πώς έχει αναπτυχθεί η θεωρία των βάσεων δεδομένων, ποιες είναι οι συνηθισμένες λειτουργίες των βάσεων δεδομένων, τι κάνει ένα σύστημα βάσης δεδομένων για τον χρήστη και πώς συνδέεται μία βάση δεδομένων με το λειτουργικό σύστημα. Παρουσιάζουμε επίσης ένα παράδειγμα εφαρμογής μίας βάσης δεδομένων: ένα Πανεπιστήμιο που αποτελείται από πολλά τμήματα, καθηγητές, σπουδαστές και μαθήματα. Αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιείται σ' όλο το βιβλίο. Αυτό το κεφάλαιο προσφέρει έμπνευση και είναι ιστορικό και επεξηγηματικό.
- **Μέρος 1:** Σχεσιακές Γλώσσες (Κεφάλαιο 2 έως Κεφάλαιο 5). Το Κεφάλαιο 2 παρουσιάζει το σχεσιακό μοντέλο δεδομένων, καλύπτοντας βασικές έννοιες, όπως τη δομή των σχεσιακών βάσεων δεδομένων, τα σχήματα των βάσεων δεδομένων, τα κλειδιά, διαγράμματα σχημάτων, σχεσιακές γλώσσες ερωτημάτων, σχεσιακούς τελεστές και τη σχεσιακή άλγεβρα. Τα Κεφάλαια 3, 4 και 5 επικεντρώνονται στην πιο σημαντική απ' τις σχεσιακές γλώσσες που είναι προσανατολισμένες στον χρήστη: την SQL. Τα

κεφάλαια σε αυτό το μέρος περιγράφουν τη διαχείριση δεδομένων: ερωτήματα, ενημερώσεις, εισαγωγές και διαγραφές, υποθέτοντας ότι έχει δοθεί η σχεδίαση ενός σχήματος. Αν και η σύνταξη του ορισμού δεδομένων καλύπτεται λεπτομερώς εδώ, διάφορα θέματα σχεδίασης σχημάτων αναβάλλονται για το Μέρος 2.

- **Μέρος 2: Σχεδίαση Βάσεων Δεδομένων** (Κεφάλαια 6 και 7). Το Κεφάλαιο 6 παρέχει μία επισκόπηση της διαδικασίας σχεδίασης μίας βάσης δεδομένων, και μία λεπτομερή περιγραφή του μοντέλου δεδομένων οντοτήτων-συσχετίσεων. Το μοντέλο δεδομένων οντοτήτων-συσχετίσεων παρέχει μία επισκόπηση υψηλού επιπέδου των θεμάτων σχεδίασης μίας βάσης δεδομένων και των προβλημάτων που μπορεί να συναντήσουμε κατά τη σύλληψη των εννοιών όταν δουλεύουμε με πραγματικές εφαρμογές μέσα στους περιορισμούς ενός μοντέλου δεδομένων. Η σύνταξη UML διαγραμμάτων κλάσεων επίσης καλύπτεται σ' αυτό το κεφάλαιο. Το Κεφάλαιο 8 παρουσιάζει τη θεωρία της σχεδίασης σχεσιακών βάσεων δεδομένων. Καλύπτεται η θεωρία των λειτουργικών εξαρτήσεων και της κανονικοποίησης, με έμφαση στο κίνητρο και τη διαισθητική κατανόηση κάθε κανονικής μορφής. Αυτό το κεφάλαιο αρχίζει με μία επισκόπηση της σχεσιακής σχεδίασης και βασίζεται στη διαισθητική κατανόηση της λογικής επίπτωσης των λειτουργικών εξαρτήσεων. Αυτό επιτρέπει να παρουσιαστεί η έννοια της κανονικοποίησης πριν την πλήρη κάλυψη της θεωρίας των λειτουργικών εξαρτήσεων, η οποία παρουσιάζεται αργότερα στο κεφάλαιο. Οι εισηγητές μπορούν να επιλέξουν να χρησιμοποιήσουν μόνο αυτήν την αρχική εισαγωγή χωρίς να χαθεί η συνοχή. Οι εισηγητές που θα καλύψουν ολόκληρο το κεφάλαιο θα ωφεληθούν ως προς το ότι οι σπουδαστές θα αποκτήσουν μία καλή κατανόηση των εννοιών της κανονικοποίησης, ώστε να καταλάβουν μερικές απ' τις δύσκολες έννοιες της θεωρίας των λειτουργικών εξαρτήσεων. Το κεφάλαιο τελειώνει με ένα τμήμα για τη μοντελοποίηση χρονολογικών δεδομένων.
- **Μέρος 3: Σχεδίαση και Ανάπτυξη Εφαρμογών** (Κεφάλαια 8 και 9). Το Κεφάλαιο 8 συζητά διάφορους σύνθετους τύπους δεδομένων που είναι ιδιαίτερα σημαντικοί για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων ημιδομημένων δεδομένων, δεδομένων βασισμένων σε αντικείμενα, δεδομένων κειμένου και χωροταξικών δεδομένων. Αν και έχει μειωθεί η δημοτικότητα της XML σε σχέση με τις βάσεις δεδομένων, διατηρούμε μία εισαγωγή στην XML, προσθέτοντας παράλληλα κάλυψη για τα JSON, RDF και SPARQL. Το Κεφάλαιο 9 ασχολείται με εργαλεία και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αλληλεπιδραστικών Web εφαρμογών βάσεων δεδομένων και για κινητές συσκευές. Αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνει λεπτομερή κάλυψη τόσο απ' την πλευρά του διακομιστή όσο και απ' την πλευρά του πελάτη. Μεταξύ των θεμάτων που καλύπτονται είναι τα servlet, JSP, Django, JavaScript και web υπηρεσίες. Επίσης, συζητήθηκε η αρχιτεκτονική εφαρμογών, τα αντικειμενο-σχεσιακά συστήματα απεικόνισης που συμπεριλαμβάνουν τα Hibernate και Django, οι επιδόσεις (συμπεριλαμβανομένης της προσωρινής αποθήκευσης με τη χρήση των memcached και Redis) και οι μοναδικές προκλήσεις στο να διασφαλισθεί η ασφάλεια των web εφαρμογών.
- **Μέρος 4: Ανάλυση Μεγάλου Όγκου Δεδομένων** (Κεφάλαιο 10 και Κεφάλαιο 11). Το Κεφάλαιο 10 παρέχει μία επισκόπηση εφαρμογών ανάλυσης δεδομένων μεγάλης κλίμακας, με έμφαση στον τρόπο με τον οποίο οι εν λόγω εφαρμογές ορίζουν απαιτήσεις στη διαχείριση των δεδομένων σε σύγκριση με τις απαιτήσεις των παραδοσιακών εφαρμογών βάσεων δεδομένων. Στη συνέχεια, το κεφάλαιο εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται αυτές οι απαιτήσεις. Μεταξύ των θεμάτων που καλύπτονται είναι τα συστήματα αποθήκευσης Big Data, συμπεριλαμβανομένων των κατανεμημένων

συστημάτων αρχείων, χώρων αποθήκευσης κλειδιού-τιμής και συστημάτων NoSQL, MapReduce, Apache Spark, ροών δεδομένων και γραφημάτων βάσεων δεδομένων. Τονίζεται η σύνδεση αυτών των συστημάτων και εννοιών με τις έννοιες των βάσεων δεδομένων που παρουσιάστηκαν νωρίτερα. Το Κεφάλαιο 11 εξετάζει τη δομή και τη χρήση συστημάτων που έχουν σχεδιαστεί για ανάλυση δεδομένων μεγάλης κλίμακας. Μετά την πρώτη επεξήγηση των εννοιών της ανάλυσης δεδομένων, της επιχειρηματικής ευφυΐας και της υποστήριξης αποφάσεων, το κεφάλαιο εξετάζει την δομή μίας αποθήκης δεδομένων και την διαδικασία συλλογής δεδομένων σε μία αποθήκη. Το κεφάλαιο καλύπτει στη συνέχεια την χρήση των αποθηκών δεδομένων σε εφαρμογές OLAP ακολουθούμενη από μία μελέτη των αλγορίθμων και τεχνικών των δεδομένων εξόρυξης.

- **Μέρος 5: Διαχείριση Αποθήκευσης και Δημιουργία Ευρετηρίων** (Κεφάλαιο 12 έως Κεφάλαιο 14). Το Κεφάλαιο 12 ασχολείται με συσκευές αποθήκευσης και τον τρόπο με τον οποίο οι ιδιότητες αυτών των συσκευών επηρεάζουν τη φυσική οργάνωση και απόδοση των βάσεων δεδομένων. Το Κεφάλαιο 13 ασχολείται με τις δομές αποθήκευσης δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της οργάνωσης αρχείων και της διαχείρισης buffer. Στο Κεφάλαιο 14 παρουσιάζονται διάφορες τεχνικές πρόσβασης στα δεδομένα. Περιγράφεται η πρόσβαση σε πολυεπίπεδη πρόσβαση βάσει ευρετηρίων, με αποκορύφωμα τη λεπτομερή κάλυψη των B⁺-δέντρων. Στη συνέχεια, το κεφάλαιο καλύπτει τις δομές ευρετηρίων για εφαρμογές όπου η δομή B⁺-δέντρων είναι λιγότερο κατάλληλη, συμπεριλαμβανομένων ευρετηρίων βελτιστοποιημένων ως προς την εγγραφή, όπως τα δέντρα LSM και τα δέντρα buffer, τα ευρετήρια bitmap και η ευρετηρίαση χωροταξικών δεδομένων με τη χρήση δέντρων k-d, τετρα-δέντρων και R-δέντρων.
- **Μέρος 6: Επεξεργασία και Βελτιστοποίηση Ερωτημάτων** (Κεφάλαιο 15 και Κεφάλαιο 16). Τα Κεφάλαια 15 και 16 ασχολούνται με αλγορίθμους αξιολόγησης ερωτημάτων και βελτιστοποίηση ερωτημάτων. Το Κεφάλαιο 15 επικεντρώνεται σε αλγόριθμους για την υλοποίηση λειτουργιών των βάσεων δεδομένων, ιδίως στο ευρύ φάσμα των αλγορίθμων συνδέσμου, οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν σε πολύ μεγάλα δεδομένα που μπορεί να μην χωρούν στην κύρια μνήμη. Επίσης σ' αυτό το κεφάλαιο καλύπτονται τεχνικές επεξεργασίας ερωτημάτων για βάσεις δεδομένων κύριας μνήμης. Το Κεφάλαιο 16 καλύπτει τη βελτιστοποίηση ερωτημάτων, ξεκινώντας με τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να μετατραπούν πλάνα ερωτημάτων σε άλλα ισοδύναμα πλάνα χρησιμοποιώντας κανόνες μετασχηματισμού. Στη συνέχεια, το κεφάλαιο περιγράφει τον τρόπο δημιουργίας εκτιμήσεων του κόστους εκτέλεσης ερωτήματος και τον τρόπο αποτελεσματικής εύρεσης πλάνων εκτέλεσης ερωτημάτων με το χαμηλότερο κόστος.
- **Μέρος 7: Διαχείριση Συναλλαγών** (Κεφάλαιο 17 έως Κεφάλαιο 19). Το Κεφάλαιο 17 επικεντρώνεται στις βασικές αρχές ενός συστήματος επεξεργασίας συναλλαγών: ατομικότητα, συνέπεια, απομόνωση και ανθεκτικότητα. Παρέχει μία επισκόπηση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τη διασφάλιση αυτών των ιδιοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της αποκατάστασης βάσει αρχείου καταγραφής και του ελέγχου συγχρονικότητας χρησιμοποιώντας κλειδώματα, τεχνικές που βασίζονται σε χρονική σήμανση και απομόνωση στιγμιοτύπων. Τα τμήματα που χρειάζεται να μάθουν μόνο για την έννοια των συναλλαγών, μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Κεφάλαιο 17 μόνο του χωρίς τα άλλα κεφάλαια αυτού του μέρους. Το Κεφάλαιο 18 επικεντρώνεται στον έλεγχο συγχρονικότητας και παρουσιάζει διάφορες τεχνικές για διασφάλιση της σειριοποίησης, συμπεριλαμβανομένων τεχνικών κλειδώματων, χρονικής σήμανσης και αισιόδοξων λειτουργιών (επικύρωση). Καλύπτονται επίσης τεχνικές ελέγχου συγχρονικότητας πολλαπλών εκδόσεων, συμπεριλαμβανομένης της ευρέως χρησιμοποιούμενης τεχνικής απομόνωσης στιγμιοτύπου και μία επέκταση μία τεχνικής που εγγυάται τη σειριοποίηση. Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει επίσης μία συζήτηση για τα αδύναμα επίπεδα συνέπειας, τη

συγχρονικότητα σχετικά με τις δομές ευρετηρίου, τη συγχρονικότητα στα συστήματα βάσεων δεδομένων κύριας μνήμης, τις συναλλαγές μεγάλης διάρκειας, τη συγχρονικότητα σε λειτουργικό επίπεδο και την επεξεργασία συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο. Το Κεφάλαιο 19 καλύπτει τις κύριες τεχνικές για εξασφάλιση της ορθής εκτέλεσης συναλλαγών ανεξάρτητα απ' τις διακοπές λειτουργίας του συστήματος και τις βλάβες στην αποθήκευση. Αυτές οι τεχνικές περιλαμβάνουν αρχεία καταγραφής, σημεία ελέγχου και αποτυπώσεις βάσεων δεδομένων, καθώς και υψηλή διαθεσιμότητα με τη χρήση απομακρυσμένων συστημάτων αντιγράφων ασφαλείας. Παρουσιάζονται επίσης η αποκατάσταση με πρόωγη απελευθέρωση κλειδωμάτων και ο ευρέως χρησιμοποιημένος αλγόριθμος ARIES. Αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνει και μία συζήτηση για την αποκατάσταση συστημάτων βάσεων δεδομένων κύριας μνήμης και τη χρήση του NVRAM.

- **Μέρος 8: Παράλληλες και Κατανεμημένες Βάσεις Δεδομένων** (Κεφάλαιο 20 έως Κεφάλαιο 23). Το Κεφάλαιο 20 καλύπτει την αρχιτεκτονική υπολογιστικών συστημάτων και περιγράφει την επίδραση του υποκείμενου υπολογιστικού συστήματος στο σύστημα της βάσης δεδομένων. Συζητάμε σ' αυτό το κεφάλαιο, για κεντρικά συστήματα, για συστήματα πελάτη-διακομιστή, παράλληλες και κατανεμημένες αρχιτεκτονικές και συστήματα που βασίζονται στο cloud. Τα υπόλοιπα τρία κεφάλαια αυτού του τμήματος αφορούν σε διακριτές πτυχές των παράλληλων και κατανεμημένων βάσεων δεδομένων, με το Κεφάλαιο 21 να καλύπτει την αποθήκευση και τη δημιουργία ευρετηρίου, το Κεφάλαιο 22 να καλύπτει την επεξεργασία ερωτημάτων και το Κεφάλαιο 23 τη διαχείριση συναλλαγών. Το Κεφάλαιο 21 περιλαμβάνει μία συζήτηση σχετικά με τον διαμερισμό και την ασυμμετρία των δεδομένων, την αντιγραφή, την παράλληλη δημιουργία ευρετηρίων, τα κατανεμημένα συστήματα αρχείων (συμπεριλαμβανομένου του συστήματος αρχείων Hadoop) και τους παράλληλους χώρους αποθήκευσης κλειδιών-τιμών. Το Κεφάλαιο 22 περιλαμβάνει μία συζήτηση για τον παραλληλισμό τόσο μεταξύ πολλών ερωτημάτων όσο και μέσα σ' ένα ερώτημα. Καλύπτει την παράλληλη και κατανεμημένη ταξινόμηση και συνδέσμούς, το MapReduce, τη διοχέτευση, το μοντέλο ανταλλαγής τελεστή Volcano, τον παραλληλισμό επιπέδου νημάτων, τις ροές δεδομένων και η βελτιστοποίηση γεωγραφικά κατανεμημένων ερωτημάτων. Το Κεφάλαιο 23 περιλαμβάνει συζήτηση για την παραδοσιακή κατανεμημένη συναίνεση, όπως την ολοκλήρωση δύο φάσεων και πιο εξελιγμένες λύσεις, συμπεριλαμβανομένων των Paxos και της Raft. Καλύπτει μία ποικιλία αλγορίθμων για κατανεμημένο έλεγχο συγχρονικότητας, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης ρεπλικών και ασθενέστερους βαθμούς συνέπειας. Συζητούνται οι συμβιβασμοί που υπονοούνται απ' το θεώρημα CAP μαζί με τα μέσα εντοπισμού ασυνεπειών χρησιμοποιώντας διανύσματα εκδόσεων και δέντρα Merkle.
- **Μέρος 9: Προχωρημένα Θέματα** (Κεφάλαιο 24 έως Κεφάλαιο 26). Το Κεφάλαιο 24 επεκτείνει την κάλυψη της ευρετηρίασης από το Κεφάλαιο 14, με λεπτομερή κάλυψη του δέντρου LSM και των παραλλαγών του, των bitmap ευρετηρίων, της χωροταξικής ευρετηρίασης και των δυναμικών τεχνικών hash. Το Κεφάλαιο 25 επεκτείνει την κάλυψη του Κεφαλαίου 9 με μία συζήτηση για τη βελτίωση των επιδόσεων, μετρήσεις επιδόσεων, δοκιμές και μετεγκατάσταση από συστήματα παλαιού τύπου, την τυποποίηση και τα κατανεμημένα συστήματα καταλόγου. Το Κεφάλαιο 26 εξετάζει την τεχνολογία blockchain σε σχέση με τις βάσεις δεδομένων. Περιγράφει τις δομές δεδομένων blockchain και τη χρήση κρυπτογραφικών συναρτήσεων hash και της κρυπτογράφησης δημόσιου κλειδιού για εξασφάλιση των ιδιοτήτων της ανωνυμίας, του αμετάβλητου και της αντίστασης στην παραβίαση των blockchain. Περιγράφει και συγκρίνει τους κατανεμημένους αλγόριθμους συναίνεσης που χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίσουν την αποκέντρωση, συμπεριλαμβανομένης του τεκμηρίου έργου, τεκ-

μηρίου μεριδίου και της Βυζαντινής συναίνεσης. Μεγάλο μέρος του κεφαλαίου επικεντρώνεται στις λειτουργίες που κάνουν το blockchain μία σημαντική έννοια των βάσεων δεδομένων, συμπεριλαμβανομένου του ρόλου των εγκεκριμένων blockchain, της κωδικοποίησης της επιχειρηματικής λογικής και των συμφωνιών στα έξυπνα συμβόλαια, καθώς και της διαλειτουργικότητας μεταξύ των blockchain. Εξετάζονται τεχνικές για βελτίωση της επεξεργασίας συναλλαγών σε κλίμακα βάσεων δεδομένων. Μία τελευταία ενότητα εξετάζει τις τρέχουσες και προβλεπόμενες εφαρμογές blockchain.

- **Μέρος 10: Παράρτημα.** Το Παράρτημα Α παρουσιάζει λεπτομέρειες του σχήματος του πανεπιστημίου μας, συμπεριλαμβανομένου του πλήρους σχήματος, των DDL και όλων των πινάκων.
- **Μέρος 11: Ηλεκτρονικά Κεφάλαια** (Κεφάλαιο 27 έως Κεφάλαιο 32) Τα Κεφάλαια 27 έως 32 είναι διαθέσιμα online από τον δικτυακό τόπο . Παρέχουμε έξι κεφάλαια που καλύπτουν υλικό ιστορικής φύσης ή είναι προχωρημένο. Το Κεφάλαιο 27 καλύπτει «καθαρές» γλώσσες ερωτημάτων: το σχεσιακό λογισμό πλειάδων και τομέα και τη Datalog, η οποία έχει μία σύνταξη που έχει μοντελοποιηθεί με βάση τη γλώσσα Prolog. Το Κεφάλαιο 28 καλύπτει προχωρημένα θέματα στη σχεδίαση σχεσιακών βάσεων δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της θεωρίας των εξαρτήσεων πολλαπλών τιμών και της τέταρτης κανονικής μορφής, καθώς και των υψηλότερων κανονικών μορφών. Το Κεφάλαιο 29 καλύπτει βάσεις δεδομένων που βασίζονται σε αντικείμενα και πιο σύνθετους τύπους δεδομένων, όπως τύπους πίνακα και πολλαπλών συνόλων, καθώς και πίνακες που δεν βρίσκονται σε 1NF. Το Κεφάλαιο 30 επεκτείνει την κάλυψη της XML από το Κεφάλαιο 8. Το Κεφάλαιο 31 καλύπτει την ανάκληση πληροφοριών, που σχετίζεται με την υποβολή ερωτημάτων σε μη δομημένα δεδομένα κειμένου. Το Κεφάλαιο 32 παρέχει μία επισκόπηση του συστήματος βάσεων δεδομένων PostgreSQL και στοχεύει σε μαθήματα που επικεντρώνονται στα εσωτερικά των βάσεων δεδομένων. Το κεφάλαιο είναι πιθανό να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την υποστήριξη φοιτητικών εργασιών σε σχέση με τη βάση κώδικα ανοιχτού κώδικα της βάσης δεδομένων PostgreSQL.

Στο τέλος κάθε κεφαλαίου παρέχουμε αναφορές σε μία ενότητα με τίτλο *Επιπλέον Διάβασμα*. Αυτή η ενότητα έχει σκόπιμα συντομευθεί και παρέχει αναφορές οι οποίες επιτρέπουν στους σπουδαστές να συνεχίσουν τη μελέτη του υλικού που καλύπτεται στο κεφάλαιο ή να μάθουν για νέες εξελίξεις στον τομέα που καλύπτεται από το κεφάλαιο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ενότητα *Επιπλέον Διάβασμα* περιλαμβάνει πηγές για πρωτότυπες εργασίες που έχουν γίνει κλασικές και τις οποίες θα πρέπει να γνωρίζουν όλοι. Είναι διαθέσιμες online λεπτομερείς βιβλιογραφικές σημειώσεις για κάθε κεφάλαιο και παρέχουν αναφορές σε αναγνώστες που θέλουν να προχωρήσουν σε μεγαλύτερο βάθος σε οποιοδήποτε από τα θέματα που καλύπτονται από το κεφάλαιο.

Η Έβδομη Έκδοση

Η παραγωγή αυτής της έβδομης έκδοσης έχει καθοδηγηθεί από τα πολλά σχόλια και προτάσεις που λάβαμε σε σχέση με τις προηγούμενες εκδόσεις, αλλά και με τις δικές μας παρατηρήσεις ενώ διδάσκαμε στο Πανεπιστήμιο Yale, στο Πανεπιστήμιο Lehigh και στο IIT της Βομβάης και απ' την ανάλυση των κατευθύνσεων προς τις οποίες αναπτύσσεται η τεχνολογία των βάσεων δεδομένων.

Δώσαμε μία λίστα με τις σημαντικότερες νέες λειτουργίες αυτής της έκδοσης νωρίτερα σ' αυτόν τον πρόλογο. Αυτές περιλαμβάνουν εκτεταμένη κάλυψη των Big Data, ενημερώσεις σε όλα τα κεφάλαια που αντικατοπτρίζουν την τεχνολογία υλικού τρέχουσας γενιάς, την ημιδομημένη διαχείριση δεδομένων, προχωρημένες τεχνικές ευρετηρίασης και ένα νέο

κεφάλαιο για τις βάσεις δεδομένων blockchain. Πέρα απ' αυτές τις σημαντικές αλλαγές, αναθεωρήσαμε το υλικό σε κάθε κεφάλαιο, ενημερώνοντας το παλαιότερο υλικό, προσθέτοντας συζητήσεις σχετικά με τις πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία των βάσεων δεδομένων, και βελτιώνοντας τις περιγραφές των θεμάτων που οι σπουδαστές δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν. Προσθέσαμε επίσης νέες ασκήσεις και ενημερωμένες αναφορές.

Για τους καθηγητές που είχαν χρησιμοποιήσει προηγουμένως την έκτη έκδοση, παραθέτουμε τις πιο σημαντικές αλλαγές παρακάτω:

- Η σχεσιακή άλγεβρα έχει μετακινηθεί στο Κεφάλαιο 2, προκειμένου να βοηθήσει τους σπουδαστές να κατανοήσουν τις σχεσιακές λειτουργίες που αποτελούν τη βάση των γλωσσών ερωτημάτων, όπως είναι η SQL. Βαθύτερη κάλυψη της σχεσιακής άλγεβρας βοηθά επίσης στην κατανόηση των αλγεβρικών τελεστών που απαιτούνται αργότερα στη συζήτηση της επεξεργασίας και βελτιστοποίησης ερωτημάτων. Οι δύο παραλλαγές του σχεσιακού λογισμού είναι τώρα στο ένα online κεφάλαιο, αφού πιστεύουμε ότι τώρα έχει αξία μόνο σε πιο θεωρητικά προσανατολισμένα μαθήματα, και μπορεί να παραλειφθεί από τα περισσότερα μαθήματα βάσεων δεδομένων.
- Τα κεφάλαια για την SQL περιλαμβάνουν τώρα περισσότερες λεπτομέρειες συγκεκριμένων ποικιλιών της SQL στα συστήματα βάσεων δεδομένων, ώστε να βοηθηθούν οι φοιτητές που έχουν πρακτικές εργασίες. Οι συνδέσεις μεταξύ SQL και σχεσιακής άλγεβρας πολλαπλών συνόλων καλύπτονται επίσης με περισσότερες λεπτομέρειες. Το Κεφάλαιο 4 καλύπτει πλέον όλο το υλικό που αφορά στους συνδέσμους, ενώ προηγουμένως οι φυσικοί σύνδεσμοι ήταν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Σε αυτό το κεφάλαιο έχει προστεθεί επίσης κάλυψη των ακολουθιών που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μοναδικών τιμών κλειδιών και κάλυψη της ασφάλειας σε επίπεδο γραμμής. Οι πρόσφατες επεκτάσεις του API JDBC που είναι ιδιαίτερα χρήσιμες καλύπτονται τώρα στο Κεφάλαιο 5. Η κάλυψη του OLAP έχει μεταφερθεί από αυτό το κεφάλαιο στο Κεφάλαιο 11.
- Το Κεφάλαιο 6 τροποποιήθηκε, ώστε να καλύπτει τα διαγράμματα E-R μαζί με τις έννοιες E-R, αντί να καλύπτει πρώτα τις έννοιες και μετά να παρουσιάζει τα διαγράμματα E-R, όπως έγινε σε προηγούμενες εκδόσεις. Πιστεύουμε ότι αυτό θα βοηθήσει τους σπουδαστές να κατανοήσουν καλύτερα το μοντέλο E-R.
- Το Κεφάλαιο 7 έχει πλέον βελτιώσει την κάλυψη της χρονολογικής μοντελοποίησης δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων λειτουργιών χρονολογικών βάσεων δεδομένων συμβατών με SQL:2011.
- Το Κεφάλαιο 8 είναι ένα νέο κεφάλαιο που καλύπτει πολύπλοκους τύπους δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων ημιδομημένων δεδομένων, όπως XML, JSON, RDF και SPARQL, δεδομένων που βασίζονται σε αντικείμενα, δεδομένων κειμένου και χωροταξικών δεδομένων. Οι αντικειμενικές βάσεις δεδομένων, η XML, και η ανάκληση πληροφοριών από δεδομένα κειμένου καλύφθηκαν λεπτομερώς στην έκτη έκδοση. Αυτά τα θέματα έχουν συντομευθεί και καλύπτονται στο Κεφάλαιο 8, ενώ τα αρχικά κεφάλαια της έκτης έκδοσης διατίθενται πλέον στο διαδίκτυο.
- Το Κεφάλαιο 9 έχει ενημερωθεί σημαντικά ώστε να απεικονίσει τα σύγχρονα εργαλεία και τις τεχνικές ανάπτυξης εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της εκτεταμένης κάλυψης της JavaScript και των βιβλιοθηκών JavaScript για την δημιουργία δυναμικών Web διασυνδέσεων, της ανάπτυξης εφαρμογών σε Python χρησιμοποιώντας το πλαίσιο Django, της κάλυψης Web υπηρεσιών, και των λειτουργιών αποσύνδεσης χρησιμοποιώντας HTML5. Έχει προστεθεί αντικειμενο-σχεσιακή απεικόνιση με τη χρήση του Django, καθώς και συζήτηση για τεχνικές ανάπτυξης εφαρμογών.

- Το Κεφάλαιο 10 είναι ένα νέο κεφάλαιο για τα Big Data, που καλύπτει τις έννοιες και τα εργαλεία των Big Data από την πλευρά του χρήστη. Σ' αυτό το κεφάλαιο καλύπτονται τα συστήματα αποθήκευσης Big Data, το πρότυπο MapReduce, τα Apache Hadoop και Apache Spark, καθώς και οι βάσεις δεδομένων ροής και γραφήματων. Ο στόχος είναι να δοθεί η δυνατότητα στους αναγνώστες να χρησιμοποιούν συστήματα Big Data, μόνο με μία συνοπτική κάλυψη του τι συμβαίνει στο παρασκήνιο. Οι λεπτομέρειες για τα Big Data καλύπτονται λεπτομερώς σε επόμενα κεφάλαια.
- Το κεφάλαιο για την αποθήκευση και τη δομή δεδομένων έχει χωριστεί σε δύο κεφάλαια. Το Κεφάλαιο 12 που καλύπτει την αποθήκευση έχει ενημερωθεί με νέες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένης εκτεταμένης κάλυψης των συσκευών flash, της αποθήκευσης σε στήλες και της οργάνωσης της αποθήκευσης σε βάσεις δεδομένων κύριας μνήμης. Το Κεφάλαιο 13, το οποίο καλύπτει δομές αποθήκευσης δεδομένων, έχει επεκταθεί και τώρα καλύπτει λεπτομέρειες όπως χάρτες σε ελεύθερο χώρο, διαμερισμό και, το σημαντικότερο, αποθήκευση με προσανατολισμό σε στήλες.
- Το Κεφάλαιο 14 που αφορά στη δημιουργία ευρετηρίων καλύπτει τώρα τις δομές ευρετηρίου βελτιστοποιημένες για εγγραφή, συμπεριλαμβανομένου του δέντρου LSM και των παραλλαγών του, καθώς και του δέντρου buffer, που βλέπουν όλο και αυξανόμενη χρήση. Τα χωροταξικά ευρετήρια καλύπτονται τώρα εν συντομία σε αυτό το κεφάλαιο. Λεπτομερέστερη κάλυψη των δένδρων LSM και των χωροταξικών ευρετηρίων παρέχεται στο Κεφάλαιο 24, το οποίο καλύπτει προηγμένες τεχνικές ευρετηρίασης. Τα ευρετήρια Bitmap καλύπτονται τώρα συνοπτικά στο Κεφάλαιο 14, ενώ η πιο λεπτομερής κάλυψη έχει μεταφερθεί στο Κεφάλαιο 24. Στο Κεφάλαιο 24 έχουν μετακινηθεί και οι τεχνικές δυναμικού hash, αφού σήμερα είναι περιορισμένη η πρακτική τους χρήση.
- Το Κεφάλαιο 15 σχετικά με την επεξεργασία ερωτημάτων έχει επεκτείνει σημαντικά την κάλυψη της διοχέτευσης στην επεξεργασία ερωτημάτων, με νέο υλικό στην επεξεργασία ερωτημάτων στην κύρια μνήμη, συμπεριλαμβανομένης της μεταγλώττισης ερωτημάτων, καθώς και σύντομης κάλυψης των χωροταξικών συνδέσμων. Το Κεφάλαιο 16 σχετικά με τη βελτιστοποίηση ερωτημάτων έχει περισσότερα παραδείγματα κανόνων ισοδυναμίας για τελεστές, όπως εξωτερικούς συνδέσμους και συναθροίσεις, έχει ενημερωμένο υλικό σχετικά με στατιστικά στοιχεία για εκτίμηση του κόστους, μία βελτιωμένη παρουσίαση του αλγορίθμου βελτιστοποίησης διάταξης των συνδέσμων. Έχουν επίσης προστεθεί τεχνικές για την αποσύνδεση ένθετων υπο-ερωτημάτων, που χρησιμοποιούν λειτουργίες ημι-συνδέσμων και αντι-συνδέσμων.
- Το Κεφάλαιο 18 σχετικά με τον έλεγχο συγχρονικότητας έχει νέο υλικό σχετικά με τον έλεγχο συγχρονικότητας στην κύρια μνήμη. Το Κεφάλαιο 19 για την αποκατάσταση δίνει τώρα μεγαλύτερη σημασία στην δυνατότητα υψηλής διαθεσιμότητας με τη χρήση απομακρυσμένων συστημάτων αντιγράφων ασφαλείας.
- Η κάλυψή μας στις παράλληλες και καταναμημένες βάσεις δεδομένων έχει ανανεωθεί πλήρως. Λόγω της εξέλιξης αυτών των δύο τομέων σε μία συνέχεια από τον χαμηλού επιπέδου παραλληλισμό έως τα γεωγραφικά καταναμημένα συστήματα, παρουσιάζουμε τώρα αυτά τα θέματα μαζί.
 - ο Το Κεφάλαιο 20 με τις αρχιτεκτονικές βάσεων δεδομένων έχει ενημερωθεί σημαντικά από την προηγούμενη έκδοση, συμπεριλαμβανομένου νέου υλικού για πρακτική διασύνδεση δικτύων όπως αρχιτεκτονική «ως δέντρου» (ή fat-tree) και έχει επεκταθεί και ενημερωθεί σημαντικά το υλικό για τις αρχιτεκτονικές κοινόχρηστης μνήμης και συνέπεια της cache. Υπάρχει ένα εντελώς νέο τμήμα για υπηρεσίες που βασίζονται στο cloud, που καλύπτει εικονικές μηχανές και κοντέινερ, πλατφόρμες-ως-υπηρεσίες, λογισμικό-ως-υπηρεσία, και την ελαστικότητα.

- ο Το Κεφάλαιο 21 καλύπτει την παράλληλη και κατανεμημένη αποθήκευση, ενώ ορισμένα μέρη αυτού του κεφαλαίου υπήρχαν και στην έκτη έκδοση, όπως οι τεχνικές διαχωρισμού, ενώ οτιδήποτε άλλο σε αυτό το κεφάλαιο είναι νέο.
- ο Το Κεφάλαιο 22 καλύπτει την παράλληλη και κατανεμημένη επεξεργασία ερωτημάτων. Και πάλι, μόνο μερικές ενότητες αυτού του κεφαλαίου, όπως οι παράλληλοι αλγόριθμοι για ταξινόμηση, συνδέσμους και μερικές άλλες σχεσιακές λειτουργίες, υπήρχαν στην έκτη έκδοση, σχεδόν όλα τα άλλα σε αυτό το κεφάλαιο είναι νέα.
- ο Το Κεφάλαιο 23 καλύπτει την παράλληλη και κατανεμημένη επεξεργασία συναλλαγών. Ορισμένα μέρη αυτού του κεφαλαίου, όπως οι ενότητες για το 2PC, τα μόνιμα μηνύματα και ο έλεγχος συγχρονικότητας σε κατανεμημένες βάσεις δεδομένων είναι νέα, αλλά σχεδόν όλα τ' άλλα σε αυτό το κεφάλαιο είναι νέα.

Όπως και στην έκτη έκδοση, διευκολύνουμε την παρακολούθηση του παραδείγματός μας, δείχνοντας το σχήμα της βάσης δεδομένων και δείγματα από στιγμιότυπα σχέσεων για την πανεπιστημιακή βάση δεδομένων στο Παράρτημα Α, καθώς και όπου χρησιμοποιείται στα διάφορα κανονικά κεφάλαια. Επιπλέον, παρέχουμε, στην ιστοσελίδα μας στη διεύθυνση [http://www.it-ebooks.info](#), SQL εντολές ορισμού δεδομένων για ολόκληρο το παράδειγμα, μαζί με SQL εντολές για δημιουργία των στιγμιότυπων των σχέσεων. Αυτό ενθαρρύνει τους σπουδαστές να εκτελούν τα παραδείγματα των ερωτημάτων απευθείας σ' ένα σύστημα βάσης δεδομένων και να πειραματίζονται με την τροποποίηση αυτών των ερωτημάτων. Όλα τα θέματα που δεν αναφέρονται παραπάνω έχουν ενημερωθεί από την έκτη έκδοση, αν και η συνολική οργάνωσή τους είναι σχετικά αμετάβλητη.

Υλικό στο Τέλος των Κεφαλαίων

Κάθε κεφάλαιο έχει μία λίστα με επανάληψη όρων, εκτός από μία περίληψη, που μπορεί να βοηθήσει τους αναγνώστες να κάνουν επανάληψη των βασικών θεμάτων που καλύπτονται στο κεφάλαιο.

Όπως και στην έκτη έκδοση, οι ασκήσεις διαιρούνται σε δύο σύνολα: **ασκήσεις πρακτικής εξάσκησης** και **ασκήσεις**. Οι λύσεις για τις ασκήσεις πρακτικής εξάσκησης είναι δημόσια διαθέσιμες στον δικτυακό τόπο του βιβλίου. Οι σπουδαστές ενθαρρύνονται να λύσουν μόνοι τους τις ασκήσεις πρακτικής εξάσκησης και αργότερα να χρησιμοποιήσουν τις λύσεις που είναι στο δικτυακό τόπο για να ελέγξουν τις λύσεις τους. Οι λύσεις στις άλλες ασκήσεις είναι διαθέσιμες μόνο σε καθηγητές (δείτε παρακάτω την ενότητα «Σημείωση για Καθηγητές», για πληροφορίες πώς μπορούν να πάρουν τις λύσεις).

Πολλά κεφάλαια έχουν μία ενότητα Εργαλεία στο τέλος του κεφαλαίου που παρέχει πληροφορίες για εργαλεία λογισμικού που αφορούν στο θέμα του κεφαλαίου. Μερικά από αυτά τα εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εργαστηριακές ασκήσεις. Η SQL DDL και δείγματα δεδομένων για την πανεπιστημιακή βάση δεδομένων και για άλλες σχέσεις που χρησιμοποιούνται στις ασκήσεις είναι διαθέσιμα στον δικτυακό τόπο του βιβλίου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εργαστηριακές ασκήσεις.

Σημείωση για Καθηγητές

Είναι δυνατόν να σχεδιάσετε μαθήματα χρησιμοποιώντας διάφορα υποσύνολα των κεφαλαίων. Μερικά απ' τα κεφάλαια μπορούν επίσης να καλυφθούν με μία σειρά διαφορετική από τη σειρά τους στο βιβλίο. Σκιαγραφούμε ορισμένες από τις δυνατότητες εδώ:

- Το Κεφάλαιο 5 μπορεί να παραληφθεί ή να αναβληθεί για αργότερα, χωρίς απώλεια της συνέχειας. Περιμένουμε ότι τα περισσότερα μαθήματα θα καλύψουν νωρίς τουλάχιστον την Ενότητα 5.1.1, καθώς η JDBC αποτελεί πιθανόν ένα χρήσιμο εργαλείο για τις εργασίες των σπουδαστών.
- Το Κεφάλαιο 6. Αυτό το κεφάλαιο μπορεί να καλυφθεί πριν από το Κεφάλαιο 3, Κεφάλαιο 4 και Κεφάλαιο 5, SQL εάν θέλετε, αφού το Κεφάλαιο 6 δεν έχει καμία εξάρτηση από την SQL. Ωστόσο, για τα μαθήματα που δίνουν έμφαση στον προγραμματισμό, είναι δυνατόν να δοθεί μία πλουσιότερη ποικιλία εργαστηριακών ασκήσεων μετά τη μελέτη της SQL και συνιστούμε να καλυφθεί η SQL πριν από το σχεδιασμό της βάσης δεδομένων για τέτοια μαθήματα.
- Κεφάλαιο 15 και Κεφάλαιο 16. Τα κεφάλαια αυτά μπορούν να παραλειφθούν από ένα εισαγωγικό μάθημα χωρίς να επηρεαστεί η κάλυψη οποιουδήποτε άλλου κεφαλαίου.
- Μέρος 7. Η κάλυψή μας αποτελείται από μία επισκόπηση (Κεφάλαιο 17) και ακολουθούν κεφάλαια με λεπτομέρειες. Μπορείτε να επιλέξετε να χρησιμοποιήσετε το Κεφάλαιο 17 παραλείποντας το Κεφάλαιο 18 και το Κεφάλαιο 19, εάν αναβάλετε αυτά τα τελευταία κεφάλαια σε μία σειρά μαθημάτων.
- Μέρος 8. Η κάλυψή μας αποτελείται από μία επισκόπηση (Κεφάλαιο 20), ακολουθούμενη από κεφάλαια σχετικά με θέματα της αποθήκευσης, της επεξεργασίας ερωτημάτων και συναλλαγών. Μπορείτε να επιλέξετε να χρησιμοποιήσετε το Κεφάλαιο 20 παραλείποντας το Κεφάλαιο 21 έως το Κεφάλαιο 23, εάν αναβάλετε αυτά τα τελευταία κεφάλαια σε προχωρημένο μάθημα.
- Μέρος 11 (online κεφάλαια). Κεφάλαιο 27. Αυτό το κεφάλαιο μπορεί να καλυφθεί αμέσως μετά το Κεφάλαιο 2, πριν από την SQL. Εναλλακτικά, το κεφάλαιο αυτό μπορεί να παραλειφθεί από ένα εισαγωγικό μάθημα. Τα άλλα πέντε ηλεκτρονικά κεφάλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικό αυτο-μελέτης ή να παραλειφθούν από ένα εισαγωγικό μάθημα.

Μπορείτε να βρείτε μοντέλα ύλης μαθημάτων, που βασίζονται στο βιβλίο, στο δικτυακό τόπο του βιβλίου.

Δικτυακός Τόπος και Συμπληρωματικά Στοιχεία Εκπαίδευσης

Ο δικτυακός τόπος του βιβλίου είναι διαθέσιμος στο URL: db-book.com. Ο δικτυακός τόπος περιέχει:

- Διαφάνειες που καλύπτουν όλα τα κεφάλαια του βιβλίου.
- Απαντήσεις στις ασκήσεις πρακτικής εξάσκησης.
- Τα έξι online παραρτήματα.
- Εργαστηριακό υλικό, συμπεριλαμβανομένων των SQL DDL εντολών και δειγμάτων δεδομένων για το σχήμα του Πανεπιστημίου και για άλλες σχέσεις που χρησιμοποιούνται σε ασκήσεις και οδηγίες πώς να διαμορφώσετε και να χρησιμοποιήσετε διάφορα συστήματα και εργαλεία βάσεων δεδομένων.
- Μία ενημερωμένη λίστα λαθών του βιβλίου.

Το παρακάτω πρόσθετο υλικό είναι διαθέσιμο μόνο σε καθηγητές:

- Ένα εγχειρίδιο καθηγητή που περιέχει τις λύσεις σε όλες τις ασκήσεις του βιβλίου.
- Ένα σύνολο ερωτήσεων που περιέχει πρόσθετες ασκήσεις.

Για περισσότερες πληροφορίες πώς να πάρετε ένα αντίγραφο του εγχειριδίου του καθηγητή και των πρόσθετων ερωτήσεων, στείλτε ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στο sem@mheducation.com. Ο δικτυακός τόπος της McGraw-Hill γι' αυτό το βιβλίο είναι www.mhhe.com/silberschatz.

Επικοινωνία Μαζί μας

Έχουμε καταβάλει κάθε προσπάθεια να απαλείψουμε τυπογραφικά λάθη και σφάλματα από το κείμενο, αλλά όπως και σε όλες τις νέες εκδόσεις λογισμικού, πιθανόν να υπάρχουν κάποια λάθη. Μία ενημερωμένη λίστα λαθών είναι προσπελάσιμη από το δικτυακό τόπο του βιβλίου. Θα εκτιμούσαμε αν μας ειδοποιούσατε για οποιαδήποτε λάθη ή παραλείψεις του βιβλίου που δεν είναι στην τρέχουσα λίστα.

Ευχαρίστως θα λάβουμε προτάσεις για βελτιώσεις του βιβλίου. Θα καλωσορίσουμε επίσης συμμετοχές στο δικτυακό τόπο του βιβλίου, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν άλλοι αναγνώστες, όπως ασκήσεις προγραμματισμού, προτάσεις για εργασίες, online εργαστήρια και εκπαιδεύσεις και συμβουλές εκπαίδευσης.

Τα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου θα πρέπει να στέλνονται στο db-book-authors@cs.yale.edu. Η κανονική αλληλογραφία σας θα πρέπει να στέλνεται στον Avi Silberschatz, Department of Computer Science, Yale University, 51 Prospect Street, P.O. Box 208285, New Haven, CT 06520-8285, USA.

Ευχαριστίες

Πολλά άτομα μας έχουν βοηθήσει σ' αυτήν την έβδομη έκδοση, καθώς επίσης και στις προηγούμενες έξι εκδόσεις του βιβλίου και είμαστε ευγνώμονες σε όλους.

Έβδομη Έκδοση

Ευχαριστούμε:

- Τους Ioannis Alagiannis και Renata Borovica-Gajic για το γράψιμο του Κεφαλαίου 32 για τη βάση δεδομένων PostgreSQL, που είναι διαθέσιμη online. Το κεφάλαιο έχει ξαναγραφθεί πλήρως απ' το κεφάλαιο για την PostgreSQL της 6^{ης} έκδοσης, που έγραψαν οι Anastasia Ailamaki, Sailesh Krishnamurthy, Spiros Papadimitriou, Bianca Schroeder, Karl Schnaitter και Gavin Sherry.
- Τη Judi Paige για τη βοήθειά της για τη δημιουργία εικόνων, διαφανειών και για το χεiriσμό του υλικού.
- Τον Mark Wogahn που διασφάλισε ότι το λογισμικό για την δημιουργία του βιβλίου, συμπεριλαμβανομένων των LaTeX μακροεντολών και γραμματσειρών, λειτουργήσε σωστά.

- Τον Sriram Srinivasan για συζητήσεις και επικοινωνίες που έχουν ωφελήσει πάρα πολύ τα κεφάλαια για τις παράλληλες και καταναμημένες βάσεις δεδομένων.
- Τον N. L. Sarda για τα διορατικά του σχόλια σχετικά με την έκτη έκδοση, και σε ορισμένα τμήματα της έβδομης έκδοσης.
- Τους Bikash Chandra και Venkatesh Emani για τη βοήθειά τους με ενημερώσεις για το κεφάλαιο ανάπτυξης εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας του δείγματος του κώδικα.
- Τους σπουδαστές στο IIT Bombay, ιδιαίτερα την Ashish Mithole, για τα σχόλιά τους σχετικά με τις αρχικές εκδόσεις των κεφαλαίων για τις παράλληλες και καταναμημένες βάσεις δεδομένων.
- Τους σπουδαστές στο Yale, Lehigh, και IIT Bombay, για τα σχόλιά τους σχετικά με την έκτη έκδοση.
- Τον Jeffrey Anthony, συνεταιίρο και CTO, της Synaptic και τους σπουδαστές στο Lehigh Corey Caplan (τώρα συνιδρυτή της Leavitt Innovations), Gregory Cheng, Timothy LaRowe και Aaron Rotem για σχόλια και προτάσεις που έχουν ωφελήσει το νέο κεφάλαιο για το blockchain.

Προηγούμενες Εκδόσεις

Ευχαριστούμε:

- Τον Hakan Jakobsson (Oracle), για το γράψιμο του κεφαλαίου για τη βάση δεδομένων της Oracle στην έκτη έκδοση. Τον Sriram Padmanabhan (IBM), για το γράψιμο του κεφαλαίου που περιγράφει τη βάση δεδομένων IBM DB2 στην έκτη έκδοση και Sameet Agarwal, José A. Blakeley, Thierry D' Hers, Gerald Hinson, Dirk Myers, Vaqar Pirzada, Bill Ramos, Balaji Rathakrishnan, Michael Rys, Florian Waas και Michael Zwilling για το γράψιμο του κεφαλαίου που περιγράφει τη βάση δεδομένων Microsoft SQL Server στην έκτη έκδοση και ιδιαίτερα τον José Blakeley, που δυστυχώς δεν υπάρχει πια, για το συντονισμό και την επιμέλεια του κεφαλαίου, τους César Galindo-Legaria, Goetz Graefe, Kalen Delaney και Thomas Casey για τη συμμετοχή τους στην προηγούμενη έκδοση του κεφαλαίου για τον Microsoft SQL Server. Αυτά τα κεφάλαια, ωστόσο, δεν αποτελούν μέρος της έβδομης έκδοσης.
- Τους Anastassia Ailamaki, Sailesh Krishnamurthy, Spiros Papadimitriou και Bianca Schroeder και Karl Schnaitter, και Gavin Sherry για τη σύνταξη του κεφαλαίου για την PostgreSQL στην έκτη έκδοση.
- Τον Daniel Abadi για επισκόπηση του πίνακα περιεχομένων της έκτης έκδοσης και για τη βοήθειά του στη νέα οργάνωση του βιβλίου.
- Τους Steve Dolins, University of Florida, Rolando Fernandez, George Washington University, Frantisek Franek, McMaster University, Latifur Khan, University of Texas στο Dallas, Sanjay Madria, Missouri University of Science and Technology, Aris Ouksel, University of Illinois και Richard Snodgrass, University of Waterloo, επειδή ήταν οι αναθεωρητές του βιβλίου και των οποίων τα σχόλιά τους βοήθησαν πάρα πολύ για να διαμορφώσουμε την έκτη έκδοση.

- Την Judi Paige για τη βοήθειά της στη δημιουργία των εικόνων και των διαφανειών.
- Τον Mark Wogahn που εξασφάλισε ότι το λογισμικό που απαιτούνταν για την παραγωγή του βιβλίου, όπως και οι LaTeX μακροεντολές και γραμματσοειρές, δούλευαν σωστά.
- Τον N. L. Sarda για την επικοινωνία του που μας βοήθησε να βελτιώσουμε αρκετά κεφάλαια, τον Vikram Pudi που μας παρακίνησε να αντικαταστήσουμε το προηγούμενο σχήμα της τράπεζας και τον Shetal Shah για τα σχόλιά του σε διάφορα κεφάλαια.
- Τους σπουδαστές στο Yale, Lehigh και IIT Bombay, για τα σχόλιά τους στην πέμπτη έκδοση, καθώς επίσης και για τις αρχικές εκτυπώσεις της έκτης έκδοσης.
- Τον Chen Li και Sharad Mehrotra για το υλικό για την JDBC και την ασφάλεια στην πέμπτη έκδοση.
- Τους Marilyn Turnamian και Nandprasad Joshi για τη γραμματειακή βοήθειά τους για την πέμπτη έκδοση και την Marilyn που προετοίμασε επίσης ένα πρόχειρο σχέδιο του εξώφυλλου της πέμπτης έκδοσης.
- Την Lyn Dupri που διόρθωσε την τρίτη έκδοση και την Sara Strandtman που επιμελήθηκε το κείμενο της τρίτης έκδοσης.
- Τους Nilesh Dalvi, Sumit Sanghai, Gaurav Bhalotia, Arvind Hulgeri K. V. Raghavan, Prateek Kapadia, Sara Strandtman, Greg Speegle και Dawn Bezviner βοήθησαν να προετοιμαστεί το εγχειρίδιο καθηγητή προηγούμενων εκδόσεων.
- Η ιδέα της χρήσης πλοίων στο εξώφυλλο ήταν ιδέα, που προτάθηκε αρχικά απ' τον Bruce Stephan.
- Τα παρακάτω άτομα έκαναν συστάσεις και σχόλια για την πέμπτη έκδοση και για προηγούμενες εκδόσεις του βιβλίου. R. B. Abhyankar, Hani Abu-Salem, Jamel R. Alsabbagh, Raj Ashar, Don Batory, Phil Bernhard, Christian Breimann, Gavin M. Bierman, Janek Bogucki, Haran Boral, Paul Bourgeois, Phil Bohannon, Robert Brazile, Yuri Breitbart, Ramzi Bualuan, Michael Carey, Soumen Chakrabarti, Tom Chappell, Zhengxin Chen, Y. C. Chin, Jan Chomicki, Laurens Damen, Prasanna Dhandapani, Qin Ding, Valentin Dinu, J. Edwards, Christos Faloutsos, Homma Farian, Alan Fekete, Frantisek Franek, Shashi Gadia, Hector Garcia-Molina, Goetz Graefe, Jim Gray, Le Gruenwald, Eitan M. Gurari, William Hankley, Bruce Hillyer, Ron Hitchens, Chad Hogg, Arvind Hulgeri, Yannis Ioannidis, Zheng Jiaping, Randy M. Kaplan, Graham J. L.Kemp, Rami Khouri, Hyoung-Joo Kim, Won Kim, Henry Korth (πατέρας του Henry F.), Carol Kroll, Hae Choon Lee, Sang-Won Lee, Irwin Levinstein, Mark Llewellyn, Gary Lindstrom, Ling Liu, Dave Maier, Keith Marzullo, Marty Maskarinec, Fletcher Mattox, Sharad Mehrotra, Jim Melton, Alberto Mendelzon, Ami Motro, Bhagirath Narahari, Yiu-Kai Dennis Ng, Thanh-Duy Nguyen, Anil Nigam, Cyril Orji, Meral Ozsoyoglu, D. B. Phatak, Juan Altmayer Pizzorno, Bruce Porter, Sunil Prabhakar, Jim Peterson, K. V. Raghavan, Nahid Rahman, Rajarshi Rakshit, Krithi Ramamritham, Mike Reiter, Greg Riccardi, Odinaldo Rodriguez, Mark Roth, Marek Rusinkiewicz, Michael Rys, Sunita Sarawagi, N. L. Sarda, Patrick Schmid, Nikhil Sethi, S. Seshadri, Stewart Shen,

Shashi Shekhar, Amit Sheth, Max Smolens, Nandit Soparkar, Greg Speegle, Jeff Storey, Dilys Thomas, Prem Thomas, Tim Wahls, Anita Whitehall, Christopher Wilson, Marianne Winslett, Weining Zhang και Liu Zhenming.

Προσωπικές Σημειώσεις

Ο Sudarshan θα ήθελε να ευχαριστήσει τη γυναίκα του Sita, για την αγάπη, την υπομονή και την υποστήριξή της και τα παιδιά Madhur και Advait για την αγάπη τους και την χαρά που του προσφέρουν. Ο Hank θα ήθελε να ευχαριστήσει τη γυναίκα του Joan και τα παιδιά τους Abby και Joe, για την αγάπη και κατανόησή τους. Ο Avi θα ήθελε να ευχαριστήσει τη Valerie για την αγάπη, υπομονή και υποστήριξή της στην διάρκεια της έκδοσης αυτού του βιβλίου.

A. S.

H. F. K.

S. S.