# המדריך השלם

# לשפת C

## מהדורה שישית

**יש להתעלם מכל מה שקשור לתקליטור מצורף**

**קבצי המקור נמצאים באתר הוד-עמי**

**www.hod-ami.co.il**

**בקטגוריה "קבצי תרגול לספרים" יש לבחור**

**ב- 59159 כדי להוריד קובץ 59159.zip**

מוקדש באהבה **לנורית, יעל** ומשפחותינו

ולזכרו של אבי, **יונה ליכטמן** ז"ל


עורך ראשי: **יצחק עמיהוד**

עריכה מקצועית לעדכון המהדורה: **אבי בוץ**

עריכה לשונית ועיצוב: **שרה עמיהוד**

עיצוב עטיפה: **סטודיו מצגר**



**שמות מסחריים**

שמות המוצרים והשירותים המוזכרים בספר הינם שמות מסחריים רשומים של החברות שלהם. הוצאת הוד-עמי עשתה כמיטב יכולתה למסור מידע אודות השמות המסחריים המוזכרים בספר זה ולציין את שמות החברות, המוצרים והשירותים. שמות מסחריים רשומים (registered trademarks) המוזכרים בספר צוינו בהתאמה.

Borland Turbo C/C++ - מוצר של חברת Borland

MS-DOS, Windows - מוצרים של חברת Microsoft

**הודעה**

**ספר זה מיועד לתת מידע אודות מוצרים שונים. נעשו מאמצים רבים לגרום לכך שהספר יהיה שלם ואמין ככל שניתן, אך אין משתמעת מכך כל אחריות שהיא.**

**המידע ניתן "כמות שהוא" ("as is"). הוצאת הוד-עמי אינה אחראית כלפי יחיד או ארגון עבור כל אובדן או נזק אשר ייגרם, אם ייגרם, מהמידע שבספר זה, או מהתקליטור שמצורף לו.**

**לשם שטף הקריאה כתוב ספר זה בלשון זכר בלבד. ספר זה מיועד לגברים ונשים כאחד ואין בכוונתנו להפלות או לפגוע בציבור המשתמשים/ות.**



- **טלפון: 09-9564716**
- **פקס: 09-9571582**
- **דואר אלקטרוני: info@hod-ami.co.il**
- **אתר באינטרנט: http://www.hod-ami.co.il**

# המדריך השלם

# לשפת C

## מהדורה שישית

**עמית רש**

**משה ליכטמן**

הוצאת
הוד-עמי
ספרי מחשבים

# The complete Guide to the C language

6th Ed.

By

**Amit Resh**

**Moshe Lichtman**

Editor: **I. Amihud**

**(C)**

**כל הזכויות שמורות**

**הוצאת הוד-עמי**

**לספרי מחשבים בע"מ**

ת.ד. 6108 הרצליה 46160

טלפון: 09-9564716 פקס: 09-9571582

**אין להעתיק או לשדר בכל אמצעי שהוא ספר זה או קטעים ממנו בשום צורה ובשום אמצעי אלקטרוני או מכני, לרבות צילום והקלטה, אמצעי אחסון והפצת מידע, ללא אישור בכתב מאת ההוצאה, אלא לשם ציטוט קטעים קצרים בציון שם המקור.**

הודפס בישראל

**מהדורה 6 - 2000, 2001**

All Rights Reserved

**HOD-AMI Ltd.**

P.O.B. 6108, Herzliya

ISRAEL, 2000, 2001

מסת"ב ISBN 965-361-128-3

# תוכן עניינים מקוצר


הקדמה ..... 21

הנחיות לקורא ..... 23

מבוא לתכנות בשפת C ..... 29

פרק 1 אבני הבניין של השפה ..... 47

פרק 2 משפט ההצבה ומבנה התוכנית ..... 65

פרק 3 קלט ופלט באמצעות פונקציות ספריה ..... 77

פרק 4 משפטי בקרה בשפת C ..... 87

פרק 5 פונקציות ..... 111

פרק 6 מערכים ומחרוזות ..... 129

פרק 7 עיצוב תוכנית ..... 165

פרק 8 יצירת פרויקט ..... 173

פרק 9 אפיון משתנים וטווח ההכרה ..... 183

פרק 10 הגדרות קדם-מעבד ..... 195

פרק 11 מצביעים ..... 203

פרק 12 מבנים ..... 233

פרק 13 איגודים ..... 277

פרק 14 נושאים מתקדמים ..... 287

פרק 15 רקורסיה ..... 311

פרק 16 קלט/פלט וקבצים ..... 331

פרק 17 פסיקות ועבודה עם BIOS ..... 355

פרק 18 משימות ..... 365

נספח א' מבנה המחשב..... 397

נספח ב' נהלים לכתיבת תוכנית ב-C ..... 424

נספח ג' פונקציות העכבר ..... 437

נספח ד' תקציר פקודות ופונקציות (Quick Reference)..... 453

נספח ה' התקליטור המצורף וסביבת העבודה TCLite..... 469

אינדקס עברי ..... 481

אינדקס לועזי ..... 495

# תוכן העניינים

**הקדמה ..... 21**

**הנחיות לקורא ..... 23**

מבנה הספר..... 23
הערות כלליות..... 26
תוכניות, תרגילים ומשימות והתקליטור המצורף ..... 26

**מבוא לתכנות בשפת C ..... 29**

טבילת האש ..... 29
מושגים בסיסיים ..... 30
כיצד נכתוב תוכנית בשפת C ..... 30
הסבר בסיסי של פעולות קלט/פלט..... 32
הפונקציה Printf (פלט)..... 32
הפונקציה Scanf (פלט) ..... 32
תנאים..... 33
לולאות..... 35
הפקודה while ..... 35
תנאים מורכבים ..... 36
סימנים מוסכמים..... 36
משפט for ..... 38
תהליך ביצוע for ..... 39
פונקציות ..... 40
תכונות ..... 40
סוגים של פונקציות..... 41
קלט/פלט של תווים..... 44
משתנים בוליאניים ..... 46

**פרק 1 אבני הבניין של השפה ..... 47**

טיפוסים של משתנים..... 47
הגדרה משנית של טיפוסים ..... 48
מנגנון ההגדרה של טיפוסי משתנים..... 49
הגדרת משתנים ..... 50
שיטות מתן שמות משתנים ..... 51
קבועים ..... 53
קבוע מטיפוס מספרי ..... 53
קבוע מטיפוס תו ..... 54
קבוע מטיפוס מחרוזת..... 55
טיפוס enum..... 56
אופרטורים ..... 57
אופרטורים אריתמטיים ..... 57
היררכיה של פעולות אריתמטיות ..... 58
אופרטורים לוגיים..... 59
הערכת ביטוי לוגי..... 60
מילים שמורות ..... 61
הערות..... 61
תרגילים ..... 62

**פרק 2 משפט ההצבה ומבנה התוכנית ..... 65**

מבנה המשפטים ומבנה כללי של תוכנית ..... 65
משפט הצבה..... 67
הסבה בכוח..... 70
הגדלה והקטנה עצמית של משתנים..... 71
משפט הצבה מקוצר ..... 72
תרגילים ..... 73

**פרק 3 קלט ופלט באמצעות פונקציות ספריה..... 77**

קליטת תו מהמקלדת..... 78
הקרנת תו בודד על המסך..... 78
פלט לפי תבנית..... 79
תווי בקרה של הפונקציה printf()..... 81
רוחב שדה הפלט ..... 83
רוחב השדה (w) ..... 83
דיוק השדה (p) ..... 84
קלט לפי תבנית ..... 85
תרגילים ..... 85

## פרק 4 משפטי בקרה בשפת C ..... 87


משפט התנאי - IF ..... 87
IF..ELSE ..... 88
משפטי if מיוחדים ..... 91
לולאות ..... 92
משפט WHILE ..... 92
משפט DO-WHILE ..... 94
משפט FOR ..... 95
קינון משפטי for ..... 98
משפטי GOTO, CONTINUE, BREAK ..... 99
משפט BREAK ..... 99
משפט CONTINUE ..... 99
משפט GOTO ..... 100
משפט SWITCH ..... 101
הרחבה של משפט IF..ELSE ..... 104
דוגמאות נבחרות ..... 105
א. לוח הכפל ..... 105
ב. חישוב אינטגרל מסוים ..... 106
תרגילים ..... 107


## פרק 5 פונקציות ..... 111


הגדרה של פונקציה ..... 113
ערך מוחזר ..... 114
דוגמאות לפונקציות ..... 114
פונקציית כפל ..... 114
פונקציית חילוק ..... 115
פונקציית שארית ..... 115
פונקציית כפל - mult() ..... 115
פונקציית חילוק - divd() ..... 116
פונקציית שארית - rmnd() ..... 117
חזרה לפונקציית הכפל ..... 119
ערכים מוחזרים וטיפוסיהם ..... 121
פונקציות ספריה ..... 123
תרגילים ..... 124


## פרק 6 מערכים ומחרוזות ..... 129


הגדרת מערך ואתחולו ..... 129
מהו מערך? ..... 130
אתחול של מערך חד-מימדי ..... 131
דוגמאות למערכים חד-מימדיים ..... 132

מחרוזות ..... 138
כיצד נגדיר מחרוזת? ..... 138
פונקציות ספריה לטיפול במחרוזות ..... 139
הפונקציה strlen() ..... 140
הפונקציה strcmp() ..... 141
הפונקציה strcat() ..... 142
השימוש ב-Const ..... 142
מערכים רב-מימדיים ..... 143
מיון וחיפוש במערכים ..... 146
מדוע צריך חיפוש? ..... 146
מיון בועות ..... 146
כיצד יתבצע מיון זה? ..... 147
מיון מחרוזות בעזרת מערך אינדקסים ..... 149
חיפוש בינארי בשיטת "אריה במדבר" ..... 152
אתחול מערכים בערכים אקראיים ..... 156
כיצד נבצע אתחול אקראי? ..... 156
כיצד יתקבלו המספרים האקראיים? ..... 160
תרגילים ..... 160

**פרק 7 עיצוב תוכנית ..... 165**

הגדרת דרישות ..... 165
עיצוב ..... 166
עיצוב התוכנית ..... 166
עיצוב מסכים ..... 166
טכניקות עיצוב ..... 166
טכניקת "Top-Down" - "מעלה-מטה" ..... 166
טכניקת "Bottom-Up" - "מטה-מעלה" ..... 168
סיכום טכניקות עיצוב ..... 170
בחירת הכלים וקידוד מתאים ..... 170
בדיקת המערכת ..... 170
תיעוד ..... 171

**פרק 8 יצירת פרויקט ..... 173**

מהי פונקציית ספריה? ..... 173
יצירת תוכנית ממספר קובצי מקור ..... 174
מהו פרויקט? ..... 175
כיצד נבנה פרויקט ..... 175
תוכנית דוגמה לפרויקט ..... 178

**פרק 9 אפיון משתנים וטווח ההכרה ..... 183**

אפיון משתנים וטווח הכרה..... 183
משתנים אוטומטיים ..... 183
משתנים כלליים (גלובליים)..... 184
משתנים סטטיים ..... 188
משתני אוגר ..... 191
אתחול משתנים..... 193

**פרק 10 הגדרות קדם-מעבד ..... 195**

הכללת קבצים ..... 196
עיבוד והחלפה של הגדרות מאקרו ..... 196
הידור מותנה..... 199

**פרק 11 מצביעים ..... 203**

מצביעים וכתובות זיכרון ..... 203
מצביעים ומערכים..... 209
אריתמטיקה של מצביעים ..... 211
מצביעים וערכי פונקציות..... 213
מצביעים למחרוזות ושימושים בפונקציות..... 216
פונקציה למדידת אורך של מחרוזת..... 217
פונקציה להעתקת מחרוזת..... 219
פונקציה להשוואת מחרוזות..... 220
פונקציה לצירוף מחרוזות..... 221
מערכים של מצביעים..... 222
מצביעים למצביעים ..... 224
מצביעים לפונקציות..... 227
תרגילים ..... 231

**פרק 12 מבנים ..... 233**

תיאור והגדרה של מבנים ..... 233
אתחול מבנים ..... 237
מצביעים למבנים ..... 238
מצביעים למבנים כערכים לפונקציות..... 239
תכנון ראשוני, הגדרת מטרות התוכנית..... 240
פונקציות שירות בסיסיות..... 240
תוכנית לבדיקת פונקציות השירות..... 241
מערכים של מבנים..... 242
פונקציה לאיתור מוצר ..... 245
אתחול מערך של מבנים..... 245

חבילת תוכנה לניהול בית כל-בו..... 247
עדכון מחיר של מוצר..... 249
עדכון כמות המלאי..... 250
עדכון כמות שהתקבלה..... 250
בדיקת חוקיות של תו "סוג פעולה"..... 250
מבנים בתוך מבנים - דוגמת יישום..... 251
תוכנית לרישום נוכחות וחישובי שכר..... 251
מבנה "יום עבודה"..... 251
תכנון ראשוני - תיאור כללי של המערכת..... 252
תיאור של הפונקציות..... 253
פונקציות השירות של התוכנית..... 254
מבנים המתייחסים לעצמם - רשימה מקושרת ..... 256
רשימה מקושרת ..... 257
אלפון טלפונים - תרגול..... 258
הוספת מבנה ..... 259
איתור מקום ההוספה ..... 262
הוספת פרטים..... 263
הגדרת טיפוס חדש בתצורה מורכבת ..... 264
רשימה מקושרת דו-כיוונית..... 265
תרגילים ..... 273

**פרק 13 איגודים ..... 277**

הגדרה של איגוד ..... 277
שיבוץ איגוד בתוך מבנה ..... 279
דוגמה לשימוש באיגוד ..... 280
תכנון הפונקציות..... 282
תרגילים ..... 286

**פרק 14 נושאים מתקדמים ..... 287**

תוכניות עם פרמטרים..... 287
מצביעים לכתובת המסך ..... 290
כיצד מחולק המסך ..... 291
חיפוש ומיון בעזרת פונקציות ספריה ..... 292
מיון מהיר ..... 292
חיפוש בינארי ..... 294
פונקציה בעלת מספר משתנה של פרמטרים..... 296
הקצאת זיכרון דינמית ..... 298
sizeof()..... 299
הפונקציה malloc()..... 300
הפונקציה calloc ..... 301
הפונקציה free ..... 301

עבודה בסיביות ..... 303
פעולות הזזה בסיביות..... 305
תרגילים ..... 310

## פרק 15 רקורסיה ..... 311

הפעלה של פונקציה רקורסיבית..... 311
מנגנון הרקורסיה ..... 315
ערך מוחזר מפונקציה רקורסיבית ..... 315
עקרונות תכנון של פונקציות רקורסיביות..... 317
בעיות ופתרונן ברקורסיה..... 318
עצים בינאריים..... 321
מגדלי האנוי..... 326
תרגילים ..... 328

## פרק 16 קלט/פלט וקבצים ..... 331

ארגון הנתונים בזיכרון משני ..... 332
שיטות גישה לקבצים..... 334
פונקציות קלט/פלט עם מאגר ..... 336
פתיחה וסגירה של קבצים..... 336
קריאה וכתיבה של תווים בודדים..... 339
קובצי תמליל..... 340
מסוף המחשב כקובץ סטנדרטי..... 342
קלט/פלט עם פורמט..... 343
גישה אקראית לקבצים עם מאגר ..... 344
פונקציות קלט/פלט ללא מאגר ..... 345
פתיחה וסגירה של קבצים..... 345
פונקציות לקריאה וכתיבה..... 346
גישה אקראית לקובץ ללא מאגר ..... 348
קבצים ללא מאגר ומסוף המחשב..... 348
ניתוב מחודש של קלט/פלט סטנדרטי (redirection)..... 349
מבנה קובץ DOS..... 351
תרגילים ..... 353

## פרק 17 פסיקות ועבודה עם BIOS ..... 355

הפונקציה int86() ..... 356
הספריה bios.h..... 360

## פרק 18 משימות ..... 365

פרק 4 ..... 365
פרק 5 ..... 366

פרק 6 ..... 368
פרק 11 ..... 373
פרק 12 ..... 387
פרק 13 ..... 388
פרק 15 ..... 390
פרק 16 ..... 392

## נספח א' מבנה המחשב ..... 397

שפת תכנות והידור ..... 397
הגדרות בסיסיות ..... 398
יחידת העיבוד המרכזית - יע"מ - CPU ..... 400
המסכם - Adder ..... 400
האוגרים הכלליים - General Purpose Registers ..... 400
אוגר דגלים ..... 401
אוגר מצב - Condition Code Register ..... 402
אוגר הפקודה - Instruction Register ..... 402
מונה הפקודות - Program Counter ..... 403
בקרה - Control ..... 403
פסיקות (Interrupts) ..... 404
השלם מורכב מחלקיו - היע"מ ..... 404
מערך הזיכרון ..... 405
אוגר כתובת זיכרון - Memory Address Register ..... 406
סוגי זיכרון ..... 408
אפיק הנתונים והעולם החיצון ..... 408
יחידות קלט/פלט - Input/Output ..... 408
גישה למרחב הקלט/פלט ..... 409
שיטות לייצוג נתונים בשפת C ..... 410
ייצוג דצימלי (עשרוני) ..... 410
ייצוג בינארי ..... 411
הפיכת ייצוג עשרוני לייצוג בינארי ..... 412
ייצוג מספרים בינאריים שליליים ..... 412
שיטת משלים-2 ..... 412
תכונות של מספרים בינאריים ..... 413
ייצוג הקסדצימלי ואוקטלי ..... 414
חיבור מספרים ..... 416
קוד ייצוג תווים ..... 416
תקן ASCII - American Standard Code for Information Interchange ..... 417
תקן EBCDIC - Extended Binary Coded Decimal Interchange Code ..... 417
טבלת קוד ASCII ..... 418

## נספח ב' נהלים לכתיבת תוכנית ב-C ..... 424


מטרה ..... 424
גופן הכתיבה והבחנה בין סוגי אותיות ..... 424
סוגי קבצים ושמות קבצים ..... 425
קובצי קוד (source) ..... 425
קובצי כותרת (header) - קובצי include פרטיים ..... 425
קובצי כותרת (header) - קובצי include לשימוש הכלל ..... 425
שמות מזהים (identifiers) ..... 425
משתנים מקומיים ..... 425
משתנים גלובליים ..... 425
מאקרו - הגדרות #define ..... 426
פונקציות מקומיות - static ..... 426
פונקציות גלובליות ..... 426
איברים ב-struct או union ..... 426
איברים ב-enum ..... 426
הזחת הקוד ..... 426
ריווח בין פקודות ..... 428
פקודות בתוכנית ..... 429
goto, continue ..... 429
break ..... 429
switch ..... 429
for ..... 429
לולאות do..while, while, for ..... 429
קינון פקודות בקרה - do..while, while, for, else, if ..... 430
הגדרת משתנים ..... 430
הגדרת קבועים ..... 430
הגדרות מאקרו - #define ..... 431
כתיבת ביטויים ..... 431
כתיבת פונקציות ..... 431
הגדרת פונקציות ..... 431
ערך המוחזר מפונקציה ..... 432
העברת פרמטרים לפונקציה ..... 432
תיעוד קובץ קוד ..... 433
תיעוד פונקציה ..... 433
תיעוד של קטע קוד ..... 435
שימוש במשאבים ..... 436
הידור ..... 436

## נספח ג' פונקציות העכבר ..... 437


המסך הווירטואלי של העכבר ..... 437
קלוט את סטטוס העכבר : mouse_status() ..... 438
הדלק את סמן העכבר : move_cursor_on() ..... 439
כבה את סמן העכבר : mouse_cursor_off() ..... 440
קרא את המיקום והסטטוס של העכבר : read_mouse() ..... 441
קרא את לחצן העכבר : mouse_press() ..... 442
קרא את שחרור לחצן העכבר : mouse_release() ..... 443
קבע תחום אנכי לתנועת העכבר : mouse_vrange() ..... 445
קבע תחום אופקי לתנועת העכבר : mouse_hrange() ..... 446
קבע את מיקום העכבר : set_mouse() ..... 447
קבע סמן טקסט : mouse_cursor_t() ..... 447
קבע סמן גרפיקה : mouse_cursor_g() ..... 450
ספור את תנועות העכבר : mouse_counters() ..... 451


## נספח ד' תקציר פקודות ופונקציות (Quick Reference) ..... 453


מבוא ..... 453
הגדרות כלליות : טיפוסים, משתנים, קבועים, מצביעים, מערכים ..... 454
אופרטור, ביטוי, מבנה, איגוד ..... 456
משפטים ..... 458
פונקציות ..... 460
פונקציות ספריה ..... 461
קדם מעבד ..... 466


## נספח ה' התקליטור המצורף וסביבת העבודה TCLite ..... 469


התיקיות הרלוונטיות לספר ..... 470
הפעלת התקליטור ..... 470
קטלוג ספרים ..... 470
קוד המקור ..... 471
תוכנת TCLite ..... 472
התקנת התוכנה ..... 472
הפעלת התוכנה ..... 473
הרצת תוכניות ..... 473
הרצת תוכנית עם TCLite ..... 474
מה עוד בתקליטור? ..... 476
התוכנות המומלצות להתקנה ..... 476
Adobe Acrobat Reader ..... 477
שאלות נפוצות ..... 477
צור קשר ..... 478

**אינדקס עברי ..... 481**

**אינדקס לועזי ..... 495**

קורא יקר, שים לב!

התוכניות הורצו בהצלחה בתוכנה המצורפת TCLite, וגם במהדורים שלמים.

לעיתים תמצא הבדל בין אותה תוכנית הנמצאת בתקליטור לבין התוכנית בספר. דבר זה נובע מכך שהתוכנית בספר מוצגת בחלקים לצורך ההסבר.

"הספריה הסטנדרטית" אינה כה סטנדרטית ולכן, למשל, בעוד שבמהדר השלם פונקציות מסוימות (כדוגמת getch()) נמצאת בספריה stdio, במהדר TCLite היא נמצאת בספריה conio. לפיכך, צריך לכתוב גם את הספריה conio בפקודה #include.

אם תמצא שגיאה בתוכנית כלשהי נשמח לשמוע על כך ולבאג לתיקונה במהדורה הבאה.

# הקדמה

שפת C פותחה בראשית שנות ה-70 על ידי דניס ריצ׳י (Dennis M. Ritchie) ממעבדות Bell שבארה״ב. שמה ניתן לה עקב היותה ״צאצא״ ישיר של שפת התכנות B, שנכתבה בשנת 1970 על ידי קן תומפסון (Ken Thompson) עבור מחשב PDP-7.

לשפת C קשר הדוק עם מערכת ההפעלה UNIX, שעבורה פותחה השפה לראשונה. ואמנם, מערכת ההפעלה UNIX ותוכנות העזר שלה נכתבו רובן בשפת C. במקורה נועדה שפת C לפיתוח מערכות הפעלה ומהדרים אחרים, אולם במשך הזמן היא נמצאה מתאימה לכתיבת תוכניות בתחומים רבים אחרים, הן בעיבוד נתונים והן במערכות הנדסיות ויישומי בקרה וזמן-אמת. שפת C רכשה לעצמה אוהדים רבים תוך מספר שנים מועט, וכיום היא אחת השפות הנפוצות ברוב מערכות המחשב הקיימות.

שפת C הינה שפה קלה יחסית ללימוד ונוחה לתכנות. השפה מאפשרת פקודות בקרה מובנות ונוחות לשימוש, ביטויים מתומצתים ושימוש באופרטורים רבים בכמה רמות היראַרכיה.

אחד המאפיינים הבולטים של שפת C הוא הצמצום שלה. השפה מכילה מעט פקודות, מספר קטן של טיפוסי משתנים ואינה כוללת פקודות קלט/פלט. תכונות אלו, הנראות במבט ראשון כחיסרון, הן אשר מקנות לשפה יתרונות רבים. בזכותן, המהדר של השפה קטן ופשוט, תוצאות ההידור לפקודות בסיסיות יעיל ביותר, כושר הניידות של השפה בין מערכות מחשב שונות ומערכות הפעלה רב, וניתן ללמוד אותה במהירות. את החסר בשפה משלימות ספריות המערכת הצמודות למהדר, אשר עליהן נרחיב את הדיבור במהלך הספר. הן מיועדות לספק שירותי קלט/פלט, טיפול במבני נתונים, ניהול הזיכרון ועוד.

בתחילה הוגדרה שפת C באופן לא רשמי על ידי יוצריה במעבדות Bell, ולמעשה היתה מיועדת לשימוש פנימי בלבד. לאחר מספר שנים, כאשר זכתה לפופולריות רבה, היא זכתה להכרה ולהגדרת תקן על ידי **ANSI** (**A**merican **N**ational **S**tandard **I**nstitute). אגב כך גם הוכנסו בה מספר הרחבות לעומת תצורתה המקורית. כיום, רוב המהדרים הקיימים לשפה מותאמים לתקן זה בדרגת תאימות גבוהה. על-כן, ניתן להעביר תוכנית הכתובה ב-C ממערכת מחשב אחת לאחרת, כמעט ללא שינויים.

שפת C מופעלת בתחנות עבודה ומיני-מחשבים של יצרנים שונים בפיקוחן של גרסאות שונות של UNIX ומערכות הפעלה אחרות המגדירות עצמן כ-UNIX (XENIX, AIX, VENIX ועוד). שפת C גם מופעלת במחשבים מרכזיים שונים ובמערכות הפעלה שאינן ממשפחת UNIX, כדוגמת מערכת VM/SP של יבמ.

מהדרי C מופעלים במחשבים אישיים תואמי יבמ תחת מערכות ההפעלה Windows MS-DOS ו-XENIX. הפופולריות הרבה של שפת C ושל מחשבי IBM-PC ותואמיהם תרמה לכך שכיום קיימים בשוק עשרות מהדרי C שונים למחשבים אישיים.

המהדרים הבולטים בשוק הם אלה של Microsoft ושל Borland ועליהם מבוסס ספר זה, ובעיקר על מהדר Borland C/C++ הנמצא בשימוש ברוב בתי התוכנה בארץ.

בתחילה, היו לשפת C אוהדים ומשתמשים רבים במוסדות להשכלה גבוהה בלבד, בהם השתמשו במערכת ההפעלה UNIX. אחר-כך הצטרפו למעגל המשתמשים בשפה מהנדסים ואנשי מדע אחרים בתחומים שונים ובעיקר מתחומי האלקטרוניקה, הבקרה ומערכות זמן אמת. בתי תוכנה גילו את היתרונות הרבים של השימוש ב-C ואימצו אותה כשפת תכנות עיקרית ליישומים שונים. התפוצה הרבה של המחשב האישי ותחנות העבודה האישיות והימצאותם של מהדרי C רבים למחשבים אלה תרמה להרחבת מעגל המשתמשים בשפה רבת עוצמה זו.

בעשור האחרון המשיכה שפת C להתפתח בכיוון של תכנות מונחה עצמים (Object Oriented) לאחר מאמץ שהוביל מדען בשם ביורן סטרוסטרופ ממעבדות AT&T (חברת הטלפונים האמריקאית המכילה את מעבדות Bell).

הגירסה של שפת C שפיתח סטרוסטרופ קיבלה את השם **++C**. הכוונה מאחורי השם שנבחר היא שפת C שקודמה לשלב הבא. פשר הבחירה בצירוף ++ יובן במהלך קריאת הספר, כאשר האופרטור ++ בשפת C יוסבר.

הפופולריות של שפת ++C קיבלה דחיפה חזקה כאשר חברת Microsoft אימצה אותה כשפת הפיתוח המרכזית של מערכת ההפעלה Windows ושל יישומים הנכתבים עבור Windows.

קיים ויכוח בעולם בין אנשי מחשבים לגבי היתרונות והחסרונות של השימוש בשפת ++C לעומת שפת C המקורית, עבור סוגי יישומים שונים. כיום מקובל לחשוב שיש יתרון ברור לשימוש ב- ++C עבור יישומי Windows ואינטרנט ואילו שפת C עדיפה ביישומי זמן אמת ומערכות משובצות מחשב. אולם הגבולות אינם חדים ובשנים האחרונות רואים נטיה גוברת לפיתוח בשת ++C, מכיון ששפה זו מבוססת על שפת C ולמעשה מהווה הרחבה שלה, על ידי תוספת של כלים התומכים בגישה מונחית עצמים. מומלץ מאוד לאנשי תוכנה המתכננים ללמוד ++C, להתחיל בלימוד שפת C. שליטה טובה בשפת C, המהווה את הבסיס לשפת ++C, תאפשר מעבר קל ונוח יותר ללימוד ++C בהמשך.

ספר זה יצא לאור לראשונה בשנת 1988 ומאז זכה לחמש מהדורות עדכון ולאלפי תלמידים מרוצים בכל רחבי הארץ. הוא גם נקבע כספר לימוד במוסדות חינוך רבים. לפניך **המהדורה השישית המורחבת**, אשר מבוססת על נסיונם הרב והמקיף של המחברים, העורכים ושל מורים רבים אשר הואילו לתרום מנסיונם בעבודה עם ספר זה. לכולם, התודה.

הספר מיועד לכל המשתמשים הקיימים והצפויים, במטרה לתת להם כלי עזר ללימוד השפה ולשיפור רמת המיומנות בהפעלתה. יופיה של השפה ועוצמת שירותיה למשתמש הינם אתגר אינטלקטואלי, אשר ראוי להתמודד איתו. תמורתו - תכנות יעיל ואלגנטי בשפת C.

# הנחיות לקורא

ספר זה מכוון ללימוד מקיף של שפת C, אשר **מתאים לקורא בעברית**, לדרך החשיבה שלו ולצורת עבודתו. במהלך הלימוד מודגשת העבודה עם טקסטים בעברית, אשר כידוע, שונה מאוד משפה לטינית ולכן מעוררת קשיים בשילובה בשפת תכנות.

הספר מיועד לתלמידי תיכון, סטודנטים, חובבי מחשב ותכנות ולמהנדסים המעוניינים ללמוד שפת תכנות, אשר תשרת אותם בעבודתם. למתחילים בתכנות, אנו ממליצים לקרוא בעיון את פרק המבוא, כדי שתכנות בכלל ושפת C לא יהיו זרים לו.

בספר כלולים דוגמאות תכנות רבות, תרשימים, הסברים מפורטים ותרגילים בכל פרק (כפי הצורך). הם מכוונים להדגיש את כל התכונות והאפשרויות של השפה ואת טכניקות התכנות האפשריות והמקובלות בה. פרק 18, משימות, מציג בפני הקורא אתגרי תכנות בדרגות קושי שונות, המותאמות לכל אחד מפרקי הספר. מומלץ לנסות ולפתור אותם תחילה, לפני שבוחנים את הפתרון.

דוגמאות התכנות המובאות בספר, הפתרונות לתרגילים (לא כולם!) ופתרונות המשימות **הורצו** במהדר Borland Turbo C/C++ Lite (נמסר באדיבות **ברק שירותי תוכנה**). התוכניות, פתרונות התרגילים והמשימות ניתנים **בתקליטור המצורף** (ראה להלן). ניתן ללמוד את השפה ולפתור את התרגילים גם באמצעות מהדרים אחרים הקיימים בשוק, ואשר עומדים לרשות הקורא.

## מבנה הספר

הספר מכיל 18 פרקים, חמישה נספחים ואינדקס כפול, בעברית ובאנגלית.

**מבוא לתכנות בשפת C** "טבילת אש". סקירת מושגי תכנות בסיסיים לטובת מתכנתים מתחילים, והדרכה לקריאת תוכנית בשפת C. בסיום הלימוד הקורא יוכל "לקרוא" תוכנית פשוטה בשפת C והיא לא תהיה זרה לו.

**פרק 1** תיאור אבני הבניין של השפה: המשתנים, הקבועים והאופרטורים והפעולות שניתן לבצע בעזרתם.

**פרק 2** הצגת משפטי התכנות ומבנה תוכנית בשפת C. תיאור משפט ההצבה המאפשר לשנות ערכי-משתנים.

**פרק 3** הסבר תמציתי על אפשרויות פעולות קלט/פלט באמצעות פונקציות ספריה סטנדרטיות. ב**פרק 16** ניתן הסבר מקיף בנושא קלט/פלט. הסבר ראשוני זה

מכוון לאפשר ביצוע פעולות קלט/פלט בסיסיות בדוגמאות ובתרגילים שבפרקים הבאים.

**פרק 4** משפטי הבקרה השונים בשפת C. באמצעות משפטים אלה ניתן להשפיע על מהלך התוכנית: לבצע התניות, לולאות והסתעפויות.

**פרק 5** תיאור הפונקציה, הגדרתה, השימוש בה והדרכים להעביר אליה פרמטרים ולקבל תוצאות. ניתנות דוגמאות לפונקציות שונות, השימוש בהן והסבר על הספריה הסטנדרטית.

**פרק 6** מבני מערכים שונים ומחרוזות. ניתן הסבר על אופן ההגדרה של מערכים ומחרוזות, אתחולם ודרכי השימוש בהם. בפרק זה גם הסבר על שיטות מיון שונות.

**פרק 7** פרק חשוב זה מדריך את הלומד לעצב את התוכנית בדרך נכונה שתקל עליו את התחזוקה בעתיד. על הקניית הרגלי תכנות טובים ראה גם **נספח ב'**.

**פרק 8** לאחר כתיבת תוכניות פשוטות מגיעים לשלב בו בונים תוכנית שלמה ממספר קובצי מקור ופונקציות ספריה - זוהי בניית "פרויקט".

**פרק 9** טווח ההכרה של משתנים בפונקציות ובקטעי תכנות שונים הינו אחד מהנושאים החשובים בתכנות. בפרק זה מוסבר אפיון המשתנים ואתחולם.

**פרק 10** תיאור משפטי הבקרה למהדר, המאפשרים ביצוע של הידור מותנה.

**פרק 11** מציג את המצביעים, המהווים ציר מרכזי בעוצמתה של שפת C. מוסברים בהרחבה מטרת השימוש במצביעים ואופן הגדרתם, שימושים שונים במצביעים ודרכים לפתור בעיות תכנות בפונקציות ובמערכים.

**פרק 12** הלומד יכיר את הדרכים ליישום מבני-נתונים מורכבים. הפרק דן באופן הגדרת המבנה, אתחולו וצורת השימוש בו, וגם מציג שימושים בסוגי מבנים שונים.

**פרק 13** האיגוד הוא מבנה נתונים משלים. פרק זה מתעכב על שימוש נפוץ באיגוד, כאשר הוא משולב בתוך מבנה.

**פרק 14** תיאור של מספר שימושים מתקדמים בשפת C: מצביעים למסך, השלמות בנושאי חיפוש ומיון, הקצאת זיכרון ועבודה בסיביות.

**פרק 15** רקורסיה היא טכניקת תכנות בעלת עוצמה רבה, אשר נתמכת היטב בשפת C. הפרק מציג שיטות לתכנון פונקציות רקורסיביות ועומד על היתרונות והאפשרויות הרבות הגלומות בהן.

**פרק 16** תיאור מפורט של פונקציות קלט/פלט ובעיקר - פונקציות של ספריות המערכת שנועדו לשימוש בקבצים. הפרק מסביר טכניקות תכנות שונות, עם מאגד ובלעדיו ועוסק גם בניתוב מחדש.

**פרק 17** שפת C מאפשרת עבודה ברמת החומרה שמשמעותה, בין השאר, גישה לפסיקות המערכת ועיבודה ברמת ה-BIOS. בנושאים אלה דן הפרק.

**פרק 18** בפרק זה רוכזו משימות התכנות, בחלוקה לפי פרקי הספר (פרט לפרקים הראשונים). בכל משימה מוגדרת הבעיה שיש לפתור, או התוכנית לביצוע, והיא מלווה בדברי הסבר ולעיתים המלצה לדרך הפתרון. רוב המשימות פתורות ומוצגות כתוכניות מוכנות בתקליטור המצורף לספר.

**נספח א'** בנספח זה מוצג תיאור כללי של מבנה המחשב. מוסברים היחידות הפנימיות במעבד ועקרונות פעולתם, מבלי להיכנס להסברים מפורטים המצריכים ידע באלקטרוניקה. הקורא יוכל למצוא בנספח זה הסבר מהותי למושגים בסיסיים במבנה המחשב כגון: מעבד, זיכרון, אוגרים, אפיק, פסיקות ועוד. ניתן הסבר על שיטות ייצוג נתונים וארית‍מטיקה בבסיס בינארי ובבסיס הקסדצימלי, וגם על תקני ASCII.

נספח זה מיועד לרענן מושגים מסוימים במבנה המחשב, אשר התייחסנו אליהם במהלך הלימוד של השפה ולטובת אלה שמתכנתים ברמת החומרה.

**נספח ב'** כתיבת תוכנית נחשבה בעבר אומנות ויש עדיין הסבורים כך. אולם עם זאת, אפשר להקנות לתכנות הרגלי עבודה נכונים כדי שהתוכנית לא תישאר נחלתו של הכותב אותה בלבד, אלא תוכל להיות קריאה ומובנת לו בעתיד, וגם לאחרים שעשויים להיות מעורבים בתחזוקה שלה במועד אחר. התיעוד הוא אחד מאבני הנגף החמורים בתחזוקת תוכנה, ונספח זה מיועד לתרום לשיפור.

**נספח ג'** העכבר הינו אחד מהתקני המחשב החיוניים. שליטה בו וניצול יכולתו הינם דרישת קדם בתוכניות רבות. קבוצת הפונקציות בנספח זה מכסה את רוב הפעולות הדרושות.

**נספח ד'** הקורא מקבל בתקציר זה רשימה מרוכזת של ההגדרות והפקודות בשפת C. יש בו גם תיאור קצר של פונקציות הספריה החשובות והפקודות המיוחדות של **קדם המעבד** (pre processor), בהן משתמשים במהלך הלימוד בספר.

**נספח ה'** הסבר **מפורט** על תוכן התקליטור ועל סביבת העבודה **TCLite. אל תפעיל את התקליטור** בטרם קראת בעיון את ההוראות. כך תחסוך מעצמך עוגמת נפש וטרחה מיותרת בעת שיבושים שעלולים להיות.

**אינדקס** האינדקס מוצג בשני מיונים: עברית ואנגלית, כדי להקל על הלומד והמעיין בספר.

# הערות כלליות

במהלך הספר נקטנו במספר כללים כדי לפשט הסברים ודוגמאות:

א. ברוב תוכניות הדוגמה קבענו "**מספרי שורות**" לשורות הקוד, כדי שניתן יהיה להתייחס לשורה מסוימת או לקבוצת שורות בהסבר הניתן בהמשך. מספור זה **אינו** קיים בתוכנית המעשית וגם **אסור** לכתוב אותו, כי אינו חלק מהשפה.

ב. בהגדרה פורמלית של פקודות ומשפטי בקרה השתמשנו בסימנים < > כדי לתחום מרכיב מסוים בפקודה. תוכן הסימנים מסביר את המשמעות של אותו מרכיב.

ג. בחלק מהדוגמאות נאלצנו לפצל שורה מסוימת בגלל מגבלת רוחב הדף. פיצול זה אינו חלק מהשפה ואינו הכרחי בתוכנית מעשית. אדרבא, רצוי לכתוב את הפקודה בשורה רצופה. עם זאת, אנו ממליצים לכתוב שורות קוד קצרות, כדי להקל עלינו את הכתיבה, ההבנה והשליטה בתוכנית.

# תוכניות, תרגילים ומשימות והתקליטור המצורף

**התרגילים** שבסוף פרקי הלימוד מייצגים קשת רחבה של בעיות, ולפתרונם יש להשתמש במשפטים ובטכניקות שנלמדו באותו פרק. אין לנו ספק, שפתרון תרגילים אלה ישמש נדבך נוסף של ניסיון הנרכש בשפת C שאפשר יהיה לנצל אותו לאחר מכן גם בעבודה מעשית.

במהלך הלימוד יש הפנייה ל**משימות** מתקדמות המפורטות בפרק 18. במשימות אלו מוגדרות בעיות שפתרונן דורש כתיבת תוכנית מחשב מורכבת יותר מזו שנדרשת בתרגילים השוטפים. לעיתים ניתן גם הסבר מפורט עבור הלומד, הכולל רקע והצעות לשיטת הפתרון. **הדגשנו את השימוש בשפה העברית**, כדי להדריך את הקורא לקראת עבודה מעשית. אנו ממליצים להתמודד עם משימות אלו במהלך לימוד הספר, שכן הדרך הטובה ביותר ללמוד שפת תכנות, היא באמצעות תרגול התכנות וההרצה במחשב.

לרוב התרגילים והמשימות הכנו פתרונות, המצויים ב**תקליטור** המצורף, כדי לסייע ללומד ולחלץ אותו אם נתקל בקושי כלשהו. אנו ממליצים בפניך הקורא, לנסות ולהתמודד עם הבעיה בטרם תעיין בפתרון המצורף. בסיום תוכל להריץ את הפתרון המוצע, להשוות אותו עם שלך ולראות היבט נוסף לפתרון של בעיה נתונה.

יש משימות המסתמכות על התוצאות של משימות קודמות. במקרה כזה תוכל להיעזר בפתרונות המצורפים, באם לא הצלחת לפתור משימה בשלמותה.