

ویراست دوم

# ساختمان داده‌ها در C++

مؤلف:

دکتر عین‌الله جعفرنژاد خدی  
(عضو هیأت علمی جهاد دانشگاهی)



علوم رایانه

|                     |                                                                       |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | : جعفر نژاد قمی، عین الله، ۱۳۳۹ -                                     |
| عنوان و نام پدیدآور | : ساختمان داده‌ها در ++C / مولف عین الله جعفر نژاد قمی.               |
| وضعیت ویراست        | : ویراست ۲.                                                           |
| مشخصات نشر          | : بابل: علوم رایانه، ۱۳۹۹.                                            |
| مشخصات ظاهری        | : ۲۹۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.                                         |
| شابک                | : ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۵-۱۵۸-۵                                                   |
| وضعیت فهرست نویسی   | : فیپا                                                                |
| یادداشت             | : ویراست قبلی کتاب حاضر توسط علوم رایانه، ۱۳۸۲ (۴۱۶ ص) منتشر شده است. |
| یادداشت             | : واژه‌نامه.                                                          |
| یادداشت             | : کتابنامه.                                                           |
| موضوع               | : سی ++ (زبان برنامه نویسی کامپیوتر)                                  |
| موضوع               | : ++C (Computer program language)                                     |
| موضوع               | : ساختار داده‌ها                                                      |
| موضوع               | : Data structures (Computer science)                                  |
| رده بندی کنگره      | : Q۸۷ /۹                                                              |
| رده بندی دیویی      | : ۰۰۵/۰۲                                                              |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۶۱۵۰۷۰۳                                                             |

این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و سرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه‌ی مولف (ناشر) نشر یا پیش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



علوم رایانه

www.olomrayaneh.net

بابل، صندوق پستی ۸۹۱-۴۷۱۳۵

تلفن: ۰۱۱-۳۲۳۶۰۷۷۲

ساختمان داده‌ها در ++C (ویراست دوم)

تألیف: دکتر عین الله جعفر نژاد قمی

چاپ اول

بهار ۱۳۹۹

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۴۵۰۰ تومان

چاپ و صحافی: چاپ دیجیتال میلاد بابل

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۵-۱۵۸-۵

نشانی: بابل، خیابان شریعتی، مجتمع میلاد، واحد ۱۷

حروفچینی و صفحه‌آرایی: علوم رایانه

این کتاب با کاغذ حمایتی منتشر شده است.

# فهرست مطالب

## فصل اول : مقدمه‌ای بر ساختمان داده‌ها و الگوریتم‌ها

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| ۷  | ۱-۱. تعریف ساختمان داده          |
| ۸  | ۲-۱. انواع ساختمان داده‌ها       |
| ۹  | ۳-۱. معرفی مختصر ساختمان داده‌ها |
| ۱۱ | ۴-۱. اعمال روی ساختمان داده‌ها   |
| ۱۲ | ۵-۱. مفهوم انتزاع                |
| ۱۳ | ۶-۱. انواع داده انتزاعی          |
| ۱۴ | ۷-۱. الگوریتم‌ها                 |
| ۲۸ | ۸-۱. تمرین‌ها                    |

## فصل دوم : آرایه‌ها

|    |                                         |
|----|-----------------------------------------|
| ۲۹ | ۱-۲. آرایه به عنوان نوع داده‌ی (A)T     |
| ۳۸ | ۲-۲. آرایه‌های دوبعدی                   |
| ۴۷ | ۳-۲. ماتریس‌های پایین‌مثلثی و بالامثلثی |
| ۴۸ | ۴-۲. آرایه‌های چندبُعدی                 |
| ۵۰ | ۵-۲. مشکلات آرایه                       |
| ۵۰ | ۶-۲. تمرین‌ها                           |
| ۵۲ | ۷-۲. پروژه‌های برنامه‌نویسی             |

## فصل سوم : لیست‌های پیوندی

|    |                                                  |
|----|--------------------------------------------------|
| ۵۴ | ۱-۳. ساختار لیست پیوندی                          |
| ۵۵ | ۲-۳. طراحی و ساخت کلاس لیست پیوندی               |
| ۵۸ | ۳-۳. تخصیص و آزادسازی حافظه                      |
| ۵۹ | ۴-۳. پیاده‌سازی اعمال لیست                       |
| ۶۷ | ۵-۳. لیست‌های پیوندی با گره‌های رأس و انتهایی    |
| ۶۸ | ۶-۳. لیست‌های پیوندی حلقوی                       |
| ۷۲ | ۷-۳. لیست‌های دو پیوندی                          |
| ۷۶ | ۸-۳. کاربرد لیست دو پیوندی: جمع دو عدد صحیح بزرگ |
| ۷۸ | ۹-۳. پیاده‌سازی پیوندی چندجمله‌ای اسپارس         |
| ۸۳ | ۱۰-۳. چندجمله‌ای چندمتغیره                       |
| ۸۳ | ۱۱-۳. نمایش ماتریس اسپارس با لیست پیوندی         |
| ۸۶ | ۱۲-۳. تمرین‌ها                                   |
| ۸۸ | ۱۳-۳. پروژه‌های برنامه‌نویسی                     |

## فصل چهارم : پشته‌ها

|    |                              |
|----|------------------------------|
| ۹۰ | ۱-۴. نوع داده‌ی انتزاعی پشته |
|----|------------------------------|

|     |                                       |
|-----|---------------------------------------|
| ۹۱  | ۲-۴. وضعیت‌های سرریز و ته‌ریز در پشته |
| ۹۱  | ۳-۴. پیاده‌سازی پشته                  |
| ۹۲  | ۴-۴. پیاده‌سازی پشته با آرایه         |
| ۹۲  | ۵-۴. طراحی و ساخت کلاس پشته           |
| ۹۷  | ۶-۴. پیاده‌سازی پیوندی پشته           |
| ۱۰۱ | ۷-۴. کاربردهای پشته                   |
| ۱۱۱ | ۸-۴. تمرین‌ها                         |
| ۱۱۲ | ۹-۴. پروژه‌های برنامه‌نویسی           |

## فصل پنجم: صف‌ها

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| ۱۱۵ | ۱-۵. نوع داده‌ی نزاع صف             |
| ۱۱۶ | ۲-۵. وضعیت‌های سرریز و ته‌ریز در صف |
| ۱۱۶ | ۳-۵. پیاده‌سازی و طراحی صف          |
| ۱۲۰ | ۴-۵. مشکلات پیاده‌سازی صف با آرایه  |
| ۱۲۲ | ۵-۵. پیاده‌سازی صف حلقه‌ای          |
| ۱۲۷ | ۶-۵. صف اولویت                      |
| ۱۲۸ | ۷-۵. پیاده‌سازی صف اولویت           |
| ۱۳۳ | ۸-۵. پیاده‌سازی صف با لیست پیوندی   |
| ۱۳۶ | ۹-۵. کاربردهای صف                   |
| ۱۴۱ | ۱۰-۵. تمرین‌ها                      |
| ۱۴۱ | ۱۱-۵. پروژه‌های برنامه‌نویسی        |

## فصل ششم: درختان

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۱۴۴ | ۱-۶. اصطلاحات درختان                          |
| ۱۴۶ | ۲-۶. مفهوم درختان دودویی                      |
| ۱۵۰ | ۳-۶. پیاده‌سازی درختان دودویی                 |
| ۱۵۶ | ۴-۶. ساخت درخت دودویی با استفاده از پیمایش آن |
| ۱۵۸ | ۵-۶. ادغام دو درخت دودویی                     |
| ۱۶۰ | ۶-۶. انواع درختان دودویی                      |
| ۱۶۰ | ۷-۶. درخت جستجوی دودویی                       |
| ۱۷۲ | ۸-۶. درخت جستجوی دودویی نخی                   |
| ۱۷۹ | ۹-۶. درختان جستجوی دودویی متوازن              |
| ۱۹۰ | ۱۰-۶. درخت عبارت دودویی                       |
| ۱۹۵ | ۱۱-۶. درخت تصمیم دودویی                       |
| ۱۹۶ | ۱۲-۶. درختان هرمی                             |
| ۲۰۱ | ۱۳-۶. کاربرد درختان دودویی: رمزگذاری هافمن    |
| ۲۰۷ | ۱۴-۶. درختان عمومی                            |
| ۲۰۸ | ۱۵-۶. درختان جستجو                            |
| ۲۱۵ | ۱۶-۶. تمرین‌ها                                |
| ۲۱۵ | ۱۷-۶. پروژه‌های برنامه‌نویسی                  |

## فصل هفتم: گراف‌ها و کاربرد آن‌ها

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| ۲۱۶ | ۱-۷. گراف‌های جهت‌دار و بدون جهت   |
| ۲۱۷ | ۲-۷. اصطلاحات گراف                 |
| ۲۱۹ | ۳-۷. گراف وزن‌دار                  |
| ۲۱۹ | ۴-۷. نوع داده‌ی انتزاعی گراف       |
| ۲۲۰ | ۵-۷. پیاده‌سازی گراف               |
| ۲۲۵ | ۶-۷. پیمایش گراف                   |
| ۲۳۳ | ۷-۷. ترتیب توپولوژیکی در گراف      |
| ۲۳۵ | ۸-۷. درخت‌های پوشا و پوشی کمینه    |
| ۲۳۹ | ۹-۷. تعیین کوتاه‌ترین مسیر در گراف |
| ۲۴۳ | ۱۰-۷. تمرین‌ها                     |
| ۲۴۶ | ۱۱-۷. پروژه‌های برنامه‌ریزی        |

## فصل هشتم: مرتب‌سازی

|     |                        |
|-----|------------------------|
| ۲۴۸ | ۱-۸. مرور کلی          |
| ۲۵۰ | ۲-۸. روش‌های مرتب‌سازی |
| ۲۷۷ | ۳-۸. تمرین‌ها          |

## فصل نهم: درهم‌سازی

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| ۲۸۰ | ۱-۹. مفهوم جستجو با زمان ثابت              |
| ۲۸۱ | ۲-۹. تفاوت بین درهم‌سازی و آدرس‌دهی مستقیم |
| ۲۸۱ | ۳-۹. جدول‌های درهم                         |
| ۲۸۲ | ۴-۹. توابع درهم‌سازی                       |
| ۲۸۳ | ۵-۹. برخورد و روش‌های رفع برخورد           |
| ۲۹۲ | ۶-۹. تمرین‌ها                              |
| ۲۹۳ | واژه‌نامه انگلیسی به فارسی                 |
| ۲۹۵ | منابع و مآخذ                               |

## پیش‌گفتار

ساختمان داده‌ها عناصر اصلی علم کامپیوتر محسوب می‌شوند. چگونگی سازمان‌دهی داده‌ها برای پردازش سریع‌تر و کارآمدتر داده‌ها توسط الگوریتم‌ها، با ساختمان داده‌ها انجام می‌گیرد. در این کتاب برآنیم تا مفاهیم اصلی ساختمان داده‌ها، پیچیدگی الگوریتم‌ها و ساختمان داده‌های متداول در زبان برنامه‌سازی C++ را مورد بررسی قرار دهیم.

این کتاب شامل نه فصل می‌شود که در فصل اول به مفاهیم ساختمان داده، الگوریتم‌ها و پیچیدگی آن‌ها می‌پردازیم و نهادهای تحلیل الگوریتم‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم. فصل دوم به سادگی ساختمان داده‌ی موجود در زبان C++، یعنی آرایه و کاربردهای آن می‌پردازد و مشکلات آرایه را مورد بحث قرار می‌دهد. در فصل سوم، ساختمان داده‌ی بسیار مهم لیست پیوندی مورد بررسی قرار می‌گیرد که محدودیت‌های ساختمان داده‌ی آرایه را به خوبی برطرف می‌کند.

در فصل چهارم ساختمان داده‌ی بشته کاربردهای مهم آن در کامپیوتر مورد بررسی قرار می‌گیرد و روش‌های پیاده‌سازی آن بحث می‌شوند. فصل پنجم به مفهوم صف و آعملی می‌پردازد که می‌توان روی صف انجام داد و سپس روش‌های پیاده‌سازی این ساختمان داده بحث خواهد شد. فصل ششم به ساختمان داده‌ی جالب دیگری تحت عنوان درختان می‌پردازد؛ انواع درختان و روش‌های پیاده‌سازی آن‌ها از موضوعات بحث‌شده در این فصل است. فصل هفتم به گراف و پیاده‌سازی مختلف آن اشاره دارد. روش‌های پیمایش گراف از موضوعات مهمی است که در این فصل بررسی می‌شود. فصل هشتم به روش‌های مرتب‌سازی و تحلیل الگوریتم‌های آن می‌پردازد. در فصل نهم، موضوع مهم درهم‌سازی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. امید است این اثر نیز همچون سایر آثار انتشارات علوم رایانه مورد توجه خوانندگان محترم قرار گیرد.

بهار ۱۳۹۹

عین‌الله جعفرنژاد قمی

jghomim@gmail.com