



اصول ساختمان داده‌ها در C++

مؤلف: حسن علیزاده

۱۳۸۴

راز دانش

علیزاده، حسن. متولد سال ۱۳۵۵

اصول ساختمان داده‌ها در ++C / مؤلف: حسن علیزاده

راز دانش ۱۳۸۱

۴۹۶ صفحه

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیبا ۲-۱۴-۸۳۶۱-۹۶۴: ISBN

پشت‌نویسی جلد به انگلیسی

موضوعات:

(۱) سی++ (زبان برنامه‌نویسی کامپیوتری)

(۲) برنامه‌نویسی سیستم‌ها، الف، عنوان

۰۰۵/۴۴۶ QR ۷۶/۶۶۱/الف ۶، ع ۸

نام کتاب: اصول ساختمان داده‌ها در ++C

نویسنده: حسن علیزاده

ناشر: راز دانش ۰۱۱۱-۲۲۲۵۸۰۶

تیراژ: ۳۰۰۰

چاپخانه: پیام

طرح جلد: کاسپین گرافیک ۰۱۱۱-۲۲۵۷۸۱۲

شابک: ۹۶۴-۸۳۶۱-۱۴-۲

قیمت: ۳۵۰۰ تومان

مرکز پخش: ساری - مرکز آموزش عالی قدسیه - تلفن: ۰۷-۳۷۲۲۳۶۶-۱۵۲

بابل - دفتر انتشارات راز دانش - تلفن: ۰۱۱۱-۲۲۲۵۸۰۶

پیشگفتار

امروزه واژه‌هایی چون فناوری اطلاعات، مهندسی اطلاعات، مهندسی داده‌ها و بسیاری واژه‌هایی دیگر از این دست بسیار شنیده می‌شود و تبدیل به بحث رایج محافل علمی و فنی امروز گشته است. بگونه‌ای که می‌توان عصر حاضر را عصر اطلاعات نامید، عصری که در آن بشر توانسته است بر اطلاعات و داده‌های جهان اطراف خویش تسلط یافته و آنها را تحت مدیریت خویش درآورد. در این بین، کامپیوتر و به ویژه نرم‌افزار به عنوان ابزاری بسیار کارآمد جهت مدیریت داده‌ها جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است.

ساختمان داده‌ها به عنوان شاخه‌ای از مهندسی داده‌ها یکی از دروس تخصصی در گرایش‌های مهندسی نرم‌افزار و علوم کامپیوتر است که به بررسی و تحلیل انواع مدل‌ها و ساختارهای داده‌ای می‌پردازد. این شاخه در ارتباط نزدیکی با شاخه‌هایی چون طراحی الگوریتم‌ها و برنامه‌سازی پیشرفته است که هدف همه آنها طراحی و تولید یک محصول نرم‌افزاری و یا ارزیابی و بهینه‌سازی آن می‌باشد. این محصول نرم‌افزاری می‌تواند یک نرم‌افزار سیستمی، نیمه سیستمی و یا یک نرم‌افزار کاربردی باشد.

این کتاب براساس سرفصل شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جهت تدریس درس ساختمان داده‌ها در دوره کارشناسی مهندسی نرم‌افزار، علوم کامپیوتر و ریاضی کاربرد در کامپیوتر نوشته شده است. البته نگارش کتاب به گونه‌ای است که دانشجویان کاردانی نیز به راحتی می‌توانند از آن استفاده نمایند. هر چند که نگارنده به خود اجازه نمی‌دهد که نام تالیف را بر این اثر بگذارد ولی ذکر این نکته لازم است که این اثر، صرفاً ترجمه از یک مرجع خاص نبوده و در نگارش آن از مراجع معتبر گوناگونی استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به کتب مولفینی چون هورویتز - ساهنی - مهتا، تنباوم، سیمور لیپ شوتز و لاری نایهوف اشاره نمود. هر یک از این کتاب‌ها مرجع درس ساختمان داده‌ها در چندین دانشگاه معتبر جهان می‌باشد. توصیه من به دانشجویان این است که در درجه اول از این کتب جهت درک مفاهیم این درس استفاده نمایند.

به اعتقاد من زبان برنامه نویسی C++ به خاطر قدرت و قابلیت‌های مهمی که دارد، بهترین زبان برای بیان مفاهیم ساختمان داده‌ها است که از آن جمله قدرت بیان مفاهیم در کنار پیاده‌سازی به هر دو شکل ساخت‌یافته و شی‌گرا می‌باشد. در اغلب دانشگاه‌های داخل و خارج نیز از این زبان جهت تدریس درس ساختمان داده‌ها استفاده می‌شود. از طرف دیگر کتاب‌هایی که در این زمینه وجود دارد محدود بوده و تدریس هر یک از آنها مشکلاتی نیز در بردارد که عمده آن به شرح زیر می‌باشد. البته این مشکلات بیشتر از لحاظ قدرت یادگیری دانشجویان بوده و چیزی از ارزش این آثار نمی‌کاهد و استفاده از این آثار توصیه می‌گردد.

۱. برخی کتاب‌ها فقط به بیان مفاهیم و اصول ساختمان داده در قالب شبه کد پرداخته‌اند که این دسته از کتاب‌ها از لحاظ قدرت ارائه مفاهیم اساسی ساختمان داده‌ها بسیار مناسب بوده ولی از سوی دیگر دارای این عیب می‌باشند که به جزئیات پیاده‌سازی اهمیتی چندانی نمی‌دهند. این مشکل برای درس ساختمان داده که یک درس تئوری-عملی است، ضعف بزرگی محسوب می‌گردد. کتاب ساختمان داده سیمور لیپ شوتر از این دسته می‌باشد.

۲. در برخی دیگر از کتاب‌ها، بیان مفاهیم و اصول ساختمان داده‌ها کاملاً با جزئیات پیاده‌سازی ساخت‌یافته در قالب یک زبان برنامه‌نویسی مانند *C* , *Pascal* تلفیق گردیده است که این مسئله باعث کاهش قدرت فهم مسائل بنیادی گشته و آنها را در ذهن دانشجو بسیار ثقیل می‌نماید. این گونه کتاب‌ها بیشتر برای تکمیل نمودن دروسی مانند برنامه‌سازی پیشرفته مناسب می‌باشند.

۳. در گونه‌ای دیگر از کتاب‌ها مانند ساختمان داده در C++ اثر ارزشمند هوروتز-ساهنی-مهتا، از ابتدا با رویکرد شی‌گرا و براساس مفهوم کلاس‌ها و اشیاء به بیان توام مفاهیم و پیاده‌سازی پرداخته شده است که منجر به سنگینی مطالب می‌شود به ویژه اینکه اغلب دانشجویان با مفاهیم کلاس‌ها و اشیاء آشنایی چندانی ندارند.

۴. برخی کتاب‌های فارسی موجود که به شکل ترجمه می‌باشند، از نثر ساده و روشن مطالب برخوردار نمی‌باشند و بعضاً دارای ضعف ترجمه نیز می‌باشند.

در این کتاب سعی بر این بوده که معایبی که در بالا به آنها اشاره شد برطرف گردد. برای این منظور در هر مبحث ابتدا به بیان اصول و مفاهیم بنیادی ساختمان داده‌ها براساس ارائه الگوریتم یا شبه کد پرداخته شده است. و با بیانی روشن و ساده همراه با شکل‌ها و مثال‌های متنوع تکمیل گردیده است. سپس جزئیات پیاده‌سازی ساخت‌یافته همراه با نمونه برنامه‌هایی تشریح شده است. در نهایت اصول پیاده‌سازی شی‌گرا که براساس کلاس‌ها و اشیاء می‌باشد بیان شده است. و نمونه برنامه‌های ساده شده‌ای در این زمینه ارائه گردیده است. در نتیجه دانشجویانی که فقط به مفاهیم ساختمان داده علاقه دارند می‌توانند به سادگی از این کتاب استفاده نمایند. همچنین دانشجویانی که علاوه بر مفاهیم پیاده‌سازی علاقه دارند می‌توانند پس از تکمیل مفاهیم بنیادی به مطالعه جزئیات پیاده‌سازی با رویکرد ساخت‌یافته بپردازند. سپس در صورت تمایل می‌توانند با تکیه بر تجربیاتی که از پیاده‌سازی ساخت‌یافته کسب نموده‌اند به مطالعه روش‌های پیاده‌سازی شی‌گرا بپردازند.

برای دانشجویان دوره کارشناسی مطالعه تمام فصل‌های کتاب ضروری است. دانشجویان دوره کاردانی می‌توانند از مباحث مربوط به پیاده‌سازی شی‌گرا صرف‌نظر نمایند. همچنین این کتاب می‌تواند برای دانشجویان شرکت‌کننده در آزمون کارشناسی ارشد مورد استفاده قرار گیرد.

دانستن زبان برنامه‌نویسی C برای مطالعه اغلب مباحث این کتاب کافی است. هر چند خوانندگانی که آشنایی مقدماتی با زبان $C++$ دارند راحت‌تر می‌توانند از این کتاب استفاده کنند. از طرف دیگر کسانی که با زبان C آشنایی ندارند می‌توانند با یک مطالعه مقدماتی از این زبان، شروع به مطالعه این کتاب نمایند و یا فقط به مطالعه مفاهیم تئوری ساختمان داده اقدام نمایند و مطالب مربوط به پیاده‌سازی را بعداً مطالعه نمایند.

از خوانندگان، اساتید گرانقدر و دانشجویان عزیزی که از این کتاب استفاده می‌نمایند خواهشمندم جهت بهتر شدن کیفیت این کتاب در چاپ‌های بعدی، هرگونه نقایص و اشکالاتی که در این اثر وجود دارد را با نگارنده در میان بگذارند.

در پایان لازم می‌دانم مراتب سپاس و قدردانی خود را نسبت به همه عزیزانی که به نوعی در به ثمر رسیدن این کتاب سهیم بوده‌اند ابراز نمایم. از جمله:

۱. معلمین و اساتید بزرگواری که همواره بر من حق معلمی دارند.
۲. مسئولین و کارکنان محترم آموزشکده عالی قدسیه ساری که مرا در چاپ این کتاب یاری دادند و نیز به خاطر زحمات و رهنمودهای ارزشمندشان.
۳. پدر بزرگوار و مادر مهربانم که رنج تربیت و تحصیل را عهده دار بودند.
۴. از کارکنان محترم کاسپین گرافیک به ویژه استاد سیدرضا جعفرنژاد که طراحی جلد این کتاب را برعهده داشتند.
۵. از انتشارات راز دانش به خصوص آقای دکتر ابراهیم تبار و خانم دهقان به خاطر حروفچینی و ویرایش ادبی و صفحه‌آرایی،
و به ویژه:
از همسر مهربان و دلسوزم که لطفش در نگارش و آماده‌سازی این اثر و نیز در تمام مراحل زندگی با من بود.

حسن علیزاده

بهار ۱۳۸۴

فهرست مطالب

فصل اول : مفاهیم مبنایی

۱-۱	مراحل تولید نرم افزار	۱
۱-۲	ساختارهای داده	۲
۷	معیارهای انتخاب ساختار داده	۷
۳-۱	الگوریتم ها	۹
۴-۱	معیارهای سنجش کارایی الگوریتم	۱۰
۵-۱	الگوریتم های بازگشتی	۲۳
۵-۱-۱	طراحی الگوریتم بازگشتی	۲۳
۵-۱-۲	پیچیدگی زمانی الگوریتم های بازگشتی	۳۰
۶-۱	طراحی شنی گرا	۳۳
۷-۱	کلاس ها در ++C	۳۵
۳۶	کلمات کلیدی	۳۶
۸-۱	انتزاع و پنهان سازی داده ها	۳۸
۳۸	نوع داده مجرد	۳۸
۴۰	تمرینات فصل اول	۴۰
۴۴	پروژه های برنامه نویسی	۴۴

فصل دوم : آرایه و رشته

۱-۲	آرایه (Array)	۴۵
۱-۱-۲	جستجو در آرایه	۴۵
۱-۱-۲-۱	جستجوی خطی	۴۶
۱-۱-۲-۲	جستجوی دودویی (Binary Search)	۴۷
۴۹	پیچیدگی الگوریتم جستجوی دودویی	۴۹

۵۰	مقایسه جستجوی خطی و دودویی
۵۱	الگوریتم بازگشتی جستجوی دودویی
۵۲	پیچیدگی زمانی الگوریتم بازگشتی جستجوی دودویی
۵۳	مقایسه الگوریتم‌های تکراری و بازگشتی جستجوی دودویی
۵۴	۲-۱-۲ الگوریتم‌های انتخاب (Selection)
۵۴	۱-۲-۱-۲ الگوریتم تکراری انتخاب
۵۶	پیچیدگی زمانی الگوریتم تکراری انتخاب
۵۷	۲-۲-۱-۲ الگوریتم بازگشتی انتخاب
۵۹	۳-۱-۲ الگوریتم ادغام دو آرایه مرتب (Merge)
۶۲	۴-۱-۲ کپی برداری از آرایه
۶۳	۵-۱-۲ بررسی تساوی دو آرایه
۶۶	پیچیدگی زمانی الگوریتم بازگشتی بررسی تساوی دو آرایه
۶۶	۶-۱-۲ درج و حذف عناصر در آرایه
۶۹	۷-۱-۲ ذخیره‌سازی آرایه‌های چندبعدی
۷۱	تبدیل آدرس منطقی به آدرس فیزیکی
۷۳	تبدیل آدرس فیزیکی به آدرس منطقی
۷۶	۲-۲ ماتریس
۷۶	۱-۲-۲ جمع دو ماتریس
۷۷	تحلیل زمانی الگوریتم جمع دو ماتریس
۷۷	۲-۲-۲ ضرب دو ماتریس
۷۸	تحلیل زمانی الگوریتم ضرب دو ماتریس
۷۸	الگوریتم استراسن (Strassen)
۸۰	۳-۲-۲ ماتریس مثلثی
۸۳	۳-۲ ماتریس اسپارس (Sparse)
۸۳	۱-۳-۲ ADT ماتریس اسپارس
۸۴	۲-۳-۲ نمایش ماتریس اسپارس

۸۶	 کلاس ماتریس اسپارس
۸۸	 ۴-۲ چند جمله‌ای (Polynomial)
۸۸	 ۱-۴-۲ ADT چندجمله‌ای
۸۹	 ۲-۴-۲ نمایش چند جمله‌ای
۹۱	 مقایسه دو روش نمایش چندجمله‌ای
۹۲	 کلاس چندجمله‌ای
۹۴	 تمرینات فصل دوم
۹۵	 پروژه‌های برنامه‌نویسی

فصل سوم : پشته و صف

۹۹	 ۱-۳ پشته (Stack)
۱۰۱	 ۱-۱-۳ درج و حذف عناصر در پشته
۱۰۲	 ۱-۲-۳ پیاده سازی پشته
۱۰۹	 ۳-۱-۳ نمونه‌هایی از کاربرد پشته
۱۰۹	 ۱-۳-۱-۳ روش‌های نمایش عبارات ریاضی
۱۱۱	 ۲-۳-۱-۳ ارزیابی عبارت پسوندی
۱۱۹	 ۳-۳-۱-۳ تبدیل عبارت میانوندی به پسوندی
۱۲۵	 ۳-۱-۴ طراحی پشته به صورت شیء گرا
۱۳۲	 ۲-۳ صف (Queue)
۱۳۳	 ۱-۲-۳ درج و حذف در صف
۱۳۵	 ۲-۲-۳ پیاده‌سازی صف
۱۴۰	 ۳-۲-۳ صف حلقوی (Circular Queue)
۱۴۴	 ۴-۲-۳ کاربردهای صف
۱۴۵	 ۵-۲-۳ طراحی صف بصورت شیء گرا
۱۵۲	 تمرینات فصل سوم
۱۵۵	 پروژه‌های برنامه‌نویسی

فصل چهارم : لیست پیوندی

- ۴-۱ یادآوری از C++ ۱۵۷
- ۴-۲ مفاهیم اولیه در لیست پیوندی ۱۶۰
- ۴-۳ تعریف گره در لیست پیوندی ۱۶۳
- ۴-۴ پیاده‌سازی لیست پیوندی ۱۶۶
- ۴-۴-۱ لیست تک پیوندی ۱۶۸
- ۴-۴-۲ لیست حلقوی ۱۸۱
- ۴-۴-۳ لیست دو پیوندی ۱۸۸
- ۴-۴-۴ لیست حلقوی دو طرفه ۲۰۱
- ۴-۵ الگوریتم‌های بازگشتی در لیست‌های پیوندی ۲۰۴
- ۴-۵-۱ کپی برداری از لیست‌ها ۲۰۴
- ۴-۵-۲ حذف کامل لیست ۲۰۵
- ۴-۵-۳ بررسی تساوی دو لیست ۲۰۶
- ۴-۶ پشته و صف پیوندی ۲۰۸
- ۴-۶-۱ پشته پیوندی (Linked Stack) ۲۰۸
- ۴-۶-۲ صف پیوندی (Linked queue) ۲۰۹
- ۴-۷ پیاده‌سازی پیوندی چند جمله‌ای‌ها ۲۱۱
- ۴-۷-۱ نمایش چند جمله‌ای‌های پیوندی ۲۱۱
- ۴-۷-۲ جمع دو چند جمله‌ای پیوندی ۲۱۲
- ۴-۷-۳ ارزیابی چند جمله‌ای پیوندی ۲۱۸
- ۴-۷-۴ مشتق‌گیری از چند جمله‌ای پیوندی ۲۱۹
- ۴-۸ پیاده‌سازی پیوندی ماتریس‌های اسپارس ۲۲۰
- ۴-۹ طراحی لیست پیوندی به صورت شی‌گرا ۲۲۵
- ۴-۹-۱ طراحی کلاس لیست پیوندی ۲۲۵
- ۴-۹-۲ پیمایشگر لیست پیوندی (Iterator) ۲۳۰
- ۴-۹-۳ پیاده‌سازی لیست پیوندی ۲۳۶

۲۵۱	۴-۹-۴ پیاده‌سازی کلاس پشته پیوندی
۲۵۵	۴-۹-۵ پیاده‌سازی کلاس صف پیوندی
۲۶۱	تمرینات فصل چهارم
۲۶۵	پروژه‌های برنامه نویسی

فصل پنجم : درخت دودویی

۲۶۸	۵-۱ معرفی درخت
۲۷۲	۵-۲-۱ درخت دودویی پر (Full Binary Tree)
۲۷۳	شماره‌گذاری درخت پر
۲۷۶	۵-۲-۲ درخت دودویی کامل (Complete Binary Tree)
۲۷۸	۵-۲-۳ تبدیل درخت عمومی به درخت دودویی
۲۷۹	۵-۳ نمایش درخت دودویی
۲۷۹	۵-۳-۱ نمایش درخت دودویی در آرایه
۲۸۴	۵-۳-۲ نمایش درخت دودویی در لیست پیوندی
۲۸۶	۵-۳-۳ الگوریتم تبدیل نمایش ترتیبی به نمایش پیوندی
۲۸۶	۵-۴ پیمایش درخت دودویی
۲۹۰	۵-۴-۱ پیمایش میان ترتیب (inorder)
۲۹۴	۵-۴-۲ پیمایش پس ترتیب (postorder)
۲۹۵	۵-۴-۳ پیمایش پیش ترتیب (preorder)
۲۹۷	۵-۴-۴ پیمایش ترتیب سطحی (Levelorder)
۲۹۹	۵-۵ درخت عبارت (Expression Tree)
۳۰۱	۵-۶ مسئله SAT
۳۰۴	۵-۷ یافتن درخت از روی دنباله پیمایش ها
۳۰۹	۵-۸ شماره گذاری درخت دودویی
۳۱۰	۵-۹ شمارش درخت های دودویی
۳۱۱	۵-۹-۱ جایگشت ها در پشته

۳۱۳.....	۲-۹-۵ تعداد حالات ضرب ماتریس‌ها
۳۱۵.....	۳-۹-۵ تعداد درختان دودویی متمایز با n گره
۳۱۷.....	۱۰-۵ الگوریتم های بازگشتی در درخت دودویی
۳۱۷.....	۱-۱۰-۵ کپی برداری از درخت دودویی
۳۱۸.....	۲-۱۰-۵ بررسی تساوی دو درخت دودویی
۳۱۹.....	۳-۱۰-۵ جستجو در درخت دودویی
۳۱۹.....	۴-۱۰-۵ حذف کامل درخت دودویی
۳۲۰.....	۵-۱۰-۵ یافتن تعداد گره‌های درخت دودویی
۳۲۱.....	۱۱-۵ درخت دودویی نخه
۳۲۴.....	۱-۱۱-۵ پیمایش inorder درخت دودویی نخه
۳۲۶.....	۲-۱۱-۵ درج در درخت نخه
۳۳۰.....	۱۲-۵ هرم حداکثر (MaxHeap)
۳۳۲.....	۱-۱۲-۵ درج در هرم حداکثر
۳۳۵.....	۲-۱۲-۵ حذف از هرم حداکثر
۳۴۱.....	۱۳-۵ درخت جستجوی دودویی (BST)
۳۴۳.....	۱-۱۳-۵ جستجو در BST
۳۴۴.....	۲-۱۳-۵ یافتن عنصر بعدی در BST
۳۴۵.....	۳-۱۳-۵ انتخاب k امین عنصر در BST
۳۴۶.....	۴-۱۳-۵ یافتن کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین عنصر در BST
۳۴۷.....	۵-۱۳-۵ درج در BST
۳۴۹.....	۶-۱۳-۵ حذف از درخت جستجوی دودویی
۳۶۰.....	۱۴-۵ طراحی درخت دودویی بصورت شی گرا
۳۶۰.....	عملیات اساسی:
۳۶۳.....	۱-۱۴-۵ پیاده‌سازی کلاس درخت جستجوی دودویی
۳۷۱.....	۲-۱۴-۵ پیاده‌سازی کلاس هرم حداکثر
۳۷۷.....	تمرینات فصل پنجم
۳۸۳.....	پروژه‌های برنامه‌نویسی

فصل ششم : گراف

۳۸۵	۱-۶ معرفی گراف (Graph)
۳۹۳	۲-۶ نمایش گراف
۳۹۴	۱-۲-۶ ماتریس مجاورت (Adjacency Matrix)
۳۹۶	۲-۲-۶ لیست مجاورت (Adjacency List)
۳۹۸	۳-۲-۶ لیست متعامد
۴۰۰	۳-۶ پیمایش گراف
۴۰۱	۱-۳-۶ پیمایش عمقی (DFS)
۴۰۴	۲-۳-۶ پیمایش سطحی (BFS)
۴۰۸	۴-۶ مؤلفه‌های همبند (Connected Components)
۴۰۹	۵-۶ درخت‌های پوشا (Spanning Trees)
۴۱۲	۶-۶ درخت پوشای با کمترین هزینه (Minimal Spanning Tree)
۴۱۲	۱-۶-۶ الگوریتم کروسکال (Kruskal)
۴۱۴	۲-۶-۶ الگوریتم پریم
۴۱۹	تمرینات فصل ششم
۴۲۳	پروژه‌های برنامه‌نویسی

فصل هفتم : الگوریتم‌های مرتب‌سازی

۴۲۴	۱-۷ مقدمه
۴۲۵	۲-۷ دسته‌بندی الگوریتم‌های مرتب‌سازی
۴۲۷	۳-۷ معیارهای مهم در مرتب‌سازی
۴۲۸	۴-۷ الگوریتم‌های مرتب‌سازی
۴۲۸	۱-۴-۷ مرتب‌سازی حبابی (Bubble Sort)
۴۳۳	۲-۴-۷ مرتب‌سازی انتخابی (Selection Sort)

۴۳۷	(Insertion Sort) مرتب‌سازی درجی ۳-۴-۷
۴۴۰	(Shell Sort) مرتب‌سازی شل ۴-۴-۷
۴۴۴	(Quick Sort) مرتب‌سازی سریع ۵-۴-۷
۴۵۰	(Merge Sort) مرتب‌سازی ادغام ۶-۴-۷
۴۵۵	تمرینات فصل هفتم
۴۵۶	پروژه‌های برنامه‌نویسی
۴۵۷	مراجع
۴۶۱	واژه نامه