

---

---

# ساختمان داده‌ها با پایتون

---

---

تألیف:

دکتر نواد وحیدی

دکتر رمضان عباس زاد ورزی



فن آوری نوین

|                     |                                                         |
|---------------------|---------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | وحید- جواد،                                             |
| عنوان و نام پدیدآور | ساختمان داده‌ها با پایتون/ تألیف رمضان عباس، جواد وحیدی |
| مشخصات نشر          | بابل: فن آوری نوین، ۱۳۹۷                                |
| مشخصات ظاهری        | ۳۱۲ ص: مصور، جدول                                       |
| شابک                | ۶۲۰۰۰ ریال: ۸-۲۶-۷۲۷۲-۶۰۰-۹۷۸                           |
| وضعیت فهرست نویسی   | فیا                                                     |
| موضوع               | پیتون (زبان برنامه نویسی کامپیوتر)                      |
| موضوع               | Computer program language (Python)                      |
| سازمان افرا         | عباس نژاد ورزی، رمضان، ۱۳۴۸ -                           |
| رده‌بندی کنگ        | ۳۷۴/۷۶QA/۹۵۷۳/پ ۱۳۹۷ و ۳                                |
| رده‌بندی دیوینو     | ۰۰۵/۱۳۳                                                 |
| شماره کتابشناسی ملی | ۵۵۳۰۰۰۴                                                 |

www.fanavarienovin.net

تلفن: ۰۱۱-۳۲۲۵۶۶۸۷

بابل، کد پستی ۷۳۴۴۸، ۰۱۱۶۱

فن آوری نوین

### ساختمان داده‌ها با پایتون

تألیف: جواد وحیدی - رمضان عباس نژاد ورزی

نوبت چاپ: چاپ اول

سال چاپ: زمستان ۱۳۹۷

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۶۲۰۰۰ تومان

نام چاپخانه و صحافی: دفتر فنی سورنا

شابک: ۸-۲۶-۷۲۷۲-۶۰۰-۹۷۸

نشانی ناشر: بابل، چهارراه نواب، کاظم بیگی، جنب مسجد منصور کاظم بیگی، طبقه اول

طراح جلد: کانون آگهی و تبلیغات آبان (احمد فرجی)

تهران، خ اردیبهشت، نبش وحید نظری، پلاک ۱۴۲ تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰-۶۶۴۰۰۱۴۴-۶۶۴۰۰۲۲۰

## فهرست مطالب

### فصل سوم: پشته و صف ..... ۷۹

- ۳-۱. پشته ..... ۷۹
- ۳-۱-۱. پیاده‌سازی پشته با آرایه ..... ۸۰
- ۳-۱-۲. کاربردهای پشته ..... ۸۱
- ۳-۱-۳. پشته چندگانه ..... ۹۳
- ۳-۲. صف ..... ۹۵
- ۳-۲-۱. پیاده‌سازی صف با آرایه ..... ۹۵
- ۳-۲-۲. عملیات مهم صف ..... ۹۶
- ۳-۲-۳. مشکل صف معمولی ..... ۹۹
- ۳-۲-۴. راه حل مشکل صف خطی حذف و جا به جایی عناصر ..... ۱۰۰
- ۳-۲-۵. حل مشکل صف خطی با استفاده از صف حلقوی ..... ۱۰۰
- ۳-۲-۶. چند نکته در مورد صف و پشته ..... ۱۰۲
- ۳-۳. مسائل حل شده ..... ۱۰۹

### فصل چهارم: لیست پیوندی ..... ۱۱۲

- ۴-۱. لیست تک پیوندی ..... ۱۱۶
- ۴-۱-۱. تعریف ساختار هر گره در لیست پیوندی ..... ۱۱۶
- ۴-۱-۲. پیاده‌سازی عملیات اساسی روی لیست پیوندی ..... ۱۱۹
- ۴-۲. لیست پیوندی حلقوی ..... ۱۲۸
- ۴-۳. لیست دو پیوندی ..... ۱۳۵
- ۴-۳-۱. تعریف کلاس‌های لیست دو پیوندی ..... ۱۳۶
- ۴-۳-۲. درج گره‌ای به ابتدای لیست دو پیوندی ..... ۱۳۷
- ۴-۳-۳. درج گره‌ای در انتهای لیست دو پیوندی ..... ۱۳۷

### فصل اول: ساختار داده‌ها، الگوریتم‌ها و

#### پیچیدگی ..... ۹

- ۱-۱. ساختمان داده‌ها ..... ۹
- ۱-۱-۱. ساختمان داده‌های ایستا ..... ۹
- ۱-۱-۲. ساختمان داده‌های پویا ..... ۱۶
- ۱-۱-۳. ساختمان داده‌های نیمه ایستا ..... ۱۷
- ۱-۲. الگوریتم ..... ۱۸
- ۱-۲-۱. کارایی الگوریتم ..... ۱۸
- ۱-۲-۲. مرتبه اجرایی ..... ۲۲
- ۱-۳. توابع بازگشتی ..... ۲۵
- ۱-۴. مسائل حل شده ..... ۲۹

### فصل دوم: آرایه ..... ۴۳

- ۲-۱. آرایه یک‌بعدی (بردار) ..... ۴۳
- ۲-۱-۱. مفاهیم کلی و پیاده‌سازی آرایه یک‌بعدی ..... ۴۳
- ۲-۱-۲. دسترسی به عناصر آرایه ..... ۴۷
- ۲-۱-۳. مقداردهی به عناصر آرایه ..... ۴۷
- ۲-۱-۴. نمایش به عناصر آرایه ..... ۴۸
- ۲-۱-۵. عملیات مهم بر روی آرایه یک‌بعدی (لیست خطی) ..... ۴۹
- ۲-۱-۶. جست‌وجو در آرایه ..... ۵۲
- ۲-۲. آرایه دوبعدی و چندبعدی ..... ۶۱
- ۲-۲-۱. مفاهیم کلی و پیاده‌سازی آرایه دوبعدی و چندبعدی ..... ۶۱
- ۲-۲-۲. عملیات مهم بر روی آرایه دوبعدی بعدی (ماتریس) ..... ۶۴
- ۲-۳. ماتریس خلوت ..... ۶۸
- ۲-۴. تطابق الگوی رشته ..... ۷۴
- ۲-۵. مسائل حل شده ..... ۷۷

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| پیوندی.....                                | ۱۳۸        |
| ۴-۳-۴. درج گره‌ای بعد از گره خاص لیست دو   |            |
| ۴-۳-۵. حذف گره‌ای از ابتدای لیست دو        |            |
| پیوندی.....                                | ۱۴۰        |
| ۴-۳-۶. حذف گره‌ای از انتهای لیست دو پیوندی |            |
| پیوندی.....                                | ۱۴۰        |
| ۴-۳-۷. حذف گره خاص از لیست دو پیوندی       |            |
| پیوندی.....                                | ۱۴۱        |
| ۴-۳-۸. پیمایش و محاسب گره‌های لیست دو      |            |
| پیوندی از ابتدا به انتها.....              | ۱۴۲        |
| ۴-۳-۹. پیمایش و نمایش گره‌های لیست دو      |            |
| پیوندی از انتها به ابتدا.....              | ۱۴۳        |
| ۴-۴. لیست دو پیوندی چرخشی (حلقوی).....     | ۱۴۷        |
| ۴-۵. پیاده‌سازی پشته با لیست پیوندی.....   | ۱۵۲        |
| ۴-۵-۱. تعریف کلاس گره.....                 | ۱۵۲        |
| ۴-۵-۲. تعریف کلاس پشته.....                | ۱۵۲        |
| ۴-۵-۳. پیاده‌سازی تابع push.....           | ۱۵۳        |
| ۴-۵-۴. پیاده‌سازی تابع pop.....            | ۱۵۳        |
| ۴-۶. پیاده‌سازی صف با لیست پیوندی.....     | ۱۵۵        |
| ۴-۶-۱. تعریف کلاس گره.....                 | ۱۵۶        |
| ۴-۶-۲. تعریف کلاس صف و عملیات روی آن       |            |
| پیچیدگی اعمال مختلف لیست پیوندی در         |            |
| یک نگاه.....                               | ۱۶۲        |
| <b>فصل پنجم: درخت.....</b>                 | <b>۱۶۳</b> |
| ۵-۱. تعاریف.....                           | ۱۶۳        |
| ۵-۲. درخت دودویی.....                      | ۱۶۶        |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| ۵-۲-۱. شمارش درخت‌های دودویی.....       | ۱۶۷        |
| ۵-۲-۲. انواع درخت دودویی.....           | ۱۶۷        |
| ۵-۲-۳. پیاده‌سازی درخت‌های دودویی.....  | ۱۶۹        |
| ۵-۲-۴. پیمایش درخت دودویی.....          | ۱۷۲        |
| ۵-۲-۵. ساخت درخت دودویی با استفاده از   |            |
| پیمایش‌های آن.....                      | ۱۷۶        |
| ۵-۲-۶. نمایش عبارت‌های محاسباتی با درخت |            |
| دودویی.....                             | ۱۸۵        |
| ۵-۲-۷. درخت نخ‌ی دودویی.....            | ۱۸۶        |
| ۵-۳. درخت‌های عمومی.....                | ۱۸۷        |
| ۵-۳-۱. نمایش درخت عمومی.....            | ۱۸۸        |
| ۵-۳-۲. پیمایش درخت عمومی.....           | ۱۹۱        |
| ۵-۳-۳. تبدیل درخت‌های عمومی به دودویی   |            |
| ۵-۴. جنگل.....                          | ۱۹۲        |
| ۵-۴-۱. تبدیل جنگل به درخت دودویی.....   | ۱۹۳        |
| ۵-۴-۲. درخت‌هایی با ساختار ویژه.....    | ۱۹۳        |
| ۵-۴-۱. درخت Heap.....                   | ۱۹۳        |
| ۵-۵-۲. درخت جست‌وجوی دودویی.....        | ۲۰۲        |
| ۵-۵-۳. درخت AVL.....                    | ۲۱۷        |
| ۵-۵-۴. درخت انتخابی.....                | ۲۳۰        |
| <b>فصل ششم: گراف.....</b>               | <b>۲۴۰</b> |
| ۶-۱. تعاریف.....                        | ۲۴۰        |
| ۶-۲. نمایش گراف.....                    | ۲۴۵        |
| ۶-۲-۱. ماتریس مجاورتی.....              | ۲۴۵        |
| ۶-۲-۲. ماتریس برخورد.....               | ۲۴۶        |
| ۶-۲-۳. لیست مجاورتی.....                | ۲۴۷        |

۲۴۸..... ۶-۲-۴ لیست مجاورتی معکوس

۲۴۹..... ۶-۳ تعداد مسیرها در گراف

۲۵۳..... ۶-۴ ماتریس مسیر

۲۵۶..... ۶-۵ پیمایش گراف

۲۵۶..... ۶-۵-۱ پیمایش عمقی

۲۵۸..... ۶-۵-۲ پیمایش ردیفی (عرضی)

۲۶۱..... ۶-۶ یافتن مؤلفه ای و عمل گراف

۲۶۲..... ۶-۷ مرتب سازی پوئلوژیکی

۲۶۳..... ۶-۸ درخت پوشا

## ۲۶۹..... فصل هفتم: مرتب سازی

۲۷۱..... ۷-۱ مفاهیم مهم در الگوریتم های مرتب سازی

۲۷۲.....

۲۷۳..... ۷-۲ الگوریتم های مرتب سازی

۲۷۳..... ۷-۲-۱ مرتب سازی حبابی

۲۷۸..... ۷-۲-۲ مرتب سازی انتخابی

۲۸۳..... ۷-۲-۳ مرتب سازی درجی

۲۸۳..... ۷-۲-۴ Shell مرتب سازی درجی

۲۸۸..... ۷-۲-۵ مرتب سازی جابه جایی

۲۸۹..... ۷-۲-۶ مرتب سازی سریع

۲۹۴..... ۷-۲-۷ مرتب سازی ادغامی

۲۹۷..... ۷-۲-۸ مرتب سازی مینا

۲۹۸..... ۷-۲-۹ مرتب سازی هرمی

۳۰۰..... ۷-۲-۱۰ مرتب سازی سطلی

۳۰۲..... ۷-۲-۱۱ Radix مرتب سازی

۳۰۴..... ۷-۲-۱۲ مرتب سازی شمارشی

۳۰۸..... ۷-۲-۱۲ مرتب سازی های دیگر

## ۳۱۲..... منابع:

## مقدمه

ساختمان داده یکی از درس‌های پایه‌ای و مهم رشته مهندسی کامپیوتر، فناوری اطلاعات و علوم کامپیوتر است. کتاب‌های زیادی در زمینه ساختمان داده‌ها تألیف و ترجمه شده است که جای تشکر دارد. کتاب‌های موجود، روی یک بخش خاص متمرکز شده‌اند. اما، کتاب حاضر علاوه بر تدریس مفاهیم ساختمان داده‌ها با مثال‌های متعدد، الگوریتم‌های بیان شده را با زبان پایتون پیاده‌سازی نموده است. از نکات بارز این کتاب علاوه بر تدریس علمی مفاهیم نکات تستی را نیز بیان نموده است. در همین راستا حدود ۴۵۰ تست کارشناسی ارشد رشته‌های مهندسی کامپیوتر، فناوری اطلاعات و علوم کامپیوتر دانشگاه‌های دولتی و آزاد به همراه حل تشریحی آن‌ها در پیوست کتاب الکترونیکی آمده است.

این کتاب شامل فصل اول، الگوریتم‌ها، پیچیدگی آن‌ها و الگوریتم‌های بازگشتی بیان گردیده است. در فصل دوم، کتاب آرایه، ماتریس، ماتریس خلوت و کاربردهای آن‌ها آمده است. در فصل سوم، مفاهیم صف و پشته و کاربردهای آن‌ها شرح داده شده است. در فصل چهارم، لیست پیوندی بیان گردیده است. در فصل پنجم، درخت و کاربردهای آن را می‌بینید. در فصل ششم، گراف و کاربردهای آن بحث شده است و در خاتمه در فصل هفتم، روش‌های مختلف مرتب‌سازی بیان گردیده است.

علاوه بر فصل‌های بیان شده به کتاب الکترونیکی دو پیوست اضافه گردیده است. پیوست اول به آموزش برنامه‌نویسی پایتون به‌طور خلاصه پرداخته است. پیوست دوم تست کارشناسی ارشد را مطرح نموده و به‌صورت تشریحی حل نموده است.

امیدواریم این اثر نیز مورد توجه اساتید و دانشجویان عزیز واقع گردد.

پیاده‌سازی‌های برنامه‌ها را می‌توانید از سایت انتشارات فن آوین نسوین به آدرس [www.fanavarienovin.net](http://www.fanavarienovin.net) دریافت نمایید.

در پایان از تمامی خوانندگان عزیز (اساتید و دانشجویان) تقاضا داریم، هرگونه اشکال، ابهام در متن کتاب، پیشنهادات و انتقادات را به آدرس پست الکترونیک [fanavarienovin@gmail.com](mailto:fanavarienovin@gmail.com) ارسال نمایند.

بابل، زمستان ۱۳۹۷

مؤلفین