

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

طراحی و معماری کامپیوتر

دیوید پترسون - جان هنسی

مسعود هوشمند
مجتبی پورمحقق
حمیدرضا رضایی نیا

Patterson, David A.

پترسون، دیوید

طراحی و معماری کامپیوتر / دیوید، پترسون، جان هنسی؛ [مترجمان] مسعود هوشمند،
حمیدرضا رضائی نیا، مجتبی پورمحقق، -- مشهد.
انتشارات باغانی، ۱۳۸۵.
یازده، [۶۶] ص، مصور، جدول، نمودار.

ISBN 964-7343-17-5

فهرست نویسی براساس اطلاعات فیپا.

Computer organization and design

عنوان اصلی:

the hardware software interface; 3th cd, 2004.

واژه نامه.

۱. کامپیوترها -- سازمان. ۲. کامپیوترها -- طرح و ساختمان، ۳. رابط سخت افزاری،

الف. هنسی، جان، Hennessy, John L.

ب. هوشمند، مسعود، ۱۳۵۴ - مترجم. ج. رضائی نیا، حمیدرضا، ۱۳۴۸ - ،

مترجم. د. پورمحقق، مجتبی، مترجم. ه. عنوان.

۰۰۴/۲۲

۲ پ ۷۶/۹/۷۲۴ QA

۱۳۸۵

م ۸۵-۴۸۲

کتابخانه ملی ایران



طراحی و معماری کامپیوتر

نوشته: دیوید پترسون - جان هنسی

مترجمان: مسعود هوشمند - مجتبی پورمحقق - حمیدرضا رضائی نیا

۳۰۰۰ نسخه، چاپ اول، بهار ۱۳۸۵، انتشارات باغانی

حروفچینی و صفحه آرای: معصومه برک

شابک: ISBN 964-7343-17-5

چاپ سروش

تهران: انقلاب - خیابان اردیبهشت (منیری جاوید) رسیده به جمهوری

کوجه صابر - پلاک ۳. تلفن: ۳۱-۳۰-۳۱۲۹۸۸۶۶

قیمت با CD = هشتومان

پیشگفتار نویسندگان

زیباترین چیزی که می‌توانیم تجربه کنیم، اسرار ناشناخته‌ای است که سرچشمه‌ی علم و هنر حقیقی است.

آلبرت اینشتین، آنچه بدان ایمان دارم، ۱۹۳۰

درباره‌ی این کتاب

ما اعتقاد داریم آموزش در علوم و مهندسی کامپیوتر همانطور که به معرفی اصول حاکم بر این علم می‌پردازد، باید بازتابی از وضعیت فعلی این حوزه باشد و احساس می‌کنیم خوانندگان در هر تخصصی از این علم نیازمند توجه ویژه‌ای به الگوهای سازمانی که توانایی‌ها، کارایی، و نهایتاً موفقیت سیستم‌های کامپیوتری را تعیین می‌کنند، هستند.

فناوری جدید کامپیوتر ایجاب می‌کند که متخصصین حرفه‌ای این رشته، هم سخت‌افزار و هم نرم‌افزار را به خوبی درک کنند. تراکنش بین سخت‌افزار و نرم‌افزار در سطوح گوناگون، چارچوبی را برای فهم اصول علم محاسبه، ارائه می‌کند. نظریه‌های اصلی در طراحی و سازمان کامپیوتر، صرف‌نظر از این که علاقه‌ی اولیه‌ی شما سخت‌افزار یا نرم‌افزار یا علوم کامپیوتر و یا مهندسی برق باشد، یکسان هستند. به همین علت، پافشاری ما در این کتاب، نشان دادن رابطه‌ی بین سخت‌افزار و تمرکز بر مفاهیمی است که پایه‌های کامپیوترهای امروزی هستند.

این کتاب برای اشخاصی نگاشته شده است که ممکن است تجربه‌ی کمی در زبان اسمبلی یا طراحی مدارهای منطقی داشته باشند و از طرفی می‌خواهند مفاهیم پایه‌ای سازمان کامپیوتر را بفهمند و نیز افرادی که زمینه‌ای در زبان اسمبلی و یا طراحی منطقی دارند و می‌خواهند چگونگی طراحی کامپیوتر و نحوه‌ی کار سیستم را بیاموزند.

درباره‌ی کتاب دیگر نویسندگان

ممکن است برخی از خوانندگان با کتاب معماری کامپیوتر: یک رهیافت کمی‌ی که به نام "هسنی"^۱ و "پترسون"^۲ مشهور است، آشنا باشند (کتاب حاضر نیز به نام "هسنی" و "پترسون" خوانده می‌شود). انگیزه‌ی ما از نوشتن آن کتاب، توصیف اصول معماری کامپیوتر با استفاده از اصول مهندسی حالت جامد و مبادله‌های قیمت/کارایی از لحاظ کمی‌ی بود. برای ایجاد تجربه‌ی طراحی واقعی، از ترکیب مثال‌ها و سنجش‌ها، استفاده کردیم. هدف ما از آن کتاب این بود که نشان دهیم می‌توان معماری کامپیوتر را به جای روش توصیفی با روش کمی‌ی آموخت و برای اشخاص حرفه‌ای در زمینه‌ی محاسبه‌ی کامپیوتری که به دنبال یادگیری جزئیات کامپیوتر بودند، نگاشته شد.

بسیاری از خوانندگان این کتاب نمی‌خواهند معمار کامپیوتر شوند! در هر حال، کارایی سیستم‌های نرم‌افزاری آینده به شدت تحت تأثیر میزان درک طراحان نرم‌افزار از روش‌های پایه‌ی سخت‌افزاری است. بنابراین، نویسندگان کامپایلرها، طراحان سیستم عامل، برنامه‌نویسان پایگاه داده، و بیشتر مهندسين نرم‌افزار نیاز به زمینه‌ای قوی از اصول ارائه شده در این کتاب دارند. طراحان سخت‌افزار نیز باید از تأثیر کار خود بر کاربردهای نرم‌افزاری آگاه باشند.

بدین ترتیب می‌دانستیم که این کتاب باید فراتر از زیر مجموعه‌ای از مطالب کتاب معماری کامپیوتر باشد و بازنگری وسیعی برای تطبیق با مخاطبین گوناگون انجام دادیم. بسیار خرسندیم که ویرایش بعدی کتاب معماری کامپیوتر مورد بازنگری قرار گرفته و بیشتر موضوع‌های مقدماتی حذف شده است، بنابراین همپوشانی کمتری نسبت به ویرایش‌های نخستین هر دو کتاب به چشم می‌خورد.

تغییرات ویرایش سوم

برای سومین ویرایش کتاب طراحی و معماری کامپیوتر، شش هدف عمده داشتیم:

- ۱- مفید بودن، هم برای علاقمندان سخت‌افزار و هم نرم‌افزار، ۲- بهبود کلی آموزش، ۳- افزایش درک کارایی برنامه، ۴- بهنگام‌سازی محتوای فنی برای بازتاب تغییرات صنعتی نسبت به زمان دومین ویرایش در سال ۱۹۹۸، ۵- ایجاد رابطه‌ی نزدیک بین مطالب کتاب و دنیای واقعی بیرون صنعت کامپیوتر، ۶- کاهش حجم کتاب.

در فصل‌های این کتاب مسیرهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری به چشم می‌خورد. فصل‌های ۱، ۴، و ۷ بدون توجه به چگونگی تمرکز، در هر دو مسیر دیده می‌شوند. فصل‌های ۲ و ۳ با دید سخت‌افزاری، احتمالاً مطالب مروری هستند اما با دید نرم‌افزاری، مطالعه‌ی آن‌ها مخصوصاً برای خوانندگان علاقمند به یادگیری کامپایلرها و زبان‌های برنامه‌نویسی شیء‌گرا، ضروری است. بخش‌های اول فصل‌های ۵ و ۶

خطوط کلی را با تمرکز بر نرم افزار ترسیم می کنند. در هر صورت، کسانی که دید سخت افزاری دارند، در می یابند که این فصل ها موضوع های بنیادی را ارائه می کنند، چه بسا بخواهند براساس زمینه ی خود، ابتدا پیوست B را در مورد طراحی منطقی و بخش هایی را که در مورد ریز برنامه نویسی و نحوه استفاده از زبان های توصیفی سخت افزار برای مشخص کردن کنترل، ارائه شده است، بخوانند. فصل ۸ که به ورودی/خروجی می پردازد، برای خوانندگان علاقمند به نرم افزار، بسیار مهم است و سایر خوانندگان اگر فرصت داشته باشند می توانند این فصل را بخوانند. آخرین فصل درباره ی چند پردازنده ها و خوشه هاست که خواندن آن موکول به داشتن وقت است حتی در بخش های تاریخچه نیز این تمرکز متوازن به چشم می خورد. این بخش ها شامل تاریخچه ی کوتاه از زبان های برنامه نویسی، کامپایلرها، نرم افزارهای عددی، سیستم های عامل، پروتکل های شبکه و پایگاه داده ها می باشد.

هدف بعدی، بهبود براساس نظراتی بود که خوانندگان چاپ دوم متذکر شده بودند. در این رابطه، پنج عنصر جدید برای راهنمایی به کتاب افزوده شد. تعریف عبارات جدید را در انتهای هر فصل آوردیم که می تواند به خواننده کمک کند تا تعاریف جدید را در یک جا مطالعه کند. تغییر دیگر، افزودن بخش های "خودآزمایی" است که به خواننده امکان آزمون یادگیری مطالب خوانده شده را می دهد. تغییر سوم، اضافه کردن تمرین هایی در بخش "برای تمرین بیشتر" است. در تغییر چهارم، پاسخ خودآزمایی ها و تمرین های بخش "برای تمرین بیشتر" ارائه شده است. آخرین تغییر، الهام از "کارت سبز" سیستم IBM/360 است. ما معتقدیم که شما درخواهید یافت که کارت داده های مرجع MIPS، هنگام نوشتن برنامه های زبان اسمبلی MIPS، یک راهنمای دستی خواهد بود. به نظر ما، شما این کارت را بر خواهید داشت، آن را تا کرده، در جیب خود خواهید گذاشت، درست همان کاری که برنامه نویسان IBM S/360 در دهه ی ۱۹۶۰ انجام دادند.

سوم، امروزه کامپیوترها به قدری پیچیده هستند که درک کارایی یک برنامه، مستلزم دانستن مقدار قابل توجهی از اصول زیر ساختی و سازمان یک کامپیوتر خاص است. هدف ما آن است که خوانندگان این کتاب بتوانند کارایی برنامه های خود را درک کنند و آن را بهبود دهند. بدین منظور بخش هایی را با عنوان "درک کارایی برنامه" در چند فصل آورده ایم. این بخش ها اغلب مثال های محکمی از تأثیر نظریه های ارائه شده در مطالب فصل مورد نظر را بر برنامه های واقعی ارائه می کنند.

چهارم، در فاصله ی ویرایش دوم کتاب، براساس قانون مور، امروزه پردازنده هایی با دویست میلیون ترانزیستور، DRAM هایی با یک میلیارد ترانزیستور و پالس های ساعت با فرکانس چندین گیگاهرتز، وجود دارند. مثال های "جوهره ی واقعیت" برای توصیف چنین تراشه هایی به کتاب افزوده شده است. این ویرایش شامل نسخه ی با آدرس ۶۴ بیتی معماری دیرپای 80X86 یعنی AMD64/IA32e می باشد که نتیجه ی محتوم IA-64 قدیمی تر است و گذار از گذرگاه های موازی به شبکه های سری و سوئیچ ها را نشان می دهد. فصل های بعدی، گوگل را براساس فناوری خوشه های آن و استفاده های جدید از جستجو را توضیح می دهند که بعد از ویرایش دوم به وجود آمد.

پنجم، اگرچه بسیاری از دانشجویان علوم و مهندسی کامپیوتر از فناوری اطلاعات به خاطر فناوری لذت می برند، اما برخی از آنها، علایق نوع دوستانه دارند. این گروه، بیشتر شامل زنان و اقلیت هایی

می‌شود که حضور کمرنگ‌تری در جامعه دارند. بنابراین، بخش جدیدی به نام "کامپیوترها در دنیای واقعی" در انتهای هر فصل اضافه کرده‌ایم. نظر ما این است که فناوری اطلاعات برای بشریت ارزشمندتر از سایر مباحثی است که می‌توانید مطالعه کنید - این که آیا میراث هنری ما را حفظ می‌کند یا به مردم جهان سوم کمک می‌کند، محیط زیست را حفظ می‌کند یا حتی سیستم‌های سیاسی را تغییر می‌دهد - و بنابراین نظر خود را با مثال‌های قوی از کاربردهای غیر سنتی تشریح می‌کنیم. اندیشه‌ی ما این است که این قسمت‌ها بیشتر از فناوری جذاب کامپیوتر، مورد توجه قرار می‌گیرند، به ویژه کسانی که تاریخچه‌ی انتهای هر فصل را مطالعه می‌کنند.

سرانجام، معتقدیم که کتاب‌ها مانند انسان‌ها هستند، معمولاً هنگامی که پیرتر می‌شوند، حجیم‌تر می‌شوند! با استفاده از فناوری توانسته‌ایم ضمن حفظ همه‌ی موارد شمرده شده در بالا، حجم کتاب را در چند صد صفحه، فشرده کنیم. بخش هسته‌ی کتاب برای خوانندگان سخت‌افزار و نرم‌افزار در کتاب چاپ شده، و بخش‌هایی که مخاطب خاص داشته، روی CD ی همراه کتاب ارائه شده است. این کار این امکان را فراهم کرده که بدون حجیم شدن کتاب، مطالعه‌ی بیشتری درباره‌ی تاریخچه‌ها و تمرین‌های گسترده‌تر و نرم‌افزارهای رایگان و مطالبی که استادان در تدریس استفاده می‌کنند، در اختیار شما قرار گیرد. وزن CD و کتاب تلفیق شده تقریباً ۳۰٪ کمتر از شش سال پیش است که هم برای کتاب و هم برای مردم، مطلوب است.

پشتیبانی از مدرس‌ها

موضوع‌های بسیاری را در این کتاب برای کمک به اساتید در تدریس جمع‌آوری کرده‌ایم. حل تمرین‌ها، شکل‌های کتاب، یادداشت‌های درسی، اسلایدهای درسی، و موضوع‌های دیگری که می‌توانید در آدرس اینترنتی زیر آن‌ها را مشاهده کنید:

www.mkp.companions/1558606041

پیشگفتار مترجمان

کتابی که ترجمه‌ی آن را در دست دارید، هم اکنون در بسیاری از دانشگاه‌های معتبر دنیا جهت تدریس اصول طراحی و معماری کامپیوتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از ویژگیهای منحصر به فرد این کتاب، نگاهی بسیار نو به مبحث معماری کامپیوتر است که ضمن آن سادگی بیان و ژرفای مفاهیم را در هم آمیخته است و به مدد ساختار بسیار دقیق و حساب شده‌ی کتاب، دیدگاهی جامع و اصولی نسبت به مفاهیم مهم طراحی مدرن کامپیوتر به خواننده می‌بخشد و در عین حال انگیزه و شوق بسیار برای تفکر و پژوهش بیشتر می‌آفریند.

از ویژگیهای جالب توجه این کتاب آن است که علاوه بر انتقال برخی مباحث تکمیلی و پیشرفته‌تر به پیوستهای کتاب، برخی جزئیات و فرعیاتی که نوعاً در دیگر کتابهای معماری بیش از حد مورد تأکید قرار گرفته‌اند، به گونه‌ای که مباحث و مفاهیم اصلی معماری کامپیوتر را تحت‌الشعاع خود قرار داده‌اند، نیز به پیوستها منتقل شده‌اند و ذهن خواننده به هنگام مطالعه‌ی متن اصلی تنها درگیر مفاهیم و ایده‌های اصلی، بدون حواشی دیگر، می‌شود.

در ترجمه‌ی این کتاب علاوه بر تلاش برای رعایت دقت و امانتداری، تلاش بسیاری نیز برای گزینش برابرنهادهای دقیق و تا حد امکان متداول برای واژگان تخصصی شد و در عین حال کوشیدیم راه افراط و تفریط را نپیماییم. البته این ترجمه را عاری از خطا نمی‌پنداریم و امیدواریم استادان و دانشجویان عزیز ما را از نظرهای اصلاحی خود بی‌بهره نگذارند.

در ترجمه‌ی عنوان اصلی کتاب نیز عبارت "طراحی و معماری کامپیوتر" استفاده شد چرا که در عین انتقال معنا، با نام متداول این درس در دانشگاههای میهنمان مناسبت بیشتری دارد.

امید آن که این اثر خدمتی هر چند ناچیز به فرهنگ و دانش این سرزمین به شمار آید.

« فهرست »

فصل ۱: فناوری و تجربدهای کامپیوتری

۲	مقدمه	۱-۱
۱۰	زیر برنامه‌های شما	۲-۱
۱۵	درون کامپیوتر	۳-۱
۲۸	جوهره‌ی واقعیت، ساخت تراشه‌ی پتیوم ۴	۴-۱
۳۲	برداشت‌های نادرست و لغزشگاه‌ها	۵-۱
۳۴	سخن آخر	۶-۱
۳۵	دورنمای تاریخی و مطالعه‌ی بیشتر	۷-۱
۳۶	تمرین‌ها	۸-۱

فصل دوم: دستورالعمل‌ها؛ زبان کامپیوتر

۴۹	مقدمه	۱-۲
۵۰	عملیات سخت‌افزار کامپیوتر	۲-۲
۵۳	عملوندهای سخت‌افزار کامپیوتر	۳-۲
۶۱	نمایش دستورالعمل‌ها در کامپیوتر	۴-۲
۶۸	عملیات منطقی	۵-۲
۷۲	دستورالعمل‌های تصمیم‌گیری	۶-۲
۷۹	رویه‌های پشتیبان در سخت‌افزار کامپیوتر	۷-۲
۹۱	ارتباط با مردم	۸-۲
۹۶	آدرس‌دهی MIPS برای فوری‌ها و آدرس‌های ۳۲ بیتی	۹-۲
۱۰۵	تبدیل و آغاز یک برنامه	۱۰-۲
۱۱۷	کامپایلرها چگونه بهینه‌سازی می‌کنند؟	۱۱-۲
۱۲۲	کامپایلرها چگونه کار می‌کنند: مقدمه	۱۲-۲
۱۲۲	یک مثال مرتب‌سازی C برای جمع‌بندی مطالب	۱۳-۲
۱۳۱	پیاده‌سازی یک زبان شیء‌گرا	۱۴-۲
۱۳۲	آرایه‌ها در مقابل اشاره‌گرها	۱۵-۲
۱۳۶	جوهره‌ی واقعیت: دستورالعمل‌های IA-32	۱۶-۲
۱۴۵	برداشت‌های نادرست و لغزشگاه‌ها	۱۷-۲
۱۴۷	سخن آخر	۱۸-۲

۱۹-۲	دورنمای تاریخی و مطالعه‌ی بیشتر	۱۵۰
۲۰-۲	تمرین‌ها	۱۵۰

فصل سوم: حساب برای کامپیوترها

۱-۳	مقدمه	۱۶۵
۲-۳	اعداد با علامت و بی علامت	۱۶۵
۳-۳	جمع و تفریق	۱۷۵
۴-۳	ضرب	۱۸۱
۵-۳	تقسیم	۱۸۷
۶-۳	ممیز شناور	۱۹۵
۷-۳	جوهره‌ی واقعیت: ممیز شناور در IA-32	۲۲۲
۸-۳	برداشت‌های نادرست و لغزشگاه‌ها	۲۲۵
۹-۳	سخن آخر	۲۲۹
۱۰-۳	دورنمای تاریخی و مطالعه‌ی بیشتر	۲۳۴
۱۱-۳	تمرین‌ها	۲۳۴

فصل چهارم: ارزیابی و درک کارایی

۱-۴	مقدمه	۲۴۵
۲-۴	کارایی CPU و عوامل آن	۲۵۱
۳-۴	ارزیابی کارایی	۲۵۸
۴-۴	جوهره‌ی واقعیت: دو آزمون کارایی SPEC و کارایی پردازنده‌های اخیر ایتل	۲۶۳
۵-۴	برداشت‌های نادرست و لغزشگاه‌ها	۲۷۱
۶-۴	سخن آخر	۲۷۴
۷-۴	دورنمای تاریخی و مطالعه‌ی بیشتر	۲۷۶
۸-۴	تمرین‌ها	۲۷۶

فصل پنجم: پردازنده: مسیر داده و کنترل

۱-۵	مقدمه	۲۸۹
۲-۵	قواعد طراحی منطقی	۲۹۴
۳-۵	ساختن یک مسیر داده	۲۹۸
۴-۵	یک طرح پیاده‌سازی ساده	۳۰۷
۵-۵	پیاده‌سازی تک جرخه‌ای	۳۲۵

۳۴۸	استثناها	۶-۵
۳۵۳	ریز برنامه‌نویسی: ساده‌سازی طراحی کنترل	۷-۵
۳۵۴	مقدمه‌ای بر طراحی منطقی با استفاده از یک زبان طراحی سخت‌افزار	۸-۵
۳۵۵	جوهره‌ی واقعیت: سازماندهی پیاده‌سازیهای جدید پتئیوم	۹-۵
۳۵۸	برداشت‌های نادرست و لغزشگاه‌ها	۱۰-۵
۳۵۹	سخن آخر	۱۱-۵
۳۶۱	دورنمای تاریخی و مطالعه‌ی بیشتر	۱۲-۵
۳۶۱	تمرین‌ها	۱۳-۵

فصل ششم: افزایش کارایی با خط لوله‌ای کردن

۳۷۸	نگاهی کلی بر خط لوله‌ای کردن	۱-۶
۳۹۴	مسیر داده‌ی خط لوله‌ای شده	۲-۶
۴۰۹	کنترل خط لوله‌ای شده	۳-۶
۴۱۳	هزاردهای داده‌ای و ارسال	۴-۶
۴۲۲	هزاردهای داده‌ای و توقفها	۵-۶
۴۲۷	هزاردهای انشعاب	۶-۶
۴۳۸	استفاده از زبان توصیف سخت‌افزار برای توصیف و مدلسازی یک خط لوله	۷-۶
۴۳۸	استثناها	۸-۶
۴۴۴	خط لوله‌ای کردن پیشرفته: رسیدن به کارایی بیشتر	۹-۶
۴۶۱	جوهره‌ی واقعیت: خط لوله‌ی پتئیوم ۴	۱۰-۶
۴۶۴	برداشت‌های نادرست و لغزشگاه‌ها	۱۱-۶
۴۶۶	سخن آخر	۱۲-۶
۴۶۷	دورنمای تاریخی و مطالعه‌ی بیشتر	۱۳-۶
۴۶۸	تمرین‌ها	۱۴-۶

فصل هفتم: بزرگ و سریع: بهره‌برداری از سلسله مراتب حافظه

۴۸۵	مقدمه	۱-۷
۴۹۰	مبانی حافظه‌ی نهان	۲-۷
۵۱۰	اندازه‌گیری و بهبود کارایی حافظه‌ی نهان	۳-۷
۵۲۹	حافظه‌ی مجازی	۴-۷
۵۵۹	یک چارچوب عمومی برای سلسله مراتب حافظه	۵-۷
۵۶۷	جوهره‌ی واقعیت: سلسله مراتب حافظه‌ی پتئیوم P4 و AMD Opteron	۶-۷
۵۷۲	برداشت‌های نادرست و لغزشگاه‌ها	۷-۷

۵۷۴	.....	سخن آخر	۸-۷
۵۷۷	.....	دورنمای تاریخی و مطالعه‌ی بیشتر	۹-۷
۵۷۸	.....	تمرین‌ها	۱۰-۷

فصل هشتم: اثبات (حفظ اطلاعات)، شبکه‌ها و وسایل جانبی دیگر

۵۹۲	.....	مقدمه	۱-۸
۵۹۵	.....	قابلیت اعتماد و اثبات دیسک	۲-۸
۶۰۷	.....	شبکه‌ها	۳-۸
۶۰۷	.....	گذرگاه‌ها و دیگر اتصالات موجود بین پردازنده‌ها، حافظه، و دستگاه‌های I/O	۴-۸
۶۱۵	.....	ارتباطدهی دستگاه‌های I/O با پردازنده، حافظه، و سیستم عامل	۵-۸
۶۲۵	.....	میزان کارایی I/O: مثال‌هایی از سیستم‌های دیسک و فایل	۶-۸
۶۲۹	.....	طراحی سیستم	۷-۸
۶۳۱	.....	جوهره‌ی واقعیت: دوربین دیجیتال	۸-۸
۶۳۴	.....	برداشت‌های نادرست و لغزشگاه‌ها	۹-۸
۶۳۹	.....	سخن آخر	۱۰-۸
۶۴۰	.....	دورنمای تاریخی و مطالعه‌ی بیشتر	۱۱-۸
۶۴۰	.....	تمرین‌ها	۱۲-۸
۶۵۵	.....	واژه‌نامه	