

نظریه زبان‌ها و ماشین‌ها

مولف: فریدین شاپوری

عضو هیأت علمی، انشاد آزاد اسلامی قزوین



علوم رایانه

سرشناسه	: شاپوری، فردین، ۱۳۵۲ -
عنوان و نام پدیدآور	: نظریه زبان‌ها و ماشین‌ها / مولف فردین شاپوری.
مشخصات نشر	: بابل: علوم رایانه، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۴۲۴ ص. : مصور، جدول.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۵-۰۶۲-۵
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۴۲۳.
موضوع	: نظریه ماشین
رده‌بندی کتبی	: زبان‌های صوری
رده‌بندی دیویی	: ۱۳۹۲ عن ۲ش / QA ۲۶۷
شماره کتابشناسی	: ۵۱۱/۳
	: ۳۳۸۸۴۱۵

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه‌ی مولف (ناشر) کپی، تکرار یا غیره کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

تلفن: ۳۲۶۰۷۷۲ - ۰۱۱۱

www.olomrayaneh.net

بابل، صندوق پستی ۸۹۱-۴۷۱۳۵



علوم رایانه

نظریه زبان‌ها و ماشین‌ها

تألیف: فردین شاپوری

چاپ اول

زمستان ۱۳۹۲

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۲۵۰۰۰ تومان

چاپ و صحافی: فرنگار رنگ

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۵-۰۶۳-۵

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

حروفچینی و صفحه‌آرایی: علوم رایانه

تهران، خیابان انقلاب، خیابان اردیبهشت، نبش وحید نظری، شماره ۱۴۲ - تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴

فهرست مطالب

۱-۵-۲. ماشین میلی	۱۰۰
۲-۵-۲. ماشین مور	۱۰۲
تمرین‌های فصل دوم	۱۰۵
تست‌های فصل دوم	۱۰۹
پاسخ تشریحی تست‌های فصل دوم	۱۱۶

فصل سوم : زبان‌ها و گرامرهای منظم

۱-۳. مقدمه	۱۱۹
۲-۳. عبارات‌های منظم	۱۱۹
نحو عبارات‌های منظم	۱۱۹
معنا و مفهوم عبارات‌های منظم	۱۲۰
۱-۲-۳. خواص عبارات‌های منظم	۱۲۶
۳-۳. ارتباط بین عبارات‌های منظم و زبان‌های منظم	۱۲۷
۱-۳-۳. تبدیل عبارت منظم به ماشین متناهی	۱۲۷
۲-۳-۳. تبدیل ماشین متناهی به عبارت منظم	۱۳۰
۳-۳. گرامرهای منظم	۱۳۵
۴-۳. تبدیل گرامر منظم به ماشین متناهی	۱۳۶
۱-۴-۳. تبدیل NFA به گرامر منظم	۱۳۸
۲-۴-۳. تبدیل گرامر منظم به عبارت منظم	۱۳۹
۳-۴-۳. تبدیل عبارات منظم به گرامر منظم معادل	۱۳۹
۵-۴-۳. تبدیل گرامر خطی راست به گرامر خطی چپ	۱۴۱
تمرین‌های فصل سوم	۱۴۷
تست‌های فصل سوم	۱۵۱
پاسخ تشریحی تست‌های فصل سوم	۱۶۱

فصل چهارم : ویژگی‌های زبان‌های منظم

۱-۴. مقدمه	۱۶۷
۲-۴. خصوصیات بستاری زبان‌های منظم	۱۶۷
تعریف خارج قسمت راست	۱۷۲
تعریف خارج قسمت چپ	۱۷۲
تعریف هم‌ریختی	۱۷۷
تعریف وارون هم‌ریختی	۱۷۹
۳-۴. خواص الگوریتمیک زبان‌های منظم	۱۸۰
۴-۴. لم ترزریق زبان‌های منظم	۱۸۲
اثبات نامنظم بودن زبان با استفاده از خصوصیات بستاری	۱۸۷

فصل اول : ماشین‌های

۱-۱. مقدمه	۱۱
۲-۱. نظریه‌های مجموعه‌ها	۱۱
۱-۲-۱. مجموعه‌ها	۱۱
۲-۲-۱. رابطه	۱۳
۳-۲-۱. تابع	۱۵
۳-۱. روش‌های اثبات	۱۵
۱-۳-۱. اثبات از طریق ساختار	۱۶
۲-۳-۱. اثبات از طریق برهان خلف	۱۷
۳-۳-۱. اثبات با استقرا	۱۸
۴-۱. زبان و مفاهیم پایه	۲۰
۱-۴-۱. الفبا و رشته	۲۰
۲-۴-۱. عملگرها روی رشته	۲۱
۳-۴-۱. زبان	۲۱
۴-۴-۱. عملگرها روی زبان	۲۴
۵-۱. گرامرها	۲۹
۱-۵-۱. تعریف گرامر	۲۹
۲-۵-۱. انواع گرامرها	۳۲
۳-۵-۱. سلسله مراتب انواع زبان‌ها	۳۷
۶-۱. ماشین‌ها	۴۳
تمرین‌های فصل اول	۴۶
تست‌های فصل اول	۴۸
پاسخ تشریحی تست‌های فصل اول	۵۳

فصل دوم : ماشین‌های متناهی

۱-۲. مقدمه	۵۷
۲-۲. ماشین متناهی قطعی	۵۷
۳-۲. کاهش تعداد حالت‌های ماشین متناهی قطعی	۷۶
۴-۲. ماشین‌های متناهی غیرقطعی	۸۲
۱-۴-۲. ماشین متناهی غیرقطعی بدون حرکات λ	۸۲
۲-۴-۲. تبدیل NFA بدون حرکات λ به DFA	۸۵
۳-۴-۲. ماشین متناهی غیرقطعی با حرکات λ	۹۰
۴-۴-۲. تبدیل NFA با حرکات λ به DFA	۹۱
۵-۲. ماشین‌های متناهی با خروجی	۱۰۰

۶-۷	ماشین پشته‌ای تقویت شده	۲۹۴
۲۹۵	تمرین‌های فصل هفتم	
۲۹۶	تست‌های فصل هفتم	
۳۰۳	پاسخ تشریحی تست‌های فصل هفتم	

فصل هشتم: خصوصیات بستاری زبان‌های مستقل از متن

۱-۸	مقدمه	۳۰۷
۲-۸	لم تزریق زبان‌های مستقل از متن و خطی	۳۰۷
۱-۲-۸	لم تزریق زبان‌های مستقل از متن	۳۰۷
۲-۲-۸	لم تزریق زبان‌های خطی	۳۱۵
۳-۸	خصوصیات بستاری زبان‌های مستقل از متن	۳۱۸
۴-۸	برخی از مسائل تصمیم‌پذیر در محدوده‌ی زبان‌های مستقل از متن	۳۲۷
تمرین‌های فصل هشتم		۳۳۱
تست‌های فصل هشتم		۳۳۳
پاسخ تشریحی تست‌های فصل هشتم		۳۳۹

فصل نهم: ماشین‌های تورینگ و دسته‌بندی زبان‌ها و ماشین‌ها

۱-۹	مقدمه	۳۴۳
۲-۹	ماشین تورینگ استاندارد	۳۴۳
توصیف لحظه‌ای ماشین تورینگ		۳۴۶
۳-۹	ماشین تورینگ پذیرنده و محاسبه‌گر	۳۴۸
۱-۳-۹	ماشین تورینگ پذیرنده	۳۴۸
۲-۳-۹	ماشین تورینگ محاسبه‌گر	۳۵۱
۱-۳-۹	ترکیب ماشین‌های تورینگ برای انجام وظایف و محاسبات پیچیده‌تر	۳۵۳
۲-۳-۹	تورینگ	۳۵۴
۴-۹	سایر ماشین‌های تورینگ	۳۵۷
۱-۴-۹	ماشین تورینگ گزینشی توقف	۳۵۷
۲-۴-۹	ماشین تورینگ یک نوار نیمه نامتناهی	۳۵۸
۳-۴-۹	ماشین تورینگ چند نوار	۳۵۹
۴-۴-۹	ماشین تورینگ بدون نوار	۳۶۰
۵-۴-۹	ماشین تورینگ چند نوار	۳۶۰
۶-۴-۹	ماشین تورینگ با چند هد	۳۶۱
۷-۴-۹	ماشین تورینگ چند بُعدی	۳۶۲
۸-۴-۹	ماشین تورینگ غیرقطعی	۳۶۲
۹-۴-۹	ماشین کران‌دار خطی	۳۶۳
۱۰-۴-۹	ماشین تورینگ جهانی	۳۶۵
۵-۹	مجموعه‌های شمارا و ناشمارا	۳۶۹
۶-۹	زبان‌های بازگشتی و بازگشتی شمارش‌پذیر	۳۷۳
تعریف ماشین تورینگ تصمیم‌گیرنده		۳۷۳
تعریف زبان بازگشتی		۳۷۳

تمرین‌های فصل چهارم	۱۹۸
تست‌های فصل چهارم	۱۹۹
پاسخ تشریحی تست‌های فصل چهارم	۲۰۴

فصل پنجم: زبان‌های مستقل از متن

۱-۵	مقدمه	۲۰۹
۲-۵	گرامرهای مستقل از متن	۲۰۹
تعریف اشتقاق چپ		۲۱۰
تعریف اشتقاق راست		۲۱۰
تعریف اشتقاق		۲۱۰
تعریف اشتقاق جزئی		۲۱۱
۳-۵	تجزیه عضویت	۲۲۰
۴-۵	گرامرهای مهم	۲۲۳
گرامر ساده		۲۲۸
۵-۵	اهمیت و کاربرد زبان‌های مستقل از متن	۲۲۹
تمرین‌های فصل پنجم		۲۳۱
تست‌های فصل پنجم		۲۳۳
پاسخ تشریحی تست‌های فصل پنجم		۲۴۰

فصل ششم: ساده‌سازی گرامرهای مستقل از متن

۱-۶	مقدمه	۲۴۱
۲-۶	روش‌های تبدیل گرامرهای مستقل از متن	۲۴۵
۱-۲-۶	حذف متغیرها و قواعد تولید نامفید	۲۴۵
۲-۲-۶	حذف قواعد تولید λ	۲۴۸
۳-۲-۶	حذف قواعد تولید واحد	۲۵۰
۴-۲-۶	حذف بازگشتی چپ	۲۵۲
۳-۲-۶	شکل نرمال	۲۵۴
۱-۳-۶	شکل نرمال چامسکی	۲۵۴
۲-۳-۶	شکل نرمال گریباخ	۲۵۶
۴-۶	الگوریتم عضویت CYK	۲۵۹
تمرین‌های فصل ششم		۲۶۳
تست‌های فصل ششم		۲۶۴
پاسخ تشریحی تست‌های فصل ششم		۲۶۷

فصل هفتم: ماشین‌های پشته‌ای

۱-۷	مقدمه	۲۶۹
۲-۷	ماشین پشته‌ای غیرقطعی	۲۷۰
تعریف رسمی ماشین پشته‌ای		۲۷۰
توصیف لحظه‌ای ماشین پشته‌ای		۲۷۲
تعریف پذیرش توسط ماشین پشته‌ای غیرقطعی		۲۷۳
۳-۷	ماشین پشته‌ای قطعی	۲۸۰
۴-۷	اهمیت زبان‌های مستقل از متن قطعی	۲۸۸
۵-۷	زبان‌های مستقل از متن و ماشین‌های پشته‌ای	۲۹۰

فهرست مطالب ۵

۱۰-۲. مسائل تصمیم‌ناپذیر روی TM ها، زبان‌های r.e. و	۳۷۴
گرامرهای بدون محدودیت.....	۳۷۴
قضیه‌ی رایس.....	۳۷۶
۱۰-۳. مسائل تصمیم‌ناپذیر روی زبان‌های مستقل از متن.....	۳۸۱
۱۰-۴. کاهش‌پذیری.....	۳۸۱
تمرین‌های فصل دهم.....	۳۸۱
تست‌های فصل دهم.....	۳۸۱
پاسخ تشریحی تست‌های فصل دهم.....	۳۸۲
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی.....	۳۸۶
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی.....	۳۸۸
پاسخ تشریحی تست‌های فصل نهم.....	۳۹۸
منابع و مآخذ.....	۴۰۳

تعریف ماشین تورینگ تشخیص‌دهنده.....	۳۷۴
تعریف زبان بازگشتی شمارش‌پذیر.....	۳۷۴
۹-۷. دسته‌بندی زبان‌های صوری.....	۳۷۶
۹-۸. خصوصیات بستاری زبان‌های بازگشتی و بازگشتی	۳۸۱
شمارش‌پذیر.....	۳۸۱
خصوصیات بستاری زبان‌های بازگشتی (تصمیم‌پذیر)	۳۸۱
خصوصیات بستاری زبان‌های بازگشتی شمارش‌پذیر	۳۸۲
(تشخیص‌پذیر).....	۳۸۶
تمرین‌های فصل نهم.....	۳۸۸
تست‌های فصل نهم.....	۳۸۸
پاسخ تشریحی تست‌های فصل نهم.....	۳۹۸
فصل دهم: تصمیم‌ناپذیر	۴۰۳
۱۰-۱. مقدمه.....	۴۰۳

به نام خداوند بخشنده و مهربان

مقدمه‌ی مؤلف

یکی از دروس مفهومی و مهم رشته‌های مهندسی کامپیوتر و علوم کامپیوتر درس نظریه زبان‌ها و ماشین‌ها است؛ به عبارتی می‌توان گفت این درس قلب رشته‌ی کامپیوتر است؛ لذا این کتاب می‌تواند به عنوان مرجع کامل در این نظریه زبان‌ها و ماشین‌های رشته‌های مهندسی کامپیوتر و علوم کامپیوتر مورد استفاده قرار گیرد. مطالعه‌ی این کتاب چند هدف را به همراه دارد:

- (۱) آشنایی دانشجویان با مبانی و اصول علم کامپیوتر؛ پس از خواندن این کتاب خواننده در زمینه‌ی علم کامپیوتر دید بسیار خوبی کسب خواهد کرد.
 - (۲) کسب دانش پایه‌ای و پیش‌نیاز برای گذراندن بسیاری از دروس در رشته‌های مهندسی کامپیوتر و علوم کامپیوتر از جمله طراحی و پیاده‌سازی زبان‌های برنامه‌سازی، طراحی کامپایلر، هوش مصنوعی، مدار منطقی، طراحی الگوریتم‌ها، نظریه پیچیدگی و پیچیدگی محاسبات.
 - (۳) افزایش توانایی در انجام استدلال دقیق ریاضی و تعریف رسمی زبان‌ها (مسائل).
 - (۴) توسعه‌ی ذهن خواننده، افزایش توانایی حل مسائل و خلاقیت فکر کردن.
- جهت برآوردن اهداف فوق، تلاش شده ساختار کتاب بخوبی طراحی شود که خواننده بتواند به راحتی مطالب مورد بحث در این زمینه را آموخته و به تدریج دانش خود را در این درس کامل کند که این سازمان‌دهی حاصل تجربه‌ی بیش از یک دهه تدریس این درس در دانشگاه‌های آزاد ایران است.
- نگرشی که در این کتاب حاکم است، یادگیری از طریق حل مسئله است. چنین نگرشی باعث می‌شود که خواننده مباحث مطرح شده را از طریق مثال‌های مرتبط با آن موضوع، به خوبی یاد گرفته و مفاهیم را بهتر و سریع‌تر درک کند. همچنین دانشجویان می‌توانند با حل تمرین‌هایی که در انتهای هر فصل وجود دارد در یادگیری و درک بهتر مفاهیم مشارکت فعال‌تری داشته باشند. به طور کلی یادگیری هر موضوع جدیدی می‌تواند کار سختی باشد، اگر موضوع به طور مناسب ارائه شود یادگیری می‌تواند آسان‌تر انجام شود.
- در سراسر کتاب، سعی شده بسیاری از ایده‌ها و مفاهیم از طریق مثال‌های مختلف شرح داده شود. وقتی برای اثبات قضیه چندین روش وجود دارد، برای این که توانایی استدلال دانشجویان افزایش یابد و بتوانند از زوایای متفاوت به مسئله نگاه کنند، از چند روش مختلف اثبات استفاده شده و اثبات‌ها تا جایی که لازم است به طور دقیق و با جزئیات بیان شده است.

با توجه به این که این درس جزو مواد امتحانی تأثیرگذار در آزمون کارشناسی ارشد دولتی و آزاد رشته‌های مهندسی کامپیوتر و علوم کامپیوتر است؛ لذا در هر فصل تمامی نکات تستی آورده شده (که خود این نکات به درک هر چه بهتر مفاهیم کمک می‌کند) و به صورت موضوعی مجموعه‌ی غنی‌ای از تست‌های شناسنامه‌دار

کنکور کارشناسی ارشد به همراه پاسخ تشریحی تست‌ها آورده شده است که این نیز بر اساس تجربه‌ی تدریس چند ساله در دوره‌های آمادگی کنکور کارشناسی ارشد است؛ بنابراین این کتاب می‌تواند به عنوان یک مرجع کامل برای شرکت در آزمون کارشناسی ارشد رشته‌های مهندسی و علوم کامپیوتر نیز مورد استفاده قرار گیرد. پیش‌نیاز موضوعات مطرح شده در این کتاب، داشتن مقداری تسلط روی زبان برنامه‌نویسی مانند C، C++ یا java و آشنایی با مبانی ساختمان داده‌ها و الگوریتم‌ها می‌باشد. گذراندن درس ساختمان (ریاضیات) گسسته که شامل موضوعات نظریه مجموعه‌ها، توابع، روابط، منطق و استدلال و استنتاج ریاضی بوده، ضروری است.

فصل یک: ذکر مفاهیم پایه و تعاریف اولیه می‌پردازد. درک هر چه بیشتر این مفاهیم پایه می‌تواند در یادگیری مطالب گفته شده در سایر فصول بسیار موثر باشد. فصل دوم به شرح ماشین‌های متناهی می‌پردازد. فصل سوم به شرح خانواده‌ی زبان منظم و روش‌های توصیف رسمی این خانواده از زبان‌های رسمی مانند عبارت منظم می‌پردازد. در فصل چهارم شرح خصوصیات بستاری زبان‌های منظم پرداخته و در رابطه با روش‌هایی که برای اثبات نامنظم بودن یک زبان مورد بحث می‌شود، در فصل پنجم به شرح خانواده‌ی زبان‌های مستقل از متن پرداخته و در رابطه با روش‌های مستقل از متن (به عنوان یکی از روش‌های توصیف رسمی این خانواده) بحث می‌شود. فصل ششم به روش‌های ساده‌سازی گرامرهای مستقل از متن پرداخته و شکل‌های خاصی از گرامرهای مستقل از متن به همراه کاربردشان را بیان می‌کند. فصل هفتم به ماشین‌های پشته‌ای (به عنوان یکی از دیگر روش‌های توصیف رسمی خانواده‌ی زبان‌های مستقل از متن) می‌پردازد. در فصل هشتم به شرح خصوصیات بستاری زبان‌های مستقل از متن پرداخته و در رابطه با روش‌هایی که برای اثبات نامستقل از متن بودن و همچنین غیرخطی بودن یک زبان وجود دارد بحث می‌شود. فصل نهم به شرح ماشین‌های تورینگ و موضوعات مرتبط با آن و سلسله مراتب زبان‌های صورتی (رسمی) می‌پردازد. فصل دهم به طور مختصر به موضوعات تصمیم‌ناپذیری و کاهش‌پذیری می‌پردازد. خواننده‌ی محترم برای مطالعه‌ی بیشتر در مورد تصمیم‌ناپذیری و کاهش‌پذیری می‌تواند به کتاب‌های نظریه محاسبات مراجعه کند.

دانشجویانی که با این درس آشنایی قبلی ندارند، بهتر است ابتدا فصل دوم را مطالعه کنند تا یک دید اولیه نسبت به این درس کسب کنند و با تعاریف، اصطلاحات و مفاهیم اولیه آشنا شوند. پس از مطالعه‌ی فصل اول بهتر است به ترتیب فصول دوم، سوم و چهارم مطالعه شود. پس از مطالعه‌ی چهارم، آشنایی کامل با خانواده‌ی زبان‌های منظم و روش‌های توصیف رسمی این خانواده مانند ماشین‌های متناهی و روش‌های منظم و گرامرهای منظم حاصل خواهد شد؛ به این ترتیب دانش دانشجویان نسبت به این درس بسیار بیشتر شده و با خیلی از مفاهیم آشنا می‌شوند، به طوری که می‌توانند به راحتی به مطالعه‌ی سایر خانواده‌ی زبان‌های رسمی از فصل پنجم به بعد بپردازند. به هر حال خواهیم دید که ماشین‌های پشته‌ای، پذیرنده‌ی زبان‌های مستقل از متن هستند و برای مطالعه‌ی این ماشین‌ها باید ابتدا ماشین‌های متناهی مطالعه شود؛ به همین دلیل ساختار کتاب طوری طراحی شده که تمامی وابستگی‌ها و پیش‌نیازها بین موضوعات این درسی در نظر گرفته شود.

هر چند تلاش شده کتاب جلاص و کامل باشد و از کیفیت بسیار خوبی برخوردار باشد، با این وجود خالی از اشکال نیست. لذا از اساتید محترم و دانشجویان عزیز خواهش‌مدم اشکالات کتاب، نظرات و انتقادات خود را از طریق پست الکترونیکی با اینجانب در میان بگذارید. امید است این خدمت ناچیز مورد قبول خداوند متعال قرار گرفته و قابل استفاده برای شما عزیزان باشد. بر خود لازم می‌دانم از همه‌ی کسانی که در به ثمر رسیدن این اثر نقش داشته‌اند، دوستان و همکاران گرامی که با نظرات و پیشنهادشان اینجانب را یاری کردند آقایان دکتر محمد ایزدی، دکتر محمد کلانتری، دکتر علی غفاری و دکتر نصرتعلی اشرفی تشکر و قدردانی نمایم. همچنین استاد ارجمند جناب آقای پروفیسور محمدرضا میبدی که افتخار گذراندن این درس در دانشگاه صنعتی شریف را با ایشان داشتم، کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از مجموعه‌ی انتشارات علوم رایانه خصوصاً مدیریت محترم آن جناب آقای جعفرنژاد قمی که کار چاپ و نشر این اثر را به عهده داشته و سرکار خانم مریم پارسایی که کار چاپ و صفحه‌آرایی این اثر را به عهده داشتند، تشکر و قدر دانی می‌کنم.

فردین شاپوری

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی قزوین

shapouri@qiau.ac.ir

shapourifardin@gmail.com