

به نام پروردگار عالم

معرفی بازگشتی
نظریه محاسبات

تالیف:

پروفسور کارل اسمیت

Carl Herbert Smith 1950-2004

مترجمین:

مجید رشید پور - کارشناس ارشد علوم کامپیوتر

فرشید اسدی - دانشجوی کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

ویراستار علمی: دکتر رضا جلیلیان (دانشیار گروه ریاضی و علوم کامپیوتر دانشگاه رازی)

سرشناسه	اسمیت، کارل Smith, Karl
عنوان و نام پدیدآور	معرفی بازگشتی نظریه محاسبات
مشخصات نشر	تهران: انتشارات ماهواره، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	۲۲۴ص.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۶۸۵۷-۵۰-۳
وضعیت فهرست نویسی	فیبای مختصر
یادداشت	این مدرک در آدرس http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
یادداشت	عنوان اصلی: A RECURSIVE INTRODUCTION TO THE THEORY OF COMPUTATION
شناسه افزوده	رشیدپور، مجید، ۱۳۵۸-، مترجم
شناسه افزوده	اسدی، فرشید، ۱۳۶۴-، مترجم
شماره کتابشناسی ملی	۴۷۶۶۷۸۵

عنوان کتاب: معرفی بازگشتی نظریه محاسبات

مؤلف: پروفیسور کارل اسمیت (Carl Herbert Smith 1950-2004)

مترجمین: مجید رشیدپور، فرشید اسدی

ویراستار علمی: دکتر رضا جلیلیان

انتشارات: ماهواره

تیراژ: ۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۴

قیمت: ۱۳۰۰۰ تومان

ناظر چاپ: عبدالحسین حاجی زاده

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۸۵۷-۵۰-۳

مرکز بخش: تهران، خ جمالزاده شمالی، کوچه یزدان شناس، پ ۲۵، واحد ۴، ۰۲۱۶۶۵۶۲۸۳۵، ۰۹۱۹۰۶۲۱۴۱۸

www.mahvarehgroup.ir

مسئولیت صحت مطالب با مترجمین می باشد.

حق چاپ محفوظ است.

پیشگفتار مولف

مدت ها قبل از کتابی با عنوان «نظریه اساسی الگوریتم ها» نوشته P.Young و M.Machtey به عنوان منبع درس نظریه محاسبات دوره کارشناسی ارشد استفاده می کردم. پس از اینکه چاپ مجدد کتاب توسط ناشر انجام نشد، به سرعت یادداشت ها و نکات مربوط این کتاب را گردآوری کردم. در نتیجه این کار قسمت اعظم سازماندهی، نکات و اثبات های کنونی متن گردآوری شده را از کتاب فوق گرفتم. متن گردآوری شده به سرعت به فرم یک کتاب تبدیل شد. آنچه در ادامه خواهد آمد نتیجه گردآوری مطالب و امتحاناتی است که در طول چند ترم تحصیلی گرفته شده است. در ترم های تحصیلی بعضی دانشجویان غلط های املایی کتاب را پیدا می کردند، توضیحات پیشنهادی خود را مطرح می کردند و سوالات جالبی را مطرح می کردند که به صورت تمرین هایی به کتاب اضافه شد. مطالب کتاب به صورت قابل توجه ای با تلاش دانشجویان توسعه پیدا کرد. همچنین دوست دارم که از همکار خود Bill Gasarch برای ویرایش کتاب، بحث هایی که در مورد کتاب داشتند، نظرات مثبت و منفی در مورد مطالب کتاب و همچنین اضافه کردن تعدادی مسأله اساسی به کتاب تشکر کنم.

Ken Regan و تعدادی داور ناآشنا نظرات ارزشمندی در مورد کتاب ارائه کردند. مطالب مطرح شده در کتاب می توانند در یک ترم تحصیلی پوشش داده شوند. با این نظریه که در صورت وجود زمان کافی در یک ترم مطالب اضافه تری پوشش داده شوند مخالفت کردم چون مطالبی که می خواستم اضافه کنم در ترم های مختلف متفاوت بود. در صورت کمبود وقت در ترم تحصیلی یا اینکه عناوین اصلی درس پوشش داده نشده باشند، مطالب مربوط به سایر مدل های محاسباتی، خصوصیات جایگزینی سیستم های برنامه نویسی قابل قبول و به همین ترتیب بخش مربوط به سیستم های برنامه نویسی محدود بدون از دست رفتن پیوستگی مطالب می توانند حذف شوند.

عنوان این کتاب شامل کلمه «بازگشت» است که دارای چند معنی است و بعضی از آنها مناسب هستند. معنی اصلی کلمه recurse، «بازگشت به قبل» است. در واقع در این کتاب ما به دنبال بازگشت به قبل هستیم. در نتایج اساسی که امروزه به شکل نظریه محاسبات مطرح می شوند، مفهوم مورد استفاده در بیشتر بخش های کتاب «توابع بازگشت جزئی» است، توابعی که نامشان را از چگونگی تعریف شدنشان می گیرند. با استفاده از عملگر «بازگشت به قبل» به مقادیر قبلی تابع. همچنین یک قضیه بازگشتی که ما را قادر می سازد تا برنامه های کامپیوتری ایجاد کنیم که در گدهای آنها «بازگشت به قبل» وجود دارد. در این روش قضایای بازگشتی نسبتاً زود در کتاب معرفی می شوند و اغلب از آنها استفاده می شود.

پیشگفتار مترجمین

محاسبات به منظور پردازش اطلاعات طراحی شده اند. هدف از مطالعه ی محاسبات این است که بیشترین درست نسبت به مشخصه های محاسبات پیدا کنیم. چنین بینشی برای تخمین پیچیدگی محاسبات و انتخاب راههایی که باید در پیش بگیریم مفید است. همچنین می توانیم از این بینش برای توسعه و طراحی ابزارهایی که حل مسائل را آسان می کند استفاده کنیم. نظریه محاسبات یا تئوری محاسبات زمینه وسیعی است که امکان و کارایی حل مسائل گوناگون به وسیله مدل های محاسباتی، با استفاده از الگوریتم ها را مورد مطالعه قرار می دهد. این نظریه به دو شاخه عمده زیر تقسیم می شود: نظریه محاسبه پذیری یا قابلیت محاسبه و نظریه پیچیدگی. هر دو شاخه فوق با مدل های صورتی محاسبات سر و کار دارند. گاهی اوقات مسائلی وجود دارند که قابل حل نیستند از طرفی مسائلی هستند که قابل حل می باشند همچنین مواردی نیز وجود دارد که به مقدار غیر قابل قبولی از منابع نیاز دارند. مطالعه ی محاسبات، این مسائل را برای ما مشخص می کند. به عنوان مثال ممکن است زمان حل یک مسئله حدود یک میلیون سال طول بکشد که امری غیرعملی است حتی اگر برای آن مسئله الگوریتمی نیز وجود داشته باشد. ممکن است دانستن این مطلب که مسئله ای قابل حل نیست به نظر مایوس کننده بیاید اما در عوض باعث می شود که منابع مان را برای حل چنین مسئله ای به هدر ندهیم. مطالعه ی محاسبات هم ابزارهای تشخیص مسائل قابل حل را فراهم می کند و هم ابزارها و روش های حل مسائل فوق را مهیا می کند. محاسبه پذیری توانایی حل یک مساله به روشی موثر است، که یک موضوع کلیدی در زمینه نظریه محاسبه پذیری در منطق ریاضی و نظریه محاسبات در علوم کامپیوتر است. محاسبه پذیری یک مساله ارتباط نزدیکی با وجود یک الگوریتم برای حل مساله دارد. گسترده ترین مدل های مورد مطالعه از محاسبات، توابع تورینگ محاسبه پذیر، بازگشتی و حساب لانداهستند، که تمامی آنها دارای قدرت محاسباتی معادل هستند. در این کتاب در فصل اول بعضی از انواع مدل های محاسباتی مورد بررسی قرار گرفته اند. در فصل دوم مفاهیم توابع بازگشتی در مدل های محاسباتی مورد بحث قرار می گیرند، در فصل سوم مفهوم پیچیدگی زمان و فضای مدل های محاسباتی بررسی می شوند و در فصل چهارم کلاس های مختلفی از مسائل بررسی شده اند. مطالب این کتاب با رویکرد بازگشتی ارائه شده اند. این کتاب می تواند به عنوان یک مرجع در دوره های تحصیلات تکمیلی علوم کامپیوتر در زمینه نظریه محاسبات مورد استفاده قرار گیرد. هر چند تلاش بسیاری برای ترجمه ای در خور جامعه دانشگاهی نمودیم، لیکن یقیناً نظرات سازنده آنان می تواند مترجمین را از لغزش های احتمالی بر حذر دارد.

بهمن ماه ۱۳۹۳

mrashidpour@hotmail.com

farshidasadi64@gmail.com

مجید رشیدپور

فرشید اسدی

مقدمه

هدف این کتاب روشن کردن مفهوم محاسبات است. ویژگی هایی که ما علاقمند به آنها هستیم در زمینه محاسبه، فقط بعضی نمونه های خاص از محاسبات مانند برنامه نویسی در محیط C++ در یک ایستگاه کاری که سیستم عامل یونیکس (Unix) را اجرا می کند نیست. پس نتایجی که ما در زمینه محاسبات به دست آوردیم می توانند در سیستم های محاسباتی امروزه و سیستم های محاسباتی در آینده معتبر باشند. در به دست آوردن چنین اصول کلی، کاربرد فوری نتایج مورد مطالعه را در تمرین های محاسباتی عصر حاضر از دست دادیم.

مزیت فکری (عقلانی) برای دانشجویان در این درس گسترش شهود (درک مستقیم) درباره محاسبات است. فرض می شود که خواننده کتاب تجربه زیادی در برنامه نویسی در بیش از یک زبان برنامه نویسی کامپیوتری دارد. این کتاب تفکر شما را نسبت به محاسبات عوض خواهد کرد. بیشتر شهودهای جاری شما در زمینه محاسبات را به چالش خواهد کشید. این چالش ها درباره اصول بنیادی محاسبات نیستند، بلکه بیشتر از واقعیت های اساسی درباره محاسبات ناشی می شوند. آنچه که در این کتاب می آید از روی حدس و گمان نوشته نشده است، هر ادعایی با استفاده از محاسبات دقیق و کافی ریاضی اثبات شده است. پس خواننده کتاب باید یک پیش زمینه قوی در ریاضی گسسته داشته باشد. همچنین آشنایی با نظریه زبانها و ماشین ها به عنوان یک پیش نیاز برای درس مطلوب است. طرز تفکر بیشتر افراد درباره محاسبات، از تجاربی که در سیستم های محاسباتی واقعی یا مدل های صوری (رسمی) محاسبات دارند است. روش مرسوم برای مطالعه محاسبات در حالت کلی معرفی یک مدل و تعمیم آن است. در این کتاب نیز به همین روش عمل می شود. قبل از شروع درس بهتر است تلاش کنیم محاسبات را به صورت مستقل از ماشین تعریف کنیم. تعریفی از محاسبات که در ادامه می آید از قبل به عنوان یک شهود در نظر گرفته می شود. نه فقط در باقیمانده مطالب درس که به آن بستگی دارد.

«محاسبه، انتقال و تبدیل داده است». تبدیل ها به وسیله جابجایی داده ها از طریق موجودیت هایی به نام پردازش انجام می شوند. چند مثال به این منظور در ادامه می آید. یک کامپیوتر شخصی با استفاده از پردازنده، کلیدهای صفحه کلید، جابجایی ماوس، فلاپی دیسک ها و جریان الکتریسته که از پریز برق می گیرد باعث ایجاد تصاویر روی صفحه نمایش می شود. در بالاترین سطح هر مدار مجتمع (IC) می تواند به عنوان یک پردازنده در نظر گرفته شود. که بعضی از محاسبات مانند تبدیل داده های ورودی و قراردادن نتایج در ورودی مدارهای مجتمع دیگر را اجرا می کند. در این حالت محاسبه به عنوان یک بخش کوچک از محاسبات بزرگ اجرا می شود. تعریف بالا از محاسبه قابل بکارگیری در هر سطحی از کامپیوتر است. یک گیت منطقی یک پردازنده است که ورودی های خود را تبدیل می کند. با این دید کلی می توان گفت که محاسبه در همه بخش های کامپیوتر وجود دارد. به طور مثال،

دستگاه تلویزیون یک پردازشگر است که ورودی های خود را از طریق کابل یا آنتن و همچنین پریز برق نصب شده روی دیوار گرفته و آنها را تبدیل به تصاویر می کند که ما روی صفحه آنها را می بینیم. در فصل اول کتاب مدل های مختلفی از محاسبات بررسی می شوند. هر کدام از این مدل ها به طور ضمنی داده ها را انتقال و تبدیل می کنند. یک مدل محاسباتی اساساً یک زبان برنامه نویسی است. هرچند بعضی از افراد نمی خواهند برنامه نویسی واقعی را به کمک مدل محاسباتی انجام دهند. مدل های محاسباتی دارای ساختارهای کنترلی هستند، نام متغیرها در این مدل های محاسباتی غیرقابل انعطاف است، شامل عملگرهای محاسباتی ساده هستند و همچنین شامل توابع توکار (از پیش تعریف شده) هستند. در مقایسه با زبان های سطح بالا مانند پاسکال که دارای مجموعه ای از ساختارهای کنترلی هستند در مدل های محاسباتی اثبات خیلی از مطالب ساده تر است. اثبات ها اگر با یک زبان دارای نحو باشند به اندازه کافی پیچیده می شوند.

استفاده از یک زبان های برنامه نویسی واقعی باعث می شود نشان گذاری استدلال ها به اندازه کافی سخت باشد، بدون اضافه کردن چیز جدیدی. هر سه مدل محاسباتی مطرح شده در کتاب، دیدگاه های مختلفی از محاسبات را ارائه می کنند و همه مدل ها دارای قدرت محاسباتی برابر هستند. با توجه به اینکه استفاده از هر کدام از مدل های محاسباتی برای مطالعه این درس چندان مهم نیست، یکی از مدل های محاسباتی را به عنوان مدل عمومی در نظر می گیریم. ارجاع به هر برنامه ای با استفاده از نام آن، قابلیت ها و آرگومان های آن امکان پذیر خواهد بود. فارغ از بررسی پیچیدگی جزئیات نحوی برنامه ها، محدودیت های محاسبات موثر را با استفاده از نظریه بازگشتی پایه جستجو خواهیم کرد. خود ارجاعی (خودفراخوانی) برنامه ها یک ابزار اساسی و پایه برای ساختن الگوریتم ها معرفی خواهد کرد. در ادامه سایر ابزارها برای دستکاری و ایجاد الگوریتم ها معرفی و مقایسه خواهند شد. با استفاده از دانش ثابت درباره اینکه چه مسائلی محاسبه پذیر نیستند، می توان پیچیدگی محاسبات مسائلی که محاسبه پذیر هستند را بررسی کرد. لازم به یادآوری است که مطالب کتاب کاملاً کلی (عمومی) هستند، مفهوم اندازه پیچیدگی کاملاً رسمی و فرموله شده بیان می شود. خصوصیات کلی همه اندازه های پیچیدگی نشان داده شده در کتاب وجود دارد. با این روش نتایج مربوط به پیچیدگی زمان و پیچیدگی فضا را اثبات خواهیم کرد. در انتهای کتاب اندازه پیچیدگی زمانی و فضایی و تشخیص توابع قابل محاسبه که امکان محاسبه آنها وجود دارد یا خیر بررسی خواهد شد.

فهرست مطالب

۱	مدل های محاسباتی.....	فصل ۱
۲	۱-۱ ماشین های با دستیابی تصادفی (RAM).....	
۷	۲-۱ توابع بازگشتی جزئی.....	
۲۱	۳-۱ مزدوج سازی و کدگذاری.....	
۲۷	۴-۱ شبیه سازی اجرای یک برنامه RAM.....	
۳۰	۵-۱ ماشین های تورینگ.....	
۳۶	۶-۱ برخی مدل های محاسباتی دیگر.....	
۳۹	۷-۱ یک روش ارائه (نمایش) برنامه ها.....	
۴۰	۸-۱ یادداشت های تاریخی.....	
۴۱	نظریه توابع بازگشتی پایه.....	فصل ۲
۴۱	۱-۲ سیستم های برنامه نویسی قابل قبول.....	
۴۸	۲-۲ قضایای بازگشتی.....	
۶۵	۳-۲ دیگر خصوصیت های سیستم های برنامه نویسی قابل قبول.....	
۷۱	۴-۲ قضیه یکرختی.....	
۷۴	۵-۲ مسائلی که به صورت الگوریتمی قابل حل نیستند.....	
۸۱	۶-۲ مجموعه های به طور بازگشتی شمارا.....	
۹۵	۷-۲ یادداشت های تاریخی.....	
۹۷	نظریه پیچیدگی انتزاعی.....	فصل ۳
۹۸	۱-۳ معیار شبه فضای برنامه های RAM.....	
۱۰۰	۲-۳ معیارهای پیچیدگی انتزاعی.....	
۱۰۶	۳-۳ نتایج اساسی.....	
۱۱۰	۴-۳ فاصله های پیچیدگی.....	
۱۱۲	۵-۳ فشرده سازی پیچیدگی.....	
۱۱۴	۶-۳ تسریع.....	
۱۱۸	۷-۳ معیارهای اندازه (حجم) برنامه.....	

۱۲۵	۸-۳ سیستم های برنامه نویسی محدودشده.....
۱۲۸	۹-۳ یادداشت های تاریخی.....
۱۲۹	مسائل کامل.....
۱۲۹	۱-۴ کاهش پذیری ها.....
۱۳۴	۲-۴ محاسبه پذیری چند جمله ای.....
۱۳۶	۳-۴ سلسله مراتب زمان محاسبه معین.....
۱۴۷	۴-۴ نامعین بودن.....
۱۵۴	۴-۵ یک مساله NP - کامل.....
۱۶۵	۴-۶ مسائل بیشتری از NP - کامل.....
۱۷۳	۴-۷ یادداشت های تاریخی.....
۱۷۵	پاسخ تمرین های برگزیده.....
۱۹۹	لیست نمادها.....
۲۰۱	واژه نامه فارسی به انگلیسی.....
۲۰۷	واژه نامه انگلیسی به فارسی.....
۲۱۳	فهرست راهنما.....

فصل ۴