

بسم الله الرحمن الرحيم

نظریه گراف
و کاربردهای آن در مهندسی و علوم کامپیوتر
(جلد اول)

اثر:
نارسینگ دتو

ترجمه:

دکتر دوستعلی مزده (استاد دانشگاه تفرش)
ناهیده اسدی (کارشناس ارشد ریاضی)

سرشناسه: دنو، نارسینگ، ۱۹۳۶-م. Narsingh, Deo
 عنوان و نام پدیدآورنده: نظریه گراف و کاربردهای آن در مهندسی و علوم کامپیوتر /
 نارسینگ دنو؛ مترجم دوستعلی مژده، ناهیده اسدی.
 مشخصات نشر: تفرش، دانشگاه تفرش، ۱۳۹۱
 شابک: دوره: ۹-۹۷-۶۲۴۴-۶۶۴-۹۷۸-۹۷۸-۶۲۴۴-۹۸-۶-۱، ج. ۱
 وضعیت فهرست نویسی: فیفا
 یادداشت: عنوان اصلی: Graph theory with applications to
 engineering and computer science
 موضوع: گراف‌ها
 رده بندی کنگره: TA ۳۳۸ / ۵۴۹ ۱۳۹۱
 رده بندی دیویی: ۵۱۱ / ۵
 شماره کتاب شناسی ملی: ۲۸۶۲۶۵۵



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
 دانشگاه تفرش

نظریه گراف و کاربردهای آن در مهندسی و علوم کامپیوتر (جلد اول)

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۱
 مولف: نارسینگ دنو
 مترجم: دکتر دوستعلی مژده و ناهیده اسدی
 ناشر: انتشارات دانشگاه تفرش
 شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
 چاپ: زیتون قم
 قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال

Email: nashr@tafreshu.ac.ir

انتشارات دانشگاه تفرش:

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه تفرش محفوظ است

دیباچه‌ی مترجمین

بسمه تعالی

در حال حاضر گرایش به علوم بین‌رشته‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از این علوم که در دهه‌ی اخیر پیشرفت شایانی داشته و توجه بسیاری از علاقمندان ریاضی را به خود جلب کرده است، نظریه‌ی گراف است که زیرشاخه‌ای از ریاضیات گسسته و ترکیبیاتی به شمار می‌آید. در سال‌های اخیر، رشد سریع و همه‌جانبه‌ای را در نظریه‌ی گراف اعم از جنبه‌ی نظری و کاربردی شاهد بوده‌ایم که با توجه به کمبود منابع فارسی در این زمینه تصمیم بر ترجمه‌ی کتاب حاضر گرفتیم که پاسخگویی نیاز دانشجویان رشته‌ی نظریه‌ی گراف در دوره تحصیلات عالی بوده و بستر آشنایی دانشجویان کارشناسی با نظریه‌ی گراف را فراهم سازد. به جرات می‌توان گفت که این نظریه، ابزار اصلی در علوم مهندسی، پزشکی، هوش مصنوعی و علوم رایانه‌ای است. به منظور مطالعه‌ی کاربردهای این نظریه، دانشجویان عزیز را به مجلات وابسته به ریاضیات گسسته و ترکیبیاتی و نیز کتب مرجع لاتین ارجاع می‌دهیم که در پایان هر فصل معرفی شده‌اند. در بسیاری از این کتاب‌ها، نویسنده مفاهیم نظریه‌ی گراف را با رویکردی کاربردی مورد مطالعه قرار داده و با مثال‌هایی ملموس به تصویر کشیده است.

از آغاز پیدایش نظریه‌ی گراف، کتاب‌های متعددی با سلیقه و گرایش متنوع هر یک از نویسندگان به رشته‌ی تحریر درآمد که اساس مباحث این کتب در اکثر موارد نظریه‌ی گراف محض بود. نگاه بین‌رشته‌ای به علوم و به‌ویژه نظریه‌ی گراف که دانشی نوپا جلوه می‌نمود، منجر به ترجمه و تالیف کتاب‌هایی شد که عمده مباحث آن‌ها ترکیب علوم بوده

و کاربردهایی از علوم نظری را در علوم دیگر به نمایش گذارده بودند. کتاب حاضر نیز که منبع جامعی از مفاهیم نظریه‌ی گراف است، بر اساس نیاز دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد در ۱۵ فصل به نگارش درآمده است که نویسنده در فصل‌های یک تا ده ایده‌های نوین در علم نظریه‌ی گراف را ارایه کرده و در پنج فصل پایانی، به بررسی این نظریات از دیدگاه کاربردی و الگوریتمی پرداخته است. تمرینات کاربردی و جذاب پایان هر فصل حاکی از محتوای غنی کتاب و تسلط نویسنده بر مفاهیم مورد بحث است. تقسیم کتاب به دو بخش نظری- کاربردی (فصول ۱ تا ۱۰) و کاربردی-الگوریتمی (فصول ۱۱ تا ۱۵) نیز را شکار بسیار مناسبی برای درک مقدماتی دانشجویان کارشناسی از مباحث نظریه‌ی گراف و درک تکمیلی آن در فصل‌های پایانی به نظر می‌رسد.

مهارت نویسنده در نگارش این کتاب و فصل‌بندی بسزای ایشان از مطالب پیش رو، مترجمین را بر آن داشت تا با ترجمه‌ی این اثر، نگاه بین‌رشته‌ای به نظریه‌ی گراف را بسط داده و امکان آشنایی دانشجویان مهندسی را نیز با مفاهیم موجود فراهم سازند. با چنین رویکردی، بخش نخست کتاب (فصول ۱ تا ۱۰) را در جلد اول و بخش دوم آن (فصول ۱۱ تا ۱۵) را در جلد دوم ارایه کرده و در اختیار دانشجویان و سایر علاقمندان قرار خواهیم داد. مترجم نخست کتاب با بیش از دو دهه سابقه‌ی تدریس و تحقیق در مباحث نظریه‌ی گراف و ترکیبیات، بر این عقیده است که این کتاب توانایی لازم در تبیین مفاهیم نظریه‌ی گراف را داشته و ضمن رویکرد کاربردی بی‌شائبه‌ای که در تمامی فصل‌های آن اشکار است، قضیه‌ها و نتایج نظری را نیز به شیوه‌ای زیبا و شفاف بیان کرده است.

در پایان لازم می‌دانیم از همه‌ی کسانی که در بخش انتشارات دانشگاه تفرش در تدوین این کتاب همکاری نمودند به‌ویژه، آقای عزیزی تشکر نماییم.

دکتر دوستعلی مژده (استاد دانشگاه تفرش)

ناهیده اسدی (کارشناس ارشد ریاضی)

دیباچه‌ی مولف

طی دو دهه‌ی اخیر، توجه و پژوهش‌های علمی را در نظریه‌ی گراف به‌ویژه در جامعه‌ی ریاضیدانان کاربردی شاهد بوده‌ایم. رشد روزافزون تعداد مقالات و کتاب‌های چاپ شده در این زمینه، گواهی بر این ادعاست. در سال ۱۹۵۷ تنها یک کتاب در مبحث گراف (موسوم به نظریه‌ی کونینگ راجع به گراف‌های متناهی و نامتناهی) وجود داشت. اینک پس از گذشت ۱۶ سال، بیش از هزاران کتاب درسی راجع به نظریه‌ی گراف و شاید به همین تعداد گزارشنامه‌ی سمینارها و همایش‌های متفاوت وجود دارند.

هر یک از این کتاب‌ها اهداف خویش را داشته و به مباحثی پرداخته‌اند که بسته به نظر نویسنده، تاکید بر آن‌ها ضروری بوده است. در اینجا، جنبه‌ی محاسباتی و الگوریتمی گراف‌ها را مورد توجه قرار داده‌ایم. این تاکید به علت آن است که هرگاه نظریه‌ی گراف را برای حل مسایل کاربردی (اعم از تحلیل شبکه‌های الکتریکی، لایه‌های مداری، ساختارهای داده‌ای، تحقیق در عملیات و یا در علوم اجتماعی) اعمال کرده‌ایم، در اکثر موارد به گراف‌های بسیار بزرگی-گراف‌هایی که بدون کمک از رایانه، تحلیل آن‌ها امکان‌پذیر نیست- برخورد کرده‌ایم. هر مهندسی این نکته را دریافته است که در مسایل روزمره‌ای که مدل‌بندی آن‌ها با گراف‌های کوچک به سادگی امکان‌پذیر است، می‌توان از ابزارهای دیگری غیر از نظریه‌ی گراف استفاده کرد. (در اینجا، نظریه‌ی گراف مباحثی متفاوت از جبر دبیرستان، حسابان مقدماتی یا اعداد مختلط است.) در حقیقت، وجود رایانه‌های دیجیتال، پرسرعت، یکی از نشانه‌های توجه روزافزون به نظریه‌ی گراف است.

با توجه به این نکته که هر دانشجوی نظریه‌ی گراف در گرایش کاربردی بایستی فن استفاده از

رایانه‌های دیجیتال را به منظور تحلیل گراف‌های بزرگ فراگیرد، الگوریتم‌ها و کارایی آن‌ها را در این کتاب، مورد تاکید قرار داده و در برهان قضیه‌ها، اثبات‌های ساختاری را نسبت به اثبات‌های غیرساختاری در اولویت نهاده‌ایم. در فصل ۱۱ که طولانی‌ترین فصل کتاب است، به طور کامل به جنبه‌های محاسباتی نظریه‌ی گراف پرداخته‌ایم که شامل الگوریتم‌های نظریه‌ی گرافی و نمونه‌هایی از چندین برنامه‌ی رایانه‌ای آزمایشی برای حل مسایل مرتبط با گراف‌هاست. به نظر می‌رسد که این شیوه تاکنون در هیچ یک از کتاب‌های پیشین نظریه‌ی گراف به کار نرفته است. مطالبی که در فصل ۱۱ و در بسیاری از بخش‌های فصول دیگر آمده‌اند، برای نخستین بار است.

با این حال، جنبه‌ی الگوریتمی و کاربردی این کتاب به هیچ وجه، ظرافت و دقت ریاضی‌وار آن را در هم نشکسته است. در حقیقت، مطالب این کتاب برای تدریس نظریه‌ی گراف "محض" کافی بوده و چنان نگارش شده است که به حد امکان جامع و بی‌نیاز از هر منبع دیگری است.

سطح این کتاب برای دانش‌آموزان پیش‌دانشگاهی و دانشجویان سال اول در هر گرایشی که در آن نیاز به نظریه‌ی گراف است، مناسب به نظر می‌رسد. این کتاب را به گونه‌ای تنظیم کرده‌ایم که نیمه‌ی نخست آن (فصل‌های ۱ تا ۹) شامل مطالب مقدماتی و اساسی نظریه‌ی گراف است. در این بخش، به جز چند مفهوم مقدماتی از نظریه‌ی مجموعه‌ها و جبر ماتریس‌ها و البته آشنایی مختصری با ریاضیات پیشرفته به هیچ پیش‌زمینه‌ی دیگری نیاز نیست. با وجود این که نمایش کاربردها را نیز در این بخش با نظریه‌ی گراف در هم آمیخته‌ایم؛ اما مثال‌ها را به گونه‌ای برگزیده‌ایم که کوتاه بوده و در اکثر موارد بیانگر ماهیت معماها و بازی‌هاست. به این ترتیب، هر دانشجویی در هر یک از زمینه‌ها قادر به مطالعه و فهم نیمه‌ی نخست کتاب است.

نیمه‌ی دوم کتاب پیشرفته‌تر بوده و در هر یک از فصل‌ها، پیش‌زمینه‌های متفاوتی برای مطالعه‌ی کاربردهایی از مسایل پیچیده‌ی روزمره در زمینه‌های متفاوت مورد نیاز است. با توجه به این نکته، فصل‌های ۱۰ تا ۱۵ نسبت به هم به صورت مستقل نگاشته شده‌اند. خواننده قادر است با مطالعه‌ی نه فصل نخست، هر یک از فصل‌های ۱۰ تا ۱۵ را با هر

ترتیب دلخواهی مطالعه کند.

حجم مطالب این کتاب بسیار بیش از آن است که برای یک درس ترمی واحدی لازم به نظر می‌رسد، لذا پیشنهاد می‌کنیم که در هر گرایشی با توجه به نیاز دانشجویان، ترتیب مناسبی از فهرست مطالب در زمینه‌های متفاوت انتخاب شود. به عنوان مثال:

۱. مهندسی برق: فصل‌های ۹-۱۱، ۱۲ و ۱۳.
 ۲. علوم کامپیوتر: فصل‌های ۹-۱۱، ۱۲ و بخش‌هایی از ۱۰ و ۱۵.
 ۳. تحقیق در عملیات: فصل‌های ۹-۱۱، ۱۴ و بخش‌هایی از ۱۵.
 ۴. ریاضی کاربردی: فصل‌های ۱۱-۱ و بخش‌هایی از ۱۵.
 ۵. نظریه‌ی گراف محض مقدماتی: فصل‌های ۱۰-۱.
- در حقیقت، کتاب حاضر مجموعه‌ای از درس‌هایی است که نویسنده در آزمایشگاه نیرو محرکه‌ی جت واقع در دانشگاه ایالتی کالیفرنیا در لس آنجلس، انجمن فن‌آوری هند در کانپور و دانشگاه ایلینویس در اوربانا-شامپین رایه کرده است.

فهرست مطالب

ز	فهرست مطالب
۱	۱ معرفی
۱	۱.۱ گراف چیست؟
۳	۲.۱ کاربردهای گراف
۹	۳.۱ گراف‌های متناهی و نامتناهی
۱۰	۴.۱ برخورد و درجه
۱۲	۵.۱ راس تنها، راس آویزان و گراف پوچ
۱۴	۶.۱ تاریخچه‌ی مختصری از نظریه‌ی گراف
۱۹	۷.۱ مسایل
۲۳	۲ مسیرها و مدارها
۲۴	۱.۲ بکریختی
۲۷	۲.۲ زیرگراف‌ها
۲۸	۳.۲ معمایی با مکعب‌های چندرنگی
۳۰	۴.۲ راه‌ها، مسیرها و مدارها
۳۴	۵.۲ گراف‌های همبند، گراف‌های ناهمبند و مولفه‌ها
۳۷	۶.۲ گراف‌های اویلری

۷.۲	عمل روی گراف ها	۴۰
۸.۲	مطالب بیشتر راجع به گراف های اویلری	۴۴
۹.۲	مسیرها و مدارهای هامیلتونی	۴۶
۱۰.۲	مسالهای فروشندهی دوره گرد	۵۲
۱۱.۲	مسایل	۵۶
۳	درخت ها و مدارهای اصلی	۶۱
۱.۳	درخت ها	۶۲
۲.۳	برخی از ویژگی های درخت	۶۴
۳.۳	راس های آویزان درخت	۶۸
۴.۳	فاصله و مرکزها در درخت	۶۹
۵.۳	درخت های ریشه ای و دودویی	۷۴
۶.۳	شمردن درخت ها	۸۰
۷.۳	درخت های فراگیر	۸۴
۸.۳	مدارهای اساسی	۸۷
۹.۳	یافتن همهی درخت های فراگیر گراف	۸۹
۱۰.۳	درخت های فراگیر در گراف وزن دار	۹۲
۱۱.۳	مسایل	۱۰۰
۴	برش- مجموعه ها و برش- راس ها	۱۰۵
۱.۴	برش- مجموعه ها	۱۰۵
۲.۴	برخی از ویژگی های برش- مجموعه	۱۰۷
۳.۴	همهی برش- مجموعه ها در گراف	۱۰۹
۴.۴	مدارهای اساسی و برش- مجموعه ها	۱۱۲
۵.۴	همبندی و تفکیک پذیری	۱۱۶
۶.۴	شارش شبکه	۱۲۱

۱۲۳	۱-یکریختی ها	۷.۴
۱۲۵	۲-یکریختی	۸.۴
۱۳۲	مسایل	۹.۴

۱۳۷	گراف های مسطح و دوگان	۵
۱۳۸	گراف های ترکیبیاتی و گراف های هندسی	۱.۵
۱۳۹	گراف های مسطح	۲.۵
۱۴۰	دو گراف کرانوفسکی	۳.۵
۱۴۴	نمایش های متفاوت از گرافی مسطح	۴.۵
۱۵۱	تشخیص سطحی بودن	۵.۵
۱۵۶	دوگان هندسی	۶.۵
۱۶۰	دوگان ترکیبیاتی	۷.۵
۱۶۵	بحث بیشتر روی معیار سطحی بودن	۸.۵
۱۶۶	ضخامت و همپوشی	۹.۵
۱۷۰	مسایل	۱۰.۵

۱۷۳	فضاهای برداری گراف	۶
۱۷۳	مجموعه هایی با یک عمل	۱.۶
۱۷۹	مجموعه هایی با دو عمل	۲.۶
۱۸۱	حساب مدولی و میادین گالوا	۳.۶
۱۸۴	بردارها و فضاهای برداری	۴.۶
۱۸۷	فضای برداری وابسته به گراف	۵.۶
۱۸۸	بردارهای پایه ی گراف	۶.۶
۱۹۱	زیر فضاهای برش-مجموعه ای و مداری	۷.۶
۱۹۷	فضاها و بردارهای متعامد	۸.۶
۲۰۰	اشتراک و الحاق W_S و W_T	۹.۶

۲۰۷	۱۰.۶ مسایل
۲۱۱	۷ نمایش ماتریسی گراف‌ها
۲۱۴	۱.۷ ماتریس وقوع
۲۱۶	۲.۷ زیرماتریس‌های $A(G)$
۲۱۷	۳.۷ ماتریس مداری
۲۲۰	۴.۷ ماتریس مدار اساسی و رتبه‌ی B
۲۲۳	۵.۷ کاربرد در شبکه‌ی کلیدزنی
۲۲۹	۶.۷ ماتریس برش-مجموعه‌ای
۲۳۲	۷.۷ روابط بین C_f , B و A_f
۲۳۶	۸.۷ ماتریس مسیر
۲۳۷	۹.۷ ماتریس مجاورت
۲۴۷	۱۰.۷ مسایل
۲۵۱	۸ رنگ آمیزی، پوشش و افراز
۲۵۲	۱.۸ عدد رنگی
۲۵۷	۲.۸ افراز رنگی
۲۶۳	۳.۸ چندجمله‌ای رنگی
۲۶۸	۴.۸ تطابق
۲۷۶	۵.۸ پوشش
۲۸۱	۶.۸ مساله‌ی چهار رنگ
۲۹۰	۷.۸ مسایل
۲۹۵	۹ گراف‌های سودار
۲۹۶	۱.۹ گراف سودار چیست؟
۲۹۹	۲.۹ برخی از اقسام سوگراف‌ها

۳۰۰	سوگراف و رابطه‌ی دوتایی	۳.۹
۳۰۶	مسیر سودار و همبندی	۴.۹
۳۰۹	سوگراف اوپلری	۵.۹
۳۱۲	درخت‌هایی با یال‌های سودار	۶.۹
۳۲۱	مدارهای اساسی در سوگراف	۷.۹
۳۲۳	ماتریس‌های A, B و C در سوگراف	۸.۹
۳۲۳	ماتریس مجاورت سوگراف	۹.۹
۳۴۳	مقایسه‌ی دو به دو رتورنومنت	۱۰.۹
۳۴۸	سوگراف‌های بی‌دورری دورسازی	۱۱.۹
۳۵۷	مسائل	۱۲.۹
۳۶۳	۱۰ شمارش گراف‌ها	
۳۶۴	۱.۱۰ اقسام شمارش	
۳۶۶	۲.۱۰ شمارش درخت‌های برچسب‌دار	
۳۶۹	۳.۱۰ شمارش درخت‌های غیربرچسبی	
۳۸۰	۴.۱۰ قضیه‌ی شمارشی پولیا	
۳۹۵	۵.۱۰ شمارش گراف‌ها با قضیه‌ی پولیا	
۴۰۴	۶.۱۰ مسائل	
۴۰۹	پیوست الف. قضیه‌ی بینه-کوشی	
۴۱۱	پیوست ب. پوچی ماتریس و قانون سیلوستر	
۴۱۵	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی	
۴۴۱	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی	
۴۶۹	فهرست راهنمای واژه‌ها	
۴۹۵	فهرست راهنمای اشخاص	