

مبانی ریاضیات در GIS

ولفگانگ کاینز

ترجمه:

مهسا معماریان فرد

امیر مصطفی حاتمی

مرضیه معماریان فرد

انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

شماره ۴۴۹

سرشناسه: کاینز، ولفگانگ، Kainz, Wolfgang

عنوان و نام پدیدآور: مبانی ریاضیات در GIS/ ولفگانگ کاینز؛ ترجمه مهسا معماریان فرد، امیرمصطفی حاتمی، مرضیه معماریان فرد. مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۷.

مشخصات ظاهری: ۲۵۳ ص: مصور(رنگی)، جدول، نمودار.

فروست: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ شماره ۴۴۹

شابک: 978-622-6029-06-3

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: عنوان اصلی: The mathematics of GIS.

یادداشت: کتاب حاضر نخستین بار تحت عنوان «ریاضیات برای جی.آی.اس» با ترجمه ی آرا تومانیان، مرتضی امیدپور و آتنا معین مهر توسط انتشارات دانشگاه تهران، موسسه انتشارات در سال ۱۳۹۶ به چاپ رسیده است.

عنوان دیگر: ریاضیات برای جی.آی.اس.

موضوع: سیستم های اطلاعات جغرافیایی -- ریاضیات

موضوع: داده های مکانی

موضوع: جغرافیا - ریاضیات

شناسه افزوده: معماریان فرد، مهسا. ۱۳۶۰ - مترجم

شناسه افزوده: حاتمی، امیرمصطفی. ۱۳ - مترجم

شناسه افزوده: معماریان فرد، مرضیه. ۱۳۷۰ - مترجم

رده بندی کنگره: ۱۳۹۷ ۰۲۳/۰۲۳۰۰

رده بندی دیویی: ۹۱۰/۲۸۵

شماره کتابشناسی ملی: ۵۱۷۱۷۸۵

<http://press.kntu.ac.ir>



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: مبانی ریاضیات در GIS

تألیف: ولفگانگ کاینز

مترجمان: دکتر مهسا معماریان فرد، مهندس امیر مصطفی حاتمی، دکتر مرضیه معماریان فرد

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: خرداد ۱۳۹۷، تهران

شمارگان: ۲۰۰ جلد

ویرایش: گروه ویراستاری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۲۹-۰۶-۳

ISBN: 978-622-6029-06-3

چاپ: پدیدرنگ

صحافی: گرنامی

قیمت: ۲۰۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - پلاک ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی عصر (عج) - بالاتر از چهارراه میرداماد - پلاک ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): www.press.kntu.ac.ir

پیشگفتار مترجمین

خداوند را شاکریم که توفیق عطا فرمود تا ترجمه این کتاب به پایان رسد. امیدواریم که این تلاش گام کوچکی در جهت تعریف، شرح و سهولت درک مبانی ریاضیات در زمینه سامانه اطلاعات جغرافیایی باشد.

باتوجه به اینکه ریاضیات به یک نظام علمی با کاربردهای زیاد در تمام حوزه‌های مختلف زندگی تبدیل شده است، امروزه نیاز به بررسی موضوعاتی این چنین و کشف روابط ریاضی حاکم بر طبیعت بیش از پیش مورد توجه و اهمیت است. قطعاً، ترجمه این کتاب گام کوچکی در این زمینه علمی بوده و نیاز به گام‌های بزرگ‌تر و مفیدتر در این عرصه می‌باشد. امیدواریم که این تلاش ما مقدمه‌ای برای بررسی هرچه بیشتر و بهتر این موضوع باشد و در آینده خدمات مؤثرتری در این راستا، نه گردد.

از یزدان پاک برای تمام کسانی که در جهت رشد و شرفای ایران تلاش می‌کنند، آرزوی پیروزی و بهروزی داریم. از کلیه افرادی که این کتاب را مورد مطالعه قرار می‌دهند صمیمانه تقاضا داریم نقطه نظرات خود را به ما انتقال دهند (memarian@kntu.ac.ir). چرا که قطعاً مایه دلگرمی و پیشرفت است.

مترجمین

«دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی»

تابستان ۱۳۹۶

فصل اول - ساختار ریاضیات	۱
۱-۱- تاریخچه مختصری درباره ریاضیات	۱
۲-۱- زیر رشته‌های ریاضیات	۲
فصل دوم - منطق گزاره‌ای	۵
۱-۲- فرض (ادعا) و گزاره	۵
۲-۲- عملگرهای منطقی	۷
۳-۲- انواع فرمول‌های گزاره‌ای	۱۱
۴-۲- کاربرد در GIS	۱۵
۵-۲- تمرین	۱۷
فصل سوم - منطق محمولات	۱۹
۱-۳- محمولات	۱۹
۲-۳- سورها	۲۱
۳-۳- سورها و عملگرهای منطقی	۲۴
۴-۳- نمادهای خلاصه شده	۲۷
۵-۳- کاربرد در GIS	۲۷
۶-۳- تمرین	۲۸
فصل چهارم - استنباط منطقی	۲۹
۱-۴- استدلال‌های منطقی	۲۹
۲-۴- صحت استدلال اثبات شده در منطق گزاره‌ای	۳۱
۱-۲-۴- صحت استدلال اثبات شده به وسیله جداول صحت	۳۱

۳۲	۲-۲-۴- صحت استدلال اثبات شده به وسیله قوانین استنباط
۳۳	۳-۴- صحت استدلال اثبات شده در منطق محمولات
۳۵	۴-۴- کاربرد در GIS
۳۶	۵-۴- تمرین
۳۷	فصل پنجم- نظریه مجموعه ها
۳۷	۱-۵- مجموعه ها و اعضاها
۳۹	۲-۵- روابط بین مجموعه ها
۴۰	۳-۵- مجموعه ها
۴۳	۴-۵- کاربرد در GIS
۴۵	۵-۵- تمرین
۴۷	فصل ششم- روابط و توابع
۴۷	۱-۶- ضرب دکارتی
۴۹	۲-۶- روابط دوتایی
۵۰	۱-۲-۶- روابط و محمولات
۵۰	۲-۲-۶- نمایش ترسیمی روابط دوتایی
۵۱	۳-۲-۶- خصوصیات ویژه روابط
۵۱	۱-۳-۲-۶- رابطه هم ارزی
۵۱	۲-۳-۲-۶- رابطه ترتیبی
۵۱	۴-۲-۶- مقایسه رابطه ها
۵۵	۳-۶- توابع
۵۷	۱-۳-۶- ترکیب توابع
۵۷	۲-۳-۶- کلاس های توابع
۶۱	۴-۶- کاربرد در GIS
۶۵	۵-۶- تمرین

فصل هفتم - سیستم‌های مختصات و تبدیلات ۶۷

۷-۱- سیستم‌های مختصاتی ۶۷

۷-۱-۱- سیستم‌های مختصاتی دکارتی ۶۸

۷-۱-۲- سیستم‌های مختصاتی قطبی ۶۹

۷-۱-۳- تبدیلات بین سیستم‌های مختصات دکارتی و قطبی ... ۷۰

۷-۱-۴- سیستم مختصات جغرافیایی ۷۲

۷-۲- بردارها و ماتریس‌ها ۷۴

۷-۲-۱- بردارها ۷۴

۷-۲-۲- ماتریس‌ها ۷۹

۷-۲-۳- تبدیلات ۸۱

۷-۳-۱- تبدیلات هندسی ۸۲

۷-۳-۱-۱- انتقال ۸۲

۷-۳-۱-۲- دوران ۸۳

۷-۳-۱-۳- تغییر مقیاس ۸۴

۷-۳-۲- ترکیب تبدیلات ۸۵

۷-۳-۳- مختصات همگن ۸۷

۷-۳-۴- تبدیلات بین سیستم‌های مختصات ۸۸

۷-۴- کاربرد در GIS ۹۰

۷-۵- تمرین ۹۱

فصل هشتم - ساختارهای جبری ۹۳

۸-۱- اجزای یک ساختار جبری ۹۳

۸-۱-۱- نشان و گوناگونی ۹۴

۸-۱-۲- همانی و عناصر صفر ۹۶

۸-۲- تنوع ساختارهای جبری ۹۷

۸-۲-۱- گروه ۹۷

۹۸	۲-۲-۸- میدان
۹۹	۳-۲-۸- جبر خطی
۱۰۰	۴-۲-۸- فضای برداری
۱۰۱	۳-۸- هم‌ریختی
۱۰۳	۴-۸- کاربرد در GIS
۱۰۴	۵-۸- تمرین
۱۰۵	فصل نهم- توپولوژی (مکان‌شناسی)
۱۰۵	۱-۹- فضاهای توپولوژیک
۱۰۶	۱-۹- فضاهای متریک (فاصله‌ای) و همسایگی‌ها
۱۰۸	۲-۱-۹- توپولوژی مجموعه‌های باز
۱۱۱	۳-۱-۹- توابع پیوسته و همدستان‌ریختی‌ها (نگاشت‌های پیوسته)
۱۱۴	۴-۱-۹- تعریف دیگری از فضای توپولوژیک
۱۱۷	۲-۹- پایه، درون، بست، مرز و برون
۱۲۱	۳-۹- طبقه‌بندی فضاهای توپولوژیک
۱۲۱	۱-۳-۹- اصول موضوع تفکیک
۱۲۵	۲-۳-۹- فشردگی
۱۲۷	۳-۳-۹- اندازه
۱۲۹	۴-۳-۹- هم‌بندی
۱۳۰	۴-۹- مجتمع‌های سادگی و مجتمع‌های حجره‌ای
۱۳۱	۱-۴-۹- سیمپلکس‌ها و پلی‌هدرا
۱۳۴	۲-۴-۹- سلول‌ها و مجتمع‌های حجره‌ای
۱۳۸	۵-۹- کاربرد در GIS
۱۳۹	۱-۵-۹- مجموعه داده‌های مکانی
۱۴۱	۲-۵-۹- تبدیلات توپولوژیکی
۱۴۲	۳-۵-۹- سازگاری توپولوژیکی

۹-۵-۴- روابط مکانی ۱۴۷

فصل دهم- مجموعه‌های مرتب ۱۴۹

۱۰-۱- مجموعه مرتب جزئی ۱۴۹

۱۰-۱-۱- دیاگرام‌های ترتیبی ۱۵۱

۱۰-۱-۲- مرزهای بالا و پایین ۱۵۲

۱۰-۲- شبکه‌ها ۱۵۳

۱۰-۳- اجرای نرمال ۱۵۵

۱۰-۳-۱- عناصر خاص ۱۵۷

۱۰-۳-۲- الگوریتم اجرای نرمال ۱۵۸

۱۰-۴- کاربرد GIS ۱۶۲

۱۰-۵- تمرین ۱۶۲

فصل یازدهم- تئوری گراف ۱۶۳

۱۱-۱- معرفی گراف‌ها ۱۶۳

۱۱-۱-۱- مفاهیم اولیه ۱۶۴

۱۱-۱-۲- اتصال، گردش، مسیر ۱۶۷

۱۱-۲- دسته گروه‌های مهم ۱۶۸

۱۱-۲-۱- گراف‌های مستقیم ۱۶۸

۱۱-۲-۲- گراف مسطح ۱۶۹

۱۱-۳- نمایش گراف‌ها ۱۷۱

۱۱-۴- پیمایش‌های اولری، همیلتونی و مسأله کوتاه‌ترین مسیر ۱۷۳

۱۱-۴-۱- گراف‌های اولری ۱۷۳

۱۱-۴-۲- مسیر همیلتونی ۱۷۴

۱۱-۴-۳- مسأله کوتاه‌ترین مسیر ۱۷۴

۱۱-۵- کاربرد GIS ۱۷۵

فصل دوازدهم - منطق فازی و GIS ۱۷۷

۱-۱۲- فازی ۱۷۷

۱-۱-۱۲- محرک ۱۷۷

۱-۲-۱۲- فازی در مقابل احتمال ۱۷۹

۲-۱۲- مجموعه‌های مشخص (قطعی) و مجموعه‌های فازی ۱۷۹

۳-۱۲- توابع عضویت ۱۸۳

۴-۱۲- عملیاتها بر روی مجموعه‌های فازی ۱۸۶

۵-۱۲- Alpha-Cut ۱۹۱

۶-۱۲- متغیرهای زبانی و Hedgeها ۱۹۱

۷-۱۲- استنباط فازی ۱۹۴

۱-۷-۱۲- روش مستقیم - دان ۱۹۴

۲-۷-۱۲- روش ساده شده ۱۹۹

۸-۱۲- کاربرد در GIS ۲۰۲

۱-۸-۱۲- هدف ۲۰۲

۲-۸-۱۲- مفاهیم فازی ۲۰۳

۳-۸-۱۲- روند نرم‌افزار ۲۰۳

۱-۳-۸-۱۲- شبکه ArcInfo ۲۰۴

۲-۳-۸-۱۲- آنالیز فضایی ArcMap ۲۰۴

۳-۳-۸-۱۲- ArcView 3.x ۲۰۵

۴-۳-۸-۱۲- برنامه ArcGIS ۲۰۵

۴-۸-۱۲- نتایج ۲۰۶

فصل سیزدهم - مدل سازی فضایی ۲۰۷

۱-۱۳- پدیده‌های جهان واقعی و کیات آنها ۲۰۷

۱-۱-۱۳- داده‌ها و اطلاعات فضایی ۲۰۸

- ۲-۱۳- مفهوم زمان و مکان ۲۰۹
- ۱-۲-۱۳- مفاهیم پیش نیوتنی از فضا و زمان ۲۱۰
- ۲-۲-۱۳- مفاهیم کلاسیک از فضا و زمان ۲۱۲
- ۳-۲-۱۳- مفاهیم معاصر فضا و زمان ۲۱۳
- ۴-۲-۱۳- مفاهیم فضا و زمان در سیستم‌های اطلاعات مکانی ۲۱۴
- ۳-۱۳- دنیای واقعی و مدل‌های آن ۲۱۴
- ۱-۳-۱۳- نقشه‌ها ۲۱۵
- ۲-۳-۱۳- پایگاه‌های داده ۲۱۷
- ۳-۳-۱۱- فضا و زمان در مدل‌های واقعی دنیا ۲۱۸
- ۴-۱۳- مدل‌های دنیای واقعی و نمایش آن‌ها ۲۱۹
- ۱-۴-۱۳- طراحی، پایگاه داده ۲۲۱
- ۲-۴-۱۳- مدل‌های داده فضایی ۲۲۳
- ۱-۲-۴-۱۳- مدل‌های مکانی ۲۲۳
- ۲-۲-۴-۱۳- مدل‌های برپایه سی ۲۲۵
- ۳-۴-۱۳- مدل‌های داده وابسته به فضا و زمان ۲۲۶
- ۱-۳-۴-۱۳- مدل مکعب فضا-زمان ۲۲۸
- ۲-۳-۴-۱۳- مدل نمایش لحظه‌ای ۲۲۹
- ۳-۳-۴-۱۳- مدل کامپوزیت زمان-فضا ۲۲۹
- ۴-۳-۴-۱۳- مدل مبتنی بر رویداد ۲۲۹
- ۵-۳-۴-۱۳- مدل شیء فضایی-زمانی ۲۳۰
- واژه نامه ۲۳۱

دیباچه

منطق و نظریه مجموعه‌ها را می‌توان پایه و اساس ریاضیات در نظر گرفت. ریاضیات در زبان منطق نوشته شده است و بنیان نظریه مجموعه‌ها را نیز همان اساسی تشکیل داده است که بسیاری از تئوری‌های ریاضی از آن ساخته شده‌اند. منطق تنها زبان ریاضیات نیست، بلکه در زبان‌های برنامه‌نویسی نیز از ساختارهای دستوری گرفته تا بیان گزاره‌ها و محمولات و استنباط نتایج با در نظر گرفتن حقایق داده شده و یا مفروض، منطق ظاهر می‌گردد.

هدف از این کتاب ارائه دانش ریاضی مورد نیاز به خواننده در هنگام مواجهه با سیستم‌های اطلاعات مکانی است. از آن‌جا که استفاده از رایانه و نرم‌افزار برای مدیریت و پردازش داده‌های مکانی، نیاز به مفاهیم جدیدی مانند ریاضیات گسسته و توپولوژی دارد، انتظار می‌رود خوانندگان دارای دانش کلی ریاضیات دبیرستان باشند.

کتاب پیش رو از ۱۳ فصل تشکیل شده است.

فصل ۱ به مرور کوتاه و بررسی اجمالی اساس ریاضیات و چگونگی ساخته شدن و پدید آمدن رشته‌های مختلف ریاضی بر اساس رشته‌های بنیادی، می‌پردازد. سه فصل بعدی با منطق ریاضی، زبان، پایه و اساس ریاضیات سر و کار دارد و منطق گزاره‌ای و محمولات نیز به عنوان استنتاج منطقی-روش‌های نتیجه‌گیری منطقی از مفروضات داده شده- ارائه شده است.

فصل ۵ و ۶ مقدمه‌ای برای مفاهیم اساسی مجموعه‌ها، عملیات مجموعه، روابط، و نگاشت است، به طوری که این دو فصل همراه با سه فصل مربوط به منطق، بیانگر پایه و اساسی برای فصل‌های بعدی و پرداختن به ساختارهای ریاضی می‌باشد.

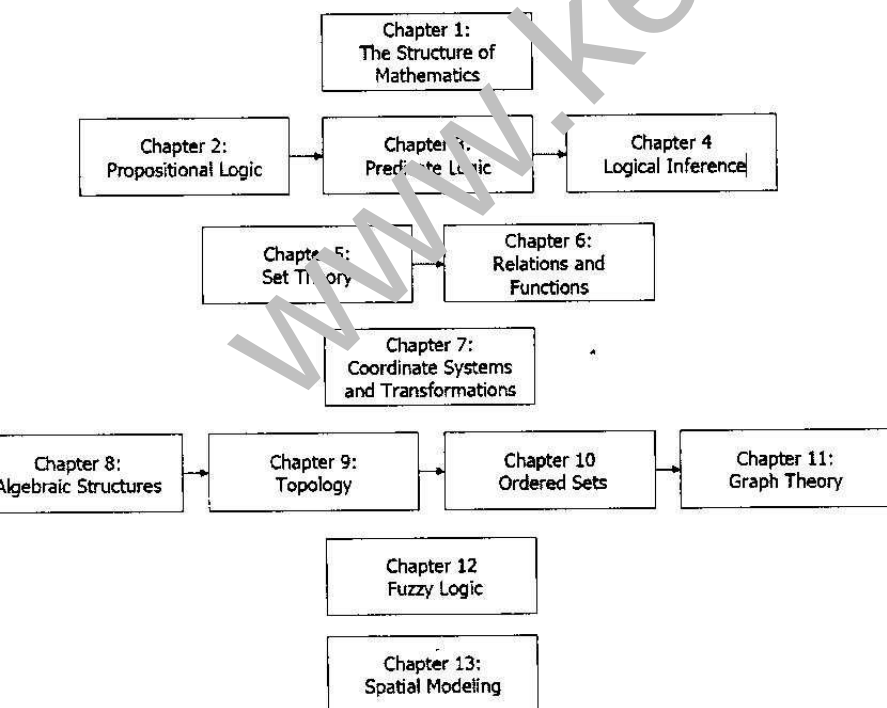
فصل بعد، دستگاه‌های مختصات و تبدیلات، پل ارتباطی را میان پایه و اساس و فصل‌های آتی در ساختارهای ریاضی می‌سازد. بخش عمده‌ای از فصل ۷ هم متعلق به هندسه (تحلیلی) و هم به جبر خطی است.

فصل ۸ تا ۱۱ مباحث مرتبط با جبر، توپولوژی، مجموعه‌های مرتب و نظریه گراف را ارائه می‌کند. این فصل‌ها هسته ریاضی بسیاری از توابع GIS حاصل از ذخیره‌سازی داده‌ها، برآمده از تجزیه و تحلیل مکانی را مورد توجه قرار می‌دهد.

عدم قطعیت به‌طور فزاینده‌ای نقش مهمی در GIS دارد. فصل ۱۲ منطق فازی و کاربردهای آن در GIS را بیان می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه می‌توان مفاهیم مبهم و نامعلوم را در زبان ریاضی به‌صورت رسمی درآورد و آن‌ها را در تصمیم‌گیری‌های مکانی به کار بست.

فصل ۳ ترکیبی از فصول گذشته همراه با برخی از ملاحظات فلسفی در مورد مکان و زمان است و بیانگر این است که مدل‌سازی مکانی بر روی ریاضیات محض ساخته شده است و همچنین پرسش‌های فلسفی چالش‌برانگیز و جالب توجهی به نحوه ارائه مدل‌های دارای ویژگی‌های مکانی وجود ندارد.

نمودار زیر راهنمای مطالعه و چگونگی وابستگی فصول کتاب حاضر را نشان می‌دهد:



مطالعه فصل ۲ تا ۴ و فصل ۵ و ۶ برای خوانندگان علاقه‌مند به مبانی منطقی و تئوری مجموعه‌ها مناسب است. برای اشخاصی که علاقه بیش‌تری دارند، مطالعه فصول پیشرفته‌تر ۸ تا ۱۱ توصیه می‌شود. همچنین فصل ۷، ۱۲ و ۱۳ را می‌توان به صورت جداگانه و مستقل مورد مطالعه قرار داد. البته بهترین راه مطالعه تمام فصول از فصل ۱ تا ۱۳ است.

لازم به ذکر است که این کتاب در حال به‌روزرسانی بوده و کار بر روی آن در جریان است، در نتیجه تمامی فصل‌ها یا بخش‌های آن کامل نیست. نویسنده از هر یادداشت، نکته، پیشنهاد و انتقادی که ممکن است به بهبود متن یا ظاهر کتاب کمک کند، استقبال می‌کند و کمال تشکر دارد.

ولفانگ کاینز

وین، آگوست ۲۰۱۰