

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مبانی مهندسی ژئوماتیک

۲۲۸۶۲۷
www.ketab.ir

تألیف:

دکتر صفا خزائی

این کتاب با حمایت مالی دانشگاه جامع امام حسین علیه السلام تألیف شده است.

دانشگاه جامع امام حسین علیه السلام

دانشکده و پژوهشکده مهندسی و پدافند غیرعامل

مؤسسه چاپ و انتشارات



مؤسسه چاپ و انتشارات
دانشگاه جامع امام حسین(ع)

۱۰۴۰

سری عمران / ۱۳

سرشناسه	خزائی، صفا، ۱۳۵۵ -
عنوان و نام پدیدآور	مبانی مهندسی ژئوماتیک/ تألیف صفا خزائی؛ [برای] دانشگاه جامع امام حسین(ع)، دانشکده و پژوهشکده مهندسی و پدافند غیرعامل، مؤسسه چاپ و انتشارات.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه جامع امام حسین(ع)، مؤسسه چاپ و انتشارات، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	۳۷۶ ص.
فروست	مؤسسه چاپ و انتشارات، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، سری عمران؛ ۱۳/۱۰۴۰
شابک	۹۷۸ - ۶۲۲ - ۲۸۶ - ۰۸۰ - ۶
وضعیت فهرست نویسی	فیفا.
موضوع	ژئوماتیک Geomatics
شناسه افزوده	دانشگاه جامع امام حسین(ع). مؤسسه چاپ و انتشارات
شناسه افزوده	دانشگاه جامع امام حسین(ع). دانشکده و پژوهشکده پدافند غیرعامل. مدیریت چاپ و انتشارات
رده بندی کنگره	TA ۵۳۵
رده بندی دیویی	۵۲۶/۳
شماره کتبی سازی ملی	۸۷۸۳۴۰۴

کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه و اقتباس برای دانشگاه جامع امام حسین(ع) محفوظ است.

- عنوان: مبانی مهندسی ژئوماتیک
- تألیف: دکتر صفا خزائی
- صفحه‌آرا: مرضیه روشن‌روان
- طراح جلد: وحید امیراحمدی
- ناظر فنی چاپ: حمید قمری
- لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ بلاغ
- نوبت چاپ: اول (فروردین ماه ۱۴۰۱)
- شمارگان: ۲۰۰ نسخه
- قیمت: ۱.۳۳۰.۰۰۰ ریال
- نشانی: تهران، بزرگراه شهید بابایی، بعد از پل لشکرک، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، معاونت پژوهش و فناوری،
مؤسسه چاپ و انتشارات، تلفن: ۷۴۱۸۸۲۶۰ دورنگار: ۷۴۱۸۸۲۷۴
- مرکز پخش: تهران، میدان فردوسی، فروشگاه و نمایشگاه مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تلفن: ۸۸۳۹۲۹۷

بسم الله الرحمن الرحيم «يُؤْتِي الْحِكْمَةَ مَنْ يَشَاءُ وَمَنْ يُؤْتَ الْحِكْمَةَ فَقَدْ أُوتِيَ خَيْرًا كَثِيرًا...»

حکمت را به هرکس بخواهد می‌دهد و کسی که به او حکمت داده شود، حقا خیری فراوان داده شده است...

(سوره مبارکه بقره - آیه ۲۶۹)

انقلاب کبیر اسلامی نمونه تاریخی بی‌بدیل از حرکت اجتماعی عظیمی است که با سرنگونی طاغوت و برپایی نظام مقدس جمهوری اسلامی، امیدهای فراوانی را در دل مستضعفان و آزادی‌خواهان جهان برای تحقق آرمان‌های بلند دولت و جامعه اسلامی و در نهایت، تمدن بزرگ اسلامی پدید آورد. در این میان، نهادهای علمی، به‌ویژه دانشگاه‌ها، باید نقش کلیدی سوزن‌بانی و هدایت قطار پیشرفت و رشد جامعه را در مسیر صحیح انقلاب ایفا نمایند.

دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام) به عنوان «دانشگاه سازمانی سپاه در تراز انقلاب اسلامی، با شعار «تزکیه، جهاد علمی، دانشگاه تمدن‌ساز»، در کنار مسئولیت مهم انسان‌سازی و تربیت سربازان عصر ظهور، وظیفه تولید و نشر معارف پاسداری از انقلاب اسلامی را نیز بر عهده دارد. در این راستا، معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه برای تکمیل چرخه مدیریت دانش بومی با سه ویژگی «اسلامی بودن»، «روزآمدی» و «کارآمدی»، با هدف دستیابی به مرجعیت علمی، افتخار و تلاش می‌کند تا زمینه و بستر لازم را برای اساتید و پژوهشگران محترم این عرصه فراهم نماید. امید است در سایه الطاف بیکران الهی و با گسترش فعالیت‌های انتشاراتی مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام)، این رسالت خطیر تحقق یابد.

در پایان، بر روح ملکوتی معمار و رهبر کبیر انقلاب اسلامی، حضرت امام خمینی (قدس سره) و همچنین شهدای گران قدر انقلاب اسلامی، دفاع مقدس و مدافعان حرم درود می‌فرستیم و با آرزوی سلامتی و توفیقات هرچه بیشتر مقام معظم رهبری، امام خامنه‌ای (دام ظلّه)، و نیز خدمتگزاران اسلام و کشور، از اساتید، فرهیختگان و اهل نقد و نظر تقاضا می‌کنیم که با ارائه نظرها و پیشنهادهای خود، ما را یاری نمایند.

و من الله التوفیق و علیه التکلان

معاونت پژوهش و فناوری

دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام)

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه‌ای بر ژئوماتیک.....	۱
۱-۱. مقدمه.....	۳
۱-۲. ژئوماتیک و ارتباط آن با دیگر علوم.....	۵
۱-۳. اطلاعات مکانی.....	۶
۱-۴. روش‌ها و تکنیک‌های تشکیل‌دهنده ژئوماتیک.....	۷
۱-۴-۱. علوم رایانه.....	۸
۱-۴-۲. داده‌ها و اطلاعات.....	۹
۱-۴-۳. کارتوگرافی و ژئودزی.....	۱۰
۱-۴-۵. فتوگرامتری.....	۱۱
۱-۴-۶. سنجش از دور.....	۱۱
۱-۴-۷. سیستم تعیین موقعیت جهانی.....	۱۲
۱-۴-۸. سیستم‌های اطلاعات مکانی (جغرافیایی).....	۱۳
فصل دوم: ژئودزی و کارتوگرافی.....	۱۷
۲-۱. مقدمه.....	۱۹
۲-۲. تاریخچه کارتوگرافی.....	۲۰
۲-۳. ژئوئید.....	۲۷
۲-۴. بیضوی و دیتوم.....	۳۲
۲-۵. انواع ارتفاع.....	۳۶
۲-۶. سیستم‌های مختصات.....	۳۹
۲-۶-۱. سیستم مختصات جغرافیایی (ژئودتیک).....	۳۹
۲-۶-۲. سیستم مختصات زمین مرجع کارترین.....	۴۲
۲-۷. سیستم تصویرهای کارتوگرافی.....	۴۲
۲-۸. انواع اصلی سیستم‌های تصویر.....	۴۴
۲-۹. سیستم‌های تصویر UTM.....	۴۸
۲-۱۰. تبدیل اندازه‌گیری‌ها از زمین واقعی به نقشه.....	۵۵

۵۶	۱۱-۲. فاصله بر روی کره و بیضوی
۵۸	۱۲-۲. طبقه‌بندی نقشه‌ها

فصل سوم: نقشه‌برداری و هیدروگرافی ۶۱

۶۳	۱-۳. نقشه‌برداری
۶۳	۱-۱-۳. نقشه
۶۵	۲-۱-۳. مقیاس
۶۶	۳-۱-۳. شمال
۶۷	۴-۱-۳. مساحی
۶۷	۵-۱-۳. اندازه‌گیری طول
۶۸	۶-۱-۳. تراز یابی
۷۰	۷-۱-۳. تراز یابی مستقیم
۷۱	۸-۱-۳. تعیین ارتفاع مطلق نقاط
۷۲	۹-۱-۳. زاویه یابی
۷۴	۱۰-۱-۳. پیمایش
۷۶	۲-۳. نقشه‌برداری زیرزمینی
۷۷	۳-۳. نقشه‌برداری مسیر
۷۹	۴-۳. نقشه‌برداری ثبتی (کاداستر)
۸۱	۵-۳. هیدروگرافی
۸۲	۱-۵-۳. موقعیت یابی
۸۵	۲-۵-۳. اکوساندر
۸۷	۶-۵-۳. لیدار هیدروگرافی هوابرد (ALH)
۸۹	۶-۳. لیزر اسکن

فصل چهارم: سامانه‌های تعیین موقعیت جهانی ۹۳

۹۵	۱-۴. مقدمه
۹۵	۲-۴. سیستم تعیین موقعیت GPS
۹۹	۱-۲-۴. سیگنال‌های GPS
۱۰۳	۲-۲-۴. اندازه‌گیری‌های GPS
۱۰۷	۳-۲-۴. انواع گیرنده‌های GPS
۱۱۳	۴-۲-۴. تعیین موقعیت با GPS

۱۱۷.....	۴-۲-۵. منابع خطا در GPS
۱۱۹.....	۴-۲-۶. خطای هندسه توزیع ماهواره‌ها و گیرنده
۱۲۰.....	۴-۲-۷. خطاهای ماهواره‌ای
۱۲۰.....	۴-۲-۸. خطاهای دستگاهی
۱۲۲.....	۴-۲-۹. میزان خطاهای GPS
۱۲۴.....	۴-۳-۳. سیستم‌های دیگر تعیین موقعیت ماهواره‌ای
۱۲۴.....	۴-۳-۱. سیستم تعیین موقعیت GLONASS
۱۲۵.....	۴-۳-۲. سیستم تعیین موقعیت GALILEO
۱۲۷.....	۴-۳-۳. سیستم تعیین موقعیت BeiDu (COMPASS)
۱۲۸.....	۴-۳-۴. ترکیب سیستم‌های تعیین موقعیت جهانی (GNSS)

فصل پنجم: فتوگرامتری ۱۳۱

۱۳۳.....	۵-۱. مقدمه
۱۳۴.....	۵-۲. تاریخچه فتوگرامتری
۱۳۵.....	۵-۳. مفاهیم کلی
۱۳۷.....	۵-۴. مقایسه عکس هوایی با نقشه
۱۳۸.....	۵-۵. اندازه‌گیری ارتفاع بر روی یک عکس
۱۴۱.....	۵-۶. پارالاکس و اندازه‌گیری ارتفاع در یک زوج عکس پوششی
۱۴۴.....	۵-۷. اساس هندسی فتوگرامتری
۱۴۹.....	۵-۸. دوربین‌های عکس برداری
۱۵۴.....	۵-۹. طراحی پرواز
۱۵۷.....	۵-۱۰. روش‌های برجسته‌بینی
۱۶۱.....	۵-۱۱. پالایش عکس
۱۶۴.....	۵-۱۲. توجیه تصویر و ترسیم استریو
۱۷۰.....	۵-۱۳. دستگاه‌های تبدیل استریو
۱۷۱.....	۵-۱۴. فتوگرامتری رقومی
۱۷۲.....	۵-۱۴-۱. مقایسه فتوگرامتری سنتی و رقومی
۱۷۲.....	۵-۱۴-۲. پردازش رقومی تصویر
۱۷۴.....	۵-۱۴-۳. محتوای متریک تصویرهای رقومی
۱۷۶.....	۵-۱۴-۴. دستگاه‌های فتوگرامتری رقومی
۱۷۷.....	۵-۱۴-۵. سیستم فتوگرامتری رقومی

۱۷۹.....	۵-۱۴-۶ ترمیم و عکس قائم رقومی (ارتوفتو)
۱۸۴.....	۵-۱۵-۵. فتوگرامتری برد کوتاه
۱۸۸.....	۵-۱۶-۵. فتوگرامتری پهپاد
۱۹۰.....	۵-۱۷-۵. فتوگرامتری فضایی

فصل ششم: سنجش از دور..... ۱۹۳

۱۹۵.....	۶-۱. مقدمه
۱۹۸.....	۶-۲. طیف الکترومغناطیس
۲۰۲.....	۶-۳. فیزیک سنجش از دور
۲۰۲.....	۶-۳-۱. فرایند سنجش از دور
۲۰۴.....	۶-۳-۲. سکوهاى سنجش از دور
۲۰۶.....	۶-۳-۳. قوانین تابش الکترومغناطیس
۲۱۰.....	۶-۳-۴. اثرات المفسر بر روی امواج الکترومغناطیس
۲۱۵.....	۶-۳-۵. فعل و انفعال انرژی الکترومغناطیس با عوارض سطح زمین
۲۱۷.....	۶-۳-۶. منحنی بازتاب طیفی
۲۲۰.....	۶-۴. سنجش از دور غیرفعال
۲۲۱.....	۶-۴-۱. سنجنده‌های پنهان‌نویس
۲۲۲.....	۶-۴-۲. سنجنده‌های چندطیفی
۲۲۳.....	۶-۴-۳. سنجنده‌های فراطیفی
۲۲۴.....	۶-۴-۴. سنجنده‌های حرارتی
۲۲۶.....	۶-۵. سنجش از دور فعال
۲۲۶.....	۶-۵-۱. سیستم‌های تصویربرداری راداری
۲۳۵.....	۶-۵-۲. تصویربرداری لیدار
۲۳۷.....	۶-۵-۳. شاخص‌های توانمندی سنجنده‌های تصویربرداری
۲۳۹.....	۶-۵-۴. توان تفکیک مکانی
۲۴۵.....	۶-۵-۵. توان تفکیک طیفی
۲۴۷.....	۶-۵-۶. توان تفکیک رادیومتریک
۲۴۸.....	۶-۵-۷. توان تفکیک زمانی
۲۵۰.....	۶-۵-۸. سنجنده‌های SAR
۲۵۲.....	۶-۶. مدار ماهواره‌ها
۲۵۴.....	۶-۷. انواع مدار ماهواره

۲۵۸.....	۸-۶. تفسیر بصری تصویرها.....
۲۶۰.....	۹-۶. پردازش رقومی تصویرها.....
۲۶۳.....	۹-۶-۱. بهبود کنتراست تصویر.....
۲۶۴.....	۹-۶-۲. تبدیلات مکانی.....
۲۶۵.....	۹-۶-۳. استخراج و انتخاب ویژگی‌ها.....
۲۶۷.....	۹-۶-۴. طبقه‌بندی تصویر.....
۲۶۹.....	۹-۶-۵. آشکارسازی تغییرات.....
۲۷۰.....	۹-۶-۶. تشخیص خودکار هدف (ATR).....
۲۷۱.....	۹-۶-۷. آشکارسازی ناهنجاری.....
۲۷۳.....	۹-۶-۸. ترکیب اطلاعات.....

فصل هفتم: سیستم‌های اطلاعات مکانی..... ۲۷۵

۲۷۷.....	۷-۱. مقدمه.....
۲۷۸.....	۷-۲. اطلاعات مکانی.....
۲۸۲.....	۷-۳. اجزای تشکیل‌دهنده سیستم‌های اطلاعات مکانی.....
۲۸۵.....	۷-۴. داده‌ها.....
۲۸۹.....	۷-۵. انواع مدل‌های داده.....
۲۹۳.....	۷-۶. اسکن و رقومی‌سازی نقشه‌های کاغذی.....
۲۹۶.....	۷-۷. ساخت توپولوژی.....
۲۹۸.....	۷-۸. زمین مرجع کردن.....
۳۰۰.....	۷-۹. آنالیزهای مکانی.....
۳۰۷.....	۷-۹-۱. آنالیز داده‌های برداری.....
۳۰۹.....	۷-۹-۲. آنالیز داده‌های رستری.....
۳۱۱.....	۷-۱۰. مدل‌سازی (نمایش) سطح زمین.....
۳۱۸.....	۷-۱۱. محصولات و کاربردهای DTM.....
۳۲۴.....	۷-۱۲. پایگاه داده (بانک اطلاعات توصیفی).....
۳۲۶.....	۷-۱۲-۱. انواع بانک‌های اطلاعات توصیفی.....
۳۲۸.....	۷-۱۲-۲. پایگاه داده مکانی.....
۳۲۸.....	۷-۱۳. تکامل سیستم‌های اطلاعات مکانی.....
۳۳۹.....	۷-۱۳-۱. سیستم‌های اطلاعات مکانی توزیع‌یافته.....
۳۳۵.....	۷-۱۳-۲. سیستم‌های اطلاعات مکانی شیء‌گرا.....
۳۳۵.....	۷-۱۳-۳. زیرساخت داده‌های مکانی (SDI).....

«وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا النَّاسَ جَمِيعًا»

«هر کس جان انسانی را نجات بخشد و از مرگ نجات بدهد

مانند کسی است که تمام مردم را نجات داده است»

(مائده: ۳۲)

پیشگفتار مؤلف

ژئوماتیک عنوان علمی نوپاست که علوم مختلف نقشه‌برداری، ژئودزی، سیستم‌های تعیین موقعیت جهانی، فتوگرامتری، سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات مکانی را با نظم‌ی خاص و در قالب مجموعه‌ای کامل برای اندازه‌گیری و تحلیل و مدل‌سازی محیط‌زیست انسان جمع‌آوری کرده است. این علم از روش‌ها و قوانین مختلفی برای مطالعه سطح زمین و اطراف آن به‌وسیله ترکیب با علوم رایانه‌ای استفاده می‌کند.

ژئوماتیک با استفاده از ژئودزی به تعیین سیستم‌های مختصات و سطوح مرجع، با استفاده از نقشه‌برداری به اندازه‌گیری نسبت به این سطوح و تهیه نقشه، با سیستم تعیین موقعیت جهانی به تعیین موقعیت نقاط نسبت به سیستم‌های مختصات مختلف، با فتوگرامتری و سنجش از دور به تصویربرداری هوایی و ماهواره‌ای و تولید نقشه و در نهایت به‌وسیله سیستم‌های اطلاعات مکانی به ذخیره و تحلیل و مدل‌سازی داده‌های جمع‌آوری شده می‌پردازد. کنترل و ارزیابی و گردآوری مراحل مختلف روش‌های جمع‌آوری اطلاعات مکان مبنای ذخیره و پردازش آنها بر عهده علم ژئوماتیک است.

باتوجه به فقدان یک کتاب مرجع در حوزه علم ژئوماتیک و نیاز دانشجویان، به‌ویژه در حوزه‌های مهندسی پدافند غیرعامل، هدف از ارائه کتاب پیش‌رو گردآوری اطلاعات درباره شاخه‌های مختلف مهندسی ژئوماتیک به‌صورت منسجم و مختصر بوده است. به‌منظور دستیابی به این هدف، این کتاب در ۷ فصل با بیان کلیات و به‌صورت خلاصه و شاخه‌های اصلی ژئوماتیک را مورد بررسی قرار داده است.

از منابع اصلی استفاده شده برای تألیف این کتاب، می‌توان کتاب‌های Basic of Geomatics نوشته Introduction to GPS، Mario A. Gomarasca، Geoinformation نوشته Gottfried konecny، کتاب Ahmed El-Rabbany، نقشه‌برداری مهندسی نوشته محمود دیانت‌خواه و مبانی سنجش از دور با نگرشی بر شناسایی و مراقبت نوشته مؤلف کتاب حاضر را نام برد.