

رویکرد نرم‌افزاری در مدلسازی

منابع معدنی

مؤلف
مصطفی آصفی
محسن ناصبی
فریدون ملائی کسک

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	: آصفی، مصطفی، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدیدآور	: رویکرد نرم‌افزاری در مدل‌سازی منابع معدنی / تألیف مصطفی آصفی، محسن نائینی، فریدون ملاتی‌کشکی.
مشخصات نشر	: تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ی، ۱۳۶ص: مصور (بخشی رنگی).
شابک	: ۱۶۰۰۰۰ ریال: ۲-۱۸۳-۲۱۰-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۸۷ - ۲۹۱.
موضوع	: معدن و ذخایر معدنی - نرم‌افزار
موضوع	: مهندسی معدن - نرم‌افزار
موضوع	: الگوهای مهندسی - داده پرداز
شناسه افزود	: نائینی، محسن، ۱۳۶۵ -
شناسه افزوده	: ملاتی‌کشکی، فریدون، ۱۳۵۹ -
شناسه افزوده	: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر
رده بندی کنگره	: ۱۳ TN۱۴۵۱۶۹
رده بندی دیویی	: ۶۰۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۵۷۸



انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

نام کتاب	: رویکرد نرم‌افزاری در مدل‌سازی منابع معدنی
تألیف	: مصطفی آصفی - محسن نائینی - فریدون ملاتی‌کشکی
نوبت چاپ	: اول
سال چاپ	: ۱۳۹۳
شمارگان	: ۵۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۶۰۰۰۰ ریال
چاپخانه	: اصیل
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۱۸۳-۲ ISBN 978-964-210-183-2
آدرس مرکز بخش	: تهران، خیابان حافظ - روبروی خیابان سمیه - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
تلفن کتابفروشی	: ۶۶۴۶۵۳۹۲ (دفتر) ۸۸۸۹۵۹۶۹ فاکس ۶۶۰۹۵۰۹۸۲

اُطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

پیشگفتار

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، نصن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی؛ زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فناورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. همچنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس، نهاد رازن جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فناورانه و نیز آموزش‌های تخصصی فناور و اشتغال‌زایی، به چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور و همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط

"انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر «پلی تکنیک تهران»"

که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پویندگان را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و این گروه هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاد دانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پوینده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط تقدیر از انسان ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و همچنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

"هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید"

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

پیشگفتار

فرآیند طراحی و برنامه‌ریزی یک معدن به طور کلی شامل مدلسازی منبع کانسار^۱، برآورد ذخیره‌ی کانسنگ^۲ و برنامه‌ریزی بلند مدت استخراج، طراحی معدن و تأسیسات آن و تدوین برنامه‌ریزی کوتاه مدت تولید در بازه‌های زمانی هفتگی، ماهانه و سالانه است. بر این اساس، نام این کتاب مهندسی یک معدن، تهیه‌ی مدل منبع کانسار و برآورد مشخصات آن است که محتوای مطالب کتاب حاضر نیز به معرفی چارچوب و روش‌شناسی اجرا در این گام اختصاص دارد.

خلق مدلی گویا از منبع کانسار، نیازمند یک مهارت زمین‌شناسی، ریاضیاتی و آماری در سطح بالا است. از سوی دیگر، توجه به حجم بالا و روزافزون داده‌ها در فرآیند مدلسازی منابع معدنی و نیاز به انجام تحلیل‌های گسترده و پردازش‌های سریع، امروزه کاربرد بسته‌های نرم‌افزاری در اجرای گام‌های گوناگون این فرآیند نیازی غیرقابل انکار است. هدف اصلی مجموعه‌ی حاضر، پیاده‌سازی مفاهیم ارائه‌شده در مراجع نظری با استفاده از محیط نرم‌افزار GEOVIA Surpac (به عنوان یک ابزار استوار تا مهندسين مدلساز پس از آشنایی با روش‌ها و مبانی نظری در این عرصه با در اختیار داشتن یک ابزار نرم‌افزاری، امکان محک و تحلیل یافته‌های علمی و تجربی و چه بسا طرح‌های خلاقانه خود را داشته باشند.

در اثر حاضر پس از معرفی یک روش‌شناسی برای مدلسازی منابع و نیز معرفی محیط و مفاهیم نرم‌افزار در فصل اول، در ادامه با ارائه‌ی یک مجموعه داده‌ی فرضی امکان همراهی گام به گام به مخاطب داده می‌شود. دیدن ترتیب در فصل دوم با استفاده از داده‌های مذکور

نحوه‌ی ایجاد یک پایگاه داده‌ی زمین‌شناسی و اصول مطرح در مدیریت آن مورد بحث قرار می‌گیرد. مخاطب در فصل سوم با استفاده از این پایگاه با اصول اجرای مطالعات آماری و زمین‌آماري آشنا می‌شود و در پایان این فصل پارامترهای ناهمسانگردی فضایی توزیع متغیر عیار را استخراج می‌کند. فصل چهارم روش‌های مرسوم و ابتکاری مدلسازی پیکره‌ی ماده معدنی به عنوان فضای تخصیص را مورد بحث قرار می‌دهد و در این فصل کاربر، مدل سه‌بعدی ماده‌ی معدنی در یک دامنه‌ی زمین‌شناسی مطرح در فصل‌های پیشین را تهیه می‌کند. سرانجام در فصل پنجم و پایانی کتاب، مبانی تهیه‌ی مدل بلوکی و برآورد مشخصات منبع با استفاده از آن مطرح می‌شود. در این فصل مخاطب بر اساس اطلاعات و فایل‌هایی که در فصل‌های پیش ایجاد می‌کند، به بلوک‌بندی فضای منبع در مورد مثال اصلی کتاب می‌پردازد و پس از برآورد مشخصات آن به روش‌های گوناگون، مدل را تحلیل، تدقیق و گزارش می‌کند.

در نگارش مطالب این کتاب، نیازهای اجرایی طیف وسیعی از مخاطبان از دانشجویان سال‌های نخست مهندسی معدن تا مهندسين مدلسازی محاسباتی معدنی و دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد مهندسی معدن در گرایش‌های استخراج و تشایف، مد نظر قرار گرفته است. شیوه‌ی آموزش به گونه‌ای است که با روش‌های مختلف از جمله رجوع به فایل‌های گذشته و یا حذف پنجره‌های غیرضروری هنگام اجرای دستورات سعی شده مخاطب به فعالیت و همراهی مستمر ترغیب شود. در آموزش بخش‌های مختلف نرم‌افزار به شما مواردی ذکر شده‌اند که در فرآیند مدلسازی کاربرد دارند. کنکاش بیش‌تر در منوها و ترفندهای نرم‌افزار به دلیل آشفته کردن ذهن و مشغول داشتن بیهوده‌ی بخشی از حافظه، دست کم تا پایان دور نخست مطالعه‌ی کتاب توصیه نمی‌شود.

امید است تا اثر حاضر بیش از آموزش کاربری صرف یک نرم افزار تجاری که هر روز ممکن است با تغییرات ناگهانی مواجه شود، در ترویج نگاه مهندسی به فرآیند مدلسازی منابع معدنی مؤثر باشد. از خوانندگان محترم درخواست می شود تا با ارسال نظرات و پیشنهادات اصلاحی خود به آدرس info@madankari.info نویسندگان را در بهبود روزافزون اثر حاضر یاری نمایند.

مصطفی آصفی -- فریدون ملانی کشکی -- محسن نائینی

بهار ۱۳۹۳

فهرست مطالب

عنوان صفحه

پیشگفتار.....	۱
فهرست مطالب.....	۵
فصل ۱: روش شناسی.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- الگوریتم تبدیل اری به بدلسازی منابع.....	۱
۳-۱- آشنایی با نرم افزار Surpac.....	۵
۱-۳-۱- تاریخچه.....	۵
۲-۳-۱- مفاهیم اصلی در Surpac.....	۵
۱-۲-۳-۱- نوار منو.....	۶
۲-۲-۳-۱- نوار ابزار.....	۶
۳-۲-۳-۱- بخش مدیریت.....	۷
۴-۲-۳-۱- بخش پیش نمایش.....	۷
۵-۲-۳-۱- بخش راهنمای نمایش.....	۷
۶-۲-۳-۱- بخش مشخصات.....	۸
۷-۲-۳-۱- بخش لایه ها.....	۸
۸-۲-۳-۱- بخش ترسیم.....	۸
۹-۲-۳-۱- بخش پیغام.....	۹
۱۰-۲-۳-۱- بخش دستور.....	۱۰
۱۱-۲-۳-۱- نوار وضعیت.....	۱۱
۱۲-۲-۳-۱- نمایه.....	۱۲
۱۳-۲-۳-۱- پنجره های محاوره.....	۱۳

۱۴	۱-۳-۳-۱- انواع فایل‌ها
۱۴	۱-۳-۳-۱- استرینگ
۱۹	۱-۳-۳-۲- مدل دیجیتالی عوارض (DTM)
۲۰	۱-۳-۳-۳- پایگاه داده‌های زمین‌شناسی
۲۱	۱-۳-۴- مدل بلوکی
۲۳	۱-۳-۵- نقشه
۲۳	۱-۳-۶- آکین
۲۳	۱-۳-۱- فایل کرو
۲۴	۱-۳-۳-۱- سیستم پایت
۲۸	۱-۳-۴- قواعد عددی نام گذاری
۳۱	۱-۳-۵- مفهوم لایه‌ها
۳۵	فصل ۲: تشکیل پایگاه داده‌های زمین‌شناسی
۳۵	۱-۲- مقدمه
۳۵	۲-۲- اصول گردآوری داده‌های زمین‌شناسی
۳۹	۲-۳- آماده‌سازی داده‌ها برای ورود به نرم‌افزار
۴۰	۲-۳-۱- جدول موقعیت دهانه‌ی گمانه‌ها
۴۱	۲-۳-۲- جدول داده‌های پیمایش هندسی گمانه‌ها
۴۲	۲-۳-۳- جدول اختیاری
۴۴	۲-۴- ایجاد پایگاه داده‌های زمین‌شناسی
۵۰	۲-۴-۱- معماری ساختار پایگاه
۵۸	۲-۴-۲- وارد کردن داده در پایگاه
۶۴	۲-۴-۳- ایجاد جداول جدید در یک پایگاه موجود
۷۰	۲-۴-۴- صحت‌سنجی پایگاه

۳-۴-۵- ترکیب داده‌ها و نمایش فضایی گمانه‌ها ۷۱

فصل ۳: مطالعات آماری و زمین آماری ۸۳

۳-۱- مقدمه ۸۳

۳-۲- چارچوب مطالعات آماری ۸۴

۳-۳- تهیه نمونه‌ها و ایجاد کامپوزیت‌های منظم ۸۵

۳-۴- بررسی تپش داده‌ها ۹۵

۳-۴-۱- ابزارهای پیش‌گامی ۹۵

۳-۴-۱-۱- دیاگرام فراوانی ۹۵

۳-۴-۱-۲- هیستوگرام مستطیل‌های فراوانی ۹۵

۳-۴-۱-۳- نمودار فراوانی جمعی ۹۷

۳-۴-۲- آماره‌های گرایش به مرکز زندگی ۹۷

۳-۴-۲-۱- میانگین - میانه - نما ۹۷

۳-۴-۲-۲- میدان تغییرات متغیر ۱۰۱

۳-۴-۲-۳- پراش ۱۰۱

۳-۴-۲-۴- انحراف معیار ۱۰۱

۳-۴-۲-۵- ضریب تغییرات ۱۰۱

۳-۴-۲-۶- چولگی ۱۰۱

۳-۴-۲-۷- کشیدگی ۱۰۲

۳-۵- متغیرهای تصادفی و توزیع‌های احتمال ۱۰۲

۳-۵-۱- مدل توزیع احتمال برای متغیرهای پیوسته ۱۰۳

۳-۵-۱-۱- توزیع نرمال ۱۰۵

۳-۵-۱-۲- توزیع لاگ نرمال ۱۰۷

۳-۵-۱-۳- توزیع پواسون ۱۰۷

۳-۵-۱-۴- توزیع L ۱۰۹

- ۱۰۹..... ۳-۵-۱-۵- توزیع ل
- ۱۰۹..... ۳-۵-۲- نرمال سازی داده ها
- ۱۱۲..... ۳-۶-۱- سنجش وایازی و همبستگی میان متغیرهای مدل
- ۱۱۲..... ۳-۶-۲- همبستگی
- ۱۱۲..... ۳-۶-۳- همبستگی
- ۱۱۳..... ۳-۶-۴- نمودار
- ۱۱۳..... ۳-۶-۵- نمودار
- ۱۱۶..... ۳-۷-۱- تفکیک دانه ها
- ۱۱۸..... ۳-۸-۱- حذف نقاط پرت
- ۱۲۰..... ۳-۸-۲- استفاده از نمودار فراوانی
- ۱۲۰..... ۳-۸-۳- استفاده از فاصله ی اطمینان
- ۱۲۱..... ۳-۸-۴- استفاده از صدک های آماری
- ۱۲۲..... ۳-۸-۵- استفاده از نظر کارشناس
- ۱۲۲..... ۳-۹-۱- تحلیل روند
- ۱۲۲..... ۳-۱۰-۱- اجرای بررسی های آماری در محیط نرم افزار
- ۱۳۵..... ۳-۱۱-۱- چارچوب مطالعات زمین آماری
- ۱۳۶..... ۳-۱۲-۱- پارامترهای ناهمسانگردی
- ۱۳۷..... ۳-۱۳-۱- پراش نما
- ۱۴۱..... ۳-۱۳-۲- مدل های پراش نما
- ۱۴۸..... ۳-۱۴-۱- نقشه ی پراش نگار و بیضوی ناهمسانگردی
- ۱۵۲..... ۳-۱۵-۱- اجرای مطالعات زمین آماری در محیط نرم افزار

۱۵۲	۱-۱۵-۲- محاسبه‌ی پرانش‌نمای تجربی
۱۵۹	۲-۱۵-۲- برازش مدل پرانش‌نما
۱۶۱	۳-۱۵-۳- ترسیم نقشه‌ی پرانش‌نگار و تعیین بیضوی ناهمسانگردی
۱۶۱	۳-۱۵-۳-۱- نقشه‌ی پرانش‌نگار اولیه
۱۶۸	۳-۱۵-۳-۲- نقشه‌ی پرانش‌نگار ثانویه
۱۷۰	۳-۱۵-۳-۲- استخراج بیضوی ناهمسانگردی
۱۷۳	۳-۱۶- روش شناسایی برآورد مدلسازی ناهمسانگردی فضای سه‌بعدی
۱۷۷	فصل ۴: مدلسازی فضایی تشخیص
۱۷۷	۴-۱- مقدمه
۱۷۸	۴-۲- برآورد عیار حد شناسایی
۱۸۰	۴-۳- رویکرد سنتی در مدلسازی منبع-مسار
۱۸۰	۴-۳-۱- ترسیم مقاطع
۱۹۴	۴-۳-۲- مدلسازی پیکره‌ی ماده‌ی معدنی
۲۰۱	۴-۳-۲-۱- اعتبارسنجی و تصحیح دستی
۲۰۳	۴-۳-۲-۲- اعتبارسنجی و تصحیح خودکار
۲۰۴	۴-۳-۲-۳- محاسبه‌ی حجم
۲۰۵	۴-۳-۳- استفاده از الگوریتم پوسته‌های پویا در مدلسازی منبع
۲۱۳	۴-۴- اصول ساخت مدل سطح‌شناسی
۲۲۷	فصل ۵: تشکیل مدل بلوکی و برآورد مشخصات منبع
۲۲۷	۵-۱- مقدمه
۲۲۸	۵-۲- ایجاد مدل بلوکی خام
۲۳۳	۵-۳- تفکیک محدوده‌ها

۲۳۶	۴-۵- تعریف مشخصات کمی/کیفی بلوک‌ها
۲۳۸	۵-۵- تخصیص مشخصات قطعی
۲۴۳	۶-۵- تخمین مشخصات با استفاده از الگوریتم‌های میانبایی
۲۴۳	۱-۱- تعریف فضای جستجو و فاصله‌ی ناهمسانگرد
۲۴۵	۵-۵- الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه (NN)
۲۴۹	۵-۶-۳- روش مسکن متحرک
۲۴۹	۵-۶-۴- الگوریتم عکس فاصله (ID)
۲۵۳	۵-۶-۲- الگوریتم کریگینگ (Krig)
۲۶۱	۷-۵- محاسبه‌ی یک مشخصه‌ی صورت تابعی از مشخصه‌های دیگر
۲۶۳	۵-۸- تهیه‌ی گزارش
۲۶۶	۵-۹- تدقیق مدل
۲۷۲	۵-۱۰- اعتبارسنجی
۲۷۲	۵-۱۰-۱- ارزیابی مقاطع عرضی مدل بلوکی
۲۷۷	۵-۱۰-۲- بررسی منحنی‌های عیار-تناژ
۲۸۰	۵-۱۰-۳- مطالعه‌ی آماری مدل بلوکی
۲۸۱	۵-۱۰-۴- تحلیل روند فضایی
۲۸۴	۵-۵- طبقه‌بندی منبع کانسار
۲۸۷	فهرست منابع
۲۹۱	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۳۰۱	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی