

مدل سازی فیزیکی و ارزیابی

ذخایر معدنی

دکتر بهزاد تخم چی

مهندس علی خوبانی

سرشناسه: تخم چی، بهزاد، ۱۳۵۲.
عنوان و نام آور: مدل سازی فیزیکی و ارزیابی ذخایر معدنی / بهزاد تخم چی، علی خوبانی.
مشخصات نشر: شاهرود، دانشگاه شاهرود، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری: ز، ۴۵۰ص: مصور، نمودار.
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۱۵۳-۰۴-۸
وضعیت فهرست نویسی: فیا
موضوع: معدن و ذخایر معدنی - ارزشگذاری
موضوع: معدن و ذخایر معدنی - الگوهای ریاضی
شناسه افزوده: خوبانی، علی
شناسه افزوده: دانشگاه شاهرود
رده بندی کنگره: TN ۱۳۹۲۲۲ م ۴ ت ۳/
رده بندی دیویی: ۳۹/۲۲۲
شماره کتابشناسی ملی: ۳۲۵۸۱۲۲

نام کتاب: مدل سازی فیزیکی و ارزیابی ذخایر معدنی
تدوین به شیوه گردآوری: دکتر بهزاد تخم چی، مهندس علی خوبانی
ویراستار علمی: دکتر علیرضا عرب امیری
ناشر: دانشگاه شاهرود
طراح جلد: علی خوبانی
تیراژ: ۱۰۰۰ جلد
شماره شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۱۵۳-۰۴-۸
چاپ و صحافی: شرکت تکاد جلین (مجمع چاپ و بسته بندی امید شمال)
چاپ اول: ۱۳۹۲
قیمت: ۱۳۰۰۰۰ ریال

پیشگفتار

بدون شک مدل سازی فیزیکی و ارزیابی ذخیره جزو کلیدی ترین فعالیت های اکتشافی هستند. این دو فعالیت در مراحل مختلف اکتشاف و بر اساس داده های موجود انجام می شوند. ناگفته پیداست که هر چه داده های اکتشافی بیشتر شوند، شناسایی ویژگی های نهشته یا کانسار با دقت بیشتری ممکن خواهد شد. اما محاسبات اثبات می کنند که حتی در مواردی که بیشترین اطلاعات اکتشافی در دسترس اند، نسبت معلومات به مجهولات در حدود صفر است. بنابراین نه تنها شناسایی و مدل سازی ویژگی های مختلف نهشته یا کانسار کار پیچیده ای است؛ بلکه انجامش نیز نیاز به هنر و تصور فضایی دارد. از این رو تلاش می کنند تا ضمن تعریف قواعدی نسبت به ساده سازی مسائل مدل سازی اقدام کنند تا اصولاً مدل سازی ممکن گردد. البته بدیهی است که مدل های ساده قابلیت نمایندگی تمامی تغییرپذیری های نهشته ها یا کانسارها را نخواهند داشت. در این شرایط باید از مدل های پیچیده تر استفاده کرد؛ تا مدل ها سازگاری بیشتری با واقعیت داشته باشند. هرچند که استفاده از این مدل ها نیاز به تبصر خاصی دارد.

برنامه ریزان آموزشی برای رشته های حوزه علوم زمین، به درستی دروسی را برای آموزش و تقویت تصور فضایی از طبیعت پیچیده زمین در نظر گرفته اند. زمین شناسی فیزیکی، زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک، ارزیابی ذخایر معدنی، اصول پی جوئی و اکتشاف ذخایر معدنی و زمین امار نمونه هایی از دروس مورد اشاره اند. مؤلفان این کتاب تجربه بیش از ده سال تدریس دروس مذکور را دارند. واقعیت این است که بر اساس تجربه مؤلفان، تقویت تصور فضایی دانشجویان از پدیده های زمین شناسی، از مشکل ترین و البته کلیدی ترین دروس دوره های کارشناسی و کارشناسی ارشد در حوزه علوم زمین است. اما علیرغم اهمیت موضوع، کتب آموزشی بسیار محدودی برای مدل سازی ذخایر معدنی موجود است.

در کتاب حاضر تلاش شده است که گامی هر چند کوچک در خصوص ارائه کتب آموزش مدل سازی فیزیکی و ارزیابی ذخایر معدنی برداشته شود. در این کتاب، مطالب به نحوی تنظیم شده اند که خودآموز بوده و در ضمن تمرین های مفیدی برای دانشجویان ارائه شده اند؛ که ایشان را در فراگیری مطالب کمک می کنند. در ضمن در این کتاب تلاش شده که شکل های مفیدی ترسیم گردند؛ که دانشجویان را در درک مطالب کمک کنند.

این کتاب سیزده فصل دارد؛ که در تعدادی از آنها جنبه آموزشی برای دانشجویان کارشناسی برجسته است و در تعدادی دیگر، آموزش دانشجویان تحصیلات تکمیلی از اولویت برخوردار بوده است. البته چیدمان مطالب به شکلی است که به تدریج سطح مطالب ارتقاء می یابد. لذا فراگیری فصول اولیه برای کلیه دانشجویان مقدر بوده

و فراگیری فصول آخرین، نیاز به پیش‌نیازهای متفاوتی خواهند داشت. هر چند در هر مورد کتب مفیدی نیز برای مطالعه به دانشجویان معرفی شده‌اند.

در فصل اول کتاب، نسبت به تفکیک انواع ساختارهای معدنی به تنوره، لایه و توده اقدام شده و تعاریف مفیدی در این خصوص ارائه شده است. مدل‌سازی فیزیکی نهشته‌ها در ادامه کتاب بر اساس این تقسیم‌بندی توسعه داده شده است. بنابراین علاقمندان باید با حساسیت مطالب این فصل را فراگیرند. لازم به ذکر است که منظور از مدل‌سازی فیزیکی، شناسایی شکل کانسار و نحوه قرارگیری آن در زمین است. بدیهی است مدل‌سازی تغییرات ویژگی‌های ماده معدنی از قبیل عیار، ضخامت و وزن مخصوص نیز در محدوده کانسار موضوعیت دارند. لذا مدل‌سازی فیزیکی نسبت به ارزیابی ذخیره از تقدم زمانی برخوردار است.

در فصل دوم، حل مسائل ساختاری با استرونت توضیح داده شده است. از آنجا که در کتب متعددی در خصوص تصاویر استریوگرافیک صحبت شده، در این فصل به اختصار به این موضوع پرداخته شده و هدف بیشتر این بوده که نیازهای اولیه دانشجویان را پاسخ دهد. البته از دانشجویان علاقمند دعوت می‌شود که مطالب بیشتر در خصوص تصاویر استریوگرافیک را در کتب متنوع مرتبط، جستجو نمایند.

در فصل‌های سوم تا ششم مطالب مفیدی در خصوص نحوه اندازه‌گیری و محاسبه ویژگی‌های متنوع مواد معدنی ارائه شده است. ضخامت و عمق نهشته‌های معدنی، رُخنمون آنها، مساحت و حجم و عیار و وزن مخصوص مواد معدنی، موضوعاتی هستند که در این فصول مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این فصول تلاش شده تمرین‌های متعددی ارائه شوند؛ به نحوی که دانشجویان درک عمیقی از موضوعات پیدا کنند. شاید به جرأت بتوان ادعا کرد که مطالبی مشابه این فصول در هیچ کتاب فارسی دیگری یافت نمی‌شود. دانشجویان مشاهده خواهند کرد که موضوعات ارائه شده در این فصول به نحو مطلوبی طبقه‌بندی شده‌اند؛ تا فراگیری آنها برای ایشان به ساده‌ترین حالت ممکن مقدور گردد.

در فصل هفتم، به تفصیل در خصوص حفاری‌های اکتشافی بحث شده است. واقعیت این است که حفاری‌های اکتشافی مفیدترین ابزار در کشف مستقیم مواد معدنی هستند. بنابراین شناخت آنها و طراحی بهترین شبکه حفاری‌ها برای اکتشاف و مدل‌سازی نهشته‌های معدنی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. در این فصل ضمن ارائه شکل‌ها و تمرین‌های متنوع، سعی شده که کاربرد هر نوع حفاری اکتشافی معرفی شود؛ تا دانشجویان در آینده کاری، قابلیت طراحی بهترین شبکه حفاری را داشته باشند. در همین خصوص باید توجه داشت که حفاری‌های اکتشافی گران‌قیمت بوده و آشنائی با آنها و بهینه‌سازی شبکه حفاری در اکتشاف بسیار حائز اهمیت است.

در فصل هشتم، روش‌های کلاسیک تخمین معرفی شده‌اند. فصولی مشابه این فصل در کتب دیگر نیز ارائه شده است. اما تفاوت بارز این فصل با کتب دیگر، حل چند تمرین کاربردی و مفید ضمن ارائه شکل‌های آموزشی فراوان است؛ به نحوی که امکان آموزش عملی تخمین را برای دانشجویان فراهم می‌آورد. فصل نهم به شبیه‌سازی فرکتالی اختصاص یافته است. در این فصل تعریف روانی از هندسه فرکتال و بُعد فرکتال ارائه شده است. چندین روش محاسبه بُعد فرکتال معرفی شده و یکی از ساده‌ترین الگوریتم‌های شبیه‌سازی فرکتالی آموزش داده شده است. در انتهای این فصل، نتایج یک مطالعه موردی آمده است. فصل دهم حال و هوای متفاوتی با دیگر فصول دارد. از آنجا که هدف از مدل‌سازی و تخمین ذخیره، تصمیم‌گیری در خصوص سرمایه‌گذاری‌های اقتصادی است؛ باید همراه با داده‌های اکتشافی، مطالعات اقتصادی

نیز صورت گیرد. به این نوع مطالعات، بررسی فنی و اقتصادی گفته می‌شود. در این فصل به اختصار اصول بررسی فنی و اقتصادی معدنی آمده است. مطالب این فصل به نحوی تنظیم شده‌اند که دانشجویان به ساده‌ترین و دقیق‌ترین حالت ممکن، قابلیت انجام یک مطالعه فنی و اقتصادی را کسب نمایند.

فصول یازدهم و دوازدهم به رده‌بندی ذخیره اختصاص دارند. در فصل یازدهم سیستم‌های رایج رده‌بندی ذخایر معدنی در دنیا معرفی شده و در فصل دوازدهم یک چهارچوب منسجم برای رده‌بندی ذخایر معدنی در ایران پیشنهاد شده است. در همین فصل کانسارها از منظر تغییرپذیری به هفت دسته تقسیم شده و ساختار اکتشاف و طبقه‌بندی در این قالب تشریح شده است.

در فصل انتهایی (سیزدهم) کتاب، مروری بر روش‌های پیشرفته‌تر تخمین آمده است. روش‌های زمین-آماري و شبکه عصبی به اختصار در این فصل معرفی شده و در خصوص کاستی‌ها و نقاط قوت آنها نیز بحث شده است. مؤلفان به دارند در آینده روش‌های پیشرفته‌تر تخمین را به صورت کتاب مجزایی به علاقمندان عرضه نمایند؛ بنابراین در کتاب حاضر به مطالب این فصل بسنده شده و ذکر جزئیات تخصصی‌تر به کتاب آتی موکول شده است.

در نهایت اقرار می‌نمائیم که کتاب حاضر فاقد ایراد نیست؛ لذا از اساتید بزرگوار، همکاران محترم صنعتی و دانشجویان عزیز تقاضا داریم مؤلفان را از نظرات اصلاحی ارزشمندشان محروم ننمایند.

بهزاد تخم‌چی

علی خوبانی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: ویژگی‌های ساختاری ذخایر معدنی

۱	۱-۱ مقدمه
۱	۲-۱ ذخایر توده‌ای
۲	۳-۱ ذخایر لایه‌ای
۲۲	۴-۱ ذخایر تنوهری
۲۷	تمرین‌ها:

فصل دوم: حل مسائل ساختاری با استرونت

۲۹	۱-۲ مقدمه
۳۰	۲-۲ تصویر استریوگرافیک صفحه
۳۳	۳-۲ تصویر استریوگرافیک خط
۳۵	۴-۲ اندازه‌گیری شیب ظاهری صفحات
۳۶	۵-۲ یافتن مشخصات صفحه بر اساس اطلاعات دو خط از آن
۳۹	۶-۲ یافتن فصل مشترک دو صفحه
۴۱	۷-۲ دیگر کاربردهای تصاویر استریوگرافیک
۴۲	تمرین‌ها:

فصل سوم: ضخامت و عمق

۴۳	۱-۳ مقدمه
۴۳	۲-۳ ضخامت و عمق ذخایر توده‌ای

۵۰	۳-۳ ضخامت و عمق ذخایر لایه‌ای
۵۰	۱-۳-۳ ضخامت لایه
۶۱	۲-۳-۳ عمق لایه
۷۲	۴-۳ ضخامت و عمق تنوره
۷۳	تمرین‌ها:

فصل چهارم: رُخنمون ذخایر معدنی

۷۵	۱-۴ مقدمه
۷۶	۲-۴ رُخنمون لایه‌ها در زمین مستوی
۹۱	۳-۴ رُخنمون لایه‌ها در زمین با پستی و بلندی
۹۵	۴-۴ رُخنمون لایه‌های چین خورده و گسل خورده
۱۰۱	تمرین‌ها:

فصل پنجم: محاسبه مساحت و حجم

۱۰۷	۱-۵ مقدمه
۱۰۷	۲-۵ روش‌های متداول محاسبه مساحت
۱۰۸	۱-۲-۵ محاسبه مساحت با تقسیم قطعه به مثلث
۱۱۰	۲-۲-۵ محاسبه مساحت با تقسیم قطعه به دوزنقه
۱۱۲	۳-۲-۵ محاسبه مساحت به روش سیمپسون و یا روش یک سوم سیمپسون
۱۱۵	۴-۲-۵ محاسبه مساحت از طریق مختصات
۱۱۷	۵-۲-۵ محاسبه مساحت به وسیله روش D.M.D
۱۱۸	۶-۲-۵ محاسبه مساحت به وسیله پلانی‌متر
۱۱۸	۷-۲-۵ محاسبه مساحت به وسیله کاغذ میلی‌متری

۱۱۹	۳-۵ روش‌های متداول محاسبه حجم
۱۱۹	۱-۳-۵ محاسبه حجم بلوک در روش مقاطع
۱۲۳	۲-۳-۵ حالات خاص محاسبه حجم بلوک در روش مقاطع
۱۲۵	۳-۳-۵ محاسبه حجم در روش شبکه‌بندی
۱۲۷	۴-۳-۵ محاسبه حجم کانسارهای لایه‌ای
۱۲۸	۵-۳-۵ محاسبه حجم به روش خطوط تراز
۱۲۹	تمرین‌ها:

فصل ششم: وزن مخصوص و عیار

۱۳۳	۱-۶ مقدمه
۱۳۳	۲-۶ روش‌های اندازه‌گیری وزن مخصوص
۱۳۵	۳-۶ روش‌های تخمین وزن مخصوص
۱۳۵	۱-۳-۶ تخمین وزن مخصوص به روش چاه‌پیمایی
۱۳۸	۲-۳-۶ تخمین وزن مخصوص بر اساس ترکیب شیمیایی
۱۴۰	۳-۳-۶ تخمین وزن مخصوص بر اساس تغییرات عیار
۱۴۵	۴-۶ وزن مخصوص متوسط
۱۴۵	۱-۴-۶ وزن مخصوص متوسط کانسنگ در یک گمانه
۱۴۷	۲-۴-۶ وزن مخصوص متوسط کانسنگ در یک مقطع
۱۵۰	۳-۴-۶ وزن مخصوص متوسط کانسنگ در یک بلوک
۱۵۲	۵-۶ روش‌های اندازه‌گیری عیار
۱۵۳	۶-۶ روش‌های تخمین عیار
۱۵۶	۷-۶ عیار متوسط
۱۵۶	۱-۷-۶ عیار متوسط کانسنگ در یک گمانه

۱۵۷	۶-۷-۲ عیار متوسط کانسنگ در یک مقطع
۱۵۸	۶-۷-۳ عیار متوسط کانسنگ در یک بلوک
۱۵۹	۶-۸ عیار حد
۱۶۲	تمرین‌ها:

فصل هفتم: حفاری‌های اکتشافی

۱۶۳	۷-۱ مقدمه
۱۶۴	۷-۲ چاله اکتشافی
۱۶۶	۷-۳ ترانشه
۱۶۹	۷-۳-۱ طراحی حفر ترانشه
۱۷۲	۷-۳-۲ محاسبه حجم عملیاتی ترانشه
۱۷۲	۷-۳-۳ برداشت ترانشه
۱۷۴	۷-۴ چاهک اکتشافی
۱۷۷	۷-۵ اوکلون
۱۸۲	۷-۶ چال اکتشافی
۱۸۴	۷-۷ گمانه‌های اکتشافی
۱۸۵	۷-۷-۱ ابزار حفر گمانه
۱۸۸	۷-۷-۲ قطر گمانه و مغزه
۱۹۰	۷-۷-۳ شیب گمانه
۱۹۱	۷-۷-۴ عمق گمانه
۱۹۴	۷-۷-۵ تخمین عمق گمانه
۱۹۵	۷-۸ چاه‌های اکتشافی
۲۰۲	۷-۹ تونل‌های اکتشافی

تمرین‌ها:

۲۱۳

فصل هشتم: روش‌های کلاسیک تخمین ذخیره

۲۱۵

۱-۸ مقدمه

۲۱۶

۲-۸ روش‌های کلاسیک تخمین

۲۱۷

۳-۸ خطای تخمین

۲۱۹

۴-۸ قوائد تخمین کلاسیک

۲۲۱

۱-۴-۸ قاعده بوستگی

۲۲۱

۲-۴-۸ قاعده تغییرات تدریجی

۲۲۲

۳-۴-۸ قاعده شعاع تاثیر مساوی

۲۲۲

۵-۸ پارامترهای مورد نیاز جهت تخمین ذخیره

۲۲۳

۶-۸ روش‌های محاسبه ذخیره

۲۲۳

۱-۶-۸ روش مقاطع

۲۳۴

۲-۶-۸ روش مثلث

۲۴۲

۳-۶-۸ روش چندضلعی

۲۴۶

۴-۶-۸ روش خطوط تراز

۲۴۸

تمرین‌ها:

فصل نهم: شبیه‌سازی فرکتالی و تخمین ذخیره

۲۴۹

۱-۹ مقدمه

۲۵۱

۲-۹ شکل سطوح طبیعی

۲۵۳

۳-۹ محاسبه بُعد فرکتال

۲۵۳	۱-۳-۹ روش پرگار تقسیم سیار
۲۵۶	۲-۳-۹ روش پرگار تقسیم سیار دو بُعدی
۲۵۸	۳-۳-۹ روش واریوگرام
۲۵۹	۴-۳-۹ روش شمارش جعبه‌ای
۲۶۱	۵-۳-۹ روش خودتشابهی
۲۶۲	۶-۳-۹ روش آنالیز دامنه مقیاس‌بندی مجدد
۲۶۴	۷-۳-۹ روش تجزیه طیف توانی
۲۶۴	۱-۷-۳-۹ روش تبدیل فوریه سریع
۲۶۵	۲-۷-۳-۹ روش بیشینه انتروپی
۲۶۵	۸-۳-۹ معادلات نمو
۲۶۶	۴-۹ کاربرد بُعد فرکتال
۲۶۷	۵-۹ شبیه‌سازی فرکتالی
۲۶۷	۱-۵-۹ تولید داده‌های مصنوعی با ویژگی‌های آماری معلوم
۲۶۸	۱-۱-۵-۹ روش اول شبیه‌سازی فرکتالی یک بُعدی
۲۷۰	۲-۱-۵-۹ روش دوم شبیه‌سازی فرکتالی یک بُعدی
۲۷۱	۳-۱-۵-۹ شبیه‌سازی فرکتالی دو بُعدی
۲۷۵	۶-۹ مطالعه موردی: شبیه‌سازی ضخامت کانسار خاک کچ ماهدشت
۲۷۹	تمرین‌ها:

فصل دهم: بررسی اقتصادی ذخایر معدنی

۲۸۱	۱-۱۰ مقدمه
۲۸۲	۲-۱۰ هزینه و تقسیمات آن

۲۸۳	۱-۲-۱۰ هزینه‌های سرمایه‌ای (سرمایه‌گذاری)
۲۸۳	۱-۱-۲-۱۰ سرمایه‌گذاری ثابت
۲۸۴	۲-۱-۲-۱۰ سرمایه در گردش
۲۸۶	۲-۲-۱۰ هزینه‌های جاری
۲۸۷	۱-۲-۲-۱۰ هزینه‌های عملیاتی
۲۸۸	۲-۲-۲-۱۰ هزینه‌های غیرعملیاتی
۲۸۹	۳-۲-۱۰ برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت
۲۹۱	۳-۱۰ درآمدهای معدنی
۲۹۲	۴-۱۰ استهلاک
۲۹۳	۱-۴-۱۰ روش خط مستقیم
۲۹۴	۲-۴-۱۰ روش استهلاک مانده نزولی
۲۹۵	۳-۴-۱۰ روش جمع ارقام (سنوات) سالانه
۲۹۶	۴-۴-۱۰ روش تعداد واحدهای تولیدی
۲۹۶	۵-۴-۱۰ روش مدت عملیات
۲۹۷	۵-۱۰ مالیات و حقوق دولتی
۲۹۸	۶-۱۰ تحلیل نقطه سربه‌سری تولید
۳۰۷	۷-۱۰ جدول جریان نقدینگی (DCF)
۳۰۹	۸-۱۰ تکنیک‌های تحلیل اقتصادی پروژه‌ها
۳۰۹	۱-۸-۱۰ روش ارزش فعلی
۳۱۰	۲-۸-۱۰ روش نرخ بازگشت سرمایه
۳۱۱	۳-۸-۱۰ روش دوره بازگشت سرمایه
۳۱۲	تمرین‌ها:

فصل یازدهم: سیستم‌های رایج رده‌بندی ذخایر معدنی در دنیا

- ۳۱۳ ۱-۱۱ تاریخچه
- ۳۱۵ ۲-۱۱ رده‌بندی منابع و ذخایر معدنی سازمان ملل متحد (UNFC)
- ۳۱۵ ۱-۲-۱۱ چهارچوب رده‌بندی سازمان ملل متحد UN
- ۳۱۷ ۲-۲-۱۱ واژه‌ها و تعاریف
- ۳۱۹ ۳-۲-۱۱ ذخیره و منبع
- ۳۲۰ ۴-۲-۱۱ کدبندی
- ۳۲۳ ۳-۱۱ رده‌بندی اطلاعات اکتشافی، منابع و ذخایر معدنی CMMI
- ۳۲۴ ۱-۳-۱۱ واژه‌شناسی گزارش‌نویسی
- ۳۲۶ ۲-۳-۱۱ گزارش عمومی
- ۳۲۶ ۳-۳-۱۱ گزارش منبع معدنی
- ۳۲۸ ۴-۳-۱۱ کانسنگ و ذخیره
- ۳۲۸ ۵-۳-۱۱ تهیه گزارش ذخایر معدنی
- ۳۳۵ ۴-۱۱ رده‌بندی ذخایر و منابع به روش روسی
- ۳۳۶ ۱-۴-۱۱ عوامل مؤثر در رده‌بندی روسی
- ۳۳۷ ۲-۴-۱۱ مزایای رده‌بندی روسی
- ۳۳۷ ۳-۴-۱۱ حدود خطا در رده‌های مختلف روش رده‌بندی روسی
- ۳۳۸ ۵-۱۱ رده‌بندی متداول ذخایر معدنی در ایران
- ۳۳۹ تمرین‌ها:

فصل دوازدهم: چهارچوب پیشنهادی برای رده‌بندی ذخایر معدنی

در ایران

۳۴۱	۱-۱۲ مقدمه
۳۴۱	۲-۱۲ علل انتخاب رده‌بندی سازمان ملل
۳۴۳	۳-۱۲ مراحل اکتشاف
۳۴۴	۱-۳-۱۲ شناسایی
۳۴۴	۱-۱-۳-۱۲ اطلاعات قابل دسترس در ایران
۳۴۵	۲-۱-۳-۱۲ فعالیت‌های مرحله شناسایی
۳۴۵	۲-۳-۱۲ پی‌جویی
۳۴۵	۱-۲-۳-۱۲ اطلاعات قابل دسترس احتمالی
۳۴۶	۲-۲-۳-۱۲ فعالیت‌های مرحله پی‌جویی
۳۴۷	۳-۳-۱۲ اکتشاف عمومی
۳۴۷	۱-۳-۳-۱۲ اطلاعات قابل دسترس احتمالی
۳۴۷	۲-۳-۳-۱۲ فعالیت‌های مرحله اکتشاف عمومی
۳۴۸	۴-۳-۱۲ اکتشاف تفصیلی
۳۴۸	۱-۴-۳-۱۲ اطلاعات قابل دسترس احتمالی
۳۴۹	۲-۴-۳-۱۲ فعالیت‌های مرحله اکتشاف تفصیلی
۳۵۰	۴-۱۲ ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها (امکان‌سنجی)
۳۵۱	۱-۴-۱۲ مطالعات زمین‌شناسی
۳۵۱	۲-۴-۱۲ پیش‌امکان‌سنجی
۳۵۲	۳-۴-۱۲ امکان‌سنجی
۳۵۳	۵-۱۲ شرایط اقتصادی پروژه‌ها

۳۵۳	۱۲-۵-۱ بالقوه اقتصادی
۳۵۴	۱۲-۵-۲ پتانسیل اقتصادی
۳۵۴	۱۲-۵-۳ اقتصادی
۳۵۴	۱۲-۶ شخص صلاحیت‌دار
۳۵۵	۱۲-۷ جمع بندی
۳۵۷	۱۲-۸ فعالیت‌های لازم برای رده‌بندی ذخیره با توجه به نوع کانسار
۳۸۷	تمرین‌ها:

فصل سیزدهم: مروری بر روش‌های پیشرفته‌تر تخمین

۳۸۹	۱۳-۱ مقدمه
۳۹۲	۱۳-۲ زمین‌آمار
۳۹۲	۱۳-۲-۱ تخمین‌های زمین‌آماري
۳۹۲	۱۳-۲-۱-۱ واریوگرام
۳۹۷	۱۳-۲-۱-۲ کریجینگ ساده
۳۹۷	۱۳-۲-۱-۳ کریجینگ معمولی
۳۹۸	۱۳-۲-۱-۴ کریجینگ عام
۳۹۸	۱۳-۲-۱-۵ لاگ کریجینگ
۳۹۹	۱۳-۲-۱-۶ کوکریجینگ
۴۰۰	۱۳-۲-۱-۷ کریجینگ شاخص
۴۰۰	۱۳-۲-۲ شبیه‌سازی زمین‌آماري
۴۰۲	۱۳-۲-۲-۱ شبیه‌سازی مشروط
۴۰۴	۱۳-۲-۳ اشاره‌ای به نواقص روش‌های زمین‌آماري
۴۰۴	۱۳-۲-۳-۱ ناتوانی واریوگرام در شناسایی ساختار

۴۰۸	۱۳-۲-۳-۲ مشکلات ناشی از خاصیت هموارسازی کریجینگ
۴۰۸	۱۳-۲-۳-۳ مشکلات ناشی از محدودیت اطلاعات
۴۰۹	۱۳-۳ شبکه‌های عصبی
۴۱۰	۱۳-۳-۱ شبکه عصبی چندلایه مفهومی
۴۱۵	۱۳-۳-۱-۱ بهینه‌سازی تعداد لایه‌های میانی
۴۱۶	۱۳-۳-۱-۱ شیوه آموزش شبکه
۴۱۶	۱۳-۳-۱-۲ عدم قطعیت عملکرد شبکه در حالتی که ساختار شبکه MLP ثابت است
۴۱۷	۱۳-۳-۱-۴ بهینه‌سازی نرخ یادگیری الگوریتم بهینه‌سازی
۴۱۷	۱۳-۳-۱-۵ بهینه‌سازی تعداد نوروهای لایه میانی
۴۱۷	۱۳-۳-۱-۶ تعداد نوروهای لایه خروجی
۴۱۷	۱۳-۳-۱-۷ نوع تابع تحریک نوروها
۴۱۸	۱۳-۳-۱-۸ شرط توقف
۴۱۹	تمرین‌ها:
۴۲۱	فهرست مراجع فارسی
۴۲۳	فهرست مراجع انگلیسی