

اصول طراحی معادن روباز

تألیف: ابراهیم الهی

عضو هیات علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان

سرشناسه : الهی، ابراهیم، ۱۳۵۵ -
 عنوان و نام پدیدآور : اصول طراحی معادن روباز/ تألیف ابراهیم الهی.
 مشخصات نشر : تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۲.
 مشخصات ظاهری : ۲۵۳ص: جدول، نمودار.
 شابک : 978-964-210-147-4
 وضعیت فهرست نویسی : فیا
 موضوع : معدن و ذخایر معدنی - - حفاری سطحی
 موضوع : معدن و ذخایر معدنی - - حفاری سطحی - - طراحی به کمک کامپیوتر
 موضوع : معدن و ذخایر معدنی - - مهندسی
 شناسه افزوده : جهاد دانشگاهی. واحد صنعتی امیرکبیر
 زده بندی کتره : ۱۳۹۲ الف ۷/الف/ TN۲۹۱
 زده بندی دیویی : ۶۲۲/۲۹۲
 شماره کاتالانسی ملی : ۳۱۵۷۳۸۱



انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

• نام کتاب : اصول طراحی معادن روباز
 • تألیف : ابراهیم الهی
 • نوبت چاپ : اول
 • سال چاپ : ۱۳۹۲
 • شمارگان : ۵۰۰ نسخه
 • قیمت : ۱۰۰۰۰۰
 • چاپخانه : باصیل
 • شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۱۴۷-۴ : ISBN 978-964-210-147-4
 • آدرس مرکز پخش : تهران - خیابان حافظ - روبروی خیابان سمیه - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
 تلفن کتابفروشی: ۶۶۴۶۵۳۹۲ (دفتر) ۸۸۸۹۵۹۶۹ فاکس ۶۶۹۵۰۹۸۲



پیشگفتار جهاد دانشگاهی

توجه به تقویت بنیه علمی دانشگاه‌ها و دیگر مراکز علمی یکی از وظایف اصلی همه آگاهان و دست‌اندرکاران این امور در دوران بازسازی کشور اسلامی عزیزمان ایران می‌باشد. در همین راستا جهاد دانشگاهی با آگاهی نسبت به این موضوع، تمامی توان خود را صرف افزایش سطح علمی دانشجویان و آینده‌سازان کشورمان نموده است و در این مسیر از هیچ کوشش و تلاشی دریغ نمی‌کند.

انتشارات جهاد دانشگاهی با این اعتقاد که دستیابی به استقلال علمی، اقتصادی و عقیدتی بدون دستیابی اولیه به سطوح بالای علمی و تکنولوژی‌های مدرن در کنار ایمان و اعتقاد، امکان‌پذیر نمی‌باشد، سعی می‌کند با آماده‌سازی و انتشار متون متنوع علمی به هر دو زبان فارسی و لاتین که از سطح مطلوب علمی نیز برخوردار باشند به وظیفه انسانی و اعتقادی خویش عمل کند و امیدوار است که بتواند کمکی هر چند ناچیز به علاقه‌مندان و دلسوزان میهن اسلامی و پویندگان راه علم انجام دهد.

با این باور و اعتقاد از همه عزیزان دانش‌پژوه جهت ارایه نظرات و پیشنهادات برای هرچه بهتر شدن سطح علمی انتشارات این جهاد، یاری می‌طلبیم.

در انتها، این کتاب را به روان پاک شهدای دانشگاهی بویژه شهدای دانشگاه صنعتی امیرکبیر تقدیم می‌نماییم. امید است کلیه دانشگاهیان استوار و ثابت‌قدم، پوینده راه شهیدان در محیط مقدس دانشگاه باشند.

والسلام علی من التبع الهدی

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

مدیر مسئول

احمد رضا مختاری

پیش گفتار

روش‌های مختلفی از قبیل دستی، رایانه‌ای و تلفیقی از هر دو برای طراحی محدوده نهایی معادن روباز ارائه شده است که طراحی رایانه‌ای یا طراحی بهینه یکی از مهم‌ترین روش‌های طراحی محدوده معادن روباز است. هدف طراحی بهینه تعیین محدوده معدن با بالاترین ارزش ممکن با توجه به محدودیت‌های فنی استخراج می‌باشد. بر این اساس الگوریتم‌های مختلفی نظیر الگوریتم‌های مخروط شناور، الگوریتم برنامه ریزی پویا دو بعدی و اصلاح شده آن، الگوریتم‌های کوروبوف، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم لرج و گروسمن سه بعدی، الگوریتم ماکزیمم جریان شبکه، الگوریتم جستجوگر ستونی و تکنیک‌های پارامتری برای طراحی محدوده معادن روباز وجود دارد. ساده‌ترین الگوریتم طراحی محدوده بهینه الگوریتم مخروط شناور می‌باشد. این الگوریتم بسیار ساده بوده و به مدت زمان رایانه‌ای کمی برای رسیدن به جواب نیاز دارد ولی در بعضی از حالات قادر نیست محدوده بهینه واقعی را به دست آورد. الگوریتم لرج و گروسمن سه بعدی که بر اساس نظریه گراف استوار است هر چند پیچیده بوده ولی تنها روشی است که می‌تواند محدوده بهینه واقعی را در تمام حالات به دست آورد. این روش به مدت زمان رایانه‌ای بیشتری برای رسیدن به جواب نیاز دارد.

بر این اساس اصول طراحی مدل بلوکی، محاسبه ذخیره، محدودیت فنی استخراج، روش‌های مختلف طراحی محدوده نهایی معادن روباز به روش‌های بهینه و دستی، برنامه‌ریزی تولید به همراه طراحی جاده در معدن، در مجموعه‌ای به نام "اصول طراحی معادن روباز" ارائه شده است. امید است مجموعه حاضر مورد قبول اساتید و دانش‌پژوهان قرار گیرد. بی‌شک این مجموعه فاقد ایراد نبوده و از اساتید و دانش‌پژوهان تقاضا می‌شود جهت تکمیل شدن این مجموعه نظرات اصلاحی خود را اعلام نمایند.

بر خود لازم می‌دانم از استاد ارجمند جناب آقای دکتر رضا خالوکاکایی کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم که توانست دریچه‌ای از علم طراحی معادن روباز را پیش روی ما بگشاید.

مقدمه

مواد معدنی واقع در پوسته زمین توسط روش استخراج سطحی و یا روش استخراج زیرزمینی و یا ترکیبی از هر دو روش استخراج می‌شوند. مواد معدنی که در سطح و یا نزدیک سطح زمین قرار دارند توسط روش‌های سطحی استخراج می‌شوند. مهم‌ترین روش استخراج سطحی روش روباز می‌باشد. در این روش استخراج ماده معدنی و برداشت باطله توسط پله‌ها صورت می‌گیرد. در این روش لازم است قبل از استخراج ماده معدنی و برداشت باطله، محدوده معدن به منظور تعیین گسترش طولی، عرضی و عمقی معدن، محاسبه ذخیره قابل استخراج و میزان باطله برداری، تعیین عمر معدن، احداث مسیرهای دسترسی به ذخیره، تعیین محل دپوی باطله و تاسیسات سطحی، محاسبه نسبت‌های باطله برداری به ماده معدنی، تعیین برنامه‌ریزی تولید طراحی شود. محدوده معدن شکل و حجم معدن را در آخر عمر معدن نشان می‌دهد. این محدوده به پارامترهای مختلفی نظیر عیار حد، عیار ماده معدنی، شکل ماده معدنی، توپوگرافی منطقه، شرایط زمین شناسی، مشخصات مکانیک سنگ، تکنولوژی، درآمد و هزینه‌ها، شیب معدن، شرایط بازار، راندمان کارخانه فرآوری وابسته است. جهت طراحی محدوده نهایی معادن روباز روش‌های مختلفی از قبیل دستی، رایانه‌ای و تلفیقی از هر دو ارائه شده است.

فهرست

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: طراحی مدل بلوکی
۱	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- مدل بلوکی عیاری
۳	۱-۲-۱- روش نزدیکترین نقاط
۳	۲-۲-۱- روش های عکس فاصله
۶	۳-۲-۱- روش زمین آمار
۸	۳-۱- مدل بلوکی اقتصادی
۹	۴-۱- عیار حد
۱۰	۱-۴-۱- عیار حد سربه سری
۱۰	۲-۴-۱- پایین ترین عیار حد
۱۱	۳-۴-۱- بالاترین عیار حد
۱۱	۴-۴-۱- عیار حد تیلور
۱۱	۵-۴-۱- عیار حد لین
۱۵	۵-۱- مسائل مدل بلوکی
۳۱	فصل دوم: محاسبه ذخیره
۳۱	۱-۲- مقدمه
۳۱	۲-۲- قوانین محاسبه ذخیره
۳۱	۱-۲-۲- قانون تداوم
۳۱	۲-۲-۲- قانون تغییرات تدریجی
۳۳	۳-۲- روش های محاسبه ذخیره
۳۳	۱-۳-۲- روش متوسط گیری ریاضی
۳۴	۲-۳-۲- روش قطعه های زمین شناسی
۳۴	۳-۳-۲- روش قطعه های معدنی
۳۵	۴-۳-۲- روش مقاطع

۳۵	۲-۳-۵- روش مثلث
۳۶	۲-۳-۶- روش چند ضلعی
۳۷	۲-۳-۷- روش هیپسومتری
۳۸	۲-۴- مسائل محاسبه ذخیره
۴۵	فصل سوم: محدودیت فنی استخراج
۴۵	۳-۱- مقدمه
۴۵	۳-۲- روش ۱ به ۳ یا روش ۳-۱
۴۵	۳-۲- روش ۱ به ۵ یا روش ۵-۱
۴۸	۳-۳- روش ۱ به ۹ یا روش ۹-۱
۵۰	۳-۴- روش ۱ به ۵ به ۹ یا روش ۹-۵-۱
۵۳	۳-۵- روش مخروطی
۵۴	۳-۶- مسائل محدودیت فنی استخراج
۶۳	فصل چهارم: طراحی محدوده بهینه معدن
۶۳	۴-۱- مقدمه
۶۵	۴-۲- الگوریتم مخروط شناور
۷۰	۴-۳- الگوریتم مخروط شناور دو
۷۳	۴-۴- الگوریتم مخروط شناور اصلاح شده دو- روش اول
۷۴	۴-۵- الگوریتم مخروط شناور اصلاح شده دو- روش دوم
۷۶	۴-۶- الگوریتم مخروط شناور سه
۸۵	۴-۷- الگوریتم کوروبوف
۸۹	۴-۸- الگوریتم کوروبوف اصلاح شده
۹۶	۴-۹- الگوریتم کوروبوف سه
۱۰۷	۴-۱۰- الگوریتم برنامه‌ریزی پویا دو بعدی
۱۰۸	۴-۱۱- الگوریتم برنامه‌ریزی مسیر پویا
۱۱۲	۴-۱۲- اصلاح الگوریتم لرچ و گروسمن برای بهینه‌سازی محدوده معدن- کاری روباز با شیب کمتر از ۱:۱

۱۱۶	۴-۱۳- الگوریتم لرچ و گروسمن سه بعدی
۱۲۷	۴-۱۴- الگوریتم ژنتیک
۱۳۲	۴-۱۵- الگوریتم ماکزیمم جریان شبکه
۱۳۵	۴-۱۵-۱- تئوری فورد
۱۳۶	۴-۱۶- الگوریتم جستجوگر ستونی
۱۳۶	۴-۱۶-۱- مراحل اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی
۱۳۷	۴-۱۶-۲- مثال عددی
۱۴۸	۴-۱۶-۳- مقایسه الگوریتم جستجوگر ستونی با سایر الگوریتم‌ها
۱۵۴	۴-۱۷- مسائل طراحی محدوده بهینه معدن
۱۷۱	فصل پنجم: طراحی دستی محدوده معدن
۱۷۱	۵-۱- مقدمه
۱۷۲	۵-۲- نسبت‌های باطله‌برداری به ماده معدنی
۱۷۲	۵-۲-۱- نسبت کلی
۱۷۴	۵-۲-۲- نسبت اقتصادی یا سربه‌سری
۱۷۵	۵-۲-۳- ماکزیمم نسبت مجاز اقتصادی
۱۷۶	۵-۲-۴- نسبت لحظه‌ای
۱۷۶	۵-۳- روش طراحی
۱۷۹	۵-۴- مسائل طراحی دستی محدوده معدن
۱۸۷	فصل ششم: برنامه‌ریزی تولید
۱۸۷	۶-۱- مقدمه
۱۹۰	۶-۲- الگوریتم‌های برنامه‌ریزی تولید
۱۹۰	۶-۲-۱- الگوریتم گرشون
۱۹۳	۶-۲-۲- الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۸	۶-۲-۳- الگوریتم برنامه‌ریزی پویا
۲۰۳	۶-۳- مسائل برنامه‌ریزی تولید
۲۱۱	فصل هفتم: مطالعه موردی و طراحی جاده

۲۱۱	۷-۱- مقدمه
۲۱۳	۷-۲- معدن طلا
۲۱۷	۷-۳- طراحی جاده
۲۱۷	۷-۳-۱- طراحی جاده در خارج از محدوده نهایی معدن
۲۲۰	۷-۳-۲- طراحی جاده در داخل محدوده نهایی معدن
۲۲۵	منابع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱	شکل ۱-۱- مدل بلوکی
۲	شکل ۲-۱- نمونه‌ای از مدل بلوکی منظم
۵	شکل ۳-۱- مربوط به موقعیت بلوک نسبت به سایر گمانه‌ها
۷	شکل ۴-۱- نمونه‌ای از نمودار وریوگرام و میزان شعاع تاثیر
۳۲	شکل ۱-۲- مربوط به تفسیر محاسبه ذخیره بر اساس قانون تداوم
۳۲	شکل ۲-۲- مربوط به تفسیر محاسبه ذخیره بر اساس قانون تغییرات تدریجی
۳۳	شکل ۳-۲- مربوط به محاسبه سطح کل ماده معدنی
۳۴	شکل ۴-۲- مربوط به حوزه تاثیر کارهای اکتشافی زیرزمینی
۳۵	شکل ۵-۲- مربوط به سطح مقطع ماده معدنی به روش مقاطع
۳۶	شکل ۶-۲- مربوط به محاسبه ذخیره به روش مثلثی
۳۷	شکل ۷-۲- مربوط به محاسبه ذخیره به روش چند ضلعی
۳۷	شکل ۸-۲- مربوط به محاسبه ذخیره به روش هیپسومتری
۴۵	شکل ۱-۳- مربوط به روش فنی استخراج ۱-۳
۴۶	شکل ۲-۳- مربوط به روش فنی استخراج ۱-۵ برای بلوکی در طبقه دوم
۴۶	شکل ۳-۳- مربوط به محدودیت فنی استخراج به روش ۱-۵
۴۷	شکل ۴-۳- مربوط به وضعیت مقاطع $A-A_1$ و $B-B_1$
۴۷	شکل ۵-۳- مربوط به وضعیت مقطع قطری $C-C_1$
۴۸	شکل ۶-۳- مربوط به روش فنی استخراج ۱-۹ برای بلوکی در طبقه دوم
۴۹	شکل ۷-۳- مربوط به محدودیت فنی استخراج به روش ۱-۹
۴۹	شکل ۸-۳- مربوط به وضعیت مقاطع $A-A_1$ و $B-B_1$
۵۰	شکل ۹-۳- مربوط به وضعیت مقطع قطری $C-C_1$
۵۱	شکل ۱۰-۳- مربوط به روش فنی استخراج ۱-۵-۹ برای بلوکی در طبقه سوم
۵۱	شکل ۱۱-۳- مربوط به محدودیت فنی استخراج به روش ۱-۵-۹
۵۲	شکل ۱۲-۳- مربوط به وضعیت مقاطع $A-A_1$ و $B-B_1$

- شکل ۳-۱۳- مربوط به وضعیت مقطع قطری C-C₁ ۵۲
- شکل ۳-۱۴- مربوط به محدودیت فنی استخراج به روش مخروطی ۵۴
- شکل ۴-۱- مقطع قائم یک ذخیره معدنی ۶۴
- شکل ۴-۲- مدل بلوکی اقتصادی ۶۵
- شکل ۴-۳- اولین محدوده الگوریتم مخروط شناور ۶۶
- شکل ۴-۴- دومین محدوده الگوریتم مخروط شناور ۶۶
- شکل ۴-۵- سومین محدوده الگوریتم مخروط شناور ۶۷
- شکل ۴-۶- مدل بلوکی اقتصادی ۶۸
- شکل ۴-۷- مربوط به محدوده بهینه واقعی ۶۸
- شکل ۴-۸- مربوط به مدل بلوکی اقتصادی ۶۹
- شکل ۴-۹- الف- محدوده بهینه الگوریتم مخروط شناور از چپ به راست ۷۰
- شکل ۴-۹- ب- محدوده بهینه الگوریتم مخروط شناور از راست به چپ ۷۰
- شکل ۴-۱۰- مدل بلوکی اقتصادی ۷۱
- شکل ۴-۱۱- محدوده بهینه نهایی الگوریتم مخروط شناور دو ۷۲
- شکل ۴-۱۲- مدل بلوکی اقتصادی ۷۲
- شکل ۴-۱۳- محدوده بهینه الگوریتم مخروط شناور دو ۷۳
- شکل ۴-۱۴- محدوده بهینه نهایی واقعی ۷۴
- شکل ۴-۱۵- محدوده بهینه الگوریتم مخروط شناور اصلاح شده دو- روش دوم ۷۵
- شکل ۴-۱۶- مدل بلوکی اقتصادی ۷۸
- شکل ۴-۱۷- حذف بلوک‌های غیر مفید مستقل ماده معدنی ۷۹
- شکل ۴-۱۸- کاهش تاثیر بلوک‌های غیر مفید وابسته ماده معدنی ۷۹
- شکل ۴-۱۹- محاسبه درجه اهمیت بلوک‌های مشترک ۷۹
- شکل ۴-۲۰- حذف بلوک‌های غیر مفید مستقل ماده معدنی ۸۰
- شکل ۴-۲۱- کاهش تاثیر بلوک‌های غیر مفید وابسته ماده معدنی ۸۰
- شکل ۴-۲۲- محاسبه درجه اهمیت بلوک‌های مشترک ۸۱
- شکل ۴-۲۳- اولین محدوده فرضی الگوریتم ۸۱

- ۸۲ شکل ۴-۲۴- محدوده نهایی الگوریتم مخروط شناور سه
- ۸۳ شکل ۴-۲۵- مدل بلوکی اقتصادی
- ۸۳ شکل ۴-۲۶- محدوده بهینه الگوریتم‌های مخروط شناور دو و اصلاح شده هر دو
روش آن
- ۸۳ شکل ۴-۲۷- الف- مرحله حذف بلوک‌های غیر مفید وابسته در الگوریتم
مخروط شناور سه
- ۸۴ شکل ۴-۲۷- ب- محاسبه درجه اهمیت بلوک‌های مشترک مفید وابسته در
الگوریتم مخروط شناور سه
- ۸۴ شکل ۴-۲۷- ج- محدوده بهینه الگوریتم مخروط شناور سه
- ۸۵ شکل ۴-۲۸- مدل بلوکی اقتصادی
- ۸۶ شکل ۴-۲۹- مرحله اول اجرای الگوریتم کوروبوف
- ۸۷ شکل ۴-۳۰- مرحله دوم اجرای الگوریتم کوروبوف
- ۸۷ شکل ۴-۳۱- اولین محدوده اجرای الگوریتم کوروبوف
- ۸۸ شکل ۴-۳۲- سومین مرحله اجرای الگوریتم کوروبوف
- ۸۸ شکل ۴-۳۳- محدوده بهینه نهایی الگوریتم کوروبوف
- ۸۸ شکل ۴-۳۴- مدل بلوکی اقتصادی
- ۸۹ شکل ۴-۳۵- محدوده بهینه نهایی الگوریتم کوروبوف
- ۹۱ شکل ۴-۳۶- مدل بلوکی اقتصادی
- ۹۲ شکل ۴-۳۷- الف- اختصاص مقادیر مثبت به منفی برای بلوک‌های غیر مشترک
- ۹۲ شکل ۴-۳۷- ب- اختصاص مقادیر مثبت به منفی برای بلوک‌های مشترک
- ۹۳ شکل ۴-۳۸- محدوده بهینه الگوریتم کوروبوف
- ۹۳ شکل ۴-۳۹- مدل بلوکی اقتصادی
- ۹۴ شکل ۴-۴۰- الف- اختصاص مقادیر مثبت به منفی برای بلوک‌های غیر مشترک
مرحله چهارم
- ۹۴ شکل ۴-۴۰- ب- اختصاص مقادیر مثبت به منفی برای بلوک‌های مشترک
مرحله چهارم

- شکل ۴-۴۰-ج- انتخاب بلوک (۳و۷) مرحله چهارم ۹۵
- شکل ۴-۴۰-د- اختصاص مقادیر مثبت به منفی برای بلوک‌های غیر مشترک مرحله پنجم ۹۵
- شکل ۴-۴۰-ه- اختصاص مقادیر مثبت به منفی برای بلوک‌های مشترک مرحله پنجم ۹۵
- شکل ۴-۴۰-و- انتخاب بلوک (۳و۵) مرحله پنجم ۹۵
- شکل ۴-۴۰-ز- اختصاص مقادیر مثبت به منفی برای بلوک (۳و۳) ۹۶
- شکل ۴-۴۰-ح- محدوده بهینه نهایی الگوریتم کوروبوف اصلاح شده ۹۶
- شکل ۴-۴۱-مدل بلوکی اقتصادی ۹۸
- شکل ۴-۴۲- صفر کردن بلوک‌های غیرمشترک ۹۸
- شکل ۴-۴۳- درجه اهمیت بلوک‌های مشترک ۹۹
- شکل ۴-۴۴- صفر کردن بلوک‌های مشترک ۱۰۰
- شکل ۴-۴۵-مدل بلوکی اقتصادی ۱۰۱
- شکل ۴-۴۶-الف- درجه اهمیت بلوک‌های مشترک مرحله اول ۱۰۱
- شکل ۴-۴۶-ب- صفر کردن بلوک‌های غیرمشترک مرحله اول ۱۰۲
- شکل ۴-۴۶-ج- صفر کردن بلوک‌های مشترک مرحله اول ۱۰۲
- شکل ۴-۴۶-د- اولین محدوده استخراجی طبقه دوم ۱۰۲
- شکل ۴-۴۶-ه- صفر کردن بلوک‌های مرحله دوم ۱۰۲
- شکل ۴-۴۶-و- دومین محدوده استخراجی طبقه دوم ۱۰۲
- شکل ۴-۴۷-الف: درجه اهمیت بلوک‌های مشترک ۱۰۳
- شکل ۴-۴۷-ب- صفر کردن بلوک‌های غیرمشترک ۱۰۳
- شکل ۴-۴۷-ج- صفر کردن بلوک‌های مشترک مرحله اول ۱۰۳
- شکل ۴-۴۸-الف- درجه اهمیت بلوک‌های مشترک ۱۰۴
- شکل ۴-۴۸-ب- صفر کردن بلوک‌های غیرمشترک ۱۰۴
- شکل ۴-۴۸-ج- صفر کردن بلوک‌های مشترک ۱۰۴
- شکل ۴-۴۹- محدوده بهینه الگوریتم کوروبوف اصلاح شده ۱۰۵

- شکل ۴-۵۰- مدل بلوکی اقتصادی ۱۰۷
- شکل ۴-۵۱- الف- اضافه کردن یک ردیف صفر به مدل بلوکی اقتصادی ۱۰۸
- شکل ۴-۵۱- ب- محاسبه ارزش تجمعی هر بلوک در مدل بلوکی اقتصادی ۱۰۸
- شکل ۴-۵۱- ج- محاسبه ارزش تجمعی مجدد و محدوده نهایی ۱۰۸
- شکل ۴-۵۲- الف- مقطع طولی شماره ۱ مدل بلوکی اقتصادی ۱۰۹
- شکل ۴-۵۲- ب- مقطع طولی شماره ۲ مدل بلوکی اقتصادی ۱۰۹
- شکل ۴-۵۲- ج- مقطع طولی شماره ۳ مدل بلوکی اقتصادی ۱۰۹
- شکل ۴-۵۲- د- مقطع طولی شماره ۴ مدل بلوکی اقتصادی ۱۱۰
- شکل ۴-۵۲- ه- مقطع طولی شماره ۵ مدل بلوکی اقتصادی ۱۱۰
- شکل ۴-۵۳- الف- مراحل الگوریتم برای مقطع طولی شماره ۱ ۱۱۰
- شکل ۴-۵۳- ب- مراحل الگوریتم برای مقطع طولی شماره ۲ ۱۱۰
- شکل ۴-۵۳- ج- مراحل الگوریتم برای مقطع طولی شماره ۳ ۱۱۰
- شکل ۴-۵۳- د- مراحل الگوریتم برای مقطع طولی شماره ۴ ۱۱۱
- شکل ۴-۵۳- ه- مراحل الگوریتم برای مقطع طولی شماره ۵ ۱۱۱
- شکل ۴-۵۴- الف- محدوده بهینه مقطع طولی شماره ۱ ۱۱۱
- شکل ۴-۵۴- ب- محدوده بهینه مقطع طولی شماره ۲ ۱۱۱
- شکل ۴-۵۴- ج- محدوده بهینه مقطع طولی شماره ۳ ۱۱۱
- شکل ۴-۵۴- د- محدوده بهینه مقطع طولی شماره ۴ ۱۱۲
- شکل ۴-۵۴- ه- محدوده بهینه مقطع طولی شماره ۵ ۱۱۲
- شکل ۴-۵۵- مدل بلوکی اقتصادی ۱۱۴
- شکل ۴-۵۶- الف- مدل بلوکی اقتصادی تجمعی ستونی ۱۱۴
- شکل ۴-۵۶- ب- مدل بلوکی اقتصادی تجمعی سطری - ستونی ۱۱۵
- شکل ۴-۵۶- ج- ارزش اقتصادی محدوده معدن کاری ۱۱۵
- شکل ۴-۵۶- د- محدوده بهینه معدن کاری با ارزش ۲۶+ ۱۱۵
- شکل ۴-۵۷- مراحل تشکیل گراف جهت دار ۱۱۷
- شکل ۴-۵۸- نمونه ای از درخت ۱۱۹

- شکل ۴-۵۹ نمونه ای از درخت و شاخه ۱۲۰
- شکل ۴-۶۰ مدل بلوکی اقتصادی ۱۲۱
- شکل ۴-۶۱ تشکیل درخت اولیه ۱۲۱
- شکل ۴-۶۲ تعیین شاخه‌ها و آرک‌های قوی و ضعیف ۱۲۲
- شکل ۴-۶۳ عملیات نرمالیز کردن ۱۲۳
- شکل ۴-۶۴ محدوده بهینه نهایی الگوریتم لرج و گروسمن ۱۲۴
- شکل ۴-۶۵ الف- تشکیل درخت اولیه و شناسایی آرک‌ها ۱۲۴
- شکل ۴-۶۵ ب- مرحله اول الگوریتم لرج و گروسمن ۱۲۵
- شکل ۴-۶۵ ج- مرحله دوم الگوریتم لرج و گروسمن ۱۲۵
- شکل ۴-۶۵ د- مرحله سوم الگوریتم لرج و گروسمن ۱۲۶
- شکل ۴-۶۵ ه- مرحله چهارم الگوریتم لرج و گروسمن ۱۲۶
- شکل ۴-۶۶ فلوچارت الگوریتم ژنتیک ۱۲۸
- شکل ۴-۶۷ نمونه‌ای از جمعیت اولیه ۱۲۹
- شکل ۴-۶۸ الف- مدل بلوکی اقتصادی ۱۳۳
- شکل ۴-۶۸ ب- مدل بلوکی اقتصادی در الگوریتم ماکزیمم جریان شبکه ۱۳۴
- شکل ۴-۶۹ محدوده بهینه الگوریتم ماکزیمم جریان شبکه ۱۳۵
- شکل ۴-۷۰ مدل بلوکی اقتصادی ۱۳۸
- شکل ۴-۷۱ اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای اولین بلوک پاشنه ۱۳۹
- شکل ۴-۷۲ اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای دومین بلوک پاشنه ۱۴۰
- شکل ۴-۷۳ اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای سومین بلوک پاشنه ۱۴۱
- شکل ۴-۷۴ اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای چهارمین بلوک پاشنه ۱۴۲
- شکل ۴-۷۵ اولین محدوده استخراجی الگوریتم جستجوگر ستونی ۱۴۲
- شکل ۴-۷۶ اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای پنجمین بلوک پاشنه ۱۴۳
- شکل ۴-۷۷ اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای ششمین بلوک پاشنه ۱۴۴
- شکل ۴-۷۸ اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای هفتمین بلوک پاشنه ۱۴۵
- شکل ۴-۷۹ دومین محدوده استخراجی الگوریتم جستجوگر ستونی ۱۴۵

- شکل ۴-۸۰- اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای هشتمین بلوک پاشنه ۱۴۶
- شکل ۴-۸۱- سومین محدوده استخراجی الگوریتم جستجوگر ستونی ۱۴۷
- شکل ۴-۸۲- اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای نهمین بلوک پاشنه ۱۴۷
- شکل ۴-۸۳- محدوده نهایی الگوریتم جستجوگر ستونی ۱۴۸
- شکل ۴-۸۴- مدل بلوکی اقتصادی ۱۴۹
- شکل ۴-۸۵- محدوده نهایی الگوریتم نظریه گراف ۱۵۰
- شکل ۴-۸۶- محدوده نهایی الگوریتم جستجوگر ستونی ۱۵۰
- شکل ۴-۸۷- ارزش تجمعی ستونی الگوریتم برنامه‌ریزی پویا دو بعدی ۱۵۱
- شکل ۴-۸۸- محدوده نهایی الگوریتم برنامه‌ریزی پویا دو بعدی ۱۵۱
- شکل ۴-۸۹- محدوده نهایی الگوریتم مخروط شناور اصلاح شده ۱۵۲
- شکل ۴-۹۰- محدوده نهایی الگوریتم کو، ووف اصلاح شده ۱۵۴
- شکل ۵-۱- پلانی از ماده معدنی در مقاطع طولی ، عرضی و شعاعی ۱۷۲
- شکل ۵-۲- وضعیت قرار گیری ماده معدنی و باطله‌برداری ۱۷۳
- شکل ۵-۳- وضعیت قرار گیری ماده معدنی و باطله‌برداری ۱۷۴
- شکل ۵-۴- منحنی سربه‌سری مبنا ۱۷۷
- شکل ۵-۵- یک نمونه تیپیک تعیین نسبت W/O ۱۷۷
- شکل ۵-۶- نمایی از بخش یک پلان نهایی یک معدن روباز ۱۷۸
- شکل ۶-۱- محدوده نهایی معدن ۱۸۷
- شکل ۶-۲- الف- ترتیب برداشت بلوک‌ها ۱۸۷
- شکل ۶-۲- ب- ترتیب برداشت بلوک‌ها ۱۸۸
- شکل ۶-۳- ترتیب برداشت بلوک‌ها ۱۸۸
- شکل ۶-۴- ترتیب برداشت بلوک‌ها ۱۸۹
- شکل ۶-۵- الف- ترتیب برداشت بلوک‌ها ۱۸۹
- شکل ۶-۵- ب- ترتیب برداشت بلوک‌ها ۱۹۰
- شکل ۶-۶- مدل بلوکی عیاری ۱۹۱
- شکل ۶-۷- مرحله اول الگوریتم گرشون ۱۹۱

۱۹۳	شکل ۶-۸- نتایج برنامه‌ریزی الگوریتم گرشون
۱۹۴	شکل ۶-۹- مرحله اول الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۵	شکل ۶-۱۰- مرحله اول الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۸	شکل ۶-۱۱- نتایج برنامه‌ریزی الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۹	شکل ۶-۱۲- مدل بلوکی اقتصادی
۱۹۹	شکل ۶-۱۳- محدوده بهینه واقعی
۲۰۰	شکل ۶-۱۴- مدل بلوکی اقتصادی اصلاح شده
۲۰۱	شکل ۶-۱۵- برنامه‌ریزی تولید در مدل اصلاح شده
۲۰۲	شکل ۶-۱۶- برنامه‌ریزی تولید نهایی
۲۱۲	شکل ۷-۱- پنجره اصلی نرم افزار پیت وین سی و دو
۲۱۲	شکل ۷-۲- پنجره اصلی برنامه راهنمای پروژه معدن
۲۱۸	شکل ۷-۳- نقشه توپوگرافی منطقه
۲۱۹	شکل ۷-۴- طراحی خط مرکزی جاده
۲۱۹	شکل ۷-۵- طراحی جاده معدن
۲۲۱	شکل ۷-۶- نقشه خطوط تراز لبه به لبه پله‌ها
۲۲۲	شکل ۷-۷- امتداد مسیر جاده
۲۲۲	شکل ۷-۸-الف- اصلاح اولیه جاده داخلی
۲۲۳	شکل ۷-۸-ب- اصلاح ثانویه جاده داخلی
۲۲۳	شکل ۷-۸-ج- اصلاح اولیه جاده خارجی
۲۲۴	شکل ۷-۸-د- اصلاح ثانویه جاده خارجی

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۴	جدول ۱-۱- نمونه‌ای از مدل بلوکی عیاری
۱۲	جدول ۲-۱- مدل ارائه شده لین
۶۴	جدول ۱-۴- ارزش اقتصادی حاصل از استخراج هر محدوده
۶۸	جدول ۲-۴- مربوط به مراحل اجرای الگوریتم مخروط شناور
۶۹	جدول ۳-۴- الف- مربوط به مراحل اجرای الگوریتم مخروط شناور از چپ به راست
۶۹	جدول ۳-۴- ب- مربوط به مراحل اجرای الگوریتم مخروط شناور از راست به چپ
۷۲	جدول ۴-۴- مراحل اجرای الگوریتم مخروط شناور دو
۷۳	جدول ۵-۴- مراحل اجرای الگوریتم مخروط شناور دو
۷۴	جدول ۶-۴- مراحل اجرای الگوریتم مخروط شناور اصلاح شده دو - روش اول
۷۵	جدول ۷-۴- مراحل اجرای الگوریتم مخروط شناور اصلاح شده دو - روش دوم
۷۹	جدول ۸-۴- مراحل اجرای الگوریتم مخروط شناور
۸۱	جدول ۹-۴- مرتب کردن نزولی بلوک‌های ماده معدنی
۸۲	جدول ۱۰-۴- محاسبه ارزش تجمعی
۸۳	جدول ۱۱-۴- مراحل اجرای الگوریتم‌های مخروط شناور دو و اصلاح شده هر دو روش آن
۸۴	جدول ۱۲-۴- مرتب کردن نزولی بلوک‌های مفید وابسته در الگوریتم مخروط شناور سه
۸۹	جدول ۱۳-۴- مراحل اجرای الگوریتم کوروبوف
۹۰	جدول ۱۴-۴- ترکیبات موجود در گروه‌ها
۹۳	جدول ۱۵-۴- مراحل الگوریتم کوروبوف اصلاح شده
۹۹	جدول ۱۶-۴- درجه اهمیت مخروط‌های استخراجی
۹۹	جدول ۱۷-۴- مرتب کردن صعودی مخروط‌های استخراجی

- جدول ۴-۱۸- مرتب کردن صعودی بلوک‌های مشترک ۱۰۰
- جدول ۴-۱۹- مراحل اجرای الگوریتم کوروبوف سه برای طبقه دوم ۱۰۵
- جدول ۴-۲۰- مراحل اجرای الگوریتم کوروبوف سه برای طبقه سوم ۱۰۵
- جدول ۴-۲۱- مراحل اجرای الگوریتم کوروبوف سه برای طبقه چهارم ۱۰۶
- جدول ۴-۲۲- مراحل اجرای الگوریتم کوروبوف اصلاح شده ۱۰۶
- جدول ۴-۲۳- مراحل محاسبه زایش مجدد ۱۳۰
- جدول ۴-۲۴- مراحل بررسی زایش مجدد ۱۳۱
- جدول ۴-۲۵- مراحل بررسی زایش مجدد ۱۳۲
- جدول ۴-۲۶- مراحل اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای اولین بلوک پاشنه ۱۳۹
- جدول ۴-۲۷- مراحل اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای دومین بلوک پاشنه ۱۴۰
- جدول ۴-۲۸- مراحل اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای سومین بلوک پاشنه ۱۴۱
- جدول ۴-۲۹- مراحل اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای پنجمین بلوک پاشنه ۱۴۳
- جدول ۴-۳۰- مراحل اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای ششمین بلوک پاشنه ۱۴۴
- جدول ۴-۳۱- مراحل اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای هفتمین بلوک پاشنه ۱۴۵
- جدول ۴-۳۲- مراحل اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای هشتمین بلوک پاشنه ۱۴۶
- جدول ۴-۳۳- مرحله اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی برای نهمین بلوک پاشنه ۱۴۸
- جدول ۴-۳۴- مراحل الگوریتم نظریه گراف ۱۴۹
- جدول ۴-۳۵- مراحل اجرای الگوریتم جستجوگر ستونی ۱۵۰
- جدول ۴-۳۶- مراحل الگوریتم‌های مخروط شناور اصلاح شده ۱۵۲

۱۵۳	جدول ۴-۳۶- مراحل اجرای الگوریتم کوروبوف اصلاح شده
۱۹۲	جدول ۶-۱- نتایج مرحله دوم و سوم الگوریتم گرشون
۱۹۲	جدول ۶-۲- نتایج مرحله سوم و ششم الگوریتم گرشون
۱۹۵	جدول ۶-۳- نتایج مرحله سوم و چهارم الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۶	جدول ۶-۴- الف- تکرار مرحله اول الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۶	جدول ۶-۴- ب- تکرار مرحله دوم الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۷	جدول ۶-۴- ج- تکرار مرحله سوم الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۷	جدول ۶-۴- د- تکرار مرحله چهارم الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۷	جدول ۶-۴- ه- تکرار مرحله پنجم الگوریتم ونگ و سویم
۱۹۸	جدول ۶-۵- نتایج برنامه‌ریزی تولید الگوریتم ونگ و سویم
۲۱۴	جدول ۷-۱- الف- نتایج حاصل از مقایسه بین الگوریتم‌های محدوده بهینه
۲۱۵	جدول ۷-۱- ب- نتایج حاصل از مقایسه بین الگوریتم‌های محدوده بهینه
۲۱۶	جدول ۷-۱- ج- نتایج حاصل از مقایسه بین الگوریتم‌های محدوده بهینه