

۱۳۱۵۷۶۸۵
۹۶۹۱۳۳

جمهوری اسلامی ایران
وزارت صنعت، معدن و تجارت

برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

راهنمای کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن

شماره ردیف نشریه در انتشارات
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

۶۵۶



انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن
<http://www.ime.org.ir>

وزارت صنعت، معدن و تجارت
معاونت امور معادن و صنایع معدنی
برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن
<http://www.mimt.gov.ir>
<http://www.minecriteria.ir>



انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن
(شماره ثبت ۹۹۶۶)

عنوان و نام پدیدآور :	راهنمای کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن. / وزارت صنعت، معدن و تجارت، معاونت امور معادن و صنایع معدنی، برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن؛ [برای] معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.
مشخصات نشر :	تهران : انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن ایران، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری :	ج ۶۰، مصور (رنگی).
فروست :	انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن؛ ۵۶.
شابک :	انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور؛ ۶۵۶ ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۲۲-۳۲-۹
وضعیت فهرست‌نویسی :	فها
موضوع :	مهندسی معدن -- الگوهای ریاضی
موضوع :	مهندسی معدن -- داده‌پردازی
موضوع :	معدن و ذخایر معدنی -- داده‌پردازی
موضوع :	معدن و ذخایر معدنی -- الگوهای ریاضی
شناسه افزوده :	ایران. وزارت صنایع و معادن. دفتر نظارت و بهره‌برداری. برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن
شناسه افزوده :	ایران. وزارت صنایع و معادن. معاونت امور معادن و صنایع معدنی
شناسه افزوده :	انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن ایران
شناسه افزوده :	ایران. ریاست جمهوری. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور
رده‌بندی کنگره :	۱۳۹۳ ر ۲ / ۱۴۵ TN
رده‌بندی دیویی :	۶۲۲
شماره کتابشناسی ملی :	۳۴۸۹۱۶۹

راهنمای کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن

گردآورنده : برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن - وزارت صنعت، معدن و تجارت

ناشر : انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن

نوبت چاپ : اول

شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه

قیمت : ۷۲/۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار : بهار ۱۳۹۳

چاپ و صحافی : طراحان نصر

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



ابلاغیہ

به استناد ماده ۱۰۷ آیین‌نامه اجرایی قانون معادن مصوب سال ۱۳۹۲ و بر پایه مفاد ماده ۲۲ قانون نظام مهندسی معادن مصوب سال ۱۳۸۱، تدوین و ترویج اصول و قواعدی که رعایت آن‌ها در طراحی، محاسبه و اجرای عملیات اکتشاف، تجهیز و بهره‌برداری معادن و کارخانه‌ها، بهره‌دهی مناسب فنی و صرفه اقتصادی ضروری است و همچنین بازرنگری و تجدید نظر آن‌ها، بر عهده وزارت صنعت، معدن و تجارت است. صاحبان حرفه‌های مهندسی معدن، مکتشفان و بهره‌برداران معادن و کارخانه‌ها اعم از دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمان‌کاران و عوامل دیگر مکلف به رعایت مقررات فنی ابلاغ شده هستند و عدم رعایت آن‌ها تخلف از قانون محسوب می‌شود.

نشریه راهنمای کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن که به استناد مواد قانونی فوق‌الذکر تدوین شده است، توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور نیز با شماره ۶۵۶ در نوبت انتشار قرار دارد.

مقررات موضوع این نشریه به مدت یک سال از زمان انتشار به عنوان آزمایشی تلقی می‌شود. در این فاصله در صورتی که مهندسان و عوامل اجرایی، روش‌ها و دستورالعمل‌های بهتری در اختیار داشته باشند یا نظر اصلاحی درباره هر یک از مفاد آن داشته باشند، لازم است به وزارت صنعت، معدن و تجارت و یا سازمان نظام مهندسی معدن اطلاع دهند تا در صورت لزوم اصلاحیه یا متمم آن تدوین و ابلاغ شود.

با عنایت به مراتب یاد شده این مقررات با اصلاح و تکمیل شده آن، از تاریخ ۱۳۹۴/۱/۱ لازم الاجرا خواهد بود.

جعفر سرقینی

معاون امور معادن و صنایع معدنی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل پیشنهاد، مطالعه، طراحی، اجرای طرح‌های اکتشافی، بهره‌برداری و فرآوری مواد معدنی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی، اجرا و هزینه‌های مربوطه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی را در کلیه مراحل انجام عملیات معدنی مورد تاکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب یاد شده، دفتر نظارت و بهره‌برداری وزارت صنعت، معدن و تجارت با همکاری اساتید، صاحب‌نظران، متخصصان، دست‌اندرکاران بخش معدن کشور و با همکاری دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و به استناد ماده ۱۰۷ آیین‌نامه اجرایی قانون معادن، مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران و ماده ۳۲ قانون نظام مهندسی معدن با در نظر داشتن موارد زیر اقدام به تهیه ضوابط، معیارها و دستورالعمل‌های مورد نیاز بخش معدن نموده است:

- استفاده از منابع معتبر و استانداردهای بین‌المللی
 - بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، شرکت‌ها و واحدهای معدنی
 - استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران بخش‌های خصوصی و دولتی
 - پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
 - توجه به اصول و موازین مورد عمل موسسات تهیه‌کننده استاندارد
- امید است نشریه "راهنمای کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن" گام موثری در زمینه یکسان‌سازی فعالیت‌های معدنی در کشور باشد. همچنین مجریان و دست‌اندرکاران بخش معدن با به کارگیری این نشریه، در راستای هماهنگ‌سازی و تکامل استانداردها مشارکت نمایند.

شورای عالی برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

مجری طرح

جعفر سرقینی معاون امور معادن و صنایع معدنی - وزارت صنعت، معدن و تجارت

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

فرزانه آقامضانعلی	کارشناس ارشد مهندسی صنایع - معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور
سیف ا... امیری	کارشناس ارشد مهندسی صنایع - وزارت صنعت، معدن و تجارت
بهروز برنا	کارشناس مهندسی معدن - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
عبدالعلی حقیقی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
جعفر سرقینی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - وزارت صنعت، معدن و تجارت
علیرضا غیاثوند	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی - وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
هرمز ناصرینیا	کارشناس ارشد مهندسی معدن - سازمان نظام مهندسی معدن

اعضای کارگروه استخراج به ترتیب حروف الفبا

محمد فاروق حسینی	دکترای مهندسی معدن - مکانیک سنگ - دانشگاه تهران
مصطفی شریف‌زاده	دکترای مهندسی مکانیک سنگ - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
کوروش شهریار	دکترای مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
علی مرتضوی	دکترای مهندسی انفجار، مکانیک سنگ - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

مهدی ایران‌نژاد	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
مصطفی شریف‌زاده	دکترای مهندسی مکانیک سنگ - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
علیرضا غیاثوند	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی - وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهزاد مهرابی	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی - دانشگاه خوارزمی

پیش‌نویس این گزارش توسط آقای دکتر پرویز معارف‌وند و مهندس محمد عقیقی‌پور تهیه شده و توسط کارگروه استخراج بررسی و تایید شده است و پس از آن به تصویب شورای عالی برنامه رسیده است.

پیشرفت و توسعه چشمگیر در عرصه علوم کامپیوتر موجب شده است که روش‌های عددی در تمامی علوم مهندسی کاربرد گسترده‌ای پیدا کند. در طراحی مسایل و پروژه‌های مهندسی معدن به ویژه در طراحی‌های ژئومکانیکی معادن با توجه به افزایش عمق، شیب و ارتفاع در سازه‌های معدنی روباز و زیرزمینی نیاز به کاربرد ابزار تحلیل و طراحی پیشرفته‌تری احساس می‌شود. در همین راستا استفاده از مدلسازی‌های عددی در تحلیل و طراحی ژئومکانیکی معادن دنیا نسبت به گذشته گسترش و مقبولیت زیادی بین مهندسان پیدا کرده است. مدلسازی‌های عددی به عنوان یک ابزار کارآمد در تحلیل و طراحی مسایل مختلف در معادن مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگر داده‌های زمین‌شناسی و ژئومکانیکی مناسبی از مناطق مورد مطالعه در اختیار باشد، با استفاده از مدلسازی‌های عددی می‌توان پیش‌بینی‌های جامعی از مکانیزم‌های ناپایداری محتمل و میزان تغییر شکل‌های حاصل از عملیات معدنکاری کرده و میزان پایداری و ضرایب ایمنی و عملکرد سیستم نگهداری را ارزیابی کرد. اگر داده‌های کافی وجود نداشته باشد، مدلسازی‌های عددی را می‌توان برای انجام تحلیل‌های پارامتری برای درک هر چه بهتر رفتارهای ممکن یک حفریه معدنی در شرایط مختلف بارگذاری و خواص ژئومکانیکی به کار گرفت. درک جامع از رفتارهای ممکن و پارامترهای تاثیرگذار اصلی در یک سازه معدنی کمک زیادی برای ادامه روند اجرا و حتی هدایت مسیر مطالعات مورد نیاز برای آن حفریه می‌کند.

در نشریه "راهنمای کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن" مدلسازی عددی و موارد کاربردی آن از نقطه نظر عملی و اجرایی در مسایل ژئومکانیکی معادن بررسی شده و پارامترهای مورد نیاز و روند کلی برای انجام یک مدلسازی عددی قابل قبول در تحلیل و طراحی مسایل ژئومکانیکی معدنی تشریح شده است.

صفحه	عنوان
۱	فصل اول- معرفی روش های طراحی ژئومکانیکی معادن.....
۲	۱-۱- آشنایی.....
۳	۱-۲- روش های تجربی.....
۳	۱-۳- روش های تحلیلی و حل بسته.....
۳	۱-۴- روش های مشاهده ای.....
۳	۱-۵- روش های عددی.....
۴	۱-۶- ویژگی مسایل ژئومکانیکی در طراحی معدن.....
۵	فصل دوم- مزایا، محدودیت ها و جنبه های کاربردی روش های عددی.....
۷	۲-۱- آشنایی.....
۷	۲-۲- روش اجزای محدود.....
۸	۲-۲-۱- مزایا.....
۸	۲-۲-۲- محدودیت ها.....
۸	۲-۳- روش تفاضل محدود.....
۹	۲-۳-۱- مزایا.....
۹	۲-۳-۲- محدودیت ها.....
۱۰	۲-۴- روش اجزای مرزی.....
۱۰	۲-۴-۱- مزایا.....
۱۰	۲-۴-۲- محدودیت ها.....
۱۰	۲-۵- روش اجزای مجزا.....
۱۱	۲-۵-۱- مزایا.....
۱۱	۲-۵-۲- محدودیت ها.....
۱۱	۲-۶- روش های ترکیبی.....
۱۲	۲-۷- مقایسه روش های عددی در توانایی ها و قابلیت های تحلیل.....
۱۵	فصل سوم- مراحل مدلسازی به منظور طراحی با روش های عددی.....
۱۷	۳-۱- آشنایی.....
۱۷	۳-۲- تعریف هندسه مدل.....
۱۷	۳-۳- انتخاب خصوصیات فیزیکی و پارامترهای مکانیکی واحدهای لیتولوژیکی.....
۱۹	۳-۳-۱- ویژگی های فیزیکی.....
۱۹	۳-۳-۲- ویژگی های مکانیکی.....

۱۹	 ۳-۴- تعیین شرایط مرزی حاکم بر مساله.....
۲۰	 ۳-۵- انتخاب مدل رفتاری و معیار شکست مناسب.....
۲۰	 ۳-۵-۱- مدل های رفتاری مصالح ژئومکانیکی.....
۲۱	 ۳-۵-۲- نحوه انتخاب مدل رفتاری مناسب.....
۲۲	 ۳-۵-۳- معیارهای تجربی شکست.....
۲۳	فصل چهارم- معیارهای انتخاب روش های عددی در مسایل ژئومکانیکی معادن.....
۲۵	 ۴-۱- آشنایی.....
۲۵	 ۴-۲- الگوریتم اجرای مدل های عددی.....
۲۷	 ۴-۳- انتخاب روش عددی و نرم افزار مربوطه.....
۲۷	 ۴-۳-۱- مدل دو بعدی یا سه بعدی.....
۲۸	 ۴-۳-۲- مدل پیوسته یا ناپیوسته.....
۳۱	فصل پنجم- کاربرد روش های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن روباز.....
۳۳	 ۵-۱- آشنایی.....
۳۳	 ۵-۲- شناخت خصوصیات ژئومکانیکی.....
۳۳	 ۵-۳- تحلیل پایداری و طراحی دیواره های معادن روباز.....
۳۳	 ۵-۳-۱- تحلیل دو بعدی و سه بعدی دیواره.....
۳۴	 ۵-۳-۲- تحلیل پیوسته و ناپیوسته دیواره.....
۳۴	 ۵-۴- تحلیل پایداری و طراحی شیب دیواره های بلند.....
۳۵	 ۵-۵- تحلیل پایداری انباشتگاه های (دیوهای) معدنی.....
۳۵	 ۵-۶- تحلیل پایداری سدهای باطله.....
۳۶	 ۵-۷- تحلیل و محاسبات جریان آب در معدن.....
۳۶	 ۵-۸- تحلیل تاثیر آب بر پایداری دیواره ها.....
۳۶	 ۵-۹- تحلیل تاثیر بارگذاری دینامیکی ناشی از انفجار بر پایداری دیواره ها.....
۳۷	 ۵-۹-۱- روند تحلیل شبه استاتیکی.....
۳۷	 ۵-۹-۲- تحلیل دینامیکی.....
۳۹	فصل ششم- کاربرد روش های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن زیرزمینی.....
۴۱	 ۶-۱- آشنایی.....
۴۱	 ۶-۲- بررسی شرایط حاکم بر سازه های معدنی زیرزمینی.....
۴۱	 ۶-۲-۱- شرایط بارگذاری.....
۴۱	 ۶-۲-۲- پیوسته و ناپیوسته بودن محیط.....
۴۱	 ۶-۳- روش های تحلیل پایداری کارگاه های استخراج.....
۴۲	 ۶-۴- روش های تحلیل پایداری پایه های معدنی.....

۴۲	۵-۶- روش‌های تحلیل پایداری تونل‌ها، چاه‌ها و تقاطع‌های اصلی معادن.....
۴۲	۵-۶-۱- تونل‌ها.....
۴۲	۵-۶-۲- تقاطع‌ها.....
۴۳	۵-۶-۳- چاه.....
۴۳	۶-۶- تحلیل دینامیکی سازه‌های زیرزمینی معدنی.....
۴۴	۶-۷- روش‌های تحلیل و بررسی نشست در مقیاس کل محدوده معدن.....