

۱۵۷۱۱۹۲



مدیریت تولید و اجرای بتن

دکتر مهدی روانشادنیا

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
مهندس میلاد قنبری

www.simayedanesh.ir



روانشادیا، مهدی ۱۳۵۹	سرشناسه:
مدیریت تولید و اجرای بتن / تالیف مهدی روانشادیا، میلاد قنبری.	عنوان و نام پدیدآور:
تهران: سیمای دانش، ۱۳۹۴.	مشخصات نشر:
۳۲۱ ص:، مصور، جدول.	مشخصات ظاهری:
۹۷۸-۶۰۰-۱۲۰-۲۳۷-۷	شابک:
قیپا	وضعیت فهرست نویسی:
بتن	موضوع:
قنبری، میلاد، ۱۳۶۷	شماره افزوده:
۱۳۹۴ م ۴ / ۹ / ۴۳۹ TA	رده ادبی کتب:
۶۲۰/۱۳۶	رده بندازی:
۴۰۴۰۸۰۶	شماره کتابخانه ملی:

مدیریت تولید و اجرای بتن

دکتر مهدی سیمای دانش	تالیف:
انتشارات سیمای دانش	ناشر:
انتشارات آذر	ناشر همکار:
اول / ۱۳۹۴	نوبت چاپ:
۱۱۰۰ نسخه	تیراژ:
موسسه مهراد	حروفچینی:
ندا ۷۷۶۸۳۵۸۳	لیتوگرافی:
مهر	چاپ:
مهر	صحافی:
۹۷۸-۶۰۰-۱۲۰-۲۳۷-۷	شابک:
۲۳۰۰۰ تومان	قیمت:

کلیه حقوق این اثر برای انتشارات سیمای دانش محفوظ است.

انتشارات سیمای دانش: خیابان انقلاب - ابتدای خیابان ۱۲ فروردین
 پلاک ۳۱۸ - تلفن: ۶۶۴۶۴۷۷۹
 فروشگاه سیمای دانش: ۶۶۴۶۰۵۴۵
 انتشارات آذر: ۶۶۴۶۵۸۳۰
 کتابفروشی عصر دانش: ۶۶۴۶۳۷۰۱
 کتابفروشی پرهام: ۶۶۴۶۸۲۳۵



www.simaedansh.ir

مقدمه

سهم آسیا-اقیانوسیه، اروپا و آمریکای شمالی از مصرف سیمان و بتن جهانی سال ۲۰۱۳، به ترتیب ۶۱ درصد، ۱۹ درصد و ۱۱ درصد می‌باشد. پیش‌بینی‌ها نیز حاکی از آن است که تا سال ۲۰۱۸، مصرف اروپا و آمریکای شمالی به ترتیب به ۱۷/۶ درصد و ۱۰ درصد کاهش یابد؛ در حالیکه آسیا-اقیانوسیه به ۶۴/۱ درصد افزایش یابد؛ که دلیل پیش‌بینی این افزایش، روند رشد اقتصادی و توسعه زیرساخت‌ها در بخش‌های صنعتی، تجاری و مسکونی و نیز افزایش تقاضای مصالح ساختمان‌سازی گزارش شده است.

کرایز سرانه مصرف سیمان ایران، از حدود ۲۲۰ کیلوگرم در سال ۱۳۵۷ به حدود ۶۰۰ کیلوگرم در سال ۱۳۹۲، نشان‌دهنده افزایش رشد عرضه و تقاضای صنعت ساختمان کشور می‌باشد، به گونه‌ای که ایران تولیدکننده چهارم دنیا و صادرکننده نخست سیمان جهان در سال ۱۳۹۲ بوده است. شایان ذکر است که در دهه سی و یکم تولیدی کشور، صرف تولید بتن می‌گردد.

آمار ارقام نشان می‌دهد که اهمیت صنعت بتن و رابطه آن با توسعه رشد اقتصادی را در میان صنعتگران و نویسندگان را از واکاوی بیشتر اهمیت موضوع، بی‌نیاز می‌گردد. نکته کلیدی تولید و اجرای موفقیت‌آمیز بتن‌های رده ۱۰۰ مگاپاسکال (دانه نری) نیز پیاده‌سازی اصول توسعه پایدار (همچون ساختمان سبز یا رده) در کشور، های توسعه یافته، در مقایسه با عملکرد ضعیف تولید و اجرای بتن پر مقاومت با حداکثر رده ۵۰ مگاپاسکال در ایران، تصدیقی بر ضعف برنامه‌ریزی-کنشی-اجرائی صنعت بتن کشورمان می‌باشد. علی‌رغم رونق چشمگیر صنعت بتن در دهه‌های اخیر و گذشت بیش از ۲۰ سال از عضویت ایران در مجمع عمومی فدراسیون جهانی بتن و نیز ارتقاء مداوم ضوابط و مقررات ملی ساختمان، متأسفانه اغلب اوقات شاهد خرابی ساختمان‌ها، سازه‌ها و المان‌های بتنی زودتر از عمر مفید مورد انتظار بوده‌ایم، که امروزه یکی از چالش برانگیزترین مباحث حقوقی است که گاه انگیز مهندسان اجرایی و نظارتی کشورمان شده است.

اگر صنعت بتن را زنجیره‌ای مشتمل بر عملیات تولید، اجرا و بازیافت بدانیم، مطالعات کارشناسی مجموعه این عملیات در کشورمان، با نگر ضعف تولید تا اجرای بتن و فرآورده‌های بتنی می‌باشد. صنعت بتن به نوعی وابسته و مشتمل بر دو صنعت سیمان و مصالح سنگی می‌باشد. به نظر می‌رسد که بررسی مرحله فرایند تولید، می‌بایست واحدهای تولید سیمان سنگدانه و بتن را مورد تأمل قرار داد. کارخانجات تولید سیمان از خط‌مشی کنترل کیفیت مناسب و استاندارد برخوردارند، لذا عمده توجه بخش تولید، به کارگاه‌های تولید مصالح سنگی (سنگ‌شکن) و کارگاه‌های تولید متمرکز بتن (پیچنگ‌خانه) معطوف می‌شود. عملیات تولید و حمل، به صورت همزمان، نیازمند پیاده‌سازی خط‌مشی‌های مدیریت (برنامه‌ریزی و کنترل) تولید، حمل و تحویل می‌باشند. ضعف عمده عملیات اجرایی (بتن‌ریزی، تراکم، پرداخت و عمل‌آوری)، سطح پایین دانش روز فنی-اجرایی این حوزه می‌باشد. بنابراین، عملکرد ضعیف صنعت بتن کشورمان و نیز شکاف موجود میان جامعه علمی و مهندسان اجرایی حوزه بتن، مولفان را بر آن داشت تا کتاب حاضر را جهت کمکی هر چند کوچک به افزایش دانش روز فنی-اجرایی کارشناسان و مدیران کارگاه‌های بتنی تدوین کنند.

این کتاب مشتمل بر ۷ فصل می‌باشد، که در فصل نخست، خلاصه مباحث مقررات ملی ساختمان آورده شده است. در فصل دوم، فرایند تولید مصالح سنگی و کارگاه‌های سنگ‌شکن مورد بررسی قرار گرفته شده که از آیین‌نامه‌ها و ضوابط مقررات ملی ایران نیز بهره‌مند می‌باشد. در فصل سوم، طرح اختلاط بتن و روش‌های متعارف آن نیز به تفصیل بیان شده اند. در فصل چهارم، تجهیزات و روش‌های تولید تا اجرای بتن با توجه به مقررات ملی ساختمان با دید فنی-اجرایی مورد بحث قرار گرفته‌اند؛ که در این میان، اجرای قطعات پیش‌ساخته بتنی و روسازی‌های بتنی نیز، مورد بحث قرار گرفته اند. در فصل پنجم، ماشین‌آلات تولید متمرکز بتن (بچینگ پلانت) یا به عبارتی کارگاه تولید بتن آماده، تشریح و بررسی شده اند. فصل ششم به مدیریت اجرایی کارگاه‌های بتن پرداخته است که عمده توجه این فصل، مباحث کیفیت، هزینه، زمان، ایمنی، بهداشت و مسائل زیست‌محیطی می‌باشند. فصل هفتم به بهینه‌سازی رایند تولید بتن و جانمایی تجهیزات بتن آماده اختصاص داده شده است.

در پایان این کتاب از تجارب و منابع روز علمی-پژوهشی داخلی و خارجی بهره گرفته شده است. با این وجود واقفیم که این کتاب، کمترین تلاش ممکن برای جامعه مهندسی کشور بوده و اقرار داریم که متن این نوشتار خالی از اشکال نیست. لذا از همه همکاران و متخصصان تقاضا داریم، نویسندگان را از نظرات اصلاحی خود بی‌بهره نگذارند تا امکان ارتقاء این اثر در ویرایش‌های بعدی فراهم آید. امکان ارسال نظرات اصلاحی از طریق وبسایت مرجع مهندسی و مدیریت ساخت به آدرس www.ravanshadn.ir و وبسایت شخصی به آدرس www.ravanshadn.ir

در پایان لازم می‌دانیم که از زحمات همه عزیزانی که در ویراستاری این کتاب ما را یاری نمودند، قدردانی نمائیم. به خصوص آقایان مهندسان ابوذر گودرزی مهر، مهران یحیوی ارزنی، مسعود مهرشاد و احسان خسروی شاد که زحمت چندبار روخوانی و ویرایش کتاب را متحمل شدند.

به امید بهبود مستمر کیفیت ساخت‌های عمرانی کشور

مهدی، انوشیروان، بیادقنبری

۱۳۹۴

فهرست مطالب

۱۷	فصل اول- مشخصات فنی بتن مطابق مقررات ملی ساختمان
۱۹	۱-۱- مقدمه
۲۱	۲-۱- مصالح و اجزاء بتن
۲۱	۱-۲-۱- سیمان
۲۴	۲-۲-۱- سنگدانه
۲۶	۳-۲-۱- آب
۲۶	۴-۲-۱- مواد افزودنی
۲۸	۵-۲-۱- مواد آبگیرین یا مکمل سیمان
۲۸	۶-۲-۱- میلگردهای مصرفی
۳۰	۳-۱- بتن‌های ریزه
۳۳	۴-۱- کنترل کیفیت و شاخصه‌ها ارزیابی بتن
۳۳	۱-۴-۱- ضوابط پذیرش سیمان
۳۸	۲-۴-۱- ضوابط پذیرش آب مصرفی در بتن
۴۰	۳-۴-۱- ضوابط پذیرش مواد افزودنی مصرفی در بتن
۴۱	۴-۴-۱- ضوابط پذیرش بتن‌های مصرفی در کارگاه
۴۶	۵-۴-۱- پایایی (دوام) بتن
۵۱	فصل دوم- تولید مصالح سنگی (سنگدانه ۱۲)
۵۳	۱-۲- مقدمه
۵۳	۲-۲- سنگدانه‌های مصرفی در کارهای بتنی
۵۵	۳-۲- ضوابط و مشخصات فنی سنگدانه‌ها مطابق مقررات ملی
۵۵	۱-۳-۲- ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول
۶۰	۲-۳-۲- حمل و نقل و نگهداری
۶۱	۴-۲- فرایند تولید مصالح سنگی
۶۱	۱-۴-۲- فرایندهای خردایش
۶۲	۲-۴-۲- مراحل سنگ‌شکنی
۶۴	۳-۴-۲- سنگ‌شکنی مدار باز و بسته
۶۵	۵-۲- چیدمان کارگاه‌های تولید مصالح سنگی
۶۶	۶-۲- ماشین‌آلات و تجهیزات تولید مصالح سنگی
۶۶	۱-۶-۲- سنگ‌شکن‌های فکی
۶۷	۲-۶-۲- سنگ‌شکن‌های ژیراتوری
۶۸	۳-۶-۲- سنگ‌شکن‌های مخروطی
۶۸	۴-۶-۲- سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای
۶۹	۵-۶-۲- سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای
۷۰	۶-۶-۲- سنگ‌شکن‌های چکشی
۷۰	۷-۶-۲- سرند
۷۲	۸-۶-۲- فیدر (تغذیه‌کننده)

۷۳	۹-۶-۲- ماسه سازها
۷۳	۱۰-۶-۲- ماسه شوی
۷۵	۱۱-۶-۲- دستگاه تصفیه آب
۷۷	۱۲-۶-۲- دیزل ژنراتور
۷۷	۱۳-۶-۲- سنگ شکن های متحرک
۷۸	۷-۲- آزمایش ها و کنترل کیفیت سنگدانه های تولید شده
۷۹	۱-۷-۲- آزمایش دانه بندی
۸۱	۲-۷-۲- آزمایش هم ارز ماسه
۸۱	۳-۷-۲- آزمایش سایش و ضربه لس آنجلس
۸۱	۴-۷-۲- تعیین رطوبت سطحی در سنگدانه های ریز
۸۲	۵-۷-۲- تعیین تاب شن و ماسه در برابر ضربه
۸۵	فصل سوم- طرح اختلاط بتن
۸۷	۱-۳- مقدمه
۸۷	۲-۳- مبانی تعیین نسبت های اختلاط بتن
۸۹	۱-۲-۳- روش های تعیین نسبتهای اختلاط
۹۰	۲-۲-۳- تدوین مدارک مرتبط به مقایسه فشاری متوسط
۹۱	۳-۳- انواع روش های متداول طرح اختلاط
۹۱	۱-۳-۳- طرح مخلوط بتن بر اساس روش آبی
۹۷	۲-۳-۳- طرح مخلوط بتن بر اساس روش A 1-211
۱۰۱	۳-۳-۳- طرح مخلوط بتن بر اساس روش انگلستان Road note no.4
۱۰۶	۴-۳-۳- روش ملی طرح مخلوط
۱۱۵	۵-۳-۳- مثالی از طرح اختلاط به روش ملی
۱۲۱	فصل چهارم- تجهیزات و روش های تولید تا اجرای بتن
۱۲۳	۱-۴- مقدمه
۱۲۳	۲-۴- اختلاط بتن
۱۲۳	۱-۲-۴- اختلاط دستی
۱۲۴	۲-۲-۴- مخلوط کن های مکانیکی
۱۲۵	۳-۲-۴- مدت اختلاط
۱۲۷	۴-۲-۴- بتن آماده
۱۲۸	۵-۲-۴- ضوابط مقررات ملی ساختمان در مورد تولید بتن
۱۲۸	۳-۴- حمل و انتقال بتن و روش های آن
۱۲۸	۱-۳-۴- استانبولی و زنبه
۱۲۹	۲-۳-۴- چرخ دستی یا فرغون
۱۳۰	۳-۳-۴- دامپر (فرغون موتوری)
۱۳۱	۴-۳-۴- دلو یا جام (باکت)
۱۳۱	۵-۳-۴- ناوه (سطح شیدار یا شوت)
۱۳۲	۶-۳-۴- نوار نقاله یا تسمه نقاله

۱۳۳	۴-۳-۷- کامیون مخلوطکن با تراکم‌میکسر
۱۳۵	۴-۳-۸- قیف و لوله (ترمی)
۱۳۶	۴-۳-۹- پمپ بتن
۱۳۸	۴-۳-۱۰- ضوابط مقررات ملی ساختمان در مورد حمل و انتقال بتن
۱۳۹	۴-۴- بتن‌ریزی
۱۳۹	۴-۴-۱- تمهیدات کلی در بتن‌ریزی
۱۴۱	۴-۴-۲- نمونه‌برداری از بتن و آزمون‌های بتن تازه
۱۴۴	۴-۴-۳- ضوابط مقررات ملی ساختمان در مورد بتن‌ریزی
۱۴۴	۴-۵- تراکم بتن
۱۴۵	۴-۵-۱- تراکم دستی بتن
۱۴۶	۴-۵-۲- تراکم مکانیکی بتن (لرزنده‌ها)
۱۴۸	۴-۵-۳- تراکم جدد
۱۴۸	۴-۵-۴- ضوابط مقررات ملی ساختمان در مورد تراکم
۱۴۹	۴-۶- پرداخت سطح بتن
۱۴۹	۴-۷- عمل‌آوری بتن
۱۵۰	۴-۷-۱- عمل‌آوری با آب
۱۵۲	۴-۷-۲- عمل‌آوری عایقی
۱۵۳	۴-۷-۳- ترکیبات عمل‌آوری
۱۵۳	۴-۷-۴- عمل آوردن بتن به وسیله قالب‌ها
۱۵۳	۴-۷-۵- عمل‌آوری حفاظتی (محافظت)
۱۵۴	۴-۷-۶- عمل‌آوری حرارتی (پروراندن)
۱۵۴	۴-۷-۷- مدت زمان مراقبت (عمل‌آوری)
۱۵۶	۴-۸- اجرای روسازی‌های بتنی
۱۵۶	۴-۸-۱- مبنای روسازی
۱۵۹	۴-۸-۲- انواع روسازی بتنی
۱۶۲	۴-۸-۳- بتن غلتکی
۱۶۴	۴-۸-۴- ساخت و اجرای بتن غلتکی
۱۶۷	۴-۸-۵- اجرای روسازی‌های بتنی با فینیشر
۱۷۱	۴-۹- قطعات پیش‌ساخته بتنی
۱۷۳	۴-۹-۱- بتن پیش‌تنیده
۱۷۵	۴-۹-۲- تولید قطعات پیش‌ساخته
۱۷۹	فصل پنجم- ماشین‌آلات تولید متمرکز بتن
۱۸۱	۵-۱- مقدمه
۱۸۱	۵-۲- بچینگ پلانت
۱۸۱	۵-۲-۱- معرفی
۱۸۳	۵-۲-۲- اجزای بچینگ پلانت
۱۸۵	۵-۲-۳- تامین برق بچینگ پلانت
۱۸۶	۵-۳- طبقه‌بندی انواع بچینگ پلانت
۱۸۶	۵-۳-۱- انواع بچینگ بر مبنای نرخ تولید بتن

۱۸۷	۲-۳-۵- انواع بچینگ بر مبنای سیستم تامین مصالح سنگی
۱۸۸	۳-۳-۵- انواع بچینگ بر مبنای مکانیزم اختلاط
۱۸۸	۴-۳-۵- انواع بچینگ بر مبنای قابلیت جابجایی
۱۸۹	۵-۳-۵- انواع بچینگ بر مبنای نوع بتن تولیدی
۱۹۰	۶-۳-۵- انواع بچینگ بر مبنای ظرفیت تولید بتن
۱۹۱	۷-۳-۵- انواع بچینگ بر مبنای جریان مواد
۱۹۶	۴-۵- سیستم توزین و تجهیزات پیمانه کردن اجزای بتن
۱۹۶	۱-۴-۵- معرفی
۱۹۷	۲-۴-۵- انواع روش‌های اندازه‌گیری وزنی
۱۹۸	۳-۴-۵- انواع تجهیزات پیمانه کردن اجزای بتن
۱۹۸	۴-۵- ۱-۱- وسایل توزین
۲۰۰	۴-۵- ۲-۳- پیمانه‌ها
۲۰۱	۴-۵- ۳-۳- تراز و کنترل
۲۰۵	۵-۵- سیستم‌های حمل، تغذیه و تخلیه
۲۰۶	۱-۵-۵- انواع روش‌های حمل و تغذیه
۲۰۶	۱-۱-۵-۵- انواع روش‌های حمل و تغذیه سنگدانه‌ها
۲۰۷	۲-۱-۵-۵- حمل و تغذیه سیمان
۲۰۸	۳-۱-۵-۵- حمل و تغذیه آب
۲۰۸	۲-۵-۵- اجزای سیستم تغذیه مصالح
۲۰۹	۳-۵-۵- دیوی سنگدانه‌ها
۲۱۰	۶-۵- مخلوط‌کن (میکسر)
۲۱۰	۱-۶-۵- تعریف
۲۱۱	۲-۶-۵- انواع میکسر
۲۱۱	۱-۲-۶-۵- میکسرهای با محور افقی
۲۱۸	۲-۲-۶-۵- میکسرهای با محور قائم (مخلوط‌کن حلزونی)
۲۱۹	۳-۶-۵- مزایای میکسر افقی دومحوره نسبت به تک‌محوره
۲۲۰	۴-۶-۵- ساخت، تعمیر و نگهداری
۲۲۱	۷-۵- سیلوی سیمان
۲۲۱	۱-۷-۵- تعریف
۲۲۵	۲-۷-۵- انواع سیلوها
۲۲۶	۳-۷-۵- اجزا و قسمت‌های اصلی یک سیلوی سیمان
۲۲۷	۱-۳-۷-۵- مخزن سیلو
۲۲۸	۲-۳-۷-۵- لوله پر کردن مخزن
۲۲۸	۳-۳-۷-۵- محفظه غبارگیر
۲۲۹	۴-۳-۷-۵- پمپ دمنده هوا
۲۳۰	۵-۳-۷-۵- تجهیزات تخلیه
۲۳۰	۶-۳-۷-۵- پایه‌های سیلو
۲۳۱	۴-۷-۵- طراحی سیلوی سیمان با ظرفیت اسمی ۱۰۰ تن

۲۳۲	۸-۵- باسکول سیمان
۲۳۳	۹-۵- اسکروی سیمان
۲۳۵	۱۰-۵- دراگ لاین
۲۳۵	۱-۱۰-۵- تعریف دراگ لاین
۲۳۶	۲-۱۰-۵- موارد کاربرد دراگ لاین
۲۳۷	۱۱-۵- فیدر توزین مصالح
۲۴۲	۱۲-۵- نوارنقاله
۲۴۲	۱-۱۲-۵- معرفی
۲۴۴	۲-۱۲-۵- موارد استعمال
۲۴۴	۳-۱۲-۵- انواع نوارنقاله
۲۴۴	۱-۱۲-۵- تقسیم بندی بر اساس ساختار نوار
۲۴۵	۲-۳-۱۲-۵- تقسیم بندی بر اساس کاربری
۲۴۵	۳-۳-۱۲-۵- تقسیم بندی بر اساس مکانیزم کارکرد
۲۴۹	۴-۱۲-۵- طراحی و ساخت شبکه مازونی (اسکرو کانوایر)
۲۵۱	۱۳-۵- پانل کنترل و اتاق کنترل مرکزی
۲۵۴	۱۴-۵- قیف تر و خشک
۲۵۶	۱۵-۵- مخزن آب و انتقال آب
۲۵۶	۱۶-۵- سایر اجزا و واحدهای کارخانه بتن آماده
۲۵۶	۱-۱۶-۵- واحد آزمایشگاه
۲۵۶	۲-۱۶-۵- واحد کنترل کیفیت
۲۵۷	۳-۱۶-۵- واحد مالی، اداری و فروش
۲۵۷	۴-۱۶-۵- واحد ترانسپورت
۲۵۷	۵-۱۶-۵- پارکینگ ماشین آلات سنگین
۲۵۹	فصل ششم- مدیریت اجرایی در کارگاههای تولیدی بتن
۲۶۱	۱-۶- مقدمه
۲۶۱	۲-۶- تضمین و کنترل کیفیت
۲۶۲	۱-۲-۶- دانش مدیریت کیفیت
۲۶۴	۲-۲-۶- ضوابط کنترل کیفی برای مهندسين کارگاه
۲۶۶	۳-۶- مدیریت زمان و هزینه تولید بتن
۲۶۶	۱-۳-۶- دانش مدیریت زمان
۲۷۰	۲-۳-۶- دانش مدیریت هزینه
۲۷۱	۴-۶- ایمنی، بهداشت و محیط زیست
۲۷۱	۱-۴-۶- ایمنی در کارگاههای سنگ شکن و بتن آماده
۲۷۴	۲-۴-۶- ایمنی در فرایندهای اجرایی بتن
۲۷۷	۳-۴-۶- بهداشت
۲۷۷	۴-۴-۶- محیط زیست

فصل هفتم- بهینه‌سازی فرایند تولید و جانمایی تجهیزات بتن آماده.....	۲۸۳
۱-۷- مقدمه.....	۲۸۵
۲-۷- طرح ریزی واحدهای صنعتی بتن آماده.....	۲۸۵
۱-۲-۷- چیدمان استقرار در طرح ریزی کارخانه.....	۲۸۵
۲-۲-۷- انتخاب ماشین آلات.....	۲۸۷
۳-۲-۷- تخمین مساحت برای قسمت‌های تولید.....	۲۸۸
۴-۲-۷- طراحی سیستم حمل و نقل.....	۲۸۹
۵-۲-۷- مبانی جانمایی بچینگ پلانت.....	۲۹۰
۳-۷- فرایند بهینه‌سازی کارخانه بتن آماده.....	۲۹۱
۱-۳-۷- بهینه‌سازی بو و خط تغذیه سنگدانه‌ها بر مبنای چیدمان بهینه.....	۲۹۲
۳-۷- ۱- ربابی سیستم‌های موجود تغذیه مصالح سنگی.....	۲۹۴
۳-۷- ۱- سیستم پیشنهادی تغذیه مصالح سنگی.....	۲۹۷
۲-۳-۷- مدیریت موجودی و تخصیص منابع.....	۲۹۸
۱-۲-۳-۷- مقایسه سفارش اقتصادی.....	۲۹۹
۲-۲-۳-۷- مدل‌سازی مدیریت موجودی و تخمین مخازن و دیوی مورد نیاز.....	۳۰۱
۳-۳-۷- بهینه‌سازی جانمایی تجهیزات بچینگ پلانت.....	۳۰۳
۴-۳-۷- هوش مصنوعی در تخمین قابلیت فاعی و طرح اختلاط.....	۳۰۷
واژه‌نامه.....	۳۱۱
مراجع.....	۳۱۶

فهرست جداول

جدول ۱-۱. مشخصات شیمیایی الزامی سیمان‌های پرتلند.....	۳۴
جدول ۲-۱. مشخصات فیزیکی الزامی سیمان‌های پرتلند.....	۳۵
جدول ۳-۱. مشخصات مکانیکی الزامی سیمان‌های پرتلند.....	۳۶
جدول ۴-۱. مشخصات شیمیایی الزامی سیمان پرتلند سفید.....	۳۶
جدول ۵-۱. مشخصات فیزیکی الزامی سیمان پرتلند سفید.....	۳۷
جدول ۶-۱. مشخصات مکانیکی الزامی سیمان پرتلند سفید.....	۳۷
جدول ۷-۱. مشخصات شیمیایی الزامی سیمان‌های پرتلند پوزولانی.....	۳۷
جدول ۸-۱. مشخصات فیزیکی الزامی سیمان‌های پرتلند پوزولانی.....	۳۸
جدول ۹-۱. مشخصات مکانیکی الزامی سیمان‌های پرتلند پوزولانی.....	۳۸
جدول ۱۰-۱. حداکثر مقدار مجاز مواد زیان‌آور در آب مصرفی در بتن.....	۳۹
جدول ۱۱-۱. آزمونهای الزامی مواد افزودنی بتن.....	۴۰
جدول ۱۲-۱. تأثیر نوع سیمان و سن بتن بر روی مقاومت فشاری نسبی بتن.....	۴۳
جدول ۱۳-۱. کنترل و بازرسی مشخصه‌های بتن.....	۴۴
جدول ۱۴-۱. بازرسی تجهیزات.....	۴۶
جدول ۱۵-۱. حداقل مقدار سیمان، نوع سیمان و نسبت آب به سیمان یا توجه به دسته بندی شرایط محیطی بتن مسلح در معرض یونهای کلرید.....	۴۸
جدول ۱۶-۱. مقدار کل حباب‌های هوا برای بتن مقاوم در برابر یخ زدن و آب شدن.....	۴۹

جدول ۱-۱۷. مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلیمتر) در شرایط محیطی.....	۴۹
جدول ۲-۱. حدود جداکننده اندازه دانه‌های خاک.....	۵۵
جدول ۲-۲. ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز مصرفی در بتن.....	۵۶
جدول ۲-۳. ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه‌های درشت مصرفی در بتن.....	۵۷
جدول ۲-۴. حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه‌های ریز.....	۵۷
جدول ۲-۵. حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه‌های درشت.....	۵۸
جدول ۲-۶. حداکثر میزان مجاز دانه‌های پولکی و سوزنی در سنگدانه‌های درشت مصرفی در بتن.....	۵۸
جدول ۲-۷. برخی از مشخصات الزامی سنگدانه‌های مصرفی در بتن.....	۵۹
جدول ۲-۸. ویژگی فیزیکی و مکانیکی الزامی نمونه‌های بتن سازه‌ای با سنگدانه‌های سبک.....	۵۹
جدول ۲-۹. ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن سازه‌ای.....	۶۰
جدول ۲-۱۰. تراخا مختلف خرد کردن سنگ‌ها و اصطلاحات رایج آنها.....	۶۳
جدول ۲-۱۱. آراء الکهای استاندارد آمریکایی.....	۷۹
جدول ۳-۱. حدود روانی بتن در صورت مختلف.....	۸۹
جدول ۳-۲. مقادیر تقریبی اختلاط بتن در رده‌های مقاومتی.....	۹۰
جدول ۳-۳. مقدار آب مورد نیاز برای فراکسیون مختلف سنگدانه بر اساس $dm^3/dm^3 = 100$	۹۴
جدول ۳-۴. مقدار مجاز فیلر و ریزدانه در بتن.....	۹۷
جدول ۳-۵. اسلابل‌های پیشنهادی برای انواع سنگدانه‌ها.....	۹۸
جدول ۳-۶. مقادیر تقریبی آب اختلاط و مقدار هوا مورد نیاز برای اسلامپهای متفاوت بر اساس بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌ها.....	۹۹
جدول ۳-۷. تعیین نسبت آب به سیمان.....	۹۹
جدول ۳-۸. تخمین مقدار شن.....	۱۰۰
جدول ۳-۹. تخمین اولیه وزن یک متر مکعب بتن تازه.....	۱۰۱
جدول ۳-۱۰. انحراف استاندارد بر اساس رتبه بندی کارگاه و مقاومت مشخصه بتن.....	۱۰۷
جدول ۳-۱۱. رتبه بندی کارگاه‌ها بر اساس وضعیت تولید بتن، نظارت و کنترل کیفیت.....	۱۰۷
جدول ۳-۱۲. مقادیر k بر حسب رده مقاومتی سیمان برای جایگزینی خاکستر بادی به جای سیمان.....	۱۱۳
جدول ۳-۱۳. مقادیر k بر حسب مقدار آب به سیمان برای جایگزینی دوده سیلیسی به جای سیمان.....	۱۱۴
جدول ۳-۱۴. مقدار درصد هوای ناخواسته در بتن (V_a).....	۱۱۵
جدول ۳-۱۵. اطلاعات و داده‌های مربوط به بتن آماده.....	۱۱۵
جدول ۳-۱۶. اطلاعات و داده‌های مربوط به سیمان.....	۱۱۵
جدول ۳-۱۷. اطلاعات و داده‌های مربوط به سنگدانه‌ها.....	۱۱۶
جدول ۳-۱۸. دانه‌بندی سنگدانه‌ها.....	۱۱۶
جدول ۴-۱. مدت زمان اختلاط بتن در مخلوط‌کن.....	۱۲۶
جدول ۴-۲. مدت زمان لرزاندن.....	۱۴۵
جدول ۴-۳. روش‌های مجاز عمل‌آوری.....	۱۵۰
جدول ۴-۴. حداقل مدت عمل‌آوری.....	۱۵۵
جدول ۵-۱. میزان برق مصرفی بچینگ‌پلانت.....	۱۸۶
جدول ۵-۲. نمونه مشخصات فنی بچینگ‌پلانت.....	۱۸۹
جدول ۵-۳. میزان دقت تجهیزات توزین.....	۱۹۷

۲۱۵	جدول ۵-۴. نمونه مشخصات فنی میکسرهای توین شافت
۲۱۵	جدول ۵-۵. نمونه مشخصات فنی میکسر توین شافت یک متر مکعبی
۲۱۷	جدول ۵-۶. نمونه مشخصات فنی درام میکسر
۲۲۴	جدول ۵-۷. نمونه مشخصات سیلوها
۲۲۴	جدول ۵-۸. نمونه مشخصات ابعادی سیلوها
۲۳۳	جدول ۵-۹. نمونه مشخصات باسکول سیمان
۲۳۴	جدول ۵-۱۰. نمونه مشخصات اسکروی سیمان
۲۳۵	جدول ۵-۱۱. نمونه مشخصات فنی مدل‌های اسکروی سیمان
۲۳۷	جدول ۵-۱۲. نمونه مشخصات فنی دراگ لاین
۲۳۹	جدول ۵-۱۳. نمونه مشخصات فنی فیدر ویراتوری
۲۴۰	جدول ۵-۱۴. نمونه مشخصات فنی فیدر توزین
۲۴۲	جدول ۵-۱۵. نمونه مشخصات فنی مدل‌های فیدر توزین
۲۵۱	جدول ۵-۱۶. نمونه مشخصات فنی نوار نقاله
۲۵۵	جدول ۵-۱۷. نمونه مشخصات فنی تر و خشک
۲۹۶	جدول ۷-۱. نتایج تحلیل اقتصادی سیستم ستاره‌ای و خطی
۲۹۶	جدول ۷-۲. نتایج تحلیل اقتصادی سیستم ستاره‌ای و خطی
۲۹۸	جدول ۷-۳. تحلیل زمانی و اقتصادی سیستم و نوار
۳۰۰	جدول ۷-۴. پارامترهای مورد استفاده در مدل‌سازی EOC
۳۰۲	جدول ۷-۵. مقایسه مختازن تخمین شده با مختازن موجود در مطالعه موردی
۳۰۴	جدول ۷-۶. پارامترهای مورد استفاده در مدل‌سازی آماری
۳۰۷	جدول ۷-۷. ابعاد تجهیزات بچینگ پلانت مطالعه موردی

فهرست شکاها

۲۰	شکل ۱-۱. میزان برآورد تولید و مصرف سیمان جهان تا سال ۲۰۵۰
۵۴	شکل ۱-۲. چرخه شکل‌گیری سنگ‌های مختلف
۶۳	شکل ۲-۲. شمای کلی مدار سنگ‌شکنی
۶۴	شکل ۲-۳. سنگ‌شکنی مدار باز
۶۴	شکل ۲-۴. سنگ‌شکنی مدار بسته
۶۵	شکل ۲-۵. نمونه مجموعه تأسیسات سنگ‌شکن
۶۷	شکل ۲-۶. تصویر یک سنگ‌شکن فکی در حال خرد کردن سنگ‌ها
۶۷	شکل ۲-۷. نمایش عملکرد سنگ‌شکن‌های ژیراتوری
۶۸	شکل ۲-۸. روش تغذیه کردن یک سنگ‌شکن ژیراتوری بزرگ
۶۸	شکل ۲-۹. عملکرد سنگ‌شکن‌های مخروطی
۶۹	شکل ۲-۱۰. سنگ‌شکن ضربه‌ای یک روتوره
۶۹	شکل ۲-۱۱. سنگ‌شکن غلتکی کلاسیک (ساده)
۷۱	شکل ۲-۱۲. نمونه سرنند شبیدار ساکن
۷۱	شکل ۲-۱۳. سرنند ارتعاشی (نوسانی)
۷۳	شکل ۲-۱۴. نمونه فیدر در چند نمای متفاوت

۷۴	شکل ۲-۱۵. ماسه‌شوی حلزونی در چند نمای مختلف
۷۵	شکل ۲-۱۶. نمونه‌ای از دستگاه ماسه شوی Evo Wash
۷۶	شکل ۲-۱۷. دستگاه تصفیه آب
۷۸	شکل ۲-۱۸. سنگ‌شکن متحرک در حال کار
۸۰	شکل ۲-۱۹. نمودار درختی طبقه‌بندی خاکها
۸۸	شکل ۳-۱. شماتیک طرح نهایی اختلاط بتن
۹۳	شکل ۳-۲. منحنی‌های دانه‌بندی بتن
۹۶	شکل ۳-۳. نمودار تعیین نسبت آب به سیمان
۱۰۳	شکل ۳-۴. منحنی‌های انحراف معیار S
۱۰۳	شکل ۳-۵. تعیین مقاومت فشاری تقریبی بتن
۱۰۴	شکل ۳-۶. نمودار نسبت آب به سیمان
۱۰۴	شکل ۳-۷. تعیین مقدار تقریبی آب
۱۰۵	شکل ۳-۸. تعیین وزن مخصوص بتن تازه
۱۰۶	شکل ۳-۹. نمودار درصد وزنی
۱۰۸	شکل ۳-۱۰. رابطه نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری بتن در سن ۲۸ روزه
۱۰۹	شکل ۳-۱۱. منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۹/۵ میلیمتر
۱۱۰	شکل ۳-۱۲. منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۱۹ میلیمتر
۱۱۰	شکل ۳-۱۳. منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۲۵ میلیمتر
۱۱۰	شکل ۳-۱۴. منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۳۷/۵ میلیمتر
	شکل ۳-۱۵. مقدار آب مورد نیاز بتن بر حسب مقدار روانی و دانه ریزی سنگدانه‌هایی که به دلیل شکل و بافت خود، به آب کمی نیاز دارند.
	شکل ۳-۱۶. مقدار آب مورد نیاز بتن بر حسب مقدار روانی و دانه ریزی سنگدانه‌هایی که به دلیل شکل و بافت خود، به آب زیادی نیاز دارند.
۱۱۲	شکل ۴-۱. اختلاط دستی
۱۲۴	شکل ۴-۲. مخلوط‌کن استوانه‌ای
۱۲۵	شکل ۴-۳. مخلوط‌کن استوانه‌ای کج‌شونده
۱۲۹	شکل ۴-۴. ایجاد سطح هموار برای چرخ دستی
۱۳۰	شکل ۴-۵. استفاده از فرغون در بتن‌ریزی
۱۳۰	شکل ۴-۶. انتقال بتن با دامپر
۱۳۱	شکل ۴-۷. بتن‌ریزی به وسیله جام (باکت)
۱۳۲	شکل ۴-۸. انتقال بتن به وسیله ناوه
۱۳۳	شکل ۴-۹. انتقال بتن به وسیله تسمه نقاله
۱۳۵	شکل ۴-۱۰. قسمت‌های اصلی تراکم‌گر
۱۳۵	شکل ۴-۱۱. ساخت و مونتاژ مخلوط‌کن
۱۳۷	شکل ۴-۱۲. پمپ بتن هوایی سیار
۱۳۷	شکل ۴-۱۳. پمپ بتن زمینی
۱۳۸	شکل ۴-۱۴. دکل شوئینگ ۳۶ متری
۱۳۸	شکل ۴-۱۵. پمپ انتقال بتن زمینی شوئینگ

۱۴۰	شکل ۴-۱۶. بتن ریزی دال
۱۴۱	شکل ۴-۱۷. بتن ریزی صحیح و غیر صحیح دال ها
۱۴۱	شکل ۴-۱۸. بتن ریزی صحیح و غیر صحیح دیوارها و ستون ها
۱۴۳	شکل ۴-۱۹. آزمایش اسلامپ
۱۴۶	شکل ۴-۲۰. تراکم دستی بتن
۱۴۷	شکل ۴-۲۱. تراکم مکانیکی صحیح و غیر صحیح
۱۵۲	شکل ۴-۲۲. عمل آوری با افشاندن آب
۱۵۳	شکل ۴-۲۳. عمل آوری عایقی
۱۵۴	شکل ۴-۲۴. عمل آوری حرارتی
۱۵۵	شکل ۴-۲۵. نمودار تأثیر مدت عمل آوری بر مقاومت
۱۵۷	شکل ۴-۲۶. ساختار کال روسازی های صلب
۱۵۸	شکل ۴-۲۷. نحوه توزیع بار در روسازی های صلب
۱۵۸	شکل ۴-۲۸. ساختار کلی بسترهای عطف پذیر
۱۵۸	شکل ۴-۲۹. نحوه توزیع بار در روسازی های انعطاف پذیر
۱۶۰	شکل ۴-۳۰. روسازی بتنی غیر مسلح درزدار و اجزاء آن
۱۶۱	شکل ۴-۳۱. روسازی بتنی درزدار مسلح اجزاء آن
۱۶۱	شکل ۴-۳۲. روسازی بتنی مسلح پیوسته و اجزاء آن
۱۶۵	شکل ۴-۳۳. سیستم تولید پیوسته بتن غلتکی
۱۶۷	شکل ۴-۳۴. اجرای بتن غلتکی
۱۶۸	شکل ۴-۳۵. اجرای روسازی بتنی اتوبان با فینیشر
۱۶۸	شکل ۴-۳۶. قسمت های مختلف دستگاه فینیشر
۱۶۹	شکل ۴-۳۷. استفاده از سیستم بیسیم جهت کنترل تراز و جهت پخش
۱۷۰	شکل ۴-۳۸. دستگاه عمل آوری و ایجاد سطح
۱۷۰	شکل ۴-۳۹. عملیات برش ثانویه درزها جهت ایجاد مخزن برای موارد درزگیر
۱۷۱	شکل ۴-۴۰. دستگاه جدول کشی و آبروساز
۱۷۲	شکل ۴-۴۱. کف های پیش ساخته مرکب - شامل دال های پیش ساخته و بتن درجا
۱۷۳	شکل ۴-۴۲. قطعات بتنی پیش ساخته
۱۷۴	شکل ۴-۴۳. مفهوم پیش تنیدگی
۱۷۴	شکل ۴-۴۴. نمودار بتن پیش تنیده
۱۸۲	شکل ۵-۱. مزایای استفاده از تجهیزات صنعتی نسبت به روش های دستی
۱۸۵	شکل ۵-۲. قسمت های مختلف دستگاه بچینگ
۱۸۹	شکل ۵-۳. نمونه ای از بچینگ مرکزی ثابت
۱۹۲	شکل ۵-۴. بچینگ عمودی و اجزای آن
۱۹۶	شکل ۵-۵. نمونه ای از سیستم توزین سیمان، آب و افزودنی ها
۱۹۹	شکل ۵-۶. نمونه ای از سلول های بارسنجی
۲۰۱	شکل ۵-۷. سنسور رطوبت
۲۱۳	شکل ۵-۸. روند چرخش مصالح در میکسر توین شافت
۲۱۴	شکل ۵-۹. کیفیت اختلاط مصالح در میکسر توین شافت

۲۱۴	شکل ۵-۱۰. نحوه افشاندن آب به مخلوط در میکسر توین شافت
۲۱۴	شکل ۵-۱۱. نمونه‌ای از بازوهای میکسر توین شافت
۲۱۶	شکل ۵-۱۲. نمونه‌ای از میکسر دوجوره
۲۱۶	شکل ۵-۱۳. نمونه‌ای از درام میکسر
۲۱۷	شکل ۵-۱۴. نمونه‌ای از میکسر افقی تک‌محوره
۲۱۸	شکل ۵-۱۵. پن میکسر
۲۱۹	شکل ۵-۱۶. پلتتری میکسر
۲۲۲	شکل ۵-۱۷. سیلوی سیمان
۲۲۶	شکل ۵-۱۸. اجزای سیلوی سیمان
۲۳۰	شکل ۵-۱۹. پمپ هوادهنده
۲۳۱	شکل ۵-۲۰. دستگاه شک‌بلستر
۲۳۳	شکل ۵-۲۱. باسک سیمان
۲۳۴	شکل ۵-۲۲. خروجی سیمان
۲۳۶	شکل ۵-۲۳. دراگ‌لاین
۲۳۷	شکل ۵-۲۴. بارگیری در تریلر
۲۳۹	شکل ۵-۲۵. فیدر و بیئاتوری
۲۴۱	شکل ۵-۲۶. نمونه‌هایی از فیدر
۲۴۱	شکل ۵-۲۷. نمونه مشخصات فنی فیدر (وزن سرب، ماشین‌سازی بچینگ آرمه ایران)
۲۵۱	شکل ۵-۲۸. توارنقاله حلزونی و تسمه‌ای
۲۵۲	شکل ۵-۲۹. نمونه‌ای از پائل کنترل مرکزی (شرکت داس)
۲۵۴	شکل ۵-۳۰. نمونه‌ای از کابین اتاق کنترل مرکزی
۲۵۵	شکل ۵-۳۱. نمونه قیف تر و خشک
۲۶۱	شکل ۶-۱. مثلث مدیریت پروژه
۲۹۲	شکل ۷-۱. مدل مفهومی بهینه‌سازی جانمایی تجهیزات
۲۹۸	شکل ۷-۲. بچینگ خطی پیشنهادی با سیستم قیف-نوار
۳۰۰	شکل ۷-۳. نمودار هزینه کل، نگهداری و سفارش و مقدار بهینه در مدل EOQ
۳۰۱	شکل ۷-۴. نمودار مدل EOQ و نقطه سفارش مجدد
۳۰۳	شکل ۷-۵. بچینگ پلانت خطی
۳۰۳	شکل ۷-۶. تجهیزات اجرایی بچینگ خطی
۳۰۴	شکل ۷-۷. روابط میان تجهیزات اجرایی بچینگ خطی
۳۰۶	شکل ۷-۸. فلوجارت بهینه‌سازی جانمایی تجهیزات بچینگ پلانت با الگوریتم ژنتیک
۳۰۷	شکل ۷-۹. پلان جانمایی بهینه تجهیزات مطالعه موردی
۳۰۸	شکل ۷-۱۰. نمودار همبستگی نتایج آزمایشگاهی و مدل فازی