

تکنیک‌های زمان‌بندی شبکه‌ای

و کنترل پروژه برای پروژه‌های عمرانی

مؤلفین:

دکتر عبدالله اردشیر

دانشیار گروه مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست،

رئیس پژوهشکده‌ی محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

مهندس یعقوب علیپوری

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

مهندس هادی اردشیر

کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و کنترل صنعتی، شرکت فولادین ذوب آمل (فذا)

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور
مشخصات نشر
مشخصات ظاهری
شابک
وضعیت فهرست نویسی
پادداشت
شناسه افزوده
شناسه افزوده
شناسه افزوده
شماره کتابشناسی ملی

اردشیر، عبدالله، ۱۳۲۲ -
تکنیک‌های زمان‌بندی شبکه‌ای و کنترل پروژه برای پروژه‌های عمرانی
تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۴.
۲۷۶ص.: مصور، جدول، نمودار
۱۱۰۰۰۰ ریال : 9- 212-210-964-978:ISBN
فیبای مختصر
فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی: <http://opac.nli.ir> قابل دسترسی است
علیپوری، یعقوب، ۱۳۶۵ -
فلاح‌اردشیر، هادی، ۱۳۶۴ -
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
۳۸۰۰۹۱۱:

این کتاب در جلسه مورخ ۹۴/۰۲/۰۶ شورای نشر کتاب
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل
ارزیابی علمی، مجوز چاپ و انتشار دریافت نموده است.



تکنیک‌های زمان‌بندی شبکه‌ای و کنترل پروژه برای پروژه‌های عمرانی

مؤلفین: دکتر عبدالله اردشیر، مهندس یعقوب علیپوری، مهندس هادی اردشیر

ناشر
نوبت چاپ
سال چاپ
قطع
شمارگان
قیمت
طراح
چاپخانه

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
اول
۱۳۹۴:
وزیری
۵۰۰: نسخه
۱۱۰۰۰۰ ریال
آرزو انصاری
اصیل



ISBN: 978-964-210-212-9

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۲۱۲-۹

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی سسمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر،
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱۰۹۵۰۹۸۲۱۶۶+ تلفکس: ۹۸۲۰۹۵۰۹۸۲۱۶۶+۹۸۲

پیشگفتار

اَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی؛ زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه 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 جهادگران جهاد دانشگاهی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با 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 «پلی‌تکنیک 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 پیوندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران 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، پیونده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگسای 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

فهرست

فصل ۱: مقدمه	۲۳
۱-۱ زمان بندی چیست؟	۲۴
۲-۱ چرا باید پروژه های ساخت و ساز را زمان بندی کنیم؟	۲۴
۱-۲-۱ زمان بندی های ساخت و ساز پیمانکار	۲۴
۳-۱ زمان بندی شبکه ای چیست؟	۲۴
۴-۱ چرا باید از زمان بندی شبکه ای استفاده کنیم؟	۲۶
۵-۱ چه انواعی از روش های زمان بندی شبکه ای مورد استفاده قرار می گیرند؟	۲۸
۶-۱ زمان بندی های شبکه ای چطور مورد استفاده قرار می گیرند؟	۲۹
فصل ۲: برنامه ریزی	۳۱
۱-۲ چگونه کار را شروع می کنیم؟	۳۱
۲-۲ چگونه فعالیت ها را انتخاب می کنیم؟	۳۲
۳-۲ چه واحد زمانی را باید مورد استفاده قرار دهیم؟	۳۵
۴-۲ چه چیزی مدت زمان یک فعالیت را تعیین می کند؟	۳۶
۵-۲ آیا باید محدودیتی بر روی مدت زمان فعالیت ها وجود داشته باشد؟	۳۶
۶-۲ چگونه تأثیر آب و هوا و وقایع پیش بینی نشده را در محاسبات خود لحاظ کنیم؟	۳۷
۷-۲ چگونه منطق یک شبکه را تعریف می کنیم؟	۳۸

فصل ۳: نمودارهای CPM ۵۳

۱-۳ چه انواعی از نمودارهای CPM مورد استفاده قرار می‌گیرند؟ ۵۴

۱-۱-۳ نمودارهای برداری ۵۴

۲-۱-۳ نمودارهای گرهی ۶۵

فصل ۴: محاسبات CPM ۸۳

۱-۴ شناوری چیست؟ ۸۴

۱-۱-۴ چگونه محاسبات نمودار برداری را انجام می‌دهیم؟ ۸۵

۲-۴ شناوری کل منفی ۹۲

۳-۴ چگونه زمان رویدادها را تعیین کنیم؟ ۹۲

۴-۴ چگونه محاسبات نمودار گرهی را انجام دهیم؟ ۹۳

۵-۴ راه‌حل‌های ریزرایانه‌ای ۹۹

فصل ۵: کنترل پروژه ۱۱۱

۱-۵ نمودار فازبندی زمانی چیست؟ ۱۱۱

۲-۵ زمان‌بندی هدف چیست؟ ۱۱۴

۳-۵ چرا باید زمان‌بندی شبکه‌ای را به‌روز نماییم؟ ۱۱۶

۴-۵ چه اطلاعاتی برای به‌روز رسانی لازم هستند؟ ۱۱۷

۵-۵ چه زمانی باید به‌روز رسانی کنیم؟ ۱۱۷

فصل ۶: ارائه‌ها و گزارش‌های پیشرفت کار ۱۳۳

۱-۶ تفاوت بین گزارش‌ها و ارائه‌ها در چیست؟ ۱۳۳

۲-۶ چه نکاتی به هنگام تهیه گزارش‌ها و ارائه‌ها باید مورد توجه قرار گیرند؟ ۱۳۴

۳-۶ چرا باید گزارش‌ها را قبل و بعد از چاپ کردن مرور کنیم؟ ۱۳۵

۴-۶ به هنگام پرینت کردن گزارش‌ها باید چه نکاتی را رعایت کنیم؟ ۱۳۶

۵-۶ چه مواقعی لازم است که خلاصه وضعیت‌ها تهیه شود؟ ۱۳۷

۶-۶ گزارش‌های کاغذی یا الکترونیکی؟ ۱۳۷

فصل ۷: زمان بندی حداقل هزینه.....	۱۳۹
۱-۷ زمان بندی حداقل هزینه چیست؟.....	۱۴۰
۲-۷ هزینه های مستقیم چگونه با زمان تغییر می کنند؟.....	۱۴۰
۳-۷ هزینه های بالاسری چگونه با زمان تغییر پیدا می کنند؟.....	۱۴۲
۴-۷ منظور از فشرده سازی زمان بندی چیست؟.....	۱۴۳
فصل ۸: تسطیح منابع.....	۱۶۵
۱-۸ تسطیح منابع چیست؟.....	۱۶۵
۲-۸ چرا باید نیروی کار را تسطیح کنیم؟.....	۱۶۵
۳-۸ چه فرض هایی را بایستی در نظر بگیریم؟.....	۱۶۶
۴-۸ چگونه می توانیم با استفاده از آزمون و خطا نیروی کار را تسطیح کنیم؟.....	۱۶۷
۵-۸ چگونه می توان با استفاده از یک الگوریتم تسطیح منابع کرد؟.....	۱۷۱
فصل ۹: نمودار تقدم تاخر.....	۱۸۳
۱-۹ چگونه می توان هم پوشانی فعالیت ها را برقرار کرد؟.....	۱۸۳
فصل ۱۰: PERT.....	۱۸۹
۱-۱۰ چه مفروضاتی باید در نظر گرفته شوند؟.....	۱۸۹
۲-۱۰ چه خطاهایی قابل پذیرش هستند؟.....	۱۹۲
۳-۱۰ چگونه محاسبات شبکه PERT را انجام می دهیم؟.....	۱۹۳
فصل ۱۱: شبیه سازی.....	۲۰۹
۱-۱۱ چگونه می توان بر محدودیت های PERT فائق آمد؟.....	۲۰۹
فصل ۱۲: روش های دیگر زمان بندی.....	۲۲۱
۱-۱۲ روش زمان بندی GERT چه مواقعی به کار گرفته می شود؟.....	۲۲۱
۲-۱۲ روش زمان بندی LSM چه مواقعی به کار گرفته می شود؟.....	۲۲۳
۱-۲-۱۲ فرایند ساخت یک زمان بندی با استفاده از LSM به چه صورت است؟.....	۲۲۳
۲-۲-۱۲ عملکرد LSM به چه صورت است؟.....	۲۲۴

- ۲۲۸..... ۲-۲-۳ چه نرم‌افزارهای رایانه‌ای قادر به انجام زمان‌بندی LSM هستند؟
- ۲۲۹..... ۳-۲-۳ روش مسیر گرافیکی (GPM)
- فصل ۱۳: موارد استفاده دیگر زمان‌بندی‌های شبکه‌ای..... ۲۳۱
- ۱-۱۳ چگونه می‌توان از CPM در ادعاها استفاده کرد؟..... ۲۳۲
- ۲-۱۳ چگونه می‌توان از CPM در کنترل هزینه استفاده کرد؟..... ۲۳۲
- ۳-۱۳ چگونه می‌توان از CPM در تجزیه و تحلیل جریان نقدینگی استفاده کرد؟..... ۲۳۲
- ۴-۱۳ چگونه می‌توان از CPM برای تعیین پرداخت‌های پیشرفت کار استفاده کرد؟..... ۲۳۴
- ۵-۱۳ چگونه می‌توان از CPM در تحلیل انحرافات استفاده کرد؟..... ۲۳۵
- ۶-۱۳ چگونه می‌توان از CPM در تحلیل حساسیت استفاده کرد؟..... ۲۴۰
- منابع و مراجع..... ۲۴۱
- پیوست‌ها..... ۲۴۳

فهرست اشکال

شکل ۱.۱ نمودار برداری	۲۵
شکل ۲.۱ نمودار گرهی	۲۵
شکل ۳.۱ نمودار میله‌ای	۲۷
شکل ۴.۱ نمودار میله‌ای	۲۸
شکل ۱.۲ نمودار برداری متناظر لیست‌های PA و IPA موجود در جدول ۱.۲	۳۳
شکل ۲.۲ فونداسیون	۳۴
شکل ۳.۲ پلان‌های انبار	۳۹
شکل ۴.۲ پلان‌های زمین تنیس	۴۵
شکل ۵.۲ پلان‌های استخر شنا	۵۱
شکل ۱.۳ فعالیت عمومی	۵۴
شکل ۲.۳ فعالیت‌های معمولی	۵۴
شکل ۳.۳ آرایش‌های معمول فعالیت‌ها	۵۵
شکل ۴.۳ روابط منطقی مجازی	۵۵
شکل ۵.۳ فعالیت مجازی شماره‌گذار	۵۶
شکل ۶.۲ فعالیت‌های شروع و پایان مجازی	۵۶
شکل ۷.۳ بردارهای قطع شونده	۵۸
شکل ۸.۳ تکنیک‌های رایج برای برقراری پیوستگی بین نموداری	۵۸
شکل ۹.۳ رسم نمودار برداری-تکنیک رسم از راست به چپ	۶۰
شکل ۱۰.۳ رسم نمودار برداری-روش دوم	۶۱
شکل ۱۱.۳ شماره‌گذاری گره‌ها	۶۱
شکل ۱۲.۳ رسم نمودار برداری-تکنیک رسم از راست به چپ	۶۲
شکل ۱۳.۳ رسم نمودار برداری-روش دوم	۶۴
شکل ۱۴.۳ روش متفاوت برای رسم نمودار برداری شکل ۳-۱۳	۶۵
شکل ۱۵.۳ شکل عمومی فعالیت در یک نمودار گرهی	۶۵
شکل ۱۶.۳ یک نمودار گرهی معمولی	۶۵
شکل ۱۷.۳ رسم نمودار گرهی با مراحل ترتیبی	۶۸
شکل ۱۸.۳ نمودار گرهی و برداری تمرین ۱-۳	۷۲
شکل ۱۹.۳ نمودار گرهی و برداری تمرین ۲-۳	۷۲
شکل ۲۰.۳ نمودار گرهی و برداری تمرین ۳-۳	۷۳
شکل ۲۱.۳ نمودار گرهی و برداری تمرین ۴-۳	۷۳
شکل ۲۲.۳ نمودار گرهی و برداری تمرین ۵-۳	۷۴

۷۴	شکل ۲۳.۳ نمودار گرهی و برداری تمرین ۳-۶
۷۵	شکل ۲۴.۳ نمودار گرهی و برداری تمرین ۳-۷
۷۶	شکل ۲۵.۳ نمودار گرهی و برداری تمرین ۳-۸
۷۷	شکل ۲۶.۳ نمودار گرهی و برداری تمرین ۳-۹
۸۵	شکل ۱.۴ شناوری‌های کل و آزاد
۸۶	شکل ۲.۴ نشان‌گذاری نمودار برداری
۸۶	شکل ۳.۴ محاسبات نمودار برداری
۸۷	شکل ۴.۴ الف نمودار برداری مثال ۴-۱
۸۸	شکل ۴.۴ ب. نمودار برداری - مسیر پیشرو
۸۹	شکل ۴.۴ پ. نمودار برداری - مسیر پسرو
۹۰	شکل ۴.۴ ت. نمودار برداری - شناوری کل
۹۱	شکل ۴.۴ ث. نمودار برداری - شناوری آزاد
۹۴	شکل ۵.۴ محاسبات پیشرو و پسرو برای نمودار گرهی
۹۴	شکل ۶.۴ روش ماتریسی - شبکه ساده
۹۵	شکل ۷.۴ الف روش ماتریسی - تنظیم ماتریس
۹۶	شکل ۷.۴ ب روش ماتریسی - روابط منطقی
۹۷	شکل ۷.۴ پ روش ماتریسی - زودترین زمان شروع و پایان
۹۸	شکل ۷.۴ ت روش ماتریسی - زودترین زمان شروع و پایان
۹۹	شکل ۷.۴ پ روش ماتریسی - زودترین زمان شروع و پایان
۱۰۸	شکل ۸.۴ شبکه برداری برای مسئله تکمیلی ۴-۱
۱۰۸	شکل ۹.۴ شبکه برداری برای مسئله تکمیلی ۴-۲
۱۰۹	شکل ۱۰.۴ شبکه برداری برای مسئله تکمیلی ۴-۳
۱۰۹	شکل ۱۱.۴ شبکه برداری برای مسئله تکمیلی ۴-۴
۱۰۹	شکل ۱۲.۴ شبکه برداری برای مسئله تکمیلی ۴-۵
۱۱۰	شکل ۱۳.۴ شبکه برداری برای مسئله تکمیلی ۴-۶
۱۱۰	شکل ۱۴.۴ شبکه برداری برای مسئله تکمیلی ۴-۷
۱۱۰	شکل ۱۵.۴ شبکه برداری برای مسئله تکمیلی ۴-۸
۱۱۲	شکل ۱.۵ نمودار میله‌ای به‌عنوان نمودار فازبندی زمانی
۱۱۳	شکل ۲.۵ نمودار فازبندی زمانی با اطلاعات بیشتر
۱۱۳	شکل ۳.۵ نمودار برداری به‌عنوان نمودار فازبندی زمانی
۱۱۳	شکل ۴.۵ نمودار گرهی به‌عنوان نمودار فازبندی زمانی
۱۱۴	شکل ۵.۵ نمودار میله‌ای با استفاده از ریزرایانه‌ها

- شکل ۶.۵ نمودار فازبندی زمانی با استفاده از روزهای تقویمی ۱۱۴
- شکل ۷.۵ منحنی‌های S برای یک پروژه معمولی ۱۱۶
- شکل ۸.۵ نمودار برداری مثال ۱-۵ جهت به‌روز رسانی ۱۱۸
- شکل ۹.۵ علامت‌گذاری نمودار برداری برای نشان دادن اطلاعات میدانی ۱۱۹
- شکل ۱۰.۵ نمودار برداری به‌روز شده برای مثال ۱-۵ ۱۲۰
- شکل ۱۱.۵ علامت‌گذاری نمودار گرهی برای نشان دادن اطلاعات میدانی ۱۲۰
- شکل ۱۲.۵ نمودار گرهی به هنگام شده برای مثال ۱-۵ ۱۲۰
- شکل ۱۳.۵ پاسخ تمرین ۱-۵ ۱۲۴
- شکل ۱۴.۵ پاسخ تمرین ۲-۵ ۱۲۴
- شکل ۱۵.۵ پاسخ تمرین ۳-۵ ۱۲۴
- شکل ۱۶.۵ پاسخ تمرین ۴-۵ ۱۲۵
- شکل ۱۷.۵ پاسخ تمرین ۵-۵ ۱۲۵
- شکل ۱۸.۵ پاسخ تمرین ۶-۵ ۱۲۵
- شکل ۱۹.۵ پاسخ تمرین ۷-۵ ۱۲۶
- شکل ۲۰.۵ پاسخ تمرین ۸-۵ ۱۲۶
- شکل ۲۱.۵ پاسخ تمرین ۹-۵ ۱۲۷
- شکل ۲۲.۵ پاسخ تمرین ۱۰-۵ ۱۲۷
- شکل ۲۳.۵ پاسخ تمرین ۱۱-۵ ۱۲۸
- شکل ۲۴.۵ پاسخ تمرین ۱۲-۵ ۱۲۸
- شکل ۲۵.۵ پاسخ تمرین ۱۳-۵ ۱۲۹
- شکل ۲۶.۵ پاسخ تمرین ۱۴-۵ ۱۲۹
- شکل ۱.۷ منحنی خطی هزینه مستقیم فعالیت در برابر زمان ۱۴۱
- شکل ۲.۷ منحنی غیرخطی هزینه مستقیم فعالیت در برابر زمان ۱۴۲
- شکل ۳.۷ منحنی خطی هزینه بالاسری در برابر زمان ۱۴۳
- شکل ۴.۷ (الف) هزینه‌های مستقیم و بالاسری خطی (ب) هزینه مستقیم غیرخطی و هزینه بالاسری خطی ۱۴۳
- شکل ۵.۷ شبکه برداری پروژه مثال ۱-۷ ۱۴۵
- شکل ۶.۷ کاربرد انجام محاسبات زمان هزینه (مثال ۱-۷) ۱۴۶
- شکل ۷.۷ (الف) ویرایش نمودار برداری در چرخه ۱ (ب) ویرایش کاربرد در چرخه ۱ ۱۴۷
- شکل ۸.۷ (الف) ویرایش نمودار برداری در چرخه ۲ (ب) ویرایش کاربرد در چرخه ۲ ۱۴۷
- شکل ۹.۷ (الف) ویرایش نمودار برداری در چرخه ۳ (ب) ویرایش کاربرد در چرخه ۳ ۱۴۸
- شکل ۱۰.۷ (الف) ویرایش نمودار برداری در چرخه ۴ (ب) ویرایش کاربرد در چرخه ۴ ۱۴۹

شکل ۱۱.۷ الف) ویرایش نمودار برداری در چرخه ۵ ب) ویرایش کاربرگ در چرخه ۵ .. ۱۴۹	
شکل ۱۲.۷ نمودار تغییرات هزینه با زمان (فشرده‌سازی ساده)..... ۱۵۰	
شکل ۱۳.۷ نمونه کاربرگ فشرده‌سازی پیچیده..... ۱۵۱	
شکل ۱۴.۷ نمودار تغییرات هزینه با زمان (فشرده‌سازی پیچیده)..... ۱۵۲	
شکل ۱۵.۷ شکل‌های صحیح نمودار تغییرات هزینه با زمان..... ۱۵۲	
شکل ۱۶.۷ شکل‌های غیر صحیح نمودار تغییرات هزینه با زمان..... ۱۵۲	
شکل ۱۷.۷ شبکه برداری پروژه تمرین ۱-۷..... ۱۵۳	
شکل ۱۸.۷ شبکه برداری تمرین ۲-۷..... ۱۵۳	
شکل ۱۹.۷ شبکه برداری تمرین ۳-۷..... ۱۵۴	
شکل ۲۰.۷ شبکه برداری تمرین ۴-۷..... ۱۵۵	
شکل ۲۱.۷ شبکه برداری تمرین ۵-۷..... ۱۵۵	
شکل ۲۲.۷ پاسخ تمرین ۱-۷..... ۱۵۷	
شکل ۲۳.۷ پاسخ تمرین ۲-۷..... ۱۵۷	
شکل ۲۴.۷ پاسخ تمرین ۳-۷..... ۱۵۸	
شکل ۲۵.۷ پاسخ تمرین ۴-۷..... ۱۵۸	
شکل ۲۶.۷ پاسخ تمرین ۵-۷..... ۱۵۹	
شکل ۲۷.۷ پاسخ تمرین ۶-۷..... ۱۵۹	
شکل ۱۱.۸ الف زمان‌بندی شبکه‌ای برای تسطیح منابع با روش آزمون و خطا..... ۱۶۸	
شکل ۱۶.۸ ب نمودارهای ستونی شروع زود و شروع دیر..... ۱۶۸	
شکل ۱۶.۸ پ نمونه کاربرگ تسطیح منابع به روش آزمون و خطا- فعالیت‌های بحرانی..... ۱۶۸	
شکل ۱۶.۸ ت کاربرگ تسطیح منابع به روش آزمون و خطا- حداکثر ۱۳ کارگر در روز..... ۱۶۹	
شکل ۱۶.۸ ث کاربرگ تسطیح منابع به روش آزمون و خطا- حداکثر ۱۲ کارگر در روز..... ۱۷۰	
شکل ۱۶.۸ ج کاربرگ تسطیح منابع به روش آزمون و خطا- حداکثر ۱۱ کارگر در روز..... ۱۷۰	
شکل ۲۰.۸ کاربرگ الگوریتم تسطیح منابع..... ۱۷۲	
شکل ۲۰.۸ شبکه برداری پروژه تمرین ۱-۸..... ۱۷۴	
شکل ۴.۸ شبکه برداری پروژه تمرین ۲-۸..... ۱۷۴	
شکل ۵.۸ شبکه برداری پروژه تمرین ۳-۸..... ۱۷۵	
شکل ۶.۸ شبکه برداری پروژه تمرین ۴-۸..... ۱۷۶	
شکل ۷.۸ پاسخ تمرین ۱-۸..... ۱۷۷	
شکل ۸.۸ پاسخ تمرین ۲-۸..... ۱۷۷	
شکل ۹.۸ پاسخ تمرین ۳-۸..... ۱۷۸	
شکل ۱۰.۸ پاسخ تمرین ۴-۸..... ۱۷۸	

۱۸۴	شکل ۱.۹ روابط مجاز در نمودار تقدم تأخر
۱۸۵	شکل ۲.۹ تأخیر پایان-شروع: الف) CPM ب) PD
۱۸۵	شکل ۳.۹ تأخیر شروع-شروع: الف) CPM ب) PD
۱۸۵	شکل ۴.۹ ارتباط شروع-شروع و پایان-پایان: الف) CPM ب) PD
۱۸۷	شکل ۵.۹ نمودار تقدم تأخر
۱۸۷	شکل ۶.۹ محاسبات شبکه‌ای
۱۹۲	شکل ۱.۱۰ نشان دهنده منحنی توزیع نرمال می‌باشد
۱۹۲	شکل ۱.۱۰ منحنی توزیع نرمال
۱۹۳	شکل ۲.۱۰ توزیع‌های پیوسته مختلف
۲۱۰	شکل ۱.۱۱ توزیع احتمال ثابت
۲۱۰	شکل ۲.۱۱ توزیع احتمال گسسته
۲۱۱	شکل ۳.۱۱ توزیع احتمال گسسته
۲۱۲	شکل ۴.۱۱ نمودار برداری مثال ۱-۱۱
۲۱۴	شکل ۵.۱۱ توزیع احتمال تکمیل پروژه-مثال ۱-۱۱
۲۱۵	شکل ۶.۱۱ توزیع مدت‌زمان پروژه-الف) برای ۱۰ تکرار ب) برای ۱۰۰۰ تکرار-مثال ۱-۱۱
۲۱۶	شکل ۷.۱۱ نمودار برداری-تمرین ۱-۱۱
۲۲۲	شکل ۱.۱۲ شاخه زدن الف) قطعی ب) احتمالی
۲۲۲	شکل ۲.۱۲ سه خروجی ممکن برای فعالیت A
۲۲۴	شکل ۳.۱۲ روش زمان‌بندی خطی (LSM)
۲۲۴	شکل ۴.۱۲ بافرهای زمان و مسافت در LSM
۲۲۵	شکل ۵.۱۲ انجام فعالیت پس‌نیازی زودتر از فعالیت پیش‌نیاز خود: یک رابطه غیرممکن
۲۲۵	شکل ۶.۱۲ راه‌حل چهارم برای پرهیز از تقاطع دو خط در LSM
۲۲۶	شکل ۷.۱۲ ترکیب راه‌حل‌های دوم و چهارم برای پرهیز از تقاطع دو خط در LSM
۲۲۶	شکل ۸.۱۲ شدت فعالیت پس‌نیازی کمتر از شدت فعالیت پیش‌نیازی در LSM
۲۲۷	شکل ۹.۱۲ محاسبه بافر زمانی در LSM
۲۲۸	شکل ۱۰.۱۲ راه‌حل مثال ۱-۱۲
۲۳۰	شکل ۱۱.۱۲ زمان‌بندی NetPoint به همراه منابع
۲۳۳	شکل ۱.۱۳ جریان خروجی هزینه مستقیم تجمعی
۲۳۴	شکل ۲.۱۳ جریان نقدینگی
۲۳۷	شکل ۳.۱۳ تجزیه و تحلیل روند و حساسیت

فهرست جداول

جدول ۱.۲	لیست‌های PA و IPA	۳۳
جدول ۲.۲	لیست فعالیت‌ها	۴۰
جدول ۳.۲	پیش‌نیاز فعالیت‌ها (لیست PA)	۴۰
جدول ۴.۲	پیش‌نیاز فوری فعالیت‌ها (لیست IPA)	۴۱
جدول ۵.۲	لیست فعالیت‌های پروژه (الف)	۴۲
جدول ۶.۲	لیست فعالیت‌ها و PA تمرین ۱-۲	۴۳
جدول ۷.۲	لیست فعالیت‌ها و PA تمرین ۲-۲	۴۳
جدول ۸.۲	لیست فعالیت‌ها و PA تمرین ۳-۲	۴۴
جدول ۹.۲	لیست فعالیت‌های تمرین ۴-۲	۴۴
جدول ۱۰.۲	پاسخ تمرین ۱-۲	۴۶
جدول ۱۱.۲	پاسخ تمرین ۲-۲	۴۶
جدول ۱۲.۲	پاسخ تمرین ۳-۲	۴۶
جدول ۱۳.۲	پاسخ تمرین ۴-۲ الف	۴۷
جدول ۱۴.۲	پاسخ تمرین ۴-۲ ب	۴۷
جدول ۱۵.۲	لیست PA و IPA برای پروژه (الف)	۴۹
جدول ۱۶.۲	لیست IPA را تکمیل کنید	۵۰
جدول ۱۷.۲	لیست IPA را تکمیل کنید	۵۰
جدول ۱.۳	نمونه لیست IPA نیازمند رابطه منطقی مجازی	۵۵
جدول ۲.۳	لیست IPA برای شکل ۹.۳	۵۹
جدول ۳.۳	لیست IPA برای مثال ۱.۳	۶۱
جدول ۴.۳	لیست IPA و SS برای شکل ۱۶.۳	۶۶
جدول ۵.۳	لیست IPA برای مثال ۲-۳	۶۶
جدول ۶.۳	لیست IPA پس از اضافه کردن فعالیت‌های مجازی	۶۷
جدول ۷.۳	لیست IPA و مراحل ترتیبی	۶۷
جدول ۸.۳	لیست IPA برای تمرین ۱-۳	۶۹
جدول ۹.۳	لیست IPA برای تمرین ۲-۳	۶۹
جدول ۱۰.۳	لیست IPA برای تمرین ۳-۳	۶۹
جدول ۱۱.۳	لیست IPA برای تمرین ۴-۳	۶۹
جدول ۱۲.۳	لیست IPA برای تمرین ۵-۳	۷۰
جدول ۱۳.۳	لیست IPA برای تمرین ۶-۳	۷۰
جدول ۱۴.۳	لیست IPA برای تمرین ۷-۳	۷۰

جدول ۱۵.۳	لیست IPA برای تمرین ۳-۸	۷۱
جدول ۱۶.۳	لیست IPA برای تمرین ۳-۹	۷۱
جدول ۱۷.۳	لیست IPA برای تمرین ۳-۱۰	۷۱
جدول ۱۸.۳	لیست IPA برای پروژه (الف)	۷۹
جدول ۱۹.۳	لیست IPA برای مسئله تکمیلی ۳-۱	۸۰
جدول ۲۰.۳	لیست IPA برای مسئله تکمیلی ۳-۲	۸۰
جدول ۲۱.۳	لیست IPA برای مسئله تکمیلی ۳-۳	۸۰
جدول ۲۲.۳	لیست IPA برای مسئله تکمیلی ۳-۴	۸۱
جدول ۲۳.۳	لیست IPA برای مسئله تکمیلی ۳-۵	۸۱
جدول ۲۴.۳	لیست IPA برای مسئله تکمیلی ۳-۶	۸۱
جدول ۲۵.۳	لیست IPA برای مسئله تکمیلی ۳-۷	۸۱
جدول ۲۶.۳	لیست IPA برای مسئله تکمیلی ۳-۸	۸۲
جدول ۱.۴	زمان رویدادهای مثال ۴-۱	۹۳
جدول ۲.۴	داده‌های مثال ۴-۲	۹۵
جدول ۳.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۱	۱۰۰
جدول ۴.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۲	۱۰۰
جدول ۵.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۳	۱۰۰
جدول ۶.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۴	۱۰۰
جدول ۷.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۵	۱۰۱
جدول ۸.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۶	۱۰۱
جدول ۹.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۷	۱۰۱
جدول ۱۰.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۸	۱۰۱
جدول ۱۱.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۹	۱۰۲
جدول ۱۲.۴	مدت‌زمان فعالیت‌ها برای تمرین ۴-۱۰	۱۰۲
جدول ۱۳.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۱	۱۰۳
جدول ۱۴.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۲	۱۰۳
جدول ۱۵.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۳	۱۰۳
جدول ۱۶.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۴	۱۰۴
جدول ۱۷.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۵	۱۰۴
جدول ۱۸.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۶	۱۰۴
جدول ۱۹.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۷	۱۰۵
جدول ۲۰.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۸	۱۰۵

جدول ۲۱.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۹	۱۰۶
جدول ۲۲.۴	زمان رویدادها برای تمرین ۴-۹	۱۰۶
جدول ۲۳.۴	محاسبات CPM برای تمرین ۴-۱۰	۱۰۶
جدول ۲۴.۴	زمان رویدادها برای تمرین ۴-۱۰	۱۰۷
جدول ۱.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی	۱۱۹
جدول ۲.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۹	۱۲۱
جدول ۳.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۰	۱۲۱
جدول ۴.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۱	۱۲۲
جدول ۵.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۲	۱۲۲
جدول ۶.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۳	۱۲۲
جدول ۷.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۴	۱۲۳
جدول ۸.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای پروژه (الف)	۱۳۰
جدول ۹.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای پروژه (الف)	۱۳۰
جدول ۱۰.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای پروژه (الف)	۱۳۰
جدول ۱۱.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تکمیلی ۵-۹	۱۳۱
جدول ۱۲.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۰	۱۳۱
جدول ۱۳.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۱	۱۳۲
جدول ۱۴.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۲	۱۳۲
جدول ۱۵.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۳	۱۳۲
جدول ۱۶.۵	اطلاعات ثبت‌شده از بررسی‌های میدانی برای تمرین ۵-۱۴	۱۳۲
جدول ۱.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های پروژه مثال ۷-۱	۱۴۵
جدول ۲.۷	حداکثر مدت‌زمان کوتاه شدن فعالیت‌ها و هزینه متناظر در هر روز	۱۴۵
جدول ۳.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های تمرین ۷-۱	۱۵۳
جدول ۴.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های تمرین ۷-۲	۱۵۴
جدول ۵.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های تمرین ۷-۳	۱۵۴
جدول ۶.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های تمرین ۷-۴	۱۵۵
جدول ۷.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های تمرین ۷-۵	۱۵۶
جدول ۸.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های تمرین ۷-۶	۱۵۶
جدول ۹.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های مسئله الف-۱ برای تسریع	۱۶۰
جدول ۱۰.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های مسئله الف-۲ برای تسریع	۱۶۰
جدول ۱۱.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۷-۱	۱۶۱
جدول ۱۲.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۷-۲	۱۶۱

جدول ۱۳.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۲-۷	۱۶۲
جدول ۱۴.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۴-۷	۱۶۲
جدول ۱۵.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۵-۷	۱۶۲
جدول ۱۶.۷	مشخصات زمانی و هزینه‌ای فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۶-۷	۱۶۳
جدول ۱.۸	اطلاعات فعالیت‌های پروژه مثال ۱-۸	۱۶۸
جدول ۲.۸	اطلاعات فعالیت‌های پروژه تمرین ۱-۸	۱۷۴
جدول ۳.۸	اطلاعات فعالیت‌های پروژه تمرین ۲-۸	۱۷۵
جدول ۴.۸	اطلاعات فعالیت‌های پروژه تمرین ۳-۸	۱۷۵
جدول ۵.۸	اطلاعات فعالیت‌های پروژه تمرین ۴-۸	۱۷۶
جدول ۶.۸	اطلاعات فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۱-۸	۱۸۰
جدول ۷.۸	اطلاعات فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۲-۸	۱۸۰
جدول ۸.۸	اطلاعات فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۳-۸	۱۸۱
جدول ۹.۸	اطلاعات فعالیت‌های پروژه مسئله تکمیلی ۴-۸	۱۸۱
جدول ۱.۹	مدت زمان فعالیت‌های یک پروژه ساده	۱۸۶
جدول ۲.۹	شناوری فعالیت‌ها	۱۸۸
جدول ۱.۱۰	جدول Z	۱۹۱
جدول ۲.۱۰	محاسبات PERT-داده‌های اولیه	۱۹۴
جدول ۳.۱۰	محاسبات PERT-فعالیت‌های بحرانی	۱۹۴
جدول ۴.۱۰	محاسبات PERT-تمرین ۱-۱۰	۱۹۶
جدول ۵.۱۰	محاسبات PERT-تمرین ۲-۱۰	۱۹۶
جدول ۶.۱۰	محاسبات PERT تمرین ۳-۱۰	۱۹۷
جدول ۷.۱۰	محاسبات PERT برای مسیر اول-تمرین ۴-۱۰	۱۹۷
جدول ۸.۱۰	محاسبات PERT برای مسیر دوم-تمرین ۴-۱۰	۱۹۸
جدول ۹.۱۰	مشخصات دو مسیر-تمرین ۵-۱۰	۱۹۸
جدول ۱۰.۱۰	پاسخ تمرین ۱-۱۰	۱۹۹
جدول ۱۱.۱۰	پاسخ تمرین ۲-۱۰	۱۹۹
جدول ۱۲.۱۰	پاسخ تمرین ۳-۱۰	۲۰۰
جدول ۱۳.۱۰	پاسخ تمرین ۴-۱۰-مسیر اول	۲۰۱
جدول ۱۴.۱۰	پاسخ تمرین ۴-۱۰-مسیر دوم	۲۰۱
جدول ۱۵.۱۰	اطلاعات لازم برای محاسبات پرت مسئله الف-۱	۲۰۴
جدول ۱۶.۱۰	محاسبات PERT-تکمیلی ۲-۱۰	۲۰۵
جدول ۱۷.۱۰	محاسبات PERT-تکمیلی ۲-۱۰	۲۰۵

جدول ۱۸.۱۰	محاسبات PERT-تکمیلی ۱-۳	۲۰۶
جدول ۱۹.۱۰	محاسبات PERT برای مسیر اول-تکمیلی ۱-۴	۲۰۶
جدول ۲۰.۱۰	محاسبات PERT برای مسیر دوم-تکمیلی ۱-۴	۲۰۷
جدول ۲۱.۱۰	مشخصات دو مسیر-تکمیلی ۱-۵	۲۰۷
جدول ۱.۱۱	مقادیر احتمالات	۲۱۱
جدول ۲.۱۱	داده‌های تاریخی-مثال ۱-۱۱	۲۱۲
جدول ۳.۱۱	اختصاص بازه‌های اعداد تصادفی-مثال ۱-۱۱	۲۱۳
جدول ۴.۱۱	اعداد تصادفی و مدت‌زمان‌های تخصیص‌یافته در دور اول-مثال ۱-۱۱	۲۱۳
جدول ۵.۱۱	نتایج برنامه SIM-مثال ۱-۱۱	۲۱۴
جدول ۶.۱۱	اطلاعات تاریخی از مدت‌زمان فعالیت‌ها-تمرین ۱-۲	۲۱۶
جدول ۷.۱۱	مدت‌زمان فعالیت‌ها با توجه به شماره توپ‌ها	۲۱۷
جدول ۸.۱۱	مدت‌زمان فعالیت با توجه به شماره توپ بیرون کشیده شده	۲۱۷
جدول ۹.۱۱	تخصیص زمانی برای تمرین ۱-۲	۲۱۸
جدول ۱۰.۱۱	اطلاعات تاریخی از مدت‌زمان فعالیت‌ها-پروژه (الف)	۲۱۹
جدول ۱۱.۱۱	اطلاعات تاریخی از مدت‌زمان فعالیت‌ها-مسئله تکمیلی ۱-۱۱	۲۲۰
جدول ۱۲.۱۱	اطلاعات تاریخی از مدت‌زمان فعالیت‌ها-مسئله تکمیلی ۱-۲	۲۲۰
جدول ۱.۱۳	جریان خروجی هزینه مستقیم برای زمان‌بندی‌های شروع زود و شروع دیر (۱۰۰ هزار ریال×)	۲۳۳
جدول ۲.۱۳	جریان خروجی روزانه هزینه مستقیم	۲۳۳
جدول ۳.۱۳	جریان خروجی هزینه مستقیم تجمعی	۲۳۳
جدول ۴.۱۳	نمونه‌ای از دسته‌ها برای فعالیت‌ها	۲۳۵
جدول ۵.۱۳	دسته‌بندی فعالیت‌ها-مثال ۱۳-۲	۲۳۷
جدول ۶.۱۳	محاسبات زمان‌بندی قراردادی-مثال ۱۳-۲	۲۳۷
جدول ۷.۱۳	وضعیت پروژه بعد از ۱۰ روز-مثال ۱۳-۲	۲۳۸
جدول ۸.۱۳	اطلاعات به‌دست‌آمده از داده‌های به‌روز شده-مثال ۱۳-۲	۲۳۸
جدول ۹.۱۳	نتایج شبیه‌سازی-مثال ۱۳-۲	۲۳۹
جدول ۱۰.۱۳	نتایج تحلیل حساسیت برای دسته SA	۲۴۰
جدول پ-۱:	برنامه PA	۲۴۳
جدول پ-۲:	برنامه IPA	۲۴۵
جدول پ-۳:	برنامه SS	۲۴۷
جدول پ-۴:	برنامه CPM-A	۲۵۰
جدول پ-۵:	برنامه CPM-N	۲۵۴

۲۵۸	جدول پ-۶: برنامه TPD
۲۶۲	جدول پ-۷: برنامه PERT
۲۷۲	جدول پ-۸: برنامه SIM

www.ketab.ir