
خلاصه تخصصی
کتاب برنامه‌ریزی و کنترل پروژه
Project Management, Planning and Control
نویسنده اثر اصلی: آلبرت لستر
Albert Lester
زمان‌بندی پروژه
مسیر بحرانی
کنترل پیشرفت
مدیریت منابع
هزینه و زمان
تلخیص و تدوین: مرتضی بهمنی
تهیه و انتشار: وب‌سایت تخصصی مهندسی صنایع بهمنی
وب‌سایت: www.bahmaniie.ir

فهرست بخش‌های اصلی

مقدمه: چرا برنامه‌ریزی و کنترل پروژه اهمیت دارد؟

بخش اول: مبانی و ساختار مدیریت پروژه

بخش دوم: تعریف محدوده و تدوین برنامه مبنا

بخش سوم: زمان‌بندی شبکه‌ای و تحلیل مسیر بحرانی

بخش چهارم: کنترل پیشرفت، هزینه و جریان نقدینگی

بخش پنجم: مدیریت ریسک، کیفیت و تغییرات

بخش ششم: قرارداد، منابع انسانی و حاکمیت پروژه

بخش هفتم: فناوری‌های نوین، تحویل و یادگیری

بخش هشتم: مطالعه موردی یکپارچه و نتیجه‌گیری

پیوست یک: اصطلاحات کلیدی: واژه‌نامه تخصصی برنامه‌ریزی و کنترل پروژه

پیوست دو: چک‌لیست کاربردی کنترل ماهانه پروژه



مقدمه: چرا برنامه‌ریزی و کنترل پروژه اهمیت دارد؟

پروژه‌ها برخلاف عملیات تکراری، برای تحقق نتیجه‌ای مشخص در زمانی محدود اجرا می‌شوند. احداث یک کارخانه، نصب خط تولید، راه‌اندازی سامانه انبارداری یا توسعه محصول جدید، هرکدام مجموعه‌ای از فعالیت‌های وابسته به هم، منابع محدود، ذی‌نفعان متفاوت و عدم قطعیت‌های فنی و اقتصادی دارند. به همین دلیل، موفقیت پروژه صرفاً به تلاش تیم اجرا وابسته نیست؛ بلکه به تعریف درست محدوده، زمان‌بندی واقع‌بینانه، تأمین منابع، کنترل هزینه، مدیریت تغییرات و تصمیم‌گیری به‌موقع نیاز دارد.

برنامه‌ریزی به این پرسش پاسخ می‌دهد که چه کاری، توسط چه کسی، با چه منابعی و در چه زمانی باید انجام شود. کنترل پروژه نیز وضعیت واقعی را با مبنای مصوب مقایسه می‌کند، دلایل انحراف را می‌شناسد و برای پیشگیری از پیامدهای آینده پیشنهاد اصلاحی ارائه می‌دهد. برنامه‌ای که صرفاً برای ارائه در جلسه تهیه شود و در عملیات استفاده نشود، ارزش مدیریتی محدودی دارد؛ همان‌طور که گزارش پیشرفت بدون امکان اقدام اصلاحی، فقط توصیف گذشته است.

در پروژه‌های صنعتی باید میان مدت، هزینه، کیفیت، ایمنی و تحقق منافع کسب‌وکار توازن برقرار کرد. کاهش شتاب‌زده زمان اجرا ممکن است با افزایش اضافه‌کاری، کاهش ایمنی یا افت کیفیت همراه شود. ازاین‌رو، مهندس برنامه‌ریزی و کنترل پروژه باید علاوه بر تسلط بر ابزارهای محاسباتی، آثار تصمیم‌ها بر کل پروژه را درک کند.

بخش اول: مبانی و ساختار مدیریت پروژه

۱. تعریف پروژه و تفاوت آن با عملیات جاری

پروژه فعالیتی موقت و هدفمند است که برای ایجاد محصول، خدمت یا نتیجه‌ای مشخص انجام می‌شود. موقت‌بودن به معنای کوتاه‌بودن مدت نیست؛ بلکه به معنای داشتن شروع و پایان قابل‌شناسایی است. پروژه معمولاً با عدم قطعیت بیشتری نسبت به عملیات تکراری مواجه می‌شود، زیرا ممکن است طراحی، شرایط محیطی، پیمانکاران یا الزامات کارفرما در آن یکتا باشند.

عملیات جاری تکرارشونده است؛ برای نمونه تولید روزانه هزار قطعه در کارخانه عملیاتی مستمر است، اما طراحی و نصب دستگاهی که ظرفیت تولید را افزایش دهد، پروژه محسوب می‌شود. مرزبندی روشن میان پروژه و بهره‌برداری کمک می‌کند مسئولیت‌ها، بودجه و معیارهای خاتمه کار تعیین شوند.

مثال ملموس و کاربردی: یک کارخانه قصد دارد دستگاه بسته‌بندی جدیدی نصب کند. خرید، زیرسازی، حمل، نصب، آزمون و تحویل دستگاه، پروژه‌ای با تاریخ پایان مشخص است؛ اما استفاده روزانه از دستگاه پس از تحویل، بخشی از عملیات جاری کارخانه خواهد بود.

نکته مدیریتی: پیش از زمان‌بندی، باید خروجی نهایی پروژه و شرایط پذیرش آن روشن شود.

۲. مدیریت پروژه، برنامه و سبد پروژه‌ها

مدیریت پروژه بر تحقق خروجی مشخص در چارچوب محدوده، زمان، هزینه و کیفیت متمرکز است. مدیریت برنامه (Programme Management) مجموعه‌ای از پروژه‌های مرتبط را به‌صورت هماهنگ هدایت می‌کند تا منافعی به دست آید که مدیریت جداگانه آن‌ها ممکن است ایجاد نکند. مدیریت سبد پروژه‌ها (Portfolio Management) نیز انتخاب، اولویت‌بندی و توازن پروژه‌ها و برنامه‌ها را با توجه به راهبرد و ظرفیت سرمایه‌گذاری سازمان پیگیری می‌کند.

نباید هر مجموعه‌ای از پروژه‌ها را لزوماً برنامه نامید. ارتباط میان پروژه‌ها و تحقق منافع مشترک، ویژگی اساسی یک برنامه است. همچنین موفق‌بودن تک‌تک پروژه‌ها تضمین نمی‌کند سرمایه‌گذاری‌های سازمان در مجموع بهترین نتیجه را داشته باشند.

مثال ملموس و کاربردی: یک شرکت صنعتی هم‌زمان پروژه توسعه سالن، نصب خط رنگ و آموزش نیروها را اجرا می‌کند. این سه پروژه می‌توانند زیر چتر برنامه افزایش ظرفیت باشند؛ درحالی‌که مدیریت سبد پروژه‌ها تصمیم می‌گیرد این برنامه نسبت به نوسازی نیروگاه یا توسعه محصول جدید چه اولویتی دارد.

نکته مدیریتی: انتخاب پروژه درست به‌اندازه اجرای درست پروژه اهمیت دارد.

۳. توجیه اقتصادی و پرونده کسب‌وکار پروژه (Business Case)

پیش از تصویب پروژه باید روشن شود چرا اجرای آن برای سازمان ضرورت دارد. پرونده کسب‌وکار شامل تعریف مسئله یا فرصت، گزینه‌های ممکن، منافع موردانتظار، هزینه‌های چرخه عمر، ریسک‌های اصلی و شاخص‌های تصمیم‌گیری است. گاهی بهترین تصمیم، اجرای پروژه نیست؛ بلکه اصلاح فرایند موجود یا تعویق سرمایه‌گذاری است.

در ارزیابی مالی می‌توان از دوره بازگشت سرمایه، ارزش فعلی خالص (NPV)، نرخ بازده داخلی و نسبت منافع به هزینه استفاده کرد. این شاخص‌ها باید با فرض‌های شفاف درباره تورم، نرخ تنزیل، زمان تحقق منافع و هزینه‌های بهره‌برداری همراه باشند. تصمیم مالی صرفاً بر مبنای قیمت خرید اولیه، ممکن است هزینه‌های نگهداری و مصرف انرژی را نادیده بگیرد.

مثال ملموس و کاربردی: کارخانه میان خرید یک ماشین ارزان‌تر با مصرف برق بالا و یک ماشین گران‌تر اما کم‌مصرف انتخاب می‌کند. مقایسه هزینه چرخه عمر، هزینه تعمیرات، زمان توقف و درآمد ناشی از ظرفیت جدید می‌تواند نشان دهد گزینه گران‌تر در بلندمدت اقتصادی‌تر است.

نکته مدیریتی: برنامه‌ریزی عملیاتی زمانی ارزش دارد که اصل سرمایه‌گذاری از نظر فنی و اقتصادی توجیه شده باشد.

۴. ذی‌نفعان و معیارهای موفقیت پروژه

ذی‌نفع هر فرد یا نهادی است که بر پروژه اثر می‌گذارد یا از نتایج آن تأثیر می‌پذیرد. کارفرما، بهره‌بردار، پیمانکار، کارکنان، تأمین‌کنندگان، نهادهای نظارتی و ساکنان اطراف پروژه ممکن است انتظارات متفاوتی داشته باشند. شناسایی ذی‌نفعان باید در آغاز پروژه انجام و با تغییر شرایط به‌روزرسانی شود.

موفقیت پروژه صرفاً با اتمام در موعد و بودجه اولیه سنجیده نمی‌شود. تحویل محصولی که مشخصات فنی را رعایت کند اما توسط بهره‌بردار قابل‌استفاده نباشد، موفقیت محدودی دارد. شاخص‌های موفقیت می‌توانند زمان راه‌اندازی، ظرفیت قابل‌تحقق، سطح ایمنی، کیفیت، رضایت بهره‌بردار و تحقق منافع مصوب باشند.

مثال ملموس و کاربردی: پیمانکار خط تولید را طبق نقشه تحویل می‌دهد، اما تیم بهره‌برداری آموزش کافی ندیده و نرخ خرابی اولیه بالاست. تعریف «پذیرش عملکردی» و آموزش عملیاتی به‌عنوان معیار تحویل، از این تعارض پیشگیری می‌کند.

نکته مدیریتی: معیار پذیرش پروژه باید قبل از اجرا توافق شود؛ نه هنگام تحویل نهایی.

۵. ساختار سازمانی و نقش‌های پروژه

ساختار سازمانی پروژه می‌تواند وظیفه‌ای، ماتریسی یا پروژه‌محور باشد. در ساختار وظیفه‌ای، کارکنان عمدتاً تابع مدیران تخصصی‌اند؛ در ساختار پروژه‌محور، اختیار بیشتری نزد مدیر پروژه قرار می‌گیرد؛ و در ساختار ماتریسی، مسئولیت میان مدیران وظیفه‌ای و پروژه تقسیم می‌شود.

نبود شفافیت در اختیار تصمیم‌گیری می‌تواند باعث تعارض اولویت‌ها و تأخیر شود. مدیر پروژه باید مسئول هماهنگی محدوده، برنامه، هزینه، ریسک و ارتباطات باشد؛ اما اختیارات او درباره بودجه، قرارداد و منابع باید به‌صراحت تعریف شوند. ماتریس مسئولیت‌پذیری RACI ابزاری ساده برای مشخص‌کردن مجری، پاسخ‌گو، مشاور و مطلع هر فعالیت است.

مثال ملموس و کاربردی: مهندس برق هم در تولید روزانه کارخانه مسئولیت دارد و هم برای پروژه توسعه خط تعیین شده است. اگر تخصیص ساعات او با مدیر تولید توافق نشده باشد، برنامه پروژه روی کاغذ قابل‌اجرا به نظر می‌رسد ولی در عمل تأخیر خواهد داشت.

نکته مدیریتی: مسئولیت بدون اختیار و اختیار بدون پاسخ‌گویی، هر دو برای پروژه آسیب‌زا هستند.

۶. چرخه عمر پروژه و نقاط تصمیم‌گیری

چرخه عمر پروژه مجموعه مراحل آغاز، تعریف و طراحی، برنامه‌ریزی تفصیلی، اجرا، راه‌اندازی و خاتمه است. این مراحل در صنایع مختلف ممکن است هم‌پوشانی داشته باشند و الزاماً خطی اجرا نشوند. در پروژه‌های مهندسی، نقاط تصمیم‌گیری یا Stage Gates برای تصویب ادامه کار پس از بررسی مدارک، هزینه، ریسک و آمادگی فنی اهمیت دارند.

شروع زودهنگام عملیات اجرایی پیش از تکمیل طراحی ممکن است زمان ظاهری شروع را کوتاه کند، اما احتمال دوباره‌کاری و تغییرات پرهزینه را افزایش دهد. در مقابل، طولانی‌کردن بیش از حد مرحله مطالعه نیز ممکن است فرصت تجاری پروژه را از بین ببرد؛ بنابراین عمق بررسی باید متناسب با پیچیدگی و ریسک باشد.

مثال ملموس و کاربردی: کارفرما تصویب خرید ماشین‌آلات اصلی را منوط به تأیید چیدمان، بار الکتریکی، مشخصات فونداسیون و ظرفیت سیستم تهویه می‌کند تا پس از ورود تجهیزات با تغییرات اساسی روبه‌رو نشود.

نکته مدیریتی: دروازه‌های تصمیم‌گیری باید نقاط کنترل کیفیت تصمیم باشند، نه صرفاً تشریفات اداری.

بخش دوم: تعریف محدوده و تدوین برنامه مبنا

۷. تعریف محدوده و تحویل‌دادنی‌های پروژه

محدوده پروژه مشخص می‌کند چه کارهایی باید انجام شوند و چه کارهایی خارج از تعهد پروژه قرار دارند. لازم است میان محدوده محصول، یعنی ویژگی‌های نتیجه نهایی، و محدوده پروژه، یعنی فعالیت‌های لازم برای تحویل آن، تمایز قائل شد. ابهام در محدوده یکی از عوامل اصلی اختلاف قراردادی و رشد تدریجی کارهاست.

تعریف محدوده باید شامل تحویل‌دادنی‌ها، مرزهای کاری، مفروضات، محدودیت‌ها و معیارهای پذیرش باشد. درخواست‌های جدید کارفرما زمانی باید وارد برنامه شوند که آثار آن‌ها بر هزینه، مدت و منابع بررسی شده باشد. افزودن فعالیت بدون تصویب تغییر، خط مبنای پروژه را بی‌اعتبار می‌کند.

مثال ملموس و کاربردی: قرارداد نصب خط رنگ شامل تجهیزات مکانیکی و راه‌اندازی اولیه است، اما کارفرما در میانه اجرا درخواست اتصال به سامانه جدید گزارش‌دهی می‌دهد. تیم پروژه پیش از اجرا باید مشخص کند این درخواست بخشی از تعهد اولیه است یا تغییر محدوده محسوب می‌شود.

نکته مدیریتی: هرچه تعریف محدوده روشن‌تر باشد، کنترل تغییرات و رسیدگی به اختلافات ساده‌تر خواهد بود.

۸. ساختار شکست کار (Work Breakdown Structure – WBS)

ساختار شکست کار، کل محدوده مصوب پروژه را به اجزای کوچک‌تر و قابل‌مدیریت تقسیم می‌کند. منطق صحیح WBS بر مبنای تحویل‌دادنی‌هاست، نه صرفاً فهرست واحدهای سازمانی یا توالی زمانی فعالیت‌ها. در پایین‌ترین سطوح مناسب، بسته‌های کاری تعریف می‌شوند که بتوان برای آن‌ها مسئول، بودجه، مدت و معیار پیشرفت مشخص کرد.

قاعده پوشش صددرصدی بیان می‌کند مجموعه اجزای WBS باید کل محدوده مصوب و فقط همان محدوده را در بر گیرد. شکست بیش از حد جزئی، گزارش‌دهی را سنگین می‌کند و شکست بسیار کلی، امکان کنترل دقیق را از بین می‌برد. پس از تصویب WBS، فعالیت‌های اجرایی و روابط پیش‌نیازی در برنامه زمان‌بندی تعریف می‌شوند.

مثال ملموس و کاربردی: برای پروژه احداث انبار مکانیزه، WBS شامل طراحی، عملیات ساختمانی، قفسه‌بندی، تجهیزات حمل، سیستم کنترل، آزمون و تحویل است. هر بخش به بسته‌های قابل‌اندازه‌گیری مانند نصب ریل‌ها یا آزمون سامانه کنترل تقسیم می‌شود.

نکته مدیریتی: WBS مبنای مشترک محدوده، برآورد، بودجه‌بندی و گزارش پیشرفت پروژه است.

۹. برآورد مدت، منابع و هزینه فعالیت‌ها

برآورد باید براساس مقدار کار، بهره‌وری منابع، محدودیت‌های اجرایی و شواهد پروژه‌های مشابه انجام شود. روش‌های رایج شامل قضاوت کارشناسی، برآورد قیاسی، برآورد پارامتریک و برآورد جزءبه‌جزء هستند. دقت برآورد با کامل‌ترشدن طراحی و شناخت محدودیت‌ها افزایش می‌یابد.

برای نمونه اگر اجرای یک فعالیت ۶۰۰ نفرساعت کار لازم داشته باشد و تیمی ۵ نفره روزانه ۶ ساعت مفید کار کند، مدت نظری آن ۲۰ روز کاری است؛ البته دسترسی به محل، مجوزها، تعطیلی‌ها و وابستگی‌ها ممکن است مدت واقعی را بیشتر کنند. باید بین «نفرساعت کار» و «مدت تقویمی» تفاوت قائل شد.

مثال ملموس و کاربردی: نصب ۱۲۰۰ متر کابل با نرخ اجرایی ۱۵۰ متر در روز، از نظر مقدار کار به ۸ روز نیاز دارد؛ ولی به‌دلیل محدودیت خاموشی شبکه و تحویل مرحله‌ای مسیرها، ممکن است در برنامه ۱۲ روز تقویمی در نظر گرفته شود.

نکته مدیریتی: برآورد قابل‌اتکا باید همراه با فرض‌ها و دامنه عدم قطعیت ارائه شود.

۱۰. برنامه مدیریت پروژه و مبانی کنترل

برنامه مدیریت پروژه (Project Management Plan) مجموعه‌ای هماهنگ از روش‌ها و قواعد هدایت و کنترل پروژه است. این برنامه باید معلوم کند محدوده چگونه کنترل می‌شود، برنامه زمان‌بندی چگونه تصویب و به‌روزرسانی می‌گردد، بودجه چگونه گزارش می‌شود و چه کسی اختیار تصویب تغییرات دارد.

خط مبنای محدوده، زمان و هزینه مبنای سنجش انحراف‌اند. برنامه جاری یا Forecast ممکن است متناسب با آخرین اطلاعات اصلاح شود، اما تغییر آن نباید بدون ثبت و مجوز به معنای بازنویسی تاریخچه عملکرد باشد. تمایز میان Baseline، برنامه به‌روز و پیش‌بینی نهایی برای گزارش‌دهی معتبر ضروری است.

مثال ملموس و کاربردی: پیمانکار پس از تأخیر خرید تجهیزات، تاریخ‌های برنامه را به‌گونه‌ای جابه‌جا می‌کند که تأخیر دیده نشود. با نگهداری خط مبنای مصوب و برنامه به‌روزشده در دو نسخه، کارفرما هم میزان انحراف را می‌بیند و هم تاریخ محتمل تحویل را.

نکته مدیریتی: بدون خط مبنای قابل‌ردیابی، کنترل پروژه به گزارش وضعیت تبدیل می‌شود و امکان ارزیابی عملکرد کاهش می‌یابد.

بخش سوم: زمان‌بندی شبکه‌ای و تحلیل مسیر بحرانی

۱۱. اصول شبکه فعالیت‌ها و منطق پیش‌نیازی

برنامه زمان‌بندی تنها فهرستی از تاریخ‌ها نیست؛ بلکه باید روابط منطقی فعالیت‌ها را نشان دهد. در شبکه‌های فعالیت روی گره (AON)، هر فعالیت با مدت مشخص نمایش داده می‌شود و روابطی مانند پایان‌به‌شروع (FS)، شروع‌به‌شروع (SS)، پایان‌به‌پایان (FF) و شروع‌به‌پایان (SF) می‌توانند وابستگی‌ها را بیان کنند.

رابطه منطقی باید از ضرورت فنی، محدودیت منابع یا الزام قراردادی ناشی شود. استفاده بی‌دلیل از محدودیت‌های تاریخ ثابت و پیوندهای مصنوعی می‌تواند مسیر بحرانی را مخدوش کند. تأخیر یا تقدم زمانی (Lag/Lead) نیز باید با منطق اجرایی مستند همراه باشد؛ به‌ویژه زمانی که امکان هم‌پوشانی فعالیت‌ها وجود دارد.

مثال ملموس و کاربردی: نصب دستگاه پس از تکمیل فونداسیون آغاز می‌شود، اما ساخت تابلو برق می‌تواند هم‌زمان با عملیات ساختمانی انجام گیرد. اگر همه فعالیت‌ها به‌صورت پشت‌سرهم تعریف شوند، مدت پروژه به‌طور غیرواقعی طولانی خواهد شد.

نکته مدیریتی: کیفیت شبکه به درستی منطق روابط وابسته است، نه به تعداد فعالیت‌های ثبت‌شده.

۱۲. مسیر بحرانی (Critical Path Method – CPM)

روش مسیر بحرانی برای شناخت کمترین مدت نظری تکمیل پروژه و شناسایی فعالیت‌هایی به کار می‌رود که تأخیر آن‌ها می‌تواند تاریخ پایان را جابه‌جا کند. مسیر بحرانی معمولاً بلندترین مسیر زمانی در شبکه وابستگی‌هاست؛ اما در برنامه‌های دارای تقویم، محدودیت‌های خاص و چند پایان، تحلیل باید دقیق‌تر انجام شود.

برای هر فعالیت، شروع زودترین (ES) و پایان زودترین (EF) با عبور روبه‌جلو محاسبه می‌شود. شروع دیرترین (LS) و پایان دیرترین (LF) از عبور روبه‌عقب به دست می‌آیند. فعالیتی با شناوری کل صفر در یک شبکه ساده و فاقد محدودیت زمانی اضافی، بحرانی است.

مثال ملموس و کاربردی: در پروژه نصب خط، اگر دیرکرد در تحویل ماشین اصلی مستقیماً راه‌اندازی را عقب بیندازد، خرید و نصب آن ممکن است در مسیر بحرانی قرار بگیرد؛ درحالی‌که تکمیل زودتر آموزش کارکنان فقط بخشی از شناوری آن فعالیت را مصرف می‌کند.

نکته مدیریتی: تمرکز مدیریت باید بر فعالیت‌هایی باشد که واقعاً تاریخ اتمام را تهدید می‌کنند، نه صرفاً فعالیت‌های پرهزینه یا پرحجم.

۱۳. مثال عددی کامل محاسبه مسیر بحرانی

فرض کنید پروژه‌ای دارای پنج فعالیت باشد: A با مدت ۴ روز و بدون پیش‌نیاز، B با مدت ۳ روز و بدون پیش‌نیاز، C با مدت ۵ روز پس از A، D با مدت ۶ روز پس از هر دو فعالیت A و B، و E با مدت ۲ روز پس از C و D. مبنای زمان، ابتدای روز صفر است و همه فعالیت‌ها تقویم یکسان دارند.

در عبور روبه‌جلو، فعالیت A در روز صفر آغاز و در روز ۴ تمام می‌شود؛ B در روز صفر آغاز و روز ۳ تمام می‌شود؛ C از روز ۴ تا ۹ اجرا می‌شود؛ D به‌دلیل انتظار برای اتمام هر دو پیش‌نیاز، از روز ۴ تا ۱۰ ادامه دارد؛ و E از روز ۱۰ تا ۱۲ اجرا می‌شود. بنابراین مدت نظری پروژه ۱۲ روز است.

در عبور روبه‌عقب، E باید حداکثر در روز ۱۰ آغاز شود. D باید در روز ۱۰ تمام شود و از روز ۴ آغاز گردد. C می‌تواند حداکثر روز ۵ شروع شود و در روز ۱۰ پایان یابد. بنابراین مسیر A–D–E با مجموع ۴+۶+۲ برابر با ۱۲ روز، مسیر بحرانی است. فعالیت‌های B و C در این مثال هرکدام یک روز شناوری کل دارند.

مثال ملموس و کاربردی: اگر تحویل قطعه‌ای در فعالیت D دو روز عقب بیفتد و اقدام جبرانی انجام نشود، تاریخ تحویل پروژه از روز ۱۲ به روز ۱۴ منتقل می‌شود؛ ولی یک روز تأخیر در C تا سقف شناوری آن ممکن است پایان پروژه را تغییر ندهد.

نکته مدیریتی: شناوری، زمان ذخیره مشترک شبکه است و نباید بدون هماهنگی به‌صورت بی‌ضابطه مصرف شود.

۱۴. شناوری کل، شناوری آزاد و تفسیر آن‌ها

شناوری کل (Total Float) بیشترین مقدار تأخیری است که یک فعالیت در شرایط مشخص شبکه می‌تواند بدون جابه‌جایی تاریخ پایان پروژه یا محدودیت تعیین‌شده تحمل کند. در شبکه ساده، $TF = LS - ES$ یا $TF = LF - EF$ است. شناوری آزاد (Free Float) مقدار تأخیری است که پایان زودترین فعالیت را بدون عقب‌انداختن شروع زودترین جانشین مستقیم آن جابه‌جا می‌کند.

شناوری وابسته به ساختار شبکه و فرض‌های زمان‌بندی است؛ ویژگی ثابت و مستقل یک فعالیت نیست. مصرف شناوری یک فعالیت ممکن است توان انعطاف فعالیت دیگری را کاهش دهد. همچنین شناوری منفی معمولاً علامت وجود موعد اجباری یا محدودیت ناسازگار با برنامه محاسبه‌شده است، نه «زمان اضافی منفی» به معنای معمول.

مثال ملموس و کاربردی: عملیات محوطه‌سازی می‌تواند تا سه روز تأخیر داشته باشد بدون آنکه تحویل کارخانه عقب بیفتد. اگر پیمانکار تمام این شناوری را صرف کند، دیگر حاشیه‌ای برای خرابی ماشین‌آلات محوطه‌سازی باقی نمی‌ماند.

نکته مدیریتی: گزارش پروژه باید تغییرات شناوری فعالیت‌های حساس را نیز نشان دهد، نه فقط تاریخ پایان را.

۱۵. برآورد سه‌نقطه‌ای و روش PERT

در فعالیت‌هایی که مدت آن‌ها به‌طور دقیق معلوم نیست، می‌توان به‌جای یک عدد قطعی از برآورد خوش‌بینانه (O)، محتمل‌ترین مدت (M) و بدبینانه (P) استفاده کرد. در تقریب متداول PERT، زمان موردانتظار برابر با $(O+4M+P)/6$ و واریانس تقریبی برابر با $((P-O)/6)^2$ به توان دو است.

این روش کمک می‌کند درباره عدم قطعیت زمان صحبت شود، اما فرض‌های آماری آن باید در نظر گرفته شوند. جمع‌کردن ساده میانگین‌ها، اثر تغییر مسیر بحرانی و وابستگی ریسک‌های مشترک میان فعالیت‌ها را همیشه به‌درستی منعکس نمی‌کند. برای پروژه‌های پیچیده، شبیه‌سازی مونت‌کارلو یا تحلیل سناریو می‌تواند مکمل مناسب‌تری باشد.

مثال عددی: اگر مدت خرید یک تجهیز در حالت خوش‌بینانه ۴ هفته، محتمل‌ترین ۷ هفته و بدبینانه ۱۶ هفته باشد، زمان موردانتظار برابر با $(4+28+16)/6 = 8$ هفته است. واریانس تقریبی ۴ هفته مربع و انحراف معیار ۲ هفته خواهد بود.

نکته مدیریتی: تاریخ وعده داده‌شده باید متناسب با احتمال دستیابی به آن انتخاب شود؛ نه صرفاً برابر با میانگین مدت موردانتظار.

۱۶. نمودار گانت، نقاط عطف و توازن خطوط تولید

نمودار گانت (Gantt Chart) فعالیت‌ها را بر محور زمان نمایش می‌دهد و برای ارتباط ساده با ذی‌نفعان بسیار مفید است. بااین‌حال، نمودار گانت بدون شبکه منطقی معتبر ممکن است تنها تصویری زیبا از تاریخ‌های دلخواه باشد. نقاط عطف (Milestones) رویدادهای مهمی مانند تصویب طراحی، تحویل تجهیز یا آغاز بهره‌برداری‌اند و معمولاً مدت صفر دارند.

در پروژه‌های تکراری، مانند اجرای طبقات مشابه ساختمان یا نصب تجهیزات یکسان در چند سایت، روش خط توازن (Line of Balance) به بررسی آهنگ پیشرفت گروه‌های کاری کمک می‌کند. هدف این است که گروه‌ها بدون تداخل، توقف غیرضروری یا انباشت کار پیش بروند.

مثال ملموس و کاربردی: پروژه نصب ۲۰ ایستگاه مشابه در یک انبار، به چند گروه مکانیک، برق و ابزار دقیق تقسیم می‌شود. نمودار توازن نشان می‌دهد تیم برق نباید آن‌قدر به تیم مکانیک نزدیک شود که به‌دلیل آماده‌نبودن محل متوقف بماند.

نکته مدیریتی: برای گزارش مدیریتی از گانت ساده استفاده کنید، اما تصمیم‌های اجرایی را بر پایه شبکه معتبر و ظرفیت واقعی اتخاذ کنید.

۱۷. زمان‌بندی منابع و هموارسازی بار کاری

حتی اگر شبکه فعالیت‌ها از نظر منطقی صحیح باشد، اجرای هم‌زمان همه فعالیت‌های مجاز ممکن است به منابعی بیش از ظرفیت واقعی نیاز داشته باشد. بارگذاری منابع (Resource Loading) تعداد نیروی انسانی، تجهیزات یا ماشین‌آلات موردنیاز در هر دوره را مشخص می‌کند. هموارسازی منابع (Resource Leveling) زمان فعالیت‌ها را متناسب با محدودیت واقعی منابع تغییر می‌دهد و ممکن است تاریخ پایان پروژه را عقب ببرد.

صاف‌سازی منابع (Resource Smoothing) در مقابل، تلاش می‌کند نوسانات مصرف منابع را در محدوده شناوری‌های مجاز کاهش دهد، بدون آنکه تاریخ پایان یا محدودیت‌های کلیدی تغییر کند. نباید این دو مفهوم را به‌جای یکدیگر به کار برد.

مثال ملموس و کاربردی: برنامه نصب سه دستگاه هم‌زمان به شش تکنسین برق نیاز دارد، درحالی‌که تنها چهار تکنسین موجود است. تیم برنامه‌ریزی توالی نصب را بازنگری می‌کند یا برای دو نفر نیروی موقت هزینه و آثار زمانی را محاسبه می‌کند.

نکته مدیریتی: برنامه‌ای که محدودیت منابع در آن بررسی نشده باشد، ممکن است از نظر شبکه درست ولی از نظر اجرا غیرواقعی باشد.

۱۸. کوتاه‌سازی مدت پروژه و تحلیل هزینه–زمان

اگر پروژه با تأخیر مواجه شود یا کارفرما موعد تحویل را جلو بیندازد، می‌توان روش‌های فشرده‌سازی زمان را بررسی کرد. روش Crashing با افزایش منابع، اضافه‌کاری یا فناوری سریع‌تر، مدت برخی فعالیت‌ها را کوتاه می‌کند و معمولاً هزینه مستقیم را افزایش می‌دهد. روش Fast Tracking با هم‌پوشانی فعالیت‌هایی که قبلاً متوالی بودند، زمان را کاهش می‌دهد اما خطر دوباره‌کاری و تداخل را بیشتر می‌کند.

فشرده‌سازی باید ابتدا روی فعالیت‌های مسیر بحرانی بررسی شود. کوتاه‌کردن فعالیتی با شناوری کافی ممکن است هیچ تأثیری بر تاریخ پایان نداشته باشد. همچنین پس از کاهش مدت یک مسیر، امکان بحرانی‌شدن مسیر دیگری وجود دارد؛ بنابراین شبکه باید دوباره محاسبه شود.

مثال ملموس و کاربردی: افزایش یک گروه جوشکاری مدت نصب سازه را از ۱۲ به ۹ روز کاهش می‌دهد و هزینه آن ۹۰ میلیون تومان بیشتر می‌شود. اگر هر روز تأخیر پروژه ۵۰ میلیون تومان هزینه داشته باشد، این افزایش هزینه ممکن است توجیه‌پذیر باشد؛ مشروط به آنکه نصب سازه در مسیر بحرانی باقی بماند.

نکته مدیریتی: سریع‌ترشدن یک فعالیت زمانی ارزش دارد که موجب بهبود نتیجه کل پروژه شود.

۱۹. نرم‌افزارهای زمان‌بندی و Primavera P۶

نرم‌افزارهایی مانند Primavera P۶ و Microsoft Project می‌توانند ساختار شکست کار، تقویم‌ها، روابط فعالیت‌ها، منابع، خط مبنا، به‌روزرسانی و گزارش‌های پروژه را مدیریت کنند. اما نرم‌افزار به‌جای کارشناس، منطق درست پروژه را تعیین نمی‌کند. شبکه دارای پیش‌نیازهای نامعتبر یا مدت‌های حدسی، حتی در پیشرفته‌ترین نرم‌افزار نیز خروجی قابل‌اتکا نخواهد داشت.

در پیاده‌سازی P۶، ایجاد WBS مناسب، تعریف تقویم‌ها، تنظیم روابط، بررسی فعالیت‌های بدون پیش‌نیاز یا جانشین، کنترل قیود غیرضروری و ثبت دوره‌ای پیشرفت اهمیت دارد. استفاده از کد فعالیت، دسته‌بندی مسئولیت‌ها و ثبت نسخه‌های Baseline نیز امکان تحلیل معتبر را افزایش می‌دهد.

مثال ملموس و کاربردی: پروژه احداث واحد تولید در نرم‌افزار زمان‌بندی شده، اما بخشی از خریدها بدون ارتباط با فعالیت‌های نصب ثبت شده‌اند. بازبینی منطق شبکه نشان می‌دهد تأخیر خرید در مسیر بحرانی دیده نمی‌شود. پس از اصلاح روابط، تاریخ تکمیل واقعی‌تر برآورد می‌شود.

نکته مدیریتی: مهم‌ترین خروجی نرم‌افزار، فهم بهتر تصمیم‌ها و پیامدهای آن‌هاست؛ نه تعداد صفحات گزارش.

بخش چهارم: کنترل پیشرفت، هزینه و جریان نقدینگی

۲۰. برنامه مبنا، تاریخ وضعیت و به‌روزرسانی

کنترل پروژه در هر دوره گزارش‌دهی به تاریخ وضعیت (Data Date / Status Date) مشخص نیاز دارد. میزان پیشرفت واقعی تا آن تاریخ باید ثبت شود و فعالیت‌های باقی‌مانده براساس اطلاعات جدید پیش‌بینی شوند. برای حفظ قابلیت مقایسه، تاریخ گزارش، معیار سنجش پیشرفت و نسخه خط مبنا باید روشن باشند.

ممکن است پروژه در یک ماه فعالیت‌های زیادی انجام داده باشد اما به‌دلیل تمرکز بر کارهای غیربحرانی، تاریخ پایان بهبود نیابد. بنابراین گزارش باید هم درصد پیشرفت و هم وضعیت مسیر بحرانی، تحویل‌های کلیدی، تأخیرهای تأمین و ریسک‌های آینده را نشان دهد.

مثال ملموس و کاربردی: در پایان ماه سوم، پیشرفت کل پروژه ۴۵ درصد اعلام می‌شود، اما تحویل تجهیز اصلی دو هفته دیرتر از موعد پیش‌بینی شده است. کنترل پروژه باید پیامد این تأخیر را بر راه‌اندازی و راهکارهای جبرانی را گزارش کند؛ نه آنکه فقط درصد ۴۵ را ارائه دهد.

نکته مدیریتی: گزارش پیشرفت باید تصویری از آینده محتمل پروژه نیز نشان دهد.

۲۱. روش‌های اندازه‌گیری پیشرفت فیزیکی

پیشرفت فیزیکی باید براساس تحقق کار قابل‌مشاهده و معیارهای توافق‌شده سنجیده شود، نه صرفاً گذشت زمان یا میزان پول خرج‌شده. روش‌های رایج شامل اندازه‌گیری مقدار اجراشده، نقاط عطف وزن‌دار، قواعد درصد ثابت مانند ۰/۱۰۰ یا ۵۰/۵۰ و قضاوت کارشناسی مستند هستند.

انتخاب روش به ماهیت فعالیت بستگی دارد. برای بتن‌ریزی می‌توان حجم اجراشده را اندازه گرفت؛ برای طراحی مهندسی، تحویل مدارک مصوب مناسب‌تر است؛ و برای ساخت تجهیز سفارشی، پیشرفت مراحل طراحی، ساخت، آزمون و حمل باید جداگانه تعریف شود. درصد پیشرفت باید با WBS و بودجه وزنی هر بسته کاری سازگار باشد.

مثال ملموس و کاربردی: پیمانکار اعلام می‌کند فعالیت خرید موتور ۸۰ درصد پیشرفت کرده، زیرا ۸۰ درصد مبلغ آن پرداخت شده است. اما اگر فقط سفارش ثبت شده و آزمون کارخانه‌ای هنوز انجام نشده، این معیار لزوماً نشان‌دهنده ۸۰ درصد پیشرفت فیزیکی نیست.

نکته مدیریتی: پرداخت مالی، صرف هزینه و پیشرفت فیزیکی سه مفهوم متفاوت‌اند و باید جداگانه گزارش شوند.

۲۲. ارزش کسب‌شده (Earned Value Management – EVM)

مدیریت ارزش کسب‌شده روشی برای مقایسه یکپارچه برنامه، ارزش کار انجام‌شده و هزینه واقعی است. سه متغیر اصلی آن عبارت‌اند از ارزش برنامه‌ای (PV)، یعنی بودجه مصوب کار برنامه‌ریزی‌شده تا تاریخ وضعیت؛ ارزش کسب‌شده (EV)، یعنی بودجه متناظر با کار واقعاً انجام‌شده؛ و هزینه واقعی (AC)، یعنی هزینه تحقق‌یافته برای کار انجام‌شده.

انحراف زمان‌بندی در مقیاس ارزش برابر SV = EV − PV و انحراف هزینه CV = EV − AC است. شاخص عملکرد زمان‌بندی SPI = EV / PV و شاخص عملکرد هزینه CPI = EV / AC هستند. مقادیر کمتر از یک معمولاً هشدار عقب‌ماندگی از برنامه یا ناکارایی هزینه را نشان می‌دهند. این شاخص‌ها به‌تنهایی زمان تأخیر را بر حسب روز یا هفته بیان نمی‌کنند.

مثال ملموس و کاربردی: در پروژه‌ای که طبق برنامه باید تا امروز ۴ میلیارد تومان کار انجام می‌شد، ارزش کار انجام‌شده ۳٫۲ میلیارد و هزینه واقعی ۳٫۸ میلیارد تومان است. SV برابر منفی ۰٫۸ و CV برابر منفی ۰٫۶ میلیارد تومان می‌شود؛ یعنی پروژه هم از برنامه عقب است و هم برای کار تحقق‌یافته بیش از بودجه متناظر هزینه کرده است.

نکته مدیریتی: ارزش کسب‌شده تنها زمانی معتبر است که بودجه‌بندی بسته‌های کاری و اندازه‌گیری پیشرفت واقعی قابل‌اعتماد باشد.

۲۳. مثال عددی شاخص‌های هزینه و زمان و پیش‌بینی پایان

فرض کنید بودجه مصوب تکمیل پروژه (BAC) برابر ۱۰ میلیارد تومان باشد. در تاریخ گزارش، PV برابر ۴ میلیارد، EV برابر ۳٫۲ میلیارد و AC برابر ۳٫۸ میلیارد تومان است. آنگاه شاخص عملکرد زمان‌بندی SPI = ۳٫۲ / ۴ = ۰٫۸ خواهد بود و شاخص عملکرد هزینه CPI = ۳٫۲ / ۳٫۸ ≈ ۰٫۸۴۲ می‌شود.

انحراف هزینه CV = ۳٫۲ − ۳٫۸ = منفی ۰٫۶ میلیارد تومان و انحراف زمان‌بندی SV = ۳٫۲ − ۴ = منفی ۰٫۸ میلیارد تومان است. اگر فرض کنیم ناکارایی هزینه در باقیمانده پروژه با همین روند ادامه می‌یابد، برآورد هزینه نهایی EAC = BAC / CPI ≈ ۱۱٫۸۷۵ میلیارد تومان خواهد بود. اختلاف پیش‌بینی پایان VAC = BAC − EAC ≈ منفی ۱٫۸۷۵ میلیارد تومان است.

این پیش‌بینی صرفاً یکی از سناریوهای EAC است. اگر مشکل ایجادکننده اضافه‌هزینه موقتی بوده و هزینه کار باقی‌مانده طبق بودجه انجام شود، می‌توان از روش EAC = AC + (BAC − EV) استفاده کرد که در این مثال برابر ۱۰٫۶ میلیارد تومان می‌شود. انتخاب فرمول به فرض مدیریتی درباره آینده وابسته است.

نکته مدیریتی: پیش‌بینی معتبر باید همراه با فرض روش محاسبه، علل انحراف و اقدامات موردنیاز ارائه شود.

۲۴. بودجه‌بندی زمانی و پیش‌بینی جریان نقدینگی

بودجه کل پروژه مشخص می‌کند سازمان در مجموع چه مقدار منابع مالی مصوب دارد؛ اما برای اجرای پروژه، زمان نیاز به نقدینگی نیز اهمیت اساسی دارد. بودجه زمان‌بندی‌شده معمولاً به‌صورت منحنی S نمایش داده می‌شود؛ بااین‌حال منحنی هزینه تعهدشده، هزینه تحقق‌یافته و پرداخت نقدی الزاماً یکسان نیستند.

در پروژه‌های تجهیزاتی، ممکن است پیش‌پرداخت خرید در ابتدای قرارداد انجام شود، تحویل تجهیز چند ماه بعد باشد و بخش پایانی مبلغ پس از آزمون عملکرد پرداخت گردد. اگر این تفاوت‌ها در جریان نقدی دیده نشوند، پروژه ممکن است با وجود سودآوری، دچار کسری نقدینگی شود.

مثال ملموس و کاربردی: کارخانه برای خرید سه ماشین‌آلات، ۳۰ درصد پیش‌پرداخت در ماه اول و ۶۰ درصد هنگام حمل در ماه چهارم تعهد می‌کند. تیم مالی باید نقدینگی ماه چهارم را از پیش تأمین کند؛ حتی اگر نصب ماشین‌ها هنوز آغاز نشده باشد.

نکته مدیریتی: مدیریت نقدینگی و کنترل هزینه مکمل یکدیگرند، اما یک مسئله واحد نیستند.

۲۵. گزارش‌های کنترلی و نظام هشدار زودهنگام

گزارش کنترل پروژه باید برای تصمیم‌گیری طراحی شود. شاخص‌هایی مانند درصد پیشرفت، انحراف زمان و هزینه، وضعیت فعالیت‌های بحرانی، نقاط عطف، ریسک‌های باز، تغییرات و اقدام‌های اصلاحی باید با تعاریف یکسان و تاریخ مشخص ارائه شوند. حجم زیاد نمودارها بدون تحلیل علل و مسئول اقدام، گزارش را کم‌اثر می‌کند.

داشبورد مدیریتی مناسب معمولاً شامل وضعیت کلی، روند چند دوره اخیر، علت اصلی انحراف و تصمیم موردنیاز است. هشدار زودهنگام زمانی شکل می‌گیرد که روندهای نامطلوب پیش از تبدیل‌شدن به بحران شناسایی شوند. ثبت «پیش‌بینی تاریخ پایان» در کنار «تاریخ پایان قراردادی» یکی از مهم‌ترین ابزارهای شفافیت است.

مثال ملموس و کاربردی: گزارش ماهانه نشان می‌دهد روند تحویل نقشه‌ها طی سه دوره به‌ترتیب ۹۵، ۸۳ و ۷۰ درصد برنامه بوده است. حتی پیش از توقف کارگاه، این روند می‌تواند نشانه تأخیر آتی خرید و ساخت باشد و به اقدام مدیریتی نیاز دارد.

نکته مدیریتی: هر انحراف مهم در گزارش باید به یک تحلیل، مسئول پیگیری و موعد اقدام متصل شود.

بخش پنجم: مدیریت ریسک، کیفیت و تغییرات

۲۶. مدیریت ریسک و فرصت‌های پروژه

ریسک رویداد یا شرایط نامطمئنی است که در صورت وقوع می‌تواند بر اهداف پروژه اثر مثبت یا منفی داشته باشد. فرایند مدیریت ریسک شامل شناسایی، تحلیل احتمال و پیامد، برنامه‌ریزی پاسخ، تعیین مسئول و پایش مستمر است. ریسک با مشکل رخ‌داده تفاوت دارد؛ مشکلی که اتفاق افتاده باید در فهرست مسائل و اقدام‌های اجرایی مدیریت شود.

پاسخ به تهدیدها می‌تواند اجتناب، کاهش، انتقال یا پذیرش باشد و پاسخ به فرصت‌ها می‌تواند بهره‌برداری، تقویت، مشارکت یا پذیرش باشد. بررسی ریسک باید آثار هزینه‌ای، زمانی، ایمنی و کیفیت را هم‌زمان در نظر بگیرد. ثبت یک خطر بدون برنامه پاسخ و مالک مشخص، مدیریت ریسک مؤثر محسوب نمی‌شود.

مثال ملموس و کاربردی: تأمین‌کننده اصلی تابلو برق ممکن است در دوره اوج سفارش‌ها تأخیر داشته باشد. تیم پروژه از پیش تأمین‌کننده جایگزین، زمان سفارش زودتر یا موجودی بحرانی را بررسی می‌کند تا در صورت وقوع تأخیر، راهکار آماده باشد.

نکته مدیریتی: بودجه و ذخیره زمانی مناسب باید براساس عدم قطعیت واقعی پروژه تعیین شوند، نه یک درصد ثابت و بی‌دلیل.

۲۷. مدیریت کیفیت پروژه و کنترل پذیرش

کیفیت پروژه به معنای تحقق الزامات تعریف‌شده برای خروجی‌ها و فرایندهای اجرایی است. مدیریت کیفیت شامل برنامه‌ریزی کیفیت، اطمینان از اجرای فرایندهای مناسب و کنترل نتایج از طریق آزمون، بازرسی و بازنگری است. افزایش بازرسی نهایی جایگزین پیشگیری از خطا در طراحی و اجرا نمی‌شود.

طرح بازرسی و آزمون (ITP)، معیارهای پذیرش، روش‌های نمونه‌برداری، کنترل مدارک و ردیابی عدم انطباق‌ها برای پروژه‌های صنعتی اهمیت دارند. در تحویل تجهیزات، بررسی نتایج آزمون کارخانه‌ای (FAT) و آزمون در سایت (SAT) ممکن است بخشی از فرایند پذیرش باشد. شرایط قرارداد و ماهیت تجهیز تعیین می‌کند چه آزمونی لازم است.

مثال ملموس و کاربردی: دستگاه خریداری‌شده در کارخانه سازنده آزمون می‌شود، اما پس از نصب باید تحت بار واقعی نیز قابلیت دستیابی به ظرفیت قرارداد را نشان دهد. تحویل صرفاً بر مبنای ظاهر تجهیز ممکن است اختلافات عملکردی ایجاد کند.

نکته مدیریتی: معیار کیفیت باید از مرحله سفارش و طراحی تعریف شود، نه در آخرین روز تحویل.

۲۸. مدیریت تغییرات و کنترل پیکربندی

تغییر در پروژه ممکن است ناشی از نیاز جدید کارفرما، خطای طراحی، شرایط پیش‌بینی‌نشده یا الزام قانونی باشد. کنترل تغییرات به معنای جلوگیری مطلق از تغییر نیست؛ بلکه ایجاد روشی روشن برای ثبت، ارزیابی، تصویب و اجرای تغییرات است. هر درخواست تغییر باید از نظر محدوده، مدت، هزینه، کیفیت، ریسک و قرارداد تحلیل شود.

کنترل پیکربندی (Configuration Management) نیز اطمینان می‌دهد مشخصات فنی، نسخه نقشه‌ها، تجهیزات و مدارک معتبر شناخته و ردیابی شوند. اجرای کار براساس نقشه منسوخ می‌تواند هزینه و تأخیر سنگینی ایجاد کند. ثبت شماره ویرایش، توزیع کنترل‌شده مدارک و سوابق تصویب، اجزای کلیدی این نظام هستند.

مثال ملموس و کاربردی: در میانه اجرای فونداسیون، ابعاد پایه دستگاه تغییر می‌کند. پیش از ابلاغ نقشه جدید باید آثار آن بر بتن‌ریزی، صفحه‌ستون‌ها، بودجه و برنامه نصب بررسی شود و نسخه‌های قدیمی از گردش اجرا خارج گردند.

نکته مدیریتی: تغییر مصوب باید همراه با اصلاح مستندات، بودجه و برنامه مربوطه باشد؛ در غیر این صورت مبنای کنترل نامنسجم می‌شود.

بخش ششم: قرارداد، منابع انسانی و حاکمیت پروژه

۲۹. تدارکات و مدیریت قراردادها

برنامه تدارکات باید مشخص کند چه کالاها و خدماتی باید از بیرون پروژه تأمین شوند، چه زمانی سفارش داده شوند و چه الزاماتی برای کیفیت و تحویل دارند. انتخاب نوع قرارداد، مانند مبلغ مقطوع، فهرست‌بهایی یا هزینه‌به‌علاوه حق‌الزحمه، بر توزیع ریسک میان طرفین تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین باید با قطعیت محدوده و قابلیت اندازه‌گیری کار متناسب باشد.

فرایند تدارکات تنها به صدور سفارش خرید محدود نیست؛ تهیه مشخصات فنی، ارزیابی پیشنهادها، مذاکره، بازرسی، حمل، ترخیص، تحویل و رسیدگی به ادعاها نیز می‌توانند بخشی از آن باشند. اقلام دارای زمان تأمین بلند باید زودتر شناسایی شوند و وضعیت آن‌ها در کنار مسیر بحرانی کنترل گردد. توجه صرف به کمترین قیمت بدون کیفیت و موعد تحویل، هزینه کل پروژه را افزایش می‌دهد.

مثال ملموس و کاربردی: خرید یک کمپرسور اصلی با مدت تأمین شش‌ماهه، در صورت تأخیر تصمیم‌گیری خرید، راه‌اندازی کل کارخانه را تهدید می‌کند. ثبت این قلم به‌عنوان تجهیز بلندمدت و پیگیری ماهانه پیشرفت ساخت آن ضروری است.

نکته مدیریتی: زمان‌بندی خرید باید از نیاز واقعی کارگاه به عقب محاسبه شود و همه مراحل تأمین را در بر گیرد.

۳۰. مدیریت ارزش و مهندسی ارزش

مدیریت ارزش به دنبال بیشینه‌سازی نسبت منافع و کارکردهای موردنیاز به منابع مصرف‌شده است. مهندسی ارزش نباید با کاهش ساده هزینه یا حذف مشخصات کیفی اشتباه گرفته شود. در این رویکرد ابتدا کارکردهای ضروری محصول یا پروژه شناسایی می‌شوند و سپس روش‌های متفاوت دستیابی به همان کارکرد با هزینه چرخه عمر مناسب بررسی می‌شوند.

گاهی یک تغییر طراحی موجب کاهش هزینه ساخت می‌شود، اما مصرف انرژی، زمان تعمیر یا احتمال خرابی را افزایش می‌دهد. بنابراین ارزیابی ارزش باید آثار بلندمدت، ایمنی و قابلیت بهره‌برداری را نیز لحاظ کند. پیشنهاد ارزش‌آفرین تنها پس از ارزیابی فنی و تصویب قراردادی باید اجرا شود.

مثال ملموس و کاربردی: در طراحی شبکه لوله‌کشی، تیم مهندسی با بازنگری مسیر و جانمایی تجهیزات، طول لوله و تعداد زانویی‌ها را کاهش می‌دهد، بدون آنکه ظرفیت انتقال یا دسترسی تعمیراتی افت کند. این اصلاح ممکن است هزینه ساخت و افت فشار بهره‌برداری را هم‌زمان کاهش دهد.

نکته مدیریتی: ارزش مطلوب با حفظ کارکرد ضروری به دست می‌آید، نه با کاهش کورکورانه هزینه.

۳۱. ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (HSE)

موفقیت پروژه بدون رعایت الزامات ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست کامل نیست. حوادث جدی می‌توانند علاوه بر خسارت انسانی، توقف طولانی، پیامدهای حقوقی، هزینه‌های جبران و آسیب اعتباری ایجاد کنند. برنامه HSE باید متناسب با فعالیت‌های واقعی پروژه، پیمانکاران، تجهیزات و شرایط سایت تدوین شود.

شناسایی خطر، مجوز کار، آموزش ورود به سایت، کنترل کار در ارتفاع، ایمنی برق، جابه‌جایی بار و مدیریت پسماند نمونه‌هایی از اقدامات ضروری‌اند. شاخص‌های پیشرو مانند تکمیل آموزش‌ها، کیفیت بازدیدها و رفع شرایط ناایمن باید در کنار شاخص‌های پسرو مانند نرخ حادثه بررسی شوند. فشار برای جبران تأخیر نباید توجیهی برای کنارگذاشتن الزامات ایمنی باشد.

مثال ملموس و کاربردی: در پروژه نصب مخزن، برنامه اجرایی بالابری پیش از شروع کار به ظرفیت جرثقیل، شرایط باد، استحکام زمین و محدوده ممنوعه تردد توجه می‌کند. تأخیر چندساعته برای رفع خطر، از وقوع حادثه و توقف چندماهه جلوگیری می‌کند.

نکته مدیریتی: ایمنی محدودیتی بیرونی بر پروژه نیست؛ بخشی از تعریف موفقیت آن است.

۳۲. مدیریت اطلاعات و ارتباطات پروژه

پروژه زمانی هماهنگ می‌شود که اطلاعات درست، به‌موقع و در قالب مناسب به افراد مسئول برسد. طرح ارتباطات باید مشخص کند چه گزارشی، برای چه مخاطبی، با چه تناوبی و از چه کانالی ارسال می‌شود. مدیرعامل ممکن است به تصمیم‌های کلان و ریسک‌ها نیاز داشته باشد، درحالی‌که سرپرست کارگاه به فهرست فعالیت‌های دو هفته آینده و موانع اجرایی نیاز دارد.

کنترل نسخه مدارک، صورت‌جلسه تصمیم‌ها، ثبت مکاتبات و ردیابی درخواست‌های اطلاعات (RFI) از بروز اختلاف درباره آخرین تصمیم جلوگیری می‌کند. جلسات کوتاه و هدفمند که با فهرست اقدامات، مسئول و موعد خاتمه یابند، از جلسات طولانی بدون خروجی مفیدترند.

مثال ملموس و کاربردی: تیم نصب در سایت بر اساس نقشه‌ای کار می‌کند که نسخه جدید آن در دفتر طراحی صادر شده ولی به کارگاه نرسیده است. استفاده از مخزن مدارک کنترل‌شده و ثبت ابلاغ نسخه‌ها از دوباره‌کاری جلوگیری می‌کند.

نکته مدیریتی: ارتباط مؤثر به معنای افزایش تعداد پیام‌ها نیست؛ به معنای کاهش ابهام و سرعت‌بخشیدن به تصمیم‌های درست است.

۳۳. تشکیل تیم، رهبری و حل تعارض

پروژه‌ها به همکاری افرادی با تخصص‌ها، منافع و شیوه‌های کاری متفاوت نیاز دارند. رهبری پروژه فراتر از توزیع وظایف است و شامل ایجاد هدف مشترک، اعتمادسازی، مدیریت تعارض، مذاکره و حفظ انگیزه تیم می‌شود. در ساختار ماتریسی، مدیر پروژه باید اغلب بدون اختیار مستقیم کامل بر منابع، همکاری ایجاد کند.

تعارض ممکن است درباره اولویت منابع، طراحی، محدوده کار یا مسئولیت ناشی از تأخیر باشد. حل تعارض باید تا حد امکان با رجوع به داده‌ها، الزامات قرارداد و مصالح کل پروژه انجام شود. پنهان‌کردن اختلاف، به‌ویژه اختلاف فنی، ممکن است هزینه آینده را بیشتر کند. ثبت تصمیم و مبنای آن نیز از تکرار بحث جلوگیری می‌کند.

مثال ملموس و کاربردی: واحد بهره‌برداری خواهان تجهیزات کم‌مصرف‌تر است، ولی پیمانکار گزینه ارزان‌تری پیشنهاد می‌کند. مدیر پروژه با جمع‌آوری اطلاعات هزینه چرخه عمر و ارزیابی قابلیت تعمیرات، تصمیم را از اختلاف سلیقه به تحلیل مستند تبدیل می‌کند.

نکته مدیریتی: مهارت فنی شرط لازم مدیریت پروژه است، اما بدون هماهنگی انسانی برای موفقیت کافی نیست.

۳۴. حاکمیت پروژه و نظام تصمیم‌گیری

حاکمیت پروژه مجموعه سازوکارهایی است که اختیارها، مسئولیت‌های پاسخ‌گویی، شیوه تصویب تصمیم‌ها و روش نظارت بر تحقق اهداف را تعیین می‌کند. نقش کارفرما یا حامی پروژه، کمیته راهبری، مدیر پروژه و مدیران تخصصی باید از ابتدا روشن باشد. تصمیم‌هایی مانند افزایش بودجه، تغییر محدوده یا پذیرش ریسک عمده ممکن است فراتر از اختیار مدیر پروژه باشند.

نظام حاکمیت مؤثر، هم از تصمیم‌گیری شخصی و سلیقه‌ای پیشگیری می‌کند و هم مانع کندی افراطی تصمیم‌ها می‌شود. برای این منظور می‌توان سطوح اختیار ریالی و زمانی، مسیر ارجاع مسائل و قواعد تصویب تغییرات را تعریف کرد. مستندسازی منطق تصمیم‌های مهم در پروژه‌های پیچیده ضروری است.

مثال ملموس و کاربردی: پروژه توسعه کارخانه برای جبران تأخیر به افزایش بودجه ۸ درصدی نیاز دارد. اگر سطح اختیار مدیر پروژه فقط ۲ درصد باشد، درخواست باید به کمیته مربوط ارائه شود و همراه با تحلیل گزینه‌ها، هزینه و اثر زمانی بررسی گردد.

نکته مدیریتی: سرعت تصمیم‌گیری باید با کنترل ریسک و پاسخ‌گویی متناسب باشد.

بخش هفتم: فناوری‌های نوین، تحویل و یادگیری

۳۵. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و ساخت مجازی (BIM / VDC)

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) صرفاً تولید یک مدل سه‌بعدی نیست؛ بلکه رویکردی برای مدیریت هماهنگ اطلاعات فیزیکی و عملکردی دارایی در چرخه عمر آن است. طراحی و ساخت مجازی (VDC) نیز از مدل‌ها و شبیه‌سازی‌های دیجیتال برای هماهنگی برنامه‌ها و فرایندهای اجرا پشتیبانی می‌کند.

در پروژه‌های صنعتی، هم‌پوشانی طراحی سازه، پایپینگ، برق و تهویه می‌تواند موجب تداخل اجرا شود. بررسی برخوردها در مدل مشترک، پیش از خرید یا نصب، احتمال تغییر پرهزینه در کارگاه را کاهش می‌دهد. بااین‌حال، کیفیت مدل و قواعد تبادل داده میان پیمانکاران تعیین‌کننده اثربخشی آن است.

مثال ملموس و کاربردی: هنگام تلفیق مدل سازه و لوله‌کشی مشخص می‌شود مسیر لوله اصلی با تیر سقف تداخل دارد. رفع تداخل پیش از ساخت، از برشکاری و اصلاحات اضطراری در سایت جلوگیری می‌کند.

نکته مدیریتی: فناوری دیجیتال زمانی ارزشمند است که خطاهای تصمیم و تداخل میان تیم‌ها را کاهش دهد.

۳۶. پایداری، محیط‌زیست و هزینه چرخه عمر

در برنامه‌ریزی پروژه‌های جدید، علاوه بر مدت ساخت و سرمایه‌گذاری اولیه، آثار زیست‌محیطی، انرژی مصرفی، تعمیرات و پایان عمر دارایی نیز اهمیت دارند. ارزیابی گزینه‌ها بر اساس هزینه چرخه عمر می‌تواند از تصمیم‌هایی جلوگیری کند که در زمان خرید ارزان ولی در دوره بهره‌برداری پرهزینه‌اند.

شاخص‌های پایداری متناسب با نوع پروژه می‌توانند مصرف انرژی، آب، مواد اولیه، انتشار آلاینده، بازیافت‌پذیری و اثر بر جامعه محلی باشند. این ملاحظات باید از مرحله طراحی به تصمیم‌های مهندسی پیوند بخورند و در پایان پروژه صرفاً به گزارش تشریفاتی تبدیل نشوند.

مثال ملموس و کاربردی: در طراحی سیستم روشنایی کارخانه، استفاده از تجهیزات با راندمان بیشتر ممکن است هزینه خرید را افزایش دهد، اما مصرف انرژی و نیاز تعمیرات را طی سال‌های بهره‌برداری کاهش دهد.

نکته مدیریتی: بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری باید پیامدهای کل چرخه عمر دارایی را در نظر بگیرد.

۳۷. رویکردهای چابک، هوش مصنوعی و داده‌های پروژه

همه پروژه‌ها با یک الگوی برنامه‌ریزی مدیریت نمی‌شوند. پروژه‌های عمرانی و نصب تجهیزات با وابستگی‌های فیزیکی پررنگ، اغلب به برنامه‌ریزی پیش‌بینانه دقیق نیاز دارند؛ درحالی‌که توسعه نرم‌افزار یا طراحی محصول ممکن است از بازنگری‌های کوتاه‌مدت و روش‌های چابک سود ببرد. انتخاب رویکرد باید با ماهیت خروجی، میزان عدم قطعیت و امکان دریافت بازخورد متناسب باشد.

تحلیل داده و ابزارهای هوش مصنوعی می‌توانند در کشف الگوی تأخیرها، دسته‌بندی مکاتبات، تشخیص ناهنجاری هزینه و تحلیل سناریو به کارشناسان کمک کنند؛ اما وابستگی آن‌ها به کیفیت داده و احتمال خطا باید مدیریت شود. تصمیم قراردادی یا ایمنی مهم نباید صرفاً بر پایه پاسخ بدون راستی‌آزمایی یک ابزار خودکار گرفته شود.

مثال ملموس و کاربردی: تیم برنامه‌ریزی با تحلیل داده‌های پروژه‌های قبلی متوجه می‌شود تأخیرهای طراحی ابزار دقیق معمولاً خرید را عقب می‌اندازند. این الگو برای تعیین نقاط هشدار در برنامه جدید استفاده می‌شود؛ ولی فرض‌های پروژه تازه جداگانه بررسی می‌شوند.

نکته مدیریتی: ابزار هوشمند باید توان تحلیل و قضاوت حرفه‌ای را تقویت کند، نه جایگزین مسئولیت‌پذیری کارشناسان شود.

۳۸. خاتمه، تحویل و انتقال دانش پروژه

خاتمه پروژه تنها به معنی پایان آخرین فعالیت اجرایی نیست. باید وضعیت تعهدات قراردادی، مدارک چون‌ساخت (As-Built)، دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری، آموزش کاربران، آزمون‌های پذیرش، رفع نواقص و تسویه‌های لازم روشن شود. تحویل فنی و تحویل قراردادی ممکن است مراحل متفاوتی داشته باشند.

برگزاری جلسه درس‌آموخته‌ها (Lessons Learned) و تهیه گزارش خاتمه کمک می‌کند تجربه موفقیت‌ها و خطاها در پروژه‌های آینده استفاده شود. گزارش باید تا حد امکان بر شواهد و علل قابل‌کنترل تمرکز داشته باشد و صرفاً به توصیف نام افراد یا مشکلات محدود نشود.

مثال ملموس و کاربردی: پس از راه‌اندازی خط تولید، پیمانکار نقشه‌های چون‌ساخت، فهرست قطعات یدکی، برنامه نگهداری و آموزش عملی اپراتورها را تحویل می‌دهد. در جلسه نهایی مشخص می‌شود بازبینی زودهنگام نیازهای برق می‌توانست سه هفته از تأخیر پروژه بکاهد.

نکته مدیریتی: پروژه زمانی به‌درستی پایان می‌یابد که بهره‌بردار بتواند نتیجه آن را ایمن، پایدار و مستقل استفاده کند.

بخش هشتم: مطالعه موردی یکپارچه و نتیجه‌گیری

۳۹. مطالعه موردی فرضی: راه‌اندازی خط بسته‌بندی خودکار

فرض کنید یک شرکت صنایع غذایی تصمیم گرفته است طی هشت ماه یک خط بسته‌بندی خودکار نصب و راه‌اندازی کند. هدف تجاری، افزایش ظرفیت از ۵ هزار به ۸ هزار بسته در روز با حفظ الزامات ایمنی و کیفیت است. بودجه مصوب پروژه ۳۰ میلیارد تومان در نظر گرفته می‌شود. این اعداد صرفاً برای آموزش انتخاب شده‌اند.

در مرحله تعریف، تحویل‌دادنی‌ها شامل نقشه تأییدشده چیدمان، زیرساخت برق و هوای فشرده، تجهیزات بسته‌بندی، سیستم کنترل، آموزش اپراتورها و آزمون عملکردی است. WBS در پنج بسته اصلی طراحی، تدارکات، آماده‌سازی محل، نصب و راه‌اندازی و تحویل تقسیم می‌شود. معیار پذیرش شامل تولید پایدار با ظرفیت هدف و نرخ ضایعات توافق‌شده است.

در برنامه زمان‌بندی، ساخت و تحویل ماشین اصلی به‌عنوان ریسک تأمین شناسایی می‌شود. شبکه نشان می‌دهد تأخیر بیش از دو هفته در دریافت تجهیز احتمالاً موعد بهره‌برداری را تهدید می‌کند. در پاسخ، کارفرما برنامه بازرسی مرحله‌ای ساخت و تاریخ قطعی آزمون کارخانه‌ای را با فروشنده توافق می‌کند. هم‌زمان عملیات برق و هوای فشرده تا حد امکان بدون انتظار برای ورود تجهیز اجرا می‌شوند.

در پایان ماه چهارم، گزارش نشان می‌دهد ارزش برنامه‌ای ۱۳ میلیارد، ارزش کسب‌شده ۱۲ میلیارد و هزینه واقعی ۱۲٫۸ میلیارد تومان است. بنابراین SPI برابر ۱۳/۱۲ ≈ ۰٫۹۲۳ و CPI برابر ۱۲٫۸/۱۲ = ۰٫۹۳۷۵ است. پروژه نسبت به برنامه عقب‌مانده و ناکارایی هزینه دارد. در بررسی علل مشخص می‌شود بخشی از تأخیر به تأیید دیرهنگام نقشه‌ها و بخشی از هزینه اضافی به اصلاح زیرسازی مربوط بوده است.

تیم پروژه برای رفع مشکل، نقشه‌های باقی‌مانده را در جلسات مشترک سریع‌تر تعیین تکلیف می‌کند و کنترل تغییرات را تقویت می‌نماید. برای جبران زمان فقط فعالیت‌های واقعاً بحرانی بررسی می‌شوند. اضافه‌کردن شیفت نصب بدون فراهم‌بودن نقشه مصوب یا قطعات موردنیاز، مسئله را حل نمی‌کند.

در مرحله تحویل، خط جدید باید آزمون ایمنی، کنترل کیفیت بسته‌ها و کارکرد پایدار در شرایط موردتوافق را با موفقیت پشت سر بگذارد. گزارش خاتمه شامل میزان انحراف نهایی، علت تغییرات، کیفیت تحویل و درس‌های استفاده‌شدنی برای پروژه‌های بعدی خواهد بود.

نتیجه مدیریتی: کنترل پروژه مؤثر از ترکیب محدوده روشن، شبکه منطقی، سنجش پیشرفت معتبر، مدیریت ریسک، کنترل تغییرات و هماهنگی تیم‌های فنی و مالی به دست می‌آید.

۴۰. بیست‌وپنج درس مدیریتی برای کارشناسان برنامه‌ریزی و کنترل پروژه

۱. پیش از تهیه زمان‌بندی، هدف تجاری و معیار موفقیت پروژه را روشن کنید.

۲. محدوده مصوب و مرز تعهدات پیمانکار را به‌صورت قابل‌اندازه‌گیری تعریف کنید.

۳. ساختار شکست کار را بر اساس تحویل‌دادنی‌ها تدوین کنید.

۴. رابطه منطقی فعالیت‌ها را از شرایط واقعی اجرا استخراج کنید.

۵. برآورد مدت را بر پایه مقدار کار، بهره‌وری و محدودیت منابع انجام دهید.

۶. تاریخ‌های اجباری و محدودیت‌های مصنوعی شبکه را کنترل کنید.

۷. مسیر بحرانی را در هر دوره گزارش‌دهی دوباره بررسی کنید.

۸. شناوری را منبع انعطاف مشترک پروژه بدانید، نه دارایی شخصی یک پیمانکار.

۹. بار کاری منابع را با ظرفیت واقعی تیم و تجهیزات مقایسه کنید.

۱۰. فشرده‌سازی برنامه را فقط پس از تحلیل هزینه، ریسک و اثر بر پایان انجام دهید.

۱۱. خط مبنای مصوب را از برنامه جاری و پیش‌بینی نهایی جدا نگه دارید.

۱۲. پیشرفت فیزیکی را با معیارهای عینی و موردتوافق اندازه‌گیری کنید.

۱۳. درصد هزینه‌شده را با درصد پیشرفت اشتباه نگیرید.

۱۴. علاوه بر پیشرفت کل، وضعیت اقلام بلندمدت تأمین را بررسی کنید.

۱۵. انحراف‌های EVM را همراه با علت و فرض‌های پیش‌بینی تفسیر کنید.

۱۶. جریان نقدی را در کنار بودجه و هزینه کنترل کنید.

۱۷. ریسک‌های اصلی را همراه با مالک، پاسخ و زمان اقدام ثبت کنید.

۱۸. کیفیت و ایمنی را بخشی از شرایط موفقیت پروژه قرار دهید.

۱۹. درخواست‌های تغییر را قبل از اجرا از نظر زمان، هزینه و قرارداد ارزیابی کنید.

۲۰. نسخه معتبر نقشه‌ها و مدارک را به‌صورت کنترل‌شده در اختیار مجریان قرار دهید.

۲۱. گزارش‌ها را برای تصمیم‌گیری بسازید، نه صرفاً نمایش نمودار.

۲۲. نقش و اختیار کارفرما، مدیر پروژه، تیم فنی و کمیته راهبری را روشن کنید.

۲۳. نرم‌افزار زمان‌بندی جایگزین منطق مهندسی و قضاوت حرفه‌ای نیست.

۲۴. تحویل پروژه را با آزمون عملکرد، آموزش و مدارک بهره‌برداری کامل کنید.

۲۵. پس از خاتمه، درس‌آموخته‌ها را به استانداردهای پروژه‌های آینده تبدیل کنید.

جمع‌بندی نهایی

برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، نظامی هماهنگ برای تبدیل هدف سرمایه‌گذاری به فعالیت‌های اجرایی قابل‌سنجش و قابل‌کنترل است. برنامه مطلوب باید محدوده مشخص، منطق وابستگی معتبر، مدت و منابع واقع‌بینانه، بودجه زمان‌بندی‌شده و معیارهای پذیرش روشن داشته باشد. کنترل پروژه نیز با ثبت عملکرد واقعی، شناسایی انحراف و تحلیل روند آینده، امکان تصمیم‌گیری پیشگیرانه را فراهم می‌کند.

مهم‌ترین اصل آن است که هیچ شاخصی به‌تنهایی تصویر کامل پروژه را نشان نمی‌دهد. درصد پیشرفت، زمان پایان، CPI، SPI، وضعیت نقدینگی، کیفیت، ایمنی و رضایت بهره‌بردار باید در ارتباط با یکدیگر تفسیر شوند. بهینه‌سازی یک فعالیت یا واحد، اگر به تحقق هدف کل پروژه کمک نکند، ارزش محدودی دارد.

از منظر مهندسی صنایع، قدرت نظام کنترل پروژه در یکپارچه‌سازی تفکر سیستمی، تحلیل کمی، مدیریت منابع و هماهنگی انسان‌هاست. برنامه زمانی ارزش دارد که به اجرای واقعی نزدیک باشد؛ و گزارش زمانی مفید است که به یک تصمیم و اقدام مشخص منجر شود. پروژه موفق، تنها پروژه‌ای نیست که پایان یافته است، بلکه پروژه‌ای است که نتیجه قابل‌استفاده، با کیفیت و ایمنی مناسب و منافع موردانتظار را برای سازمان فراهم می‌کند.

توضیح تکمیلی: دو بخش «اصطلاحات کلیدی» و «چک‌لیست کاربردی کنترل ماهانه پروژه» توسط مهندس مرتضی بهمنی، با هدف تکمیل محتوای آموزشی، تسهیل درک مفاهیم تخصصی و افزایش کاربرد عملی مطالب برای دانشجویان، مهندسان و کارشناسان، به خلاصه این کتاب افزوده شده‌اند.

اصطلاحات کلیدی: واژه‌نامه تخصصی برنامه‌ریزی و کنترل پروژه

اصطلاحات تخصصی در چهار حوزه مهندسی، تأمین و تدارکات، اجرا و کنترل، و مدیریت پروژه براساس PMBOK

بخش اول: اصطلاحات فاز مهندسی(Engineering Phase)

BIM : Building Information Modeling

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

VDC : Virtual Design and Construction

طراحی و ساخت مجازی

RFI : Request for Information

درخواست اطلاعات یا رفع ابهام فنی

FEED : Front-End Engineering Design

مهندسی مقدماتی و طراحی اولیه پروژه

BOD : Basis of Design

مبانی و معیارهای طراحی مهندسی

PFD : Process Flow Diagram

نمودار جریان فرایند

P&ID : Piping and Instrumentation Diagram

نمودار لوله‌کشی و ابزار دقیق

IFC : Issued for Construction

مدارک و نقشه‌های صادرشده برای اجرا

GA : General Arrangement

نقشه جانمایی و آرایش عمومی تجهیزات

MTO : Material Take-Off

استخراج و برآورد مقادیر مصالح و اقلام از نقشه‌های مهندسی

HAZOP : Hazard and Operability Study

مطالعه مخاطرات و قابلیت بهره‌برداری فرایند

VE : Value Engineering

مهندسی ارزش

MDR : Master Document Register

فهرست جامع و کنترلی مدارک مهندسی پروژه

بخش دوم: اصطلاحات فاز تأمین و تدارکات(Procurement Phase)

BOQ : Bill of Quantities

فهرست مقادیر کار و مصالح پروژه

SOW : Statement of Work

شرح کار و محدوده خدمات قراردادی

FAT : Factory Acceptance Test

آزمون پذیرش تجهیزات در کارخانه سازنده

RFQ : Request for Quotation

درخواست استعلام قیمت

RFP : Request for Proposal

درخواست ارائه پیشنهاد فنی و مالی

PR : Purchase Requisition

درخواست خرید کالا یا خدمات

PO : Purchase Order

سفارش خرید رسمی

ITB : Invitation to Bid

دعوت‌نامه شرکت در مناقصه

TBE : Technical Bid Evaluation

ارزیابی فنی پیشنهادهای مناقصه

CBE : Commercial Bid Evaluation

ارزیابی بازرگانی و مالی پیشنهادهای مناقصه

AVL : Approved Vendor List

فهرست تأمین‌کنندگان تأییدشده

VDR : Vendor Document Register

فهرست مدارک و مستندات تأمین‌کننده

LOI : Letter of Intent

نامه اعلام قصد همکاری یا انعقاد قرارداد

L/C : Letter of Credit

اعتبار اسنادی بانکی

MOQ : Minimum Order Quantity

حداقل مقدار قابل‌سفارش کالا

بخش سوم: اصطلاحات فاز اجرا و کنترل پروژه(Execution & Project Control)

CPM : Critical Path Method

روش مسیر بحرانی

PERT : Program Evaluation and Review Technique

روش ارزیابی و بازنگری برنامه

شناوری آزاد فعالیت

Baseline : Project Baseline

خط مبنای مصوب پروژه

Milestone : Project Milestone

نقطه عطف یا رویداد کلیدی پروژه

PDM : Precedence Diagramming Method

روش ترسیم شبکه پیش‌نیازی فعالیت‌ها

SAT : Site Acceptance Test

آزمون پذیرش تجهیزات در محل پروژه

NCR : Nonconformity Report

گزارش عدم انطباق

EOT : Extension of Time

تمدید مدت پیمان یا مهلت تکمیل پروژه

ITP : Inspection and Test Plan

برنامه بازرسی و آزمون

MIR : Material Inspection Request

درخواست بازرسی مصالح و اقلام ورودی

WIR : Work Inspection Request

درخواست بازرسی عملیات اجرایی

TQ : Technical Query

استعلام یا پرسش فنی

PTW : Permit to Work

مجوز انجام کار

T&C : Testing and Commissioning

آزمایش و راه‌اندازی تجهیزات و سیستم‌ها

MC : Mechanical Completion

تکمیل مکانیکی تجهیزات و تأسیسات

PAC : Provisional Acceptance Certificate

گواهی تحویل موقت پروژه

FAC : Final Acceptance Certificate

گواهی تحویل قطعی پروژه

بخش چهارم: اصطلاحات مدیریت پروژه و PMBOK ۸

WBS : Work Breakdown Structure

ساختار شکست کار

PV : Planned Value

ارزش برنامه‌ریزی‌شده

EV : Earned Value

ارزش کسب‌شده

AC : Actual Cost

هزینه واقعی انجام کار

BAC : Budget at Completion

بودجه کل مصوب پروژه در زمان تکمیل

SPI : Schedule Performance Index

شاخص عملکرد زمان‌بندی

CPI : Cost Performance Index

شاخص عملکرد هزینه

EAC : Estimate at Completion

برآورد هزینه نهایی پروژه در زمان تکمیل

VAC : Variance at Completion

انحراف پیش‌بینی‌شده هزینه در زمان تکمیل

RACI : Responsible, Accountable, Consulted, Informed

ماتریس تعیین مسئول اجرا، پاسخ‌گوی نهایی، افراد مورد مشورت و افراد مطلع

OBS : Organizational Breakdown Structure

ساختار شکست سازمانی

CBS : Cost Breakdown Structure

ساختار شکست هزینه

RBS : Resource Breakdown Structure

ساختار شکست منابع

RAM : Responsibility Assignment Matrix

ماتریس تخصیص مسئولیت‌ها

EVM : Earned Value Management

مدیریت ارزش کسب‌شده

SV : Schedule Variance

انحراف زمان‌بندی بر مبنای ارزش کسب‌شده

CV : Cost Variance

انحراف هزینه

ETC : Estimate to Complete

برآورد هزینه موردنیاز برای تکمیل فعالیت‌های باقی‌مانده

TCPI : To-Complete Performance Index

شاخص عملکرد موردنیاز برای تکمیل پروژه

KPI : Key Performance Indicator

شاخص کلیدی عملکرد

PMBOK : Project Management Body of Knowledge

مجموعه دانش مدیریت پروژه

PMO : Project Management Office

دفتر مدیریت پروژه

Governance : Project Governance

نظام راهبری و حکمرانی پروژه

Value Delivery : Value Delivery

تحویل ارزش و تحقق منافع موردانتظار پروژه

Tailoring : Tailoring the Project Management Approach

متناسب‌سازی رویکردها، روش‌ها و فرایندهای مدیریت پروژه با شرایط واقعی

Performance Domain : Project Performance Domain

حوزه عملکرد پروژه

Focus Area : Project Management Focus Area

حوزه تمرکز در فرایندهای مدیریت پروژه

AI : Artificial Intelligence

هوش مصنوعی و کاربرد آن در تحلیل، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری پروژه

Sustainability : Project Sustainability

پایداری و توجه به آثار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پروژه

Hybrid Approach : Hybrid Project Management Approach

رویکرد ترکیبی مدیریت پروژه با بهره‌گیری از روش‌های پیش‌بینانه و چابک

نکات تخصصی

- ✓ **در این واژه‌نامه، اصطلاحات براساس کاربرد غالب آن‌ها دسته‌بندی شده‌اند و برخی مفاهیم، مانند مدیریت ریسک، کنترل کیفیت و ساختار شکست کار، ممکن است در چند فاز پروژه کاربرد داشته باشند.**
- ✓ **در بخش ۸ PMBOK ، اصطلاحات شامل مفاهیم عمومی مدیریت پروژه و موضوعات برجسته‌شده در ویرایش هشتم هستند؛ بنابراین تمام اصطلاحات این بخش، مختص ویرایش هشتم یا ابداع‌شده در آن نیستند.**
- ✓ **همچنین RBS در این مجموعه به معنای ساختار شکست منابع است؛ اما در مدیریت ریسک ممکن است همین مخفف برای ساختار شکست ریسک (Risk Breakdown Structure) به کار رود.**

❖ چک‌لیست کاربردی کنترل ماهانه پروژه

۱ .آیا تاریخ وضعیت و نسخه خط مبنا مشخص است؟

۲ .آیا درصد پیشرفت بر مبنای معیارهای تأییدشده محاسبه شده است؟

۳ .آیا مسیر بحرانی و تغییرات شناوری مرور شده‌اند؟

۴ .آیا تأخیرهای خرید و اقلام بلندمدت بررسی شده‌اند؟

۵ .آیا برنامه منابع برای چهار هفته آینده با ظرفیت واقعی هماهنگ است؟

۶ .آیا هزینه واقعی و تعهدات ثبت شده‌اند؟

۷ .آیا CPI و SPI همراه با علل انحراف تحلیل شده‌اند؟

۸ .آیا ریسک‌ها و مسائل اصلی دارای مالک و موعد اقدام هستند؟

۹ .آیا تغییرات قراردادی ثبت و تصویب شده‌اند؟

۱۰ .آیا نقشه‌ها و دستورالعمل‌های معتبر در کارگاه موجودند؟

۱۱ .آیا الزامات ایمنی و کیفیت کنترل شده‌اند؟

۱۲. آیا تاریخ پیش‌بینی تکمیل و تصمیم‌های موردنیاز مدیریت مشخص شده‌اند؟


پکیج آموزشی
خدای پروژه‌ها
کنترل پروژه
Project Plan
Schedule
Resources
Cost
Progress
Risks
Dashboard
از برنامه‌ریزی تا کنترل واقعی پروژه‌های صنعتی
خدمات ویژه شرکت کنندگان
آموزش پروژه‌محور
تمرین‌های کاربردی
پشتیبانی آموزشی
مشاوره تخصصی
رزومه‌سازی حرفه‌ای
کمک به استخدام
سرفصل‌های کلیدی دوره
برنامه‌ریزی و کنترل پروژه ۳ فاز پروژه
اصول کنترل پروژه و PMBOK کاربردی
PMBOK
تحلیل داده و آنالیز پروژه
MSP & P6
داشبوردسازی و گزارش نویسی
اکسل تخصصی پروژه


کنترل اسناد و مهندسی
مهندسی پروژه
DCC
سرفصل‌های دوره
آموزش رمز و راز DCC
اصول و قواعد فاز مهندسی
آموزش اکسل ویژه DCC
اصول و استانداردهای پروژه
آموزش ترنسمیتال و کامنت‌ها
آموزش MDR & MDL
شیوه تهیه گزارشات مهندسی
روش تهیه ASB و RedMark
تدریس عملیاتی و کاربردی
ارائه پروژه و تمرین
پشتیبانی همیشگی


Excel Wizard
اکسل تخصصی مهندسی صنایع
از داده تا تحلیل، گزارش و داشبورد صنعتی
حل مسائل واقعی صنعتی
گزارش‌های تحلیلی
داشبوردهای مدیریتی
تحلیل داده‌های صنعتی
پشتیبانی و همراهی
دسترسی کامل به فایل‌های دوره
آموزش پروژه‌محور
مدرس: مرتضی بهمنی