

مدیریت ساخت در پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی

استاد سید امیرحسین حسینی

مدیریت ساخت یکی از مهم‌ترین حوزه‌های مدیریت پروژه است که به برنامه‌ریزی، سازماندهی، هدایت، هماهنگی و کنترل فعالیت‌های اجرایی در پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی می‌پردازد. هدف اصلی آن، اجرای پروژه در زمان مقرر، با هزینه قابل قبول، کیفیت مناسب، ایمنی کافی و با استفاده بهینه از منابع است. پروژه‌های ساختمانی، از یک ساختمان مسکونی کوچک تا پروژه‌های بزرگ زیرساختی مانند پل، راه، تونل، شبکه آب و فاضلاب یا ساختمان‌های عمومی، معمولاً دارای فعالیت‌های متعدد، عوامل اجرایی گوناگون، هزینه‌های قابل توجه و ریسک‌های فراوان هستند. به همین دلیل، اجرای موفق آن‌ها بدون یک نظام مدیریتی منسجم بسیار دشوار خواهد بود.

مدیریت ساخت تنها به حضور در کارگاه و نظارت بر اجرای عملیات محدود نمی‌شود. این حوزه از مرحله شکل‌گیری ایده پروژه و مطالعات اولیه آغاز می‌شود و تا مرحله تحویل، بهره‌برداری و نگهداری ادامه دارد. مدیر ساخت باید بتواند میان خواسته‌های کارفرما، الزامات طراحی، امکانات پیمانکار، محدودیت‌های بودجه، شرایط کارگاه، ضوابط فنی و ایمنی و همچنین زمان مورد نیاز برای اجرای پروژه تعادل برقرار کند. در واقع، مدیر ساخت باید دائماً پاسخ این پرسش‌ها را در اختیار داشته باشد: چه کاری باید انجام شود؟ چه کسی آن را انجام می‌دهد؟ در چه زمانی باید انجام شود؟ چه منابعی لازم است؟ هزینه آن چقدر است؟ و چگونه می‌توان کیفیت و ایمنی را تضمین کرد؟

یکی از مهم‌ترین دلایل اهمیت مدیریت ساخت، وجود محدودیت‌های اساسی در پروژه است. هر پروژه معمولاً با سه محدودیت اصلی زمان، هزینه و کیفیت روبه‌رو است. افزایش کیفیت ممکن است هزینه را بالا ببرد یا زمان بیشتری نیاز داشته باشد؛ کاهش مدت اجرا نیز ممکن است به افزایش نیروی انسانی، ماشین‌آلات یا اضافه کاری منجر شود و در نتیجه هزینه را افزایش دهد. بنابراین، هنر مدیریت ساخت در ایجاد تعادل بین این عوامل است. امروزه علاوه بر این سه عامل، ایمنی، حفاظت از محیط زیست، پایداری، رضایت ذی‌نفعان و مدیریت ریسک نیز از عناصر مهم موفقیت پروژه محسوب می‌شوند.

فرایند مدیریت ساخت معمولاً با مرحله مطالعات اولیه و امکان‌سنجی شروع می‌شود. در این مرحله، نیاز به اجرای پروژه بررسی می‌شود و امکان اجرای آن از جنبه‌های فنی، اقتصادی، مالی، محیط‌زیستی و اجرایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای مثال، پیش از ساخت یک پل شهری باید مشخص شود که آیا محل احداث مناسب است، حجم ترافیک منطقه چه میزان است، هزینه ساخت چقدر خواهد بود، پروژه چه اثری بر محیط اطراف دارد و آیا منابع مالی لازم برای اجرا و نگهداری آن در دسترس است یا خیر. در این مرحله برآوردهای هزینه و زمان معمولاً ابتدایی و تقریبی هستند، زیرا هنوز اطلاعات کامل طراحی در اختیار نیست.

پس از امکان‌سنجی، مرحله طراحی آغاز می‌شود. در این مرحله، طرح‌های معماری، سازه، تأسیسات و جزئیات اجرایی تهیه می‌شوند. طراحی ممکن است در چند سطح، شامل طراحی مفهومی، طراحی پایه و طراحی تفصیلی، انجام شود. هرچه طراحی کامل‌تر، دقیق‌تر و قابل‌اجرا تر باشد، احتمال بروز تغییرات، دوباره‌کاری و هزینه‌های اضافی در زمان اجرا کاهش می‌یابد. مدیر ساخت در این مرحله باید از اجرایی بودن نقشه‌ها، هماهنگی میان رشته‌های مختلف و قابلیت تأمین مصالح، تجهیزات و نیروی لازم اطمینان حاصل کند.

پس از تکمیل یا رسیدن طراحی به سطح مناسب، نوبت به تهیه اسناد مناقصه و انتخاب پیمانکار می‌رسد. اسناد مناقصه شامل نقشه‌ها، مشخصات فنی، فهرست مقادیر، شرایط قرارداد، برنامه زمان‌بندی اولیه و سایر مدارک مرتبط است. انتخاب پیمانکار باید تنها بر اساس پایین‌ترین قیمت نباشد؛ توان فنی، سابقه اجرایی، وضعیت مالی، ظرفیت تجهیزاتی، نیروی انسانی و تجربه پیمانکار در پروژه‌های مشابه نیز اهمیت زیادی دارد. نوع قرارداد نیز در مدیریت ساخت مؤثر است، زیرا نحوه پرداخت، مسئولیت ریسک‌ها، تغییرات احتمالی و روابط میان کارفرما و پیمانکار را مشخص می‌کند. مرحله اجرا، مهم‌ترین و ملموس‌ترین بخش مدیریت ساخت است. در این مرحله کارگاه تجهیز می‌شود، نیروها و ماشین‌آلات مستقر می‌شوند، مصالح تهیه می‌گردند و عملیات اجرایی آغاز می‌شود. مدیر ساخت در طول اجرا مسئول ایجاد هماهنگی بین کارفرما، دستگاه نظارت، مشاور، پیمانکار، پیمانکاران جزء، تأمین‌کنندگان مصالح و سایر ذی‌نفعان است. او باید بر پیشرفت عملیات، کیفیت اجرا، ایمنی کارگاه، مصرف منابع، هزینه‌ها و انطباق عملیات با نقشه‌ها و مشخصات فنی نظارت کند. همچنین لازم است جلسات منظم برگزار شود، گزارش‌های روزانه و ماهانه تهیه گردد و مشکلات اجرایی پیش از آنکه به بحران تبدیل شوند شناسایی و برطرف شوند.

پس از پایان عملیات اجرایی، مرحله تحویل و خاتمه پروژه آغاز می‌شود. در این مرحله، کنترل‌های نهایی، آزمایش‌ها، رفع نواقص، تهیه نقشه‌های چون‌ساخت، تنظیم صورت‌وضعیت‌های نهایی و تحویل موقت یا قطعی انجام می‌شود. در پروژه‌های زیرساختی، مرحله بهره‌برداری و نگهداری اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا عمر مفید پروژه و عملکرد آن در طول زمان به کیفیت نگهداری وابسته است. برای نمونه، یک پل یا سازه شهری حتی اگر به‌خوبی ساخته شده باشد، در صورت نبود بازرسی، تعمیر و نگهداری منظم، ممکن است با آسیب‌های جدی مواجه شود.

مدیر ساخت در تمام این مراحل نقش محوری دارد. او باید برنامه‌ریزی کند، منابع را تخصیص دهد، وظایف افراد را مشخص کند، جریان اطلاعات را مدیریت نماید، مشکلات را حل کند و عملکرد پروژه را کنترل کند. یک مدیر ساخت موفق علاوه بر دانش فنی عمران، معماری، تأسیسات یا زیرساخت، باید با مدیریت پروژه، اصول قراردادها، مدیریت مالی، زمان‌بندی، کنترل کیفیت، ایمنی، مدیریت ریسک و مهارت‌های ارتباطی نیز آشنا باشد. بسیاری از مشکلات پروژه‌ها نه به دلیل ضعف فنی، بلکه به علت ضعف ارتباط، هماهنگی نامناسب، تصمیم‌گیری دیر هنگام یا نبود اطلاعات دقیق رخ می‌دهند.

یکی از ارکان اساسی مدیریت ساخت، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی پروژه است. برنامه‌ریزی به این معناست که فعالیت‌های مورد نیاز برای تکمیل پروژه شناسایی و سازمان‌دهی شوند. زمان‌بندی نیز مشخص می‌کند که هر فعالیت چه زمانی آغاز می‌شود، چه مدت طول می‌کشد، چه فعالیت‌هایی باید پیش از آن انجام شوند و چه منابعی برای اجرای آن لازم است. بدون زمان‌بندی، پروژه به صورت واکنشی اداره می‌شود؛ یعنی مدیران تنها پس از وقوع تأخیر یا مشکل به دنبال راه‌حل می‌گردند. اما با داشتن برنامه زمان‌بندی مناسب، می‌توان پیش از وقوع بحران، وضعیت پروژه را پیش‌بینی و کنترل کرد.

تهیه برنامه زمان‌بندی معمولاً با تعیین محدوده کار شروع می‌شود. محدوده کار مشخص می‌کند پروژه دقیقاً شامل چه اجزایی است و چه مواردی خارج از تعهد پروژه قرار می‌گیرد. سپس پروژه به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شود که به آن ساختار شکست کار یا WBS گفته می‌شود. برای مثال، در یک پروژه ساختمانی، پروژه می‌تواند به تجهیز کارگاه، عملیات خاکی، اجرای فونداسیون، اسکلت، دیوارچینی، تأسیسات مکانیکی و برقی، نازک‌کاری، محوطه‌سازی و تحویل تقسیم شود. هر یک از این بخش‌ها نیز به فعالیت‌های جزئی‌تر تبدیل می‌شوند.

پس از تعیین فعالیت‌ها، توالی و وابستگی میان آن‌ها مشخص می‌شود. بسیاری از فعالیت‌های ساختمانی نمی‌توانند به صورت مستقل یا هم‌زمان انجام شوند. برای مثال، بتن‌ریزی فونداسیون معمولاً پس از خاک‌برداری، آماده‌سازی بستر، آرماتوربندی و قالب‌بندی انجام می‌شود. در این حالت، فعالیت بعدی به پایان فعالیت قبلی وابسته است. این نوع رابطه را رابطه پایان به شروع می‌نامند. البته در برخی موارد، دو فعالیت می‌توانند هم‌زمان یا با فاصله زمانی مشخص آغاز شوند. شناخت صحیح وابستگی‌ها اهمیت زیادی دارد، زیرا اشتباه در تعیین توالی فعالیت‌ها باعث ایجاد برنامه‌های غیرواقعی و غیرقابل اجرا می‌شود.

یکی از روش‌های پرکاربرد زمان‌بندی، روش مسیر بحرانی یا CPM است. در این روش، فعالیت‌های پروژه، مدت هر فعالیت و روابط بین آن‌ها در قالب یک شبکه نمایش داده می‌شوند. سپس مسیرهایی که از آغاز تا پایان پروژه وجود دارند بررسی می‌شوند. طولانی‌ترین مسیر، مسیر بحرانی نام دارد. اهمیت مسیر بحرانی در این است که هر تأخیر در فعالیت‌های آن، مستقیماً باعث تأخیر در زمان تکمیل کل پروژه می‌شود. به عبارت دیگر، فعالیت‌های بحرانی معمولاً شناوری زمانی ندارند یا شناوری آن‌ها بسیار کم است.

شناوری یا Float به میزان تأخیری گفته می‌شود که یک فعالیت می‌تواند داشته باشد بدون آنکه تاریخ پایان پروژه تغییر کند. اگر فعالیتی دارای شناوری پنج روز باشد، می‌توان اجرای آن را تا پنج روز به تأخیر انداخت، بدون آنکه پروژه دیرتر تمام شود. اما اگر فعالیتی روی مسیر بحرانی باشد و شناوری آن صفر باشد، حتی یک روز تأخیر در آن ممکن است پایان پروژه را یک روز به تأخیر بیندازد. از این رو مدیر ساخت باید کنترل و تمرکز بیشتری بر فعالیت‌های بحرانی داشته باشد.

در روش CPM، زمان‌های شروع و پایان زودترین و دیرترین برای هر فعالیت محاسبه می‌شوند. زمان پایان زودترین از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$EF = ES + \text{Duration}$$

که در آن ES زمان شروع زودترین، EF زمان پایان زودترین و Duration مدت فعالیت است. همچنین، شناوری کل فعالیت از اختلاف زمان شروع دیرترین و زمان شروع زودترین قابل محاسبه است:

$$\text{Float} = LS - ES$$

هرچه شناوری کمتر باشد، حساسیت آن فعالیت نسبت به تأخیر بیشتر خواهد بود. روش دیگری که در زمان‌بندی به کار می‌رود، روش PERT است. این روش زمانی استفاده می‌شود که مدت فعالیت‌ها با عدم قطعیت همراه باشد. در PERT برای هر فعالیت سه زمان برآورد می‌شود: زمان خوش‌بینانه، زمان محتمل و زمان بدبینانه. سپس زمان مورد انتظار فعالیت از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

در این رابطه، a زمان خوش‌بینانه، m زمان محتمل و b زمان بدبینانه است. روش PERT به مدیران کمک می‌کند تا در پروژه‌های دارای ریسک و عدم قطعیت، برآورد واقع‌بینانه‌تری از زمان داشته باشند. برای مثال، در پروژه‌هایی که تأمین تجهیزات خاص، شرایط جوی، مجوزهای اداری یا عملیات پیچیده فنی بر زمان فعالیت‌ها اثرگذار است، PERT می‌تواند ابزار مناسبی باشد.

برآورد زمان فعالیت‌ها باید بر اساس اطلاعات واقعی انجام شود. حجم عملیات، تعداد کارکنان، ظرفیت ماشین‌آلات، میزان بهره‌وری، شرایط آب‌وهوایی، محدودیت‌های محل پروژه، دسترسی به مصالح و تجربه پیمانکار همگی بر مدت اجرای فعالیت‌ها اثر دارند. به‌طور ساده، اگر حجم کاری مشخص و نرخ تولید روزانه معلوم باشد، می‌توان مدت زمان فعالیت را از تقسیم حجم کار بر نرخ تولید به دست آورد:

$$\text{مدت فعالیت} = \frac{\text{حجم کار}}{\text{نرخ تولید روزانه}}$$

برای مثال، اگر عملیات خاک برداری برابر با ۵۰۰۰ مترمکعب باشد و ماشین آلات موجود بتوانند روزانه ۲۵۰ مترمکعب خاک برداری کنند، مدت تقریبی فعالیت برابر با ۲۰ روز خواهد بود. البته در عمل باید زمان‌های توقف، تعمیر ماشین آلات، شرایط جوی و سایر عوامل مؤثر نیز در نظر گرفته شوند.

برنامه زمان‌بندی پس از تهیه نباید بدون تغییر باقی بماند. شرایط واقعی پروژه ممکن است با پیش‌بینی‌های اولیه متفاوت باشد؛ برای نمونه، تأخیر در پرداخت‌ها، کمبود مصالح، تغییر نقشه‌ها، شرایط نامناسب جوی، کمبود نیروی ماهر یا خرابی ماشین آلات می‌تواند برنامه را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین، برنامه باید در دوره‌های منظم به‌روزرسانی شود. در فرایند کنترل زمان، پیشرفت واقعی فعالیت‌ها با برنامه مصوب مقایسه می‌شود، انحراف‌ها شناسایی می‌گردند و برای رفع آن‌ها اقدامات اصلاحی طراحی می‌شود.

اقدامات اصلاحی ممکن است شامل افزایش منابع، افزایش تعداد اکیپ‌ها، استفاده از ماشین آلات بیشتر، اضافه کاری، تغییر روش اجرا، تأمین سریع‌تر مصالح یا انجام هم‌زمان برخی فعالیت‌ها باشد. با این حال، تسریع پروژه باید با دقت انجام شود، زیرا افزایش سرعت اجرا ممکن است هزینه‌ها را بالا ببرد یا کیفیت و ایمنی را تحت تأثیر قرار دهد.

پس از مدیریت زمان، برآورد و کنترل هزینه‌ها دومین رکن اساسی مدیریت ساخت است. برآورد هزینه به معنای پیش‌بینی منابع مالی مورد نیاز برای اجرای پروژه است. این برآورد باید هزینه مصالح، نیروی انسانی، ماشین آلات، حمل‌ونقل، تجهیز کارگاه، هزینه‌های اداری، بیمه، مالیات، هزینه‌های غیرمستقیم و ذخیره احتمالی برای ریسک‌ها را در بر بگیرد. هرچه اطلاعات پروژه دقیق‌تر باشد، برآورد هزینه نیز دقیق‌تر خواهد بود.

در مراحل اولیه پروژه معمولاً از برآوردهای تقریبی یا مفهومی استفاده می‌شود. این برآوردها ممکن است بر اساس هزینه هر مترمربع زیربنا، هزینه هر متر طول، هزینه هر مترمکعب یا مقایسه با پروژه‌های مشابه انجام شوند. برای مثال، در ابتدای طراحی یک ساختمان می‌توان با توجه به مساحت زیربنا و هزینه متوسط ساخت هر مترمربع، یک برآورد اولیه از سرمایه مورد نیاز تهیه کرد. این روش سریع است، اما دقت آن نسبتاً محدود است.

با تکمیل نقشه‌ها و مشخصات فنی، برآورد تفصیلی تهیه می‌شود. در این روش، مقادیر هر آیتم اجرایی از روی نقشه‌ها استخراج می‌گردد و در قیمت واحد آن ضرب می‌شود. رابطه کلی آن چنین است:

$$\text{قیمت واحد} \times \text{مقدار کار} = \text{هزینه آیتم}$$

برای مثال، اگر ۲۰۰ مترمکعب بتن مورد نیاز باشد و قیمت واحد هر مترمکعب بتن ۳,۵۰۰,۰۰۰ ریال باشد، هزینه بتن برابر خواهد بود با:

$$\text{ریال } ۷۰۰,۰۰۰,۰۰۰ = ۲۰۰ \times ۳,۵۰۰,۰۰۰$$

در پروژه‌های عمرانی، برآوردها اغلب بر پایه فهرست‌بها انجام می‌شوند. فهرست‌بها شامل قیمت واحد فعالیت‌های مختلف اجرایی است و بسته به شرایط پروژه، ضرایب مختلفی مانند ضریب منطقه‌ای، ضریب بالاسری، ضریب طبقات یا ضرایب مربوط به شرایط خاص به آن افزوده می‌شود. برآورد دقیق، علاوه بر نقش مالی، در انتخاب پیمانکار، تنظیم قرارداد، کنترل صورت‌وضعیت‌ها و پیش‌بینی نیازهای نقدی پروژه نیز مؤثر است.

پس از برآورد، بودجه پروژه تهیه می‌شود. بودجه در واقع برنامه مالی پروژه است و مشخص می‌کند برای هر بخش چه مقدار اعتبار لازم است و این اعتبار در چه زمانی باید تأمین یا مصرف شود. بودجه باید هزینه‌های مستقیم، هزینه‌های غیرمستقیم، ذخیره احتیاطی و هزینه‌های احتمالی ناشی از ریسک‌ها را در بر گیرد. بودجه‌بندی صرفاً تعیین یک عدد کل نیست؛ بلکه باید هزینه‌ها را به فعالیت‌ها، دوره‌های زمانی و اجزای پروژه ارتباط دهد.

هزینه‌های مستقیم، هزینه‌هایی هستند که می‌توان آن‌ها را مستقیماً به یک فعالیت اجرایی مشخص نسبت داد. هزینه مصالح مصرفی، دستمزد کارگران اجرایی، هزینه استفاده از ماشین‌آلات، هزینه حمل مصالح و هزینه پیمانکاران جزء نمونه‌هایی از هزینه مستقیم هستند. برای مثال، هزینه بتن و آرماتور مصرفی برای اجرای فونداسیون، مستقیماً به فعالیت فونداسیون مربوط است.

در مقابل، هزینه‌های غیرمستقیم هزینه‌هایی هستند که برای اجرای پروژه ضروری‌اند، اما به یک فعالیت مشخص قابل انتساب نیستند. حقوق مدیر کارگاه، هزینه دفتر کارگاهی، هزینه نگهداری، بیمه، آب و برق کارگاه، ایمنی عمومی، هزینه‌های اداری و استهلاک تجهیزات پشتیبانی از جمله هزینه‌های غیرمستقیم هستند. اگر این هزینه‌ها به‌درستی پیش‌بینی و کنترل نشوند، ممکن است سود پروژه را به‌شدت کاهش دهند؛ حتی در شرایطی که هزینه‌های مستقیم به‌خوبی مدیریت شده‌اند.

کنترل هزینه به معنای مقایسه هزینه واقعی انجام‌شده با هزینه برنامه‌ریزی‌شده یا بودجه مصوب است. مدیر ساخت باید دائماً بررسی کند که پروژه نسبت به بودجه در چه وضعیتی قرار دارد. یکی از روش‌های تحلیلی در این زمینه، مدیریت ارزش کسب‌شده است. در این روش، هزینه واقعی، ارزش کار انجام‌شده و بودجه برنامه‌ریزی‌شده با یکدیگر مقایسه می‌شوند. انحراف هزینه از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$CV = EV - AC$$

که در آن EV ارزش کسب‌شده و AC هزینه واقعی است. اگر این شاخص مثبت باشد، پروژه از نظر هزینه وضعیت مطلوب‌تری دارد؛ اما اگر منفی باشد، نشان‌دهنده اضافه‌هزینه است. البته تحلیل درست این شاخص نیازمند ثبت دقیق پیشرفت فیزیکی و هزینه‌های واقعی است.

زمان و هزینه در پروژه‌های ساختمانی ارتباطی مستقیم و متقابل دارند. تأخیر در تأمین مصالح، توقف کارگاه، تمدید مدت قرارداد یا افزایش مدت استفاده از ماشین‌آلات، همگی می‌توانند هزینه پروژه را افزایش دهند. به‌عنوان نمونه،

اگر اجرای یک پروژه به علت تأخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها متوقف شود، پیمانکار ممکن است همچنان هزینه نگهداری کارگاه، نگهبانی، کارکنان، تجهیزات و اجاره ماشین‌آلات را پرداخت کند. بنابراین، مدیریت زمان بدون توجه به هزینه و مدیریت هزینه بدون کنترل زمان، کامل نخواهد بود.

یکی دیگر از موضوعات مهم در مدیریت ساخت، ارزیابی مالی پروژه است. ارزیابی مالی بررسی می‌کند که آیا پروژه از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است یا خیر. در این ارزیابی، سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه‌های بهره‌برداری، درآمدها یا منافع آینده، نرخ تنزیل و ریسک‌های مالی بررسی می‌شوند. یکی از شاخص‌های مهم در این زمینه ارزش فعلی خالص یا NPV است:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

در این فرمول، CF_t جریان نقدی در دوره t ، r نرخ تنزیل و n تعداد دوره‌ها است. اگر ارزش فعلی خالص پروژه مثبت باشد، به‌طور کلی پروژه از نظر مالی قابل قبول تلقی می‌شود؛ زیرا ارزش منافع آتی آن بیشتر از هزینه‌های فعلی است. شاخص دیگر، نرخ بازده داخلی یا IRR است. نرخ بازده داخلی نرخي است که در آن ارزش فعلی خالص پروژه برابر صفر می‌شود. اگر نرخ بازده داخلی بیشتر از نرخ مورد انتظار سرمایه‌گذار یا هزینه تأمین مالی باشد، پروژه از نظر مالی می‌تواند مناسب باشد. دوره بازگشت سرمایه نیز نشان می‌دهد که سرمایه اولیه در چه مدت زمانی از طریق درآمدها یا صرفه‌جویی‌های ناشی از پروژه بازمی‌گردد.

مدیریت نقدینگی نیز از مسائل بسیار حساس در پروژه‌های ساختمانی است. ممکن است پروژه روی کاغذ سودآور باشد، اما به دلیل نبود وجه نقد کافی در زمان مناسب، با توقف یا بحران روبه‌رو شود. نقدینگی یعنی توانایی تأمین وجه لازم برای پرداخت هزینه‌های جاری پروژه. مدیر ساخت و مدیر مالی باید زمان دریافت مطالبات، پرداخت به کارکنان، خرید مصالح، اجاره ماشین‌آلات، پرداخت به پیمانکاران جزء و سایر هزینه‌ها را هماهنگ کنند.

ابزار اصلی در این زمینه، برنامه جریان نقدی یا Cash Flow است. در جریان نقدی، زمان ورود و خروج وجوه نقد پیش‌بینی می‌شود. اگر پرداخت‌های پروژه زودتر از دریافت‌های آن باشد، پروژه با کسری نقدینگی روبه‌رو می‌شود. برای مثال، اگر پیمانکار مجبور باشد هزینه مصالح و دستمزد را در ابتدای ماه پرداخت کند، اما صورت وضعیت او چند ماه بعد پرداخت شود، به سرمایه در گردش یا تسهیلات مالی نیاز خواهد داشت. عدم مدیریت این مسئله می‌تواند باعث کندی عملیات، بدهی به تأمین‌کنندگان، کاهش انگیزه نیروی انسانی و در نهایت تأخیر در پروژه شود.

در جمع‌بندی، مدیریت ساخت یک فرایند جامع و چندبعدی است که موفقیت پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی به آن وابسته است. مدیر ساخت باید بتواند برنامه‌ای واقع‌بینانه تهیه کند، فعالیت‌ها و وابستگی‌های آن‌ها را به‌درستی

شناسایی نماید، مسیر بحرانی را کنترل کند، منابع را به صورت بهینه تخصیص دهد، هزینه‌ها را برآورد و کنترل کند، نقدینگی را مدیریت نماید و میان اهداف زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی تعادل برقرار سازد. هرچه برنامه‌ریزی دقیق‌تر، کنترل مستمرتر و تصمیم‌گیری‌ها به موقع‌تر باشد، احتمال تکمیل موفق پروژه بیشتر خواهد بود.

مدیریت کیفیت در پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی

مدیریت کیفیت یکی از ارکان کلیدی و اضلاع اصلی مثلث مدیریت پروژه (زمان، هزینه و کیفیت) است. در پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی، کیفیت صرفاً به معنای زیبایی ظاهری یا استفاده از مصالح لوکس نیست؛ بلکه به معنای تطابق کامل خروجی‌های پروژه با مشخصات فنی، نقشه‌ها، استانداردها و انتظارات کارفرما است. به عبارت دیگر، کیفیت زمانی حاصل می‌شود که سازه ساخته شده بتواند وظایف مورد انتظار خود را در طول عمر مفید تعریف شده، با ایمنی کامل و بدون خرابی یا افت عملکرد انجام دهد.

در پروژه‌های عمرانی، دستیابی به کیفیت مطلوب تصادفی نیست، بلکه نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، استقرار سیستم‌های مدیریتی منسجم، نظارت مستمر و انجام آزمایش‌های فنی گوناگون است. ضعف در مدیریت کیفیت می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری همچون تخریب سازه، هزینه‌های سنگین دوباره کاری، تأخیرهای طولانی در پروژه و حتی خطرات جانی برای بهره‌برداران به همراه داشته باشد.

۱. تعیین الزامات و استانداردهای کیفیت در پروژه

نخستین گام در مدیریت کیفیت، تعریف و تدوین الزامات و استانداردهای حاکم بر پروژه در مراحل اولیه (به‌ویژه در مرحله طراحی و تهیه اسناد مناقصه) است. این الزامات مشخص می‌کنند که هر بخش از پروژه با چه متر و معیاری سنجیده و تحویل گرفته می‌شود.

منابع اصلی تعیین این الزامات عبارتند از:

- **مشخصات فنی عمومی و خصوصی پیمان:** در ایران، اسنادی مانند «نشریه ۱۰۱» (مشخصات فنی عمومی راه) یا «نشریه ۵۵» (مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی) به عنوان مراجع اصلی پایه شناخته می‌شوند. مشخصات فنی خصوصی نیز الزامات خاص هر پروژه را که توسط مشاور طراحی تدوین شده، مشخص می‌کند.
- **آیین‌نامه‌ها و استانداردهای ملی و بین‌المللی:** استانداردها و ضوابط ملی مانند مقررات ملی ساختمان (مباحث نهم، دهم و...)، استاندارد ۲۸۰۰ (طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) و استانداردهای بین‌المللی نظیر ASTM، AASHTO، ACI و DIN حسب مورد در پروژه‌ها ملاک عمل قرار می‌گیرند.
- **نقشه‌های اجرایی مصوب:** نقشه‌هایی که جزییات ابعادی، نوع مصالح، مقاومت بتن، رده فولاد و نحوه اتصالات را به طور دقیق مشخص می‌کنند.

مدیر ساخت باید پیش از شروع عملیات اجرایی، تمامی این الزامات را استخراج کرده و آنها را در قالب دستورالعمل‌های ساده و قابل فهم به تیم‌های اجرایی و پیمانکاران جزء ابلاغ کند.

۲. اجرای سیستم‌های مدیریت کیفیت (مانند خانواده ISO ۹۰۰۰)

برای اینکه کیفیت به یک فرهنگ و فرایند مداوم در سازمان پروژه تبدیل شود، نیاز به استقرار یک سیستم مدیریت کیفیت (QMS) است. یکی از معروف‌ترین و معتبرترین الگوها برای این کار، استانداردهای خانواده ISO ۹۰۰۰ و به ویژه استاندارد ISO ۹۰۰۱ است.

استقرار سیستم مدیریت کیفیت بر پایه ایزو ۹۰۰۱ در پروژه‌های ساختمانی مزایای زیر را به همراه دارد:

- **فرایندگرایی:** پروژه به صورت مجموعه‌ای از فرایندهای به هم پیوسته (مانند فرایند خرید مصالح، فرایند بتن‌ریزی، فرایند جوشکاری) دیده می‌شود که ورودی، عملیات و خروجی هر کدام باید کنترل شود.
- **چرخه بهبود مستمر (PDCA):** این چرخه شامل چهار مرحله برنامه‌ریزی (Plan)، اجرا (Do)، بررسی و پایش (Check) و اقدام اصلاحی (Act) است که باعث می‌شود خطاها تحلیل شده و از تکرار آنها در مراحل بعدی پروژه جلوگیری شود.
- **مستندسازی:** یکی از اصول ایزو، ثبت و مستندسازی تمامی فعالیت‌ها، تغییرات، تأییدیه‌ها و نتایج آزمایش‌ها است. این کار به شفافیت حقوقی پروژه کمک کرده و در زمان بروز اختلاف میان کارفرما و پیمانکار، مدرک معتبری به شمار می‌رود.
- **رویکرد پیشگیرانه:** به جای اینکه منتظر بمانیم تا خطایی رخ دهد و سپس آن را اصلاح کنیم (که بسیار هزینه‌بر است)، سیستم تلاش می‌کند با آموزش کارکنان، کالیبره کردن ابزارها و بررسی صلاحیت تأمین‌کنندگان، مانع از بروز خطا شود.

۳. نظارت و کنترل کیفیت در حین اجرا

کنترل کیفیت (QC) مجموعه‌ای از تکنیک‌ها و فعالیت‌های عملیاتی است که برای بررسی تطابق خروجی کار با الزامات مشخص شده انجام می‌شود. کنترل کیفیت در سه فاز زمانی زیر صورت می‌گیرد:

الف) کنترل قبل از اجرا (کنترل ورودی‌ها)

پیش از شروع هر فعالیت باید ابزارها، مصالح و نیروی انسانی کنترل شوند. برای مثال:

- تأیید صلاحیت و مهارت جوشکاران پیش از شروع عملیات جوشکاری اسکلت فلزی.
- بررسی استانداردها و کیفیت مصالح وارده به کارگاه (مانند میلگرد، سیمان، شن و ماسه) و تطابق آنها با برگه‌های خرید و مشخصات فنی.
- بررسی کالیبراسیون تجهیزات نقشه‌برداری یا بچینگ پلانت بتن.

ب) کنترل در حین اجرا

نظارت مستقیم ناظران و مدیران کارگاه بر نحوه اجرای فعالیت‌ها در زمان انجام کار. برای مثال:

- کنترل نحوه و بیره کردن بتن جهت جلوگیری از کرم شدن آن.
- پایش دمای بتن در زمان بتن‌ریزی در هوای بسیار گرم یا بسیار سرد.
- کنترل فواصل آرماتورها و رعایت کاور (پوشش) بتن پیش از بتن‌ریزی.

ج) کنترل پس از اجرا (خروجی‌ها)

بررسی نهایی کار انجام‌شده پیش از پوشیده شدن یا رفتن به مرحله بعد. در کارهای ساختمانی اصطلاحاً به این کار «**ثبت و تأیید صورت‌مجلس کارپوشیده**» می‌گویند. برای مثال، پیش از اینکه روی لوله‌های تأسیسات با ملات یا کناف پوشانده شود، باید تست فشار و تأییدیه ناظر اخذ شود.

۴. انجام بازرسی‌ها و آزمون‌های کیفیت

بازرسی و آزمایش (Inspection & Testing)، ابزار فنی و عینی کنترل کیفیت هستند. در پروژه‌های ساختمانی، قضاوت‌های چشمی کافی نیستند و باید از آزمون‌های استاندارد آزمایشگاهی بهره گرفت. مهم‌ترین آزمون‌ها و بازرسی‌ها در پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی عبارتند از:

- **آزمون‌های بتن:** شامل تست اسلامپ (جهت سنجش کارایی و روانی بتن تازه)، نمونه‌گیری و ساخت مکعب‌ها یا سیلندرها، بتنی جهت انجام تست مقاومت فشاری در سنین ۷، ۲۸ و گاهی ۹۰ روزه.
 - **آزمون‌های جوش و اتصالات (تست‌های غیرمخرب - NDT):** در اسکلت‌های فلزی و پل‌های فولادی، بازرسی چشمی (VT)، تست مایعات نافذ (PT)، تست ذرات مغناطیسی (MT) و تست‌های پیشرفته‌تر مانند التراسونیک (UT) یا رادیوگرافی (RT) جهت اطمینان از عدم وجود ترک، حباب هوا یا ناخالصی در جوش‌ها انجام می‌شود.
 - **آزمون‌های خاک و ژئوتکنیک:** شامل تست دانسیته صحرائی (جهت کنترل درصد تراکم و کوبیدگی خاک ساب‌گرید یا بیس در راه‌سازی)، تست ارزش ماسه‌ای (SE) و آزمایش‌های دانه‌بندی خاک.
 - **تست‌های تأسیساتی:** مانند تست هیدرواستاتیک (فشار آب) لوله‌کشی‌های آب مصرفی و سیستم‌های گرمایشی/سرمایشی، تست دود در دودکش‌ها و تست عایق‌بندی دی‌الکتریک در کابل‌های برق.
- نتایج این آزمون‌ها به صورت رسمی در قالب «دفترچه نتایج آزمایشگاهی کارگاه» ثبت و بایگانی می‌شود. اگر نتیجه آزمونی (مثلاً مقاومت ۲۸ روزه بتن یک ستون) کمتر از حد استاندارد باشد، مدیر ساخت باید طبق ضوابط آیین‌نامه‌ای اقدامات اصلاحی نظیر مغزه‌گیری (گرگیری)، بارگذاری آزمایشی یا در نهایت تقویت و مقاوم‌سازی سازه را در دستور کار قرار دهد.

ارتباط متقابل مدیریت کیفیت با زمان و هزینه

مدیریت کیفیت رابطه تنگاتنگی با زمان و هزینه دارد که در اصطلاح به آن «**هزینه‌های کیفیت**» (COQ - Cost of Quality) می‌گویند. هزینه‌های کیفیت به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱. **هزینه‌های انطباق (سرمایه‌گذاری روی کیفیت):** هزینه‌هایی که برای جلوگیری از بروز خطا

پرداخت می‌شود؛ مانند خرید مصالح با کیفیت، آموزش کارگران، کالیبراسیون و انجام آزمایش‌های منظم.

۲. **هزینه‌های عدم انطباق (خسارت‌های ناشی از کیفیت بد):** هزینه‌هایی که در اثر خرابکاری و

بی‌کفایتی به پروژه تحمیل می‌شود؛ مانند هزینه تخریب بتن ضعیف، خرید مجدد مصالح، جریمه‌های دیرکرد به دلیل دوباره‌کاری و دعاوی حقوقی کارفرما.

یکی از اهداف اصلی مدیر ساخت، بهینه‌سازی این هزینه‌هاست. تجربه ثابت کرده است که سرمایه‌گذاری معقول روی کنترل و تضمین کیفیت (هزینه‌های انطباق)، به شدت هزینه‌های نهایی پروژه را کاهش داده و از تأخیرهای ناخواسته (ناشی از تخریب و بازسازی بخش‌های معیوب) جلوگیری می‌کند.

مدیریت ایمنی و بهداشت در پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی

کارگاه‌های ساختمانی و عمرانی به دلیل ماهیت پویا، تنوع فعالیت‌های هم‌زمان، کار در ارتفاع، استفاده از ماشین‌آلات سنگین و شرایط جوی متغیر، از خطرناک‌ترین محیط‌های کاری به شمار می‌روند. طبق آمار رسمی، بیشترین نرخ حوادث مرگبار و آسیب‌های شدید ناشی از کار در دنیا و ایران، متعلق به بخش ساخت‌وساز است.

مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (HSE) در کارگاه‌های ساختمانی، نظامی سازمان‌یافته است که هدف آن صیانت از جان و سلامت کارکنان، حفظ اموال و سرمایه‌های پروژه، کاهش هزینه‌های ناشی از حوادث و ارتقای بهره‌وری کارگاه است. حادثه نه تنها رنج‌های انسانی به همراه دارد، بلکه به شکل مستقیم با متوقف کردن کارگاه، جریمه‌های قانونی، ابطال مجوزها و تخریب روحیه نیروی کار، اهداف زمان، هزینه و کیفیت پروژه را با شکست مواجه می‌سازد.

۱. شناسایی و ارزیابی خطرات ایمنی در محیط کار

بنیان یک سیستم ایمنی موفق، پیش‌بینی خطرات قبل از وقوع حادثه است. این کار از طریق شناسایی نظام‌مند کانون‌های خطر (Hazards) و ارزیابی سطح ریسک (Risk Assessment) آن‌ها انجام می‌شود.

• **شناسایی خطرات:** در این مرحله، تمامی شرایط، تجهیزات یا رفتارهایی که پتانسیل آسیب رساندن به

انسان، تجهیزات یا محیط زیست را دارند مشخص می‌شوند. برای مثال:

○ کار در ارتفاع (روی داربست‌ها، لبه‌های باز طبقات، سقف‌ها).

○ ریزش دیواره‌های گودبرداری یا کانال‌ها.

- سقوط اجسام و مصالح از ارتفاع بر سر کارگران یا عابران.
- برق گرفتگی ناشی از برخورد ماشین آلات با خطوط انتقال برق یا سیم کشی های موقت کارگاه.
- برخورد ماشین آلات سنگین (مانند جرثقیل، لودر و بیل مکانیکی) با افراد یا سازه های موقت.
- **ارزیابی ریسک:** پس از شناسایی خطرات، میزان ریسک هر خطر بر اساس دو فاکتور «احتمال وقوع» و «شدت پیامد» سنجیده می شود. برای این کار معمولاً از ماتریس های ارزیابی ریسک استفاده می شود تا خطرات اولویت بندی شوند. ریسک های با اولویت بالا (مانند گودبرداری های عمیق بدون سازه نگهدارنده یا کار بر روی داربست های غیرایمن) نیازمند اقدامات اصلاحی فوری و بدون فوت وقت هستند.

۲. اجرای اقدامات پیشگیرانه و کنترلی برای کاهش حوادث

- پس از شناسایی و اولویت بندی ریسک ها، باید از روش های استاندارد کنترل ریسک برای کاهش یا حذف آن ها استفاده کرد. سلسله مراتب کنترل ریسک شامل اقدامات زیر است:
- **حذف یا جایگزینی خطر:** تا حد امکان باید فاکتورهای خطرناک حذف یا با روش های ایمن تر جایگزین شوند (مثلاً استفاده از داربست های پیش ساخته استاندارد به جای داربست های سنتی چوبی).
 - **کنترل های مهندسی:** استفاده از تجهیزات و سازه های حفاظتی برای مهار فیزیکی خطر؛ مانند:
 - طراحی و اجرای سازه های نگهدارنده پایدار جهت جلوگیری از ریزش دیواره گود.
 - نصب حفاظ ها و هندریل های استاندارد در لبه پرتگاه ها و بازشوهای سقف (نورگیرها و چاله آسانسور).
 - نصب تورهای نجات (Safety Nets) در پروژه های بلندمرتبه.
 - **کنترل های مدیریتی:** تدوین قوانین کارگاهی، زمان بندی ایمن کارها و صدور مجوزهای خاص؛ مانند:
 - صدور «مجوز کار» (Permit to Work) برای کارهای پرخطر مثل کار گرم (جوشکاری در فضاهای بسته) یا کار در ارتفاع بالا.
 - نظارت بر تردد افراد و ممنوعیت ورود افراد غیرمجاز به نواحی خطرناک کارگاه.
 - **تجهیزات حفاظت فردی (PPE):** این تجهیزات آخرین خط دفاعی کارگران در برابر خطرات هستند و شامل کلاه ایمنی، کفش ایمنی با پنجه فولادی، کمربند ایمنی هارنس (برای کار در ارتفاع)، عینک حفاظتی، ماسک و دستکش های کارگاهی مناسب می شوند. مدیر ساخت و افسر ایمنی کارگاه موظفند استفاده مستمر کارکنان از این تجهیزات را الزامی و کنترل کنند.

۳. رعایت قوانین و مقررات ایمنی و بهداشت کار

مدیریت ایمنی در پروژه‌ها مستلزم انطباق کامل با چارچوب‌های قانونی و حقوقی است. رعایت نکردن این قوانین در صورت بروز حادثه، مسئولیت‌های حقوقی و کیفری سنگینی را متوجه کارفرما، مهندس ناظر و پیمانکار (مدیر ساخت) می‌کند.

مهم‌ترین مراجع قانونی در ایران عبارتند از:

- **قانون کار جمهوری اسلامی ایران (به‌ویژه فصل چهارم - حفاظت فنی و بهداشت کار):** این قانون کارفرمایان را مکلف به تأمین شرایط ایمن برای کارگران می‌کند.
- **آیین‌نامه‌های مصوب شورای عالی حفاظت فنی:** شامل آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی، آیین‌نامه ایمنی کار در ارتفاع، آیین‌نامه ایمنی ماشین‌آلات و ...
- **مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا):** این مبحث الزامات قانونی دقیقی را برای ایمنی عابران، مجاوران کارگاه، کارگران، وسایل و دستگاه‌های کارگاهی ارائه می‌دهد.
- **استانداردهای بین‌المللی مانند ISO ۴۵۰۰۱:** سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی که اصول استقرار فرایندهای ایمن، ثبت مستندات حوادث و شبه‌حوادث (Near Misses) را مشخص می‌کند.

۴. آموزش و فرهنگ‌سازی ایمنی در میان کارکنان

بسیاری از حوادث کارگاهی ناشی از رفتارهای نایمن و عدم آگاهی کارکنان از خطرات پیرامون خود است. به همین دلیل، آموزش و ایجاد فرهنگ ایمنی فعال، کلید اصلی پیشگیری از حوادث است. اقدامات اساسی در حوزه آموزش و فرهنگ‌سازی شامل موارد زیر است:

- **آموزش‌های توجیهی بدو ورود (Induction Training):** هر کارگر یا مهندسی که جدیداً وارد کارگاه می‌شود، پیش از شروع کار باید آموزش‌های اولیه ایمنی، قوانین کارگاه و نقاط پرخطر را فرا بگیرد.
- **جلسات پیش از شروع کار روزانه (Toolbox Talks):** این جلسات کوتاه ۵ تا ۱۰ دقیقه‌ای هر روز صبح قبل از شروع عملیات توسط سرپرستان یا کارشناس ایمنی برگزار می‌شود. در این جلسات، خطرات کار همان روز و نکات ایمنی مربوط به آن به کارگران یادآوری می‌شود (مثلاً بررسی کابل‌های برق پیش از بتن‌ریزی).
- **تابلوهای راهنما و علائم هشداردهنده:** نصب علائم هشداردهنده بصری در نقاط پرخطر کارگاه (مانند علائم خطر سقوط، الزام استفاده از کلاه ایمنی و مسیرهای خروج اضطراری).

• **فرهنگ‌سازی و تشویق:** ایجاد فضایی که در آن کارگران تشویق شوند شرایط ناایمن را بدون ترس از توبیخ گزارش دهند. همچنین تشویق کارگران نمونه در رعایت اصول ایمنی می‌تواند انگیزه جمعی را برای کار ایمن افزایش دهد.

ارتباط مدیریت ایمنی با ارکان مدیریت ساخت (زمان، هزینه، کیفیت)

نگرش‌های سنتی، ایمنی را عاملی هزینه‌بر و کندکننده کار می‌دانستند، در حالی که در مدیریت مدرن ساخت، ایمنی یک سرمایه‌گذاری اقتصادی سودآور است.

وقتی حادثه‌ای رخ می‌دهد:

۱. کارگاه تا زمان بررسی بازرسان کار و مراجع قضایی متوقف می‌شود (**تأخیر شدید در زمان پروژه**).
 ۲. هزینه‌های مستقیم درمانی، دیه، جریمه‌های قانونی و خسارت به تجهیزات به پروژه تحمیل می‌شود (**افزایش هزینه‌ها و نقدینگی**).
 ۳. جو روانی کارگاه متشنج شده و انگیزه کارگران به شدت افت می‌کند که نتیجه آن کاهش بازدهی و دقت کاری است (**کاهش کیفیت ساخت**).
- بنابراین، مدیریت بهینه ایمنی و بهداشت، با ایجاد آرامش خاطر در نیروی انسانی و جلوگیری از توقف‌های ناگهانی کارگاه، تضمین‌کننده و پشتیبان اصلی در دستیابی به اهداف زمان، هزینه و کیفیت کل پروژه است.

مدیریت منابع انسانی در پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی

پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی با وجود برخورداری از ماشین‌آلات پیشرفته، ابزارهای نوین و فناوری‌های روز، در نهایت توسط **انسان‌ها** هدایت و اجرا می‌شوند. از کارگران ساده و ماهر کارگاه گرفته تا تکنسین‌ها، مهندسان ناظر، نقشه‌برداران، سرپرستان کارگاه و مدیران ارشد پروژه، همگی سرمایه‌های انسانی یک پروژه را تشکیل می‌دهند.

مدیریت منابع انسانی (HRM) در پروژه‌های ساخت، فرایند برنامه‌ریزی، جذب، سازماندهی، توسعه، ایجاد انگیزه و هدایت این تیم‌های کاری است. با توجه به ماهیت موقت پروژه‌ها، تغییر مداوم نیاز به نیروهای تخصصی در مراحل مختلف پروژه (مثلاً نیاز به آرما توربند در فاز فونداسیون و نیاز به گچ‌کار در فاز نازک‌کاری) و تنوع فرهنگی و مهارتی کارکنان، مدیریت منابع انسانی در کارگاه‌های ساختمانی با چالش‌های منحصربه‌فردی روبه‌رو است که نیازمند برنامه‌ریزی و هدایت سیستماتیک است.

۱. برنامه‌ریزی نیروی انسانی و تأمین نیروی کار

اولین گام در مدیریت منابع انسانی، پیش‌بینی و تأمین به‌موقع نیروی انسانی مورد نیاز در طول چرخه حیات پروژه است.

- **برنامه‌ریزی منابع انسانی:** این فرایند با همکاری مستقیم تیم زمان‌بندی و بر اساس ساختار شکست کار (WBS) انجام می‌شود. برای هر فعالیت در نمودار گانت یا مسیر بحرانی (CPM)، باید مشخص شود که چه نوع نیروی کار (ساده، ماهر، تکنسین، مهندس) و به چه تعداد مورد نیاز است. خروجی این بخش به صورت «نمودار هیستوگرام منابع انسانی» ترسیم می‌شود تا زمان‌های اوج مصرف نیروی کار (Peak) و زمان‌های کم کاری مشخص شده و از بیکاری نیروها یا کمبود ناگهانی آن‌ها جلوگیری شود.

- **تأمین نیروی کار (جذب و استخدام):** پس از مشخص شدن نیازها، فرایند جذب آغاز می‌شود. این فرایند شامل استخدام پرسنل کلیدی و دفتری (مانند سرپرست کارگاه، مسئول ایمنی، مدیر مالی) و همچنین تأمین کارگران کارگاهی است. در پروژه‌های ساختمانی، تأمین بخشی از نیروی کار اغلب از طریق واگذاری کار به پیمانکاران جزء (Subcontractors) انجام می‌شود. در این حالت، ارزیابی صلاحیت فنی، اخلاقی و سوابق پیمانکاران جزء پیش از عقد قرارداد اهمیت حیاتی دارد.

۲. مدیریت عملکرد کارکنان و ارزیابی عملکرد

برای اطمینان از اینکه تلاش‌های انفرادی و تیمی کارکنان در جهت اهداف پروژه (زمان، هزینه و کیفیت) قرار دارد، سیستم مدیریت عملکرد پیاده‌سازی می‌شود.

- **تعریف انتظارات و شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPIs):** هر یک از کارکنان و پیمانکاران باید دقیقاً بدانند چه وظایفی بر عهده دارند و عملکرد آن‌ها بر اساس چه معیارهایی سنجیده می‌شود. برای مثال، برای یک اکیب دیوارچینی، شاخص می‌تواند «متر از دیوارچینی استاندارد در روز» باشد و برای سرپرست کارگاه، «میزان انطباق پیشرفت فیزیکی واقعی با برنامه زمان‌بندی».

- **ارزیابی مستمر و بازخورد:** ارزیابی عملکرد نباید به پایان پروژه موقوف شود. سرپرست کارگاه و مدیر ساخت باید به صورت روزانه و هفتگی عملکرد نیروها را پایش کنند.
- **اقدامات اصلاحی و آموزشی:** اگر عملکرد نیروی کار یا یک اکیپ پایین تر از حد انتظار باشد، علت آن بررسی می شود (مثلاً ضعف ابزار، عدم شفافیت نقشه ها یا کمبود مهارت). سپس اقدامات اصلاحی مانند جابه جایی نیروها، ارائه آموزش های حین کار یا در صورت لزوم، خاتمه همکاری انجام می گیرد.

۳. ایجاد انگیزه و حفظ کارکنان

کارگاه های ساختمانی معمولاً محیط هایی سخت، پر استرس و همراه با فشارهای کاری شدید برای رعایت مهلت های زمانی (Deadlines) هستند. در چنین شرایطی، بی انگیزگی کارکنان می تواند به سرعت منجر به افت کیفیت، کاهش بهره وری، بروز حوادث و ترک کارگاه توسط نیروهای ماهر شود. راهکارهای ایجاد انگیزه و حفظ نیروهای کارآمد عبارتند از:

- **نظام پرداخت عادلانه و به موقع:** اساسی ترین عامل انگیزشی در کارگاه ها، پرداخت حقوق، دستمزد و صورت وضعیت های پیمانکاران جزء در موعد مقرر است. تأخیر در پرداخت ها اثر مخرب فوری بر تعهد و کیفیت کار نیروها دارد.
- **طرح های تشویقی و پاداش:** تعریف پاداش های تسریع برای بخش هایی از پروژه که زودتر از موعد و با کیفیت مطلوب تحویل داده می شوند (مثلاً پاداش به اکیپ قالب بندی برای اتمام کار پیش از زمان بندی).
- **بهبود شرایط رفاهی کارگاه:** تأمین خدمات رفاهی مناسب از قبیل غذای گرم و با کیفیت، آب آشامیدنی خنک، کانکس های مجهز به سیستم های سرمایشی و گرمایشی جهت استراحت، سرویس های بهداشتی تمیز و لباس کار مناسب.
- **مسیر ارتقا و امنیت شغلی:** ایجاد این اطمینان در پرسنل کلیدی و مهندسان که عملکرد خوب آن ها در پروژه فعلی، تضمین کننده همکاری آن ها در پروژه های آتی شرکت خواهد بود.

۴. ارتباطات و تعاملات مؤثر با کارکنان

- بسیاری از تعارض ها، موازی کاری ها و اشتباهات اجرایی در کارگاه ها ناشی از ضعف در سیستم ارتباطی است. ارتباطات مؤثر باعث هم راستایی تمام اعضای پروژه می شود.
- **شفاف سازی کانال های ارتباطی:** در کارگاه باید کاملاً مشخص باشد که دستورات کارگاهی چگونه ابلاغ می شوند و گزارش ها چگونه به دست مدیران می رسند. مستندسازی ابلاغیه ها (از طریق دستور کارها و صورت جلسات مکتوب) برای جلوگیری از سوء تفاهم های بعدی ضروری است.

• **برگزاری جلسات هماهنگی منظم:** جلسات روزانه کوتاه کارگاهی (بین سرپرستان کارگاه و سرکارگران) و جلسات هفتگی هماهنگی (بین کارفرما، مشاور و پیمانکار) به حل و فصل سریع تعارضات نقشه‌ها و تداخل‌های کاری کمک می‌کند.

• **گوش شنوا برای مشکلات کارگران:** ایجاد کانال‌های ارتباطی که کارگران بتوانند دغدغه‌ها، مشکلات ابزاری یا مخاطرات ایمنی را مستقیماً و بدون واسطه به گوش سرپرستان و مدیران پروژه برسانند.

• **مدیریت تعارضات:** با توجه به تنوع فرهنگی و فشار کاری کارگاه، بروز اختلاف و تنش بین افراد یا اکیپ‌های مختلف طبیعی است. مدیر ساخت باید به عنوان یک داور بی‌طرف و با استفاده از مهارت‌های حل مسئله، تعارضات را پیش از تبدیل شدن به نزاع یا توقف کار برطرف کند.

ارتباط مدیریت منابع انسانی با سایر بخش‌های مدیریت ساخت

منابع انسانی موتور محرک تمام ارکان پروژه است:

۱. **ارتباط با زمان و هزینه:** مدیریت درست نیروی انسانی از طریق کاهش زمان‌های پرت و بالا بردن بهره‌وری، هزینه دستمزدها را کاهش داده و پروژه را روی نمودار زمان‌بندی نگه می‌دارد.

۲. **ارتباط با کیفیت:** کارگر با انگیزه و آموزش‌دیده، آرماتوربندی یا بتن‌ریزی را دقیقاً مطابق نقشه‌ها انجام می‌دهد و نیاز به دوباره‌کاری و تخریب را از بین می‌برد.

۳. **ارتباط با ایمنی:** فرهنگ ارتباطی باز و آموزش‌های مستمر منابع انسانی، بیشترین نقش را در رعایت دستورالعمل‌های HSE و کاهش حوادث کارگاهی ایفا می‌کند.

مدیریت قراردادهای پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی

هر پروژه عمرانی و زیرساختی، با یک بسترسازی حقوقی و قراردادی آغاز می‌شود. قرارداد، سند قانونی و تعهدآوری است که روابط، وظایف، مسئولیت‌ها، ریسک‌ها و نحوه تسهیم منافع میان ارکان اصلی پروژه (کارفرما، مشاور و پیمانکار) را تعریف و تنظیم می‌کند.

مدیریت قراردادهای (Contract Management) فرایندی پویا و مستمر است که از مراحل پیش از پیمان (تعیین ساختار اجرای پروژه و برگزاری مناقصه) آغاز شده، در طول اجرای پروژه (ثبت وقایع، دستورکارها، صورت‌وضعیت‌ها و پایش تعهدات) ادامه می‌یابد و تا مرحله خاتمه، تحویل و تسویه حساب نهایی ادامه دارد. ضعف در مدیریت قراردادهای، حتی در صورت وجود بهترین تیم فنی و اجرایی، می‌تواند پروژه را با بحران‌های مالی، دعاوی حقوقی سنگین و در نهایت شکست کامل مواجه سازد.

۱. انواع قراردادهای ساختمانی و شرایط عمومی آنها

انتخاب روش مناسب تحویل پروژه و نوع قرارداد، بر اساس میزان گستردگی پروژه، بودجه، فوریت زمانی و نحوه توزیع ریسک بین کارفرما و پیمانکار صورت می‌گیرد.

الف) انواع قراردادهای از نظر ساختار عاملیت و تحویل (Project Delivery Methods)

- **روش سه‌عاملی (طراحی-مناقصه-ساخت یا DBB):** سنتی‌ترین روش که در آن کارفرما به طور جداگانه با طراح (مشاور) و مجری (پیمانکار) قرارداد می‌بندد. ریسک طراحی بر عهده مشاور و ریسک اجرا بر عهده پیمانکار است.
- **روش دوعاملی (طراحی-ساخت یا DB):** کارفرما کل مسئولیت طراحی و ساخت را در قالب یک قرارداد به یک مجموعه واحد واگذار می‌کند. این روش هماهنگی را افزایش و زمان پروژه را کاهش می‌دهد.
- **روش کلید در دست (Turnkey یا EPC):** شکل پیشرفته‌تری از روش دوعاملی است که پیمانکار مسئولیت کامل طراحی، تأمین تجهیزات (Procurement)، ساخت و راه‌اندازی پروژه را بر عهده دارد و در نهایت پروژه‌ای آماده بهره‌برداری را به کارفرما تحویل می‌دهد.

ب) انواع قراردادهای از نظر روش پرداخت (Pricing Methods)

- **قرارداد با نرخ متریک (فهرست بهایی یا Unit Price):** پرداخت بر اساس اندازه گیری مقادیر واقعی کارهای انجام شده در کارگاه و ضرب آنها در نرخ های توافق شده (مانند فهرست بهای سازمان برنامه و بودجه) انجام می شود.

- **قرارداد سرجمع یا مقطوع (Lump Sum):** انجام کل کار در قبال یک مبلغ ثابت و مشخص توافق می شود. ریسک نوسانات مقادیر کار در این حالت متوجه پیمانکار است.

- **قرارداد مدیریت پیمان یا هزینه برگشت پذیر (Cost-Plus):** کارفرما تمامی هزینه های واقعی پروژه (مصالح، دستمزد، تجهیزات) را پرداخت کرده و درصد یا مبلغ ثابتی را نیز به عنوان حق الزحمه مدیریت (پیمان مدیریت) به مجری پرداخت می کند.

ج) شرایط عمومی و خصوصی پیمان

هر قرارداد ساختمانی استاندارد در ایران (به ویژه پروژه های دولتی تابع قانون برگزاری مناقصات) از دو بخش اصلی تشکیل شده است:

- **شرایط عمومی پیمان (General Conditions):** دفترچه ای استاندارد (مانند نشریه ۴۳۱۱ سازمان برنامه و بودجه) که قواعد کلی، تعاریف حقوقی، تعهدات متقابل کارفرما، مهندس مشاور و پیمانکار، اختیارات ناظر، شرایط حوادث قهریه (فورماژور) و روش های حل اختلاف را به طور یکسان برای کلیه پروژه ها تعیین می کند و قابل تغییر نیست.

- **شرایط خصوصی پیمان (Particular Conditions):** سندی که برای مشخص کردن جزئیات خاص همان پروژه (مانند مبالغ پیش پرداخت، نحوه آزادسازی ضمانت نامه ها، جرایم تأخیر، مدت دقیق پروژه و شرایط تعدیل آحاد بها) تدوین می شود و شرایط عمومی را تکمیل یا در حدود مجاز مقید می کند.

۲. تهیه و تنظیم اسناد مناقصه و قرارداد

مرحله آماده سازی اسناد مناقصه و تدوین موافقت نامه، حساس ترین مرحله حقوقی پروژه است؛ زیرا هرگونه ابهام، تناقض یا نقص در این اسناد، بستر مناسبی برای دعاوی و اختلافات آتی خواهد بود.

• اسناد مناقصه و پیمان معمولاً شامل موارد زیر هستند:

۱. **موافقت نامه:** سند اصلی قرارداد که موضوع پیمان، مبلغ اولیه، مدت پیمان و نام طرفین در آن ثبت می شود.

۲. **شرایط عمومی و شرایط خصوصی پیمان.**

۳. **مشخصات فنی:** شامل مشخصات فنی عمومی (مانند نشریه ۵۵ یا ۱۰۱) و مشخصات فنی خصوصی پروژه.

۴. **نقشه‌های اجرایی و دستورالعمل‌ها.**

۵. **جدول مقادیر و برآورد هزینه‌ها (برگه مالی و جدول ساختار شکست قیمت).**

• **نکات کلیدی در تنظیم قرارداد:**

○ **تخصیص عادلانه ریسک:** ریسک‌ها باید به طرفی واگذار شوند که بهترین توانایی را در کنترل و مدیریت آن‌ها دارد. تحمیل غیرمنصفانه تمام ریسک‌ها به پیمانکار، معمولاً منجر به افزایش قیمت پیشنهادی یا ورشکستگی پیمانکار در حین اجرا می‌شود.

○ **شفافیت در فرآیند تغییرات:** تعریف دقیق سازوکار اعمال تغییرات در نقشه‌ها و دستورکارها (Change Orders) و نحوه محاسبه قیمت کارهای جدید (کارهای با قیمت جدید یا ستاره‌دار).

۳. **مدیریت قرارداد و نظارت بر اجرای آن**

مدیریت قرارداد پس از امضای آن آغاز می‌شود. این فرایند شامل پایش مستمر تعهدات طرفین و مستندسازی دقیق کلیه وقایع کارگاهی است.

• **مستندسازی و مکاتبات کارگاهی:** در مدیریت قرارداد، ضرب‌المثلی وجود دارد که می‌گوید: “اگر نوشته نشده، پس وجود ندارد.” تمام دستورکارها، ابلاغ نقشه‌ها، تاییدیه مصالح، صورت‌جلسات کارگاهی، گزارش‌های روزانه هواشناسی و موانع اجرایی باید به صورت مکتوب، رسمی و با شماره ثبت دبیرخانه مبادله شوند.

• **کنترل و تایید صورت‌وضعیت‌ها:** پیمانکار به طور دوره‌ای (معمولاً ماهیانه) کارکرد خود را در قالب صورت‌وضعیت موقت به مهندس مشاور ارائه می‌دهد. وظیفه مشاور و ناظر، متره و برآورد کارهای انجام‌شده، تطبیق آن‌ها با نقشه‌ها و دستورکارها، اعمال ضرایب پیمان (مانند ضریب بالاسری و ضریب منطقه) و در نهایت ارسال آن به کارفرما جهت پرداخت است.

• **تغییر در مقادیر و مدت پیمان:** مدیریت قرارداد موظف است افزایش یا کاهش مقادیر کار را در چارچوب سقف مجاز قانونی (معمولاً تا سقف ۲۵ درصد مبلغ اولیه پیمان طبق شرایط عمومی پیمان) کنترل و ثبت کند.

۴. **حل اختلافات و دعاوی احتمالی (Claim Management)**

با وجود تمام تدابیر پیشگیرانه، بروز اختلاف در پروژه‌های ساخت به دلیل ماهیت پیچیده و طولانی آن‌ها رایج است. مدیریت ادعا (Claim) به فرآیند شناسایی، مستندسازی، ارزیابی و حل و فصل مطالبات مالی یا زمانی طرفین قرارداد اطلاق می‌شود.

• منشأ دعاوی و ادعاها:

- تأخیر در تحویل زمین کارگاه توسط کارفرما.
- اشتباهات، نواقص یا تعارضات موجود در نقشه‌های طراحی شده توسط مشاور.
- تأخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها و پیش‌پرداخت‌ها از سوی کارفرما.
- وقوع شرایط غیرقابل پیش‌بینی زمین (مانند برخورد با سنگ سخت یا قنات در حین گودبرداری).
- نوسانات شدید اقتصادی و تورم خارج از عرف (ادعای تعدیل نرخ‌ها).

• سلسله‌مراتب حل و فصل اختلافات:

۱. **مذاکره مستقیم و دوستانه (Negotiation):** اولین و کم‌هزینه‌ترین راهکار، تشکیل جلسات مشترک میان کارفرما، مشاور و پیمانکار برای دستیابی به توافق دوجانبه است.
۲. **داوری (Arbitration):** ارجاع اختلاف به یک داور یا هیئت داورى مرضی‌الطرفین (مانند شورای عالی فنی سازمان برنامه و بودجه برای طرح‌های عمرانی). تصمیم داور برای طرفین لازم‌الاجراست و سرعت بالاتری نسبت به دادگاه دارد.
۳. **حل اختلاف قضایی (Litigation):** در صورت عدم توافق و شکست مراحل قبل، طرفین به مراجع قضایی و دادگاه‌های حقوقی مراجعه می‌کنند که این فرایند معمولاً بسیار زمان‌بر و هزینه‌بر است.

ارتباط مدیریت قراردادها با سایر بخش‌های مدیریت ساخت

مدیریت قراردادها به عنوان چارچوب حقوقی پروژه، بر تمام ارکان مدیریت ساخت سایه می‌افکند:

۱. **ارتباط با زمان:** تأخیرهای مجاز (مانند تأخیر به دلیل عدم پرداخت به موقع صورت وضعیت‌ها یا بارندگی شدید خارج از حد نرمال) باید بر اساس شرایط عمومی پیمان در قالب «**لایحه تأخیرات**» مستندسازی و تایید شوند تا پیمانکار مشمول جرایم تأخیر (خسارت تأخیر تادیه) نگردد.
۲. **ارتباط با هزینه:** فرآیندهای مالی پروژه از جمله آزادسازی پیش‌پرداخت‌ها، تایید تعدیل‌ها، پرداخت صورت وضعیت‌ها و استرداد سپرده‌های حسن انجام کار تماماً تحت ضوابط قرارداد مدیریت می‌شوند.
۳. **ارتباط با کیفیت:** مشخصات فنی منضم به پیمان، مرجع اصلی تعیین استانداردهای کیفیت هستند. عدم رعایت این استانداردها به کارفرما حق قانونی می‌دهد که کار معیوب را رد کرده و اصلاح آن را بدون پرداخت هزینه اضافی مطالبه کند.

۴. **ارتباط با ایمنی:** قرارداد مشخص می‌کند که مسئولیت تأمین تجهیزات ایمنی عمومی کارگاه و خسارات ناشی از حوادث احتمالی از نظر حقوقی و بیمه‌ای بر عهده کدام یک از طرفین است.

مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی

پروژه‌های عمرانی و زیرساختی ذاتاً با عدم قطعیت‌های فراوانی همراه هستند. طولانی بودن زمان اجرای پروژه‌ها، نوسانات اقتصادی، پیچیدگی‌های فنی، تنوع تخصص‌های درگیر، موقعیت جغرافیایی و شرایط پیش‌بینی نشده زمین‌شناسی، همگی شرایطی را ایجاد می‌کنند که در آن وقوع رویدادهای غیرمنتظره بسیار محتمل است. مدیریت ریسک پروژه (Project Risk Management) فرآیندی ساختاریافته و مستمر است که با هدف شناسایی، تحلیل و پاسخ‌گویی به عوامل نامشخصی که می‌توانند بر اهداف اصلی پروژه (زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی) تأثیر منفی (تهدیدها) یا مثبت (فرصت‌ها) بگذارند، انجام می‌شود. یک مدیر ساخت موفق به جای برخورد انفعالی و آتش‌نشانی با بحران‌ها (بحران‌زدایی پس از وقوع)، به صورت فعالانه و پیشگیرانه ریسک‌ها را مدیریت می‌کند تا احتمال موفقیت پروژه را افزایش دهد.

۱. شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه

این مرحله شامل یافتن پاسخ دو پرسش اساسی است: «چه رویدادهای ناخوشایندی ممکن است رخ دهد؟» و «اثرات وقوع آن‌ها چقدر بزرگ خواهد بود؟»

الف) شناسایی ریسک‌ها (Risk Identification)

در این مرحله با استفاده از تکنیک‌هایی مانند طوفان فکری (Brainstorming)، مصاحبه با خبرگان، بررسی سوابق پروژه‌های مشابه و چک‌لیست‌ها، کلیه ریسک‌های بالقوه پروژه شناسایی و در سندی به نام «ثبت ریسک» (Risk Register) درج می‌شوند. ریسک‌های ساختمانی معمولاً در دسته‌های زیر قرار می‌گیرند:

- **ریسک‌های فنی و طراحی:** اشتباهات نقشه‌کشی، تغییر مداوم طراحی، عدم هماهنگی نقشه‌های سازه و معماری و تأسیسات.
- **ریسک‌های مالی و اقتصادی:** تورم شدید و افزایش ناگهانی قیمت مصالح، نوسانات نرخ ارز، کمبود نقدینگی کارفرما و تأخیر در پرداخت صورت‌وضعیت‌ها.
- **ریسک‌های اجرایی و کارگاهی:** خرابی ماشین‌آلات کلیدی، کمبود نیروی کار ماهر، برخورد با موانع پیش‌بینی نشده زیرزمینی (مانند لوله‌های گاز ثبت نشده یا قنات قدیمی).
- **ریسک‌های محیطی و جوی:** سیل، زلزله، سرمای شدید که مانع بتن‌ریزی شود، یا بادهای شدید که مانع کار جرثقیل‌های برجی (تاور کرین) گردد.
- **ریسک‌های قانونی و قراردادی:** تأخیر در صدور مجوزهای شهرداری یا سازمان‌های محیط‌زیستی، تعارضات تفسیری در بندهای قرارداد.

ب) ارزیابی و تحلیل ریسک (Risk Assessment)

پس از شناسایی، ریسک‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند تا مشخص شود کدام یک ارزش توجه بیشتری دارند:

- **تحلیل کیفی ریسک:** هر ریسک بر اساس دو فاکتور «احتمال وقوع» (Probability) و «شدت اثر بر اهداف پروژه» (Impact) در یک طیف (مثلاً خیلی کم تا خیلی زیاد) ارزیابی شده و با استفاده از ماتریس احتمال و اثر (P-I Matrix) اولویت‌بندی می‌شود. ریسک‌های در ناحیه قرمز (احتمال بالا و اثر شدید) نیازمند توجه فوری هستند.
- **تحلیل کمی ریسک:** در پروژه‌های بزرگ با استفاده از مدل‌سازی‌های ریاضی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری (مانند شبیه‌سازی مونت کارلو)، اثر تجمعی ریسک‌ها بر روی زمان و هزینه کل پروژه محاسبه می‌شود (مثلاً تعیین اینکه با چه احتمالی پروژه با بودجه فعلی تمام خواهد شد).

۲. برنامه‌ریزی برای مقابله با ریسک‌ها (Risk Response Planning)

پس از اولویت‌بندی ریسک‌ها، باید استراتژی‌های مشخصی برای مواجهه با تهدیدها تدوین شود. برای هر ریسک منفی، یکی از چهار استراتژی زیر انتخاب می‌شود:

۱. **اجتناب یا حذف (Avoid):** تغییر در برنامه یا طراحی پروژه برای حذف کامل عامل خطر.

- مثال: تغییر مسیر خط لوله برای عبور نکردن از یک منطقه رانشی یا باستانی.

۲. **انتقال یا واگذاری (Transfer):** واگذاری مسئولیت و پیامدهای مالی ریسک به یک شخص ثالث.

- مثال: تهیه بیمه کارگاهی (بیمه مسئولیت مدنی یا بیمه تمام خطر مهندسی) یا واگذاری بخش‌های تخصصی و پرخطر پروژه به پیمانکاران جزء واجد صلاحیت در قالب قراردادهای سرجمع.

۳. **کاهش یا تعدیل (Mitigate):** برداشتن گام‌های عملی پیشگیرانه برای کاهش احتمال وقوع یا شدت اثر ریسک.

- مثال: انجام گمانه‌زنی‌های ژئوتکنیکی بیشتر برای شناخت خاک پیش از گودبرداری جهت کاهش ریسک ریزش دیواره‌ها، یا خرید زودتر از بعد مصالح کلیدی برای کاهش اثر تورم.

۴. **پذیرش (Accept):** پذیرفتن ریسک و عدم اقدام پیشگیرانه فعال (معمولاً برای ریسک‌های کم‌اولویت یا غیرقابل اجتناب). در این حالت، **ذخیره احتیاطی (Contingency Reserve)** مالی یا زمانی برای جبران خسارت احتمالی در نظر گرفته می‌شود.

۳. کاهش و کنترل ریسک‌ها در طول پروژه

برنامه مدیریت ریسک نباید روی کاغذ بماند؛ اقدامات کاهشی برنامه‌ریزی شده باید در فاز اجرای پروژه عملیاتی شوند.

- **انتساب متولی برای هر ریسک (Risk Owner):** برای هر یک از ریسک‌های مهم ثبت‌شده، یک نفر از اعضای تیم پروژه (مثلاً سرپرست کارگاه، مسئول HSE یا مدیر خرید) به عنوان متولی تعیین می‌شود. او مسئول پایش علائم هشداردهنده وقوع ریسک و اجرای اقدامات پیشگیرانه است.
- **اجرای طرح‌های واکنشی:** در صورتی که علائم تحریک‌کننده (Triggers) یک ریسک فعال شوند (مثلاً پیش‌بینی هواشناسی مبنی بر بارش باران شدید در روزهای آینده)، متولی ریسک فوراً طرح‌های کاهشی پیش‌بینی شده (مانند پوشاندن دیواره‌های گود و راه‌اندازی پمپ‌های تخلیه آب) را فعال می‌کند تا آسیب‌ها به حداقل برسند.

۴. نظارت بر ریسک‌ها و به‌روزرسانی برنامه مدیریت ریسک

- مدیریت ریسک یک اقدام یک‌باره نیست. با پیشرفت پروژه، برخی ریسک‌ها از بین می‌روند (مثلاً پس از اتمام فونداسیون، ریسک‌های مربوط به خاک‌برداری منتفی می‌شوند) و ریسک‌های جدیدی متولد می‌شوند.
- **بازنگری‌های دوره‌ای ریسک (Risk Reviews):** تیم مدیریت ساخت باید در جلسات هفتگی یا ماهیانه، سند ثبت ریسک را بازخوانی کند. در این جلسات وضعیت ریسک‌های قبلی بررسی شده، ریسک‌های منقضی‌شده حذف و ریسک‌های جدید شناسایی و ارزیابی می‌شوند.

• **ممیزی ریسک (Risk Audits):** بررسی اثربخشی استراتژی‌های مقابله‌ای اعمال‌شده؛ آیا روش‌های کاهشی که به کار گرفته شدند واقعاً توانستند احتمال وقوع یا شدت اثر خطرات را پایین بیاورند؟ پاسخ به این سوال به بهبود تصمیم‌گیری‌ها در ادامه پروژه و پروژه‌های بعدی کمک می‌کند.

ارتباط مدیریت ریسک با ارکان مدیریت ساخت (زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی و قرارداد)

مدیریت ریسک، چتری حفاظتی بر روی تمام ارکان پروژه است:

۱. **ارتباط با زمان و هزینه:** با پیش‌بینی ریسک‌های تورمی و تأخیرات زنجیره تأمین مصالح، بودجه و زمان‌بندی واقع‌بینانه‌تر تدوین شده و با استفاده از ذخیره‌های احتیاطی مناسب، پروژه دچار انحراف شدید از بیس‌لاین (Baseline) نمی‌شود.

۲. **ارتباط با کیفیت:** شناسایی ریسک‌های فنی (مانند احتمال خرابی بچینگ در حین بتن‌ریزی حجیم) و اتخاذ راهکارهای پشتیبان (مانند رزرو کردن یک کارخانه بتن آماده ثانویه)، مانع از افت کیفیت اجرای سازه می‌شود.

۳. **ارتباط با ایمنی:** ارزیابی ریسک‌های کارگاهی، اساس طراحی دستورالعمل‌های حفاظتی (HSE) کارگران در محیط‌های خطرناک است.

۴. **ارتباط با قراردادها:** شناسایی ریسک‌های حقوقی به تنظیم دقیق‌تر بندهای شرایط خصوصی پیمان، نحوه نگارش توافق‌نامه‌ها و تخصیص عادلانه تعهدات کمک می‌کند.

بخش اول: اصول مهندسی ارزش در پروژه‌های ساختمانی و زیرساختی

پروژه‌های عمرانی همواره با چالش محدودیت منابع مالی و نیاز به حداکثرسازی کارایی مواجه هستند. **مهندسی ارزش (Value Engineering - VE)** یک رویکرد ساختاریافته، خلاقانه و تیمی است که با هدف ارتقای ارزش پروژه از طریق تحلیل دقیق «کارکردها» انجام می‌شود. ارزش در مهندسی ارزش با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Value} = \frac{\text{Function}}{\text{Cost}}$$

در این فرمول، هدف مهندسی ارزش افزایش صورت کسر (بهبود کارکرد، کیفیت، ایمنی و بهره‌برداری) یا کاهش مخرج کسر (هزینه‌های چرخه عمر شامل ساخت، نگهداری و بهره‌برداری) یا هر دو است؛ به شرطی که کارکردهای اصلی و حیاتی پروژه دچار خدشه نشوند.

۱. مفهوم مهندسی ارزش و کاربردهای آن

مهندسی ارزش به معنای کم کردن از سر و ته پروژه یا ارزان‌سازی بی کیفیت نیست؛ بلکه یافتن راه‌حل‌های جایگزینی است که همان کارکرد مورد نیاز را با هزینه کمتر، سرعت بالاتر یا کیفیت بهتر ارائه می‌دهند.

• **کاربردها:** بهترین زمان اجرای مهندسی ارزش در فاز مطالعات اولیه، طراحی مفهومی و طراحی پایه است (جایی که تغییرات کمترین هزینه و بیشترین تأثیر را دارند). با این حال، در طول فاز اجرا نیز می‌توان با ارائه پیشنهادهای تغییر از سوی پیمانکار (VECP) هزینه‌ها را کاهش داد. از کاربردهای عملی آن می‌توان به بهینه‌سازی سیستم‌های سازه‌ای (مثلاً جایگزینی دال بتنی پیش‌تنیده به جای دال بتنی سنتی برای کاهش وزن و هزینه)، اصلاح سیستم‌های تأسیساتی و بهینه‌سازی جانمایی فضاها اشاره کرد.

۲. روش‌های شناسایی و ارزیابی ارزش در پروژه

فرایند مهندسی ارزش در قالب یک برنامه کار ۶ مرحله‌ای (Job Plan) توسط یک تیم چند تخصصی (مستقل از تیم طراحی اصلی) اجرا می‌شود:

۱. **مرحله اطلاعات:** جمع‌آوری اطلاعات کامل پروژه، اهداف، محدودیت‌ها و هزینه‌ها.
۲. **مرحله تحلیل کارکرد:** مهم‌ترین گام که در آن وظایف و کارکردهای هر بخش از پروژه با استفاده از ترکیب «یک فعل و یک اسم قابل اندازه‌گیری» تعریف می‌شود (مثلاً کارکرد ستون: «تحمل بار»، کارکرد رنگ: «محافظت از سطح» یا «زیباسازی نما»). ابزار اصلی در این مرحله تکنیک **FAST (Function Analysis System Technique)** است.

۳. **مرحله خلاقیت:** طوفان فکری برای یافتن راه‌های جایگزین جهت تأمین کارکردهای شناسایی شده.
۴. **مرحله ارزیابی:** غربالگری ایده‌ها و حذف موارد غیرعملی یا گران‌قیمت.
۵. **مرحله توسعه (تکامل):** بررسی فنی و مالی ایده‌های برتر و آماده‌سازی نقشه‌ها و برآوردهای مالی مقایسه‌ای.

۶. **مرحله ارائه:** ارائه پیشنهادهای نهایی به کارفرما و طراح اصلی جهت تصمیم‌گیری.

۳. بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌ها با رویکرد مهندسی ارزش

مهندسی ارزش به جای تمرکز بر «پروژه چه چیز است»، بر «پروژه چه کاری انجام می‌دهد» تمرکز دارد. این رویکرد به جای هزینه‌های ساخت اولیه (Initial Cost)، بر هزینه‌های چرخه عمر (LCC - Life Cycle Cost) متمرکز است.

- مثال کاربردی: انتخاب یک سیستم نورپردازی هوشمند LED هزینه اولیه پروژه را افزایش می‌دهد (مخرج کسر افزایش می‌یابد)، اما به دلیل مصرف بسیار کم برق و دوام بالای لامپ‌ها، هزینه نگهداری و بهره‌برداری در طول ۲۰ سال به شدت کاهش یافته و ارزش نهایی کل پروژه در درازمدت افزایش می‌یابد.

بخش دوم: تکنیک‌های نوین در مدیریت ساخت

صنعت ساخت‌وساز سنتی معمولاً با بهره‌وری پایین، ضایعات زیاد و عدم قطعیت‌های زمانی و مالی شناخته می‌شود. بهره‌گیری از تکنیک‌ها و فناوری‌های نوین برای غلبه بر این چالش‌ها ضرورت دارد.

۱. استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی در مدیریت ساخت (BIM)

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (Building Information Modeling - BIM) فرآیندی مبتنی بر فناوری دیجیتال است که یک مدل سه‌بعدی هوشمند حاوی تمام مشخصات فیزیکی و عملکردی پروژه ایجاد می‌کند.

- کاربردها در مدیریت ساخت:
- کاهش تداخلات (Clash Detection): شناسایی و رفع تداخلات لوله‌های تأسیسات با تیرهای سازه‌ای قبل از شروع کار در کارگاه (جلوگیری از دوباره‌کاری‌های پرهزینه).
- D۴BIM (زمان): شبیه‌سازی مراحل ساخت پروژه در طول زمان جهت پایش بصری زمان‌بندی و مسیر بحرانی.
- D۵BIM (هزینه): استخراج خودکار و دقیق ریزمقادیر و متره جهت تهیه برآورد هزینه‌ها و صورت‌وضعیت‌ها.

۲. بهره‌گیری از روش‌های ساخت ناب (Lean Construction)

ساخت ناب رویکردی است برگرفته از سیستم تولید ناب تویوتا که هدف آن حداکثرسازی ارزش برای کارفرما و به حداقل رساندن ضایعات و فعالیت‌های فاقد ارزش افزوده است.

- اصول کلیدی: شناسایی و حذف اتلاف‌ها (مانند زمان انتظار کارگران، جابه‌جایی‌های غیرضروری مصالح، دوباره‌کاری به دلیل کیفیت پایین و انبارش بیش از حد).
- ابزار (Last Planner System (LPS): یک سیستم برنامه‌ریزی مشارکتی که در آن کسانی که کار را اجرا می‌کنند (سرکارگران و پیمانکاران جزء)، در زمان‌بندی‌های کوتاه‌مدت هفتگی مشارکت فعال دارند تا پایداری و جریان روان کارها تضمین شود.

۳. مدیریت زنجیره تأمین در پروژه‌های ساختمانی

زنجیره تأمین ساخت شامل جریان مصالح، تجهیزات، اطلاعات و خدمات از تولیدکنندگان اولیه تا کارگاه ساختمانی است.

- **رویکرد نوین:** ایجاد هماهنگی یکپارچه میان زنجیره تأمین و برنامه زمان‌بندی کارگاه. روش **تحويل به موقع (Just-In-Time - JIT)** مانع از دپوی عظیمی از مصالح در کارگاه (که فضا را اشغال کرده و ریسک آسیب‌دیدگی یا سرقت دارند) می‌شود؛ مصالح دقیقاً در زمانی که اکپ اجرایی به آن‌ها نیاز دارد، وارد کارگاه می‌شوند.

۴. بهبود بهره‌وری و کاهش ضایعات با رویکردهای نوین

ترکیب فناوری‌های نو ظهور نظیر ساخت پیش‌ساخته (Prefabrication) و پیش‌مونتاژ در خارج از کارگاه (Off-site Construction) با اصول ناب، سرعت اجرا را به شدت افزایش داده، ایمنی را به دلیل کار در محیط کنترل‌شده کارخانه ارتقا می‌دهد و با کاهش چشمگیر ضایعات مصالح (سیمان، میلگرد، گچ)، بهره‌وری کلی پروژه را بهبود می‌بخشد.

بخش سوم: اخلاق حرفه‌ای در مدیریت ساخت

اخلاق حرفه‌ای، وجدان کاری و مسئولیت‌پذیری، زیربنای اعتماد متقابل میان ارکان پروژه و متضمن موفقیت پایدار پروژه‌های ساختمانی است.

۱. رعایت اصول اخلاقی در ارتباط با کارفرمایان، پیمانکاران و کارکنان

- **در ارتباط با کارفرما:** ارائه گزارش‌های دقیق، واقعی و شفاف از وضعیت پیشرفت پروژه، عدم پنهان‌کاری در مورد تاخیرات یا معایب کیفی، و امانت‌داری در مدیریت منابع مالی کارفرما.
- **در ارتباط با پیمانکاران جزء:** پرهیز از رفتارهای ناعادلانه قراردادی، عدم تاخیر عمدی در تأیید صورت‌وضعیت‌ها و پرداخت به موقع مطالبات آن‌ها.
- **در ارتباط با کارکنان:** ایجاد محیط کار بدون تبعیض، شایسته‌سالاری در پرداخت‌ها و ارتقا، احترام به کرامت انسانی کارگران و پرهیز از بهره‌کشی ناپذیرفتنی.

۲. مسئولیت‌پذیری اجتماعی در پروژه‌های ساختمانی (CSR)

پروژه‌های عمرانی در بستری از جامعه شهری یا روستایی اجرا می‌شوند و بر زندگی ساکنان محلی تأثیر مستقیم دارند.

- **الزامات مسئولیت اجتماعی:** کاهش مزاحمت‌های صوتی و ارتعاشی برای همسایگان، مدیریت گرد و غبار، عدم سد معابر عمومی با مصالح ساختمانی، تأمین روشنایی و علائم هشداردهنده برای عابران پیاده در اطراف کارگاه، و در صورت امکان استفاده از نیروهای کار بومی منطقه جهت اشتغال‌زایی محلی.

۳. حفاظت از محیط زیست و پایداری در پروژه‌ها (Sustainable Construction)

توسعه پایدار و ساخت‌وساز سبز به دنبال کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی پروژه‌ها در طول چرخه حیاتشان است.

- **اقدامات عملی:**
- **مدیریت پسماندهای ساختمانی:** تفکیک، بازیافت و دفع اصولی نخاله‌های ساختمانی برای جلوگیری از آلودگی خاک و منابع آب.
- **کاهش مصرف انرژی و کربن:** استفاده از مصالح بوم‌آورد (کاهش ردپای کربن ناشی از حمل‌ونقل) و طراحی عایق‌بندی‌های حرارتی مناسب در جداره‌های خارجی ساختمان.
- **حفظ اکوسیستم:** مراقبت از درختان پیرامون کارگاه، استفاده از سیستم‌های بازچرخانی آب خاکستری در زمان اجرا و به حداقل رساندن برداشت از منابع آب زیرزمینی محلی.

الف) منابع معتبر علمی فارسی

۱. استانداردها و نشریات فنی رسمی (وزارت راه، سازمان برنامه و بودجه)

۱. **سازمان برنامه و بودجه (۱۳۹۹).** نشریه شماره ۴۳۱۱: شرایط عمومی پیمان. (مرجع اصلی قراردادها و تعهدات).

۲. **وزارت راه و شهرسازی (آخرین ویرایش).** مبحث دوم مقررات ملی ساختمان: نظامات اداری. (مرجع اخلاق حرفه‌ای و مسئولیت‌ها).

۳. **وزارت راه و شهرسازی (آخرین ویرایش).** مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان: ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا. (مرجع اصلی HSE).

۴. سازمان برنامه و بودجه (۱۳۹۷). نشریه شماره ۵۵: مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی. (مرجع اصلی مدیریت کیفیت و اجرا).

۵. سازمان برنامه و بودجه (۱۳۹۷). نشریه شماره ۱۰۱: مشخصات فنی عمومی راه سازی. (مرجع فنی مدیریت زیرساخت های حمل و نقل).

۲. کتب آکادمیک و مرجع فارسی (مبانی مدیریت ساخت)

۶. گلابچی، محمود و رضایی، احسان (۱۳۹۹). مدیریت پروژه و ساخت: روش ها و کاربردها. انتشارات دانشگاه تهران. (پوشش دهنده کامل مباحث مدیریت هزینه، زمان و کیفیت).

۷. ساسانی، عیسی (۱۴۰۰). حقوق و قراردادهای عمرانی: اصول مدیریت پیمان. انتشارات آذر. (تکمیل کننده مبحث قراردادها).

۸. آشوری، جمشید (۱۳۹۸). مهندسی ارزش: مبانی، روش ها و کاربردها. انتشارات جهاد دانشگاهی. (مرجع تخصصی مهندسی ارزش).

۹. الوانی، سید مهدی (۱۳۹۷). مدیریت عمومی. نشر نی. (مرجع مباحث منابع انسانی و مدیریت کلان).

۱۰. رحیمی، اکبر (۱۳۹۹). کنترل پروژه و زمان بندی با نرم افزارهای تخصصی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. (مرجع زمان بندی و کنترل پروژه).

۱۱. نظام مهندسی ساختمان کشور (آخرین ویرایش). راهنمای اجرای مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان. (مباحث کاربردی HSE).

۱۲. حجازی، محمدعلی و کمالی، محمدرضا (۱۳۹۶). مدیریت و کنترل پروژه. انتشارات سمت.

۳. منابع تخصصی و نوین (ریسک، BIM، ساخت ناب، پایداری)

۱۳. سازمان مدیریت پروژه ایران (PMI-Iran). استاندارد بومی سازی شده مدیریت پروژه (بر اساس PMBOK). (مبانی ریسک و ارتباطات).

۱۴. قدوسی، مسعود (۱۳۹۸). راهنمای جامع مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در صنعت ساخت. نشر علم.

۱۵. یوسفی، علی و دیگران (۱۳۹۹). مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM): مبانی، مفاهیم و کارکردها. انتشارات دانشگاه صنعتی شریف. (مرجع اصلی فناوری های نوین).

۱۶. رضایی، احسان و عسگری، محمد (۱۴۰۰). اصول و کاربرد ساخت ناب (Lean Construction) در پروژه های عمرانی. انتشارات فدک ایستایس.

۱۷. حسینی، محمدباقر و دیگران (۱۳۹۵). مهندسی و مدیریت پایداری در ساخت و ساز. انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران. (مرجع پایداری و محیط زیست).
۱۸. سلطانی، علی و میرمحمدصادقی، مجتبی (۱۳۹۷). مدیریت زنجیره تأمین در پروژه‌های ساخت. انتشارات سیمای دانش.
۱۹. مجله علمی-پژوهشی شریف (حوزه مهندسی عمران). مقالات مرتبط با مدیریت پروژه و ساخت (انتشارات دانشگاه صنعتی شریف).
۲۰. فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی مدیریت ساخت و تکنولوژی. مقالات تخصصی در زمینه ریسک، BIM و Lean.
۲۱. عزیزی، هوشنگ (۱۴۰۰). برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت ریسک در پروژه‌های عمرانی. انتشارات فنی ایران.

ب) منابع معتبر علمی انگلیسی (حداقل ۴۰ منبع)

منابع انگلیسی شامل استانداردهای بین‌المللی، کتب آکادمیک مرجع جهانی، و ژورنال‌های معتبر علمی (Peer-Reviewed) هستند.

۱. استانداردها و مراجع بین‌المللی

این منابع اساس استانداردهای مدیریت ساخت در سطح جهان هستند:

۱. **Project Management Institute (PMI) (۲۰۲۱).** A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), Seventh Edition. PMI Publications. (مرجع جامع مدیریت پروژه).
۲. **International Organization for Standardization (ISO) (۲۰۱۵).** ISO ۹۰۰۱: Quality Management Systems – Requirements. (مرجع مدیریت کیفیت).
۳. **International Organization for Standardization (ISO) (۲۰۱۸).** ISO ۴۵۰۰۱: Occupational Health and Safety Management Systems – Requirements with guidance for use. (HSE مرجع جهانی).
۴. **FIDIC (Fédération Internationale Des Ingénieurs-Conseils).** Conditions of Contract for Construction (Red Book) & EPC/Turnkey Projects (Silver Book), Latest Editions. (مرجع اصلی قراردادهای بین‌المللی).
۵. **Construction Industry Institute (CII).** CII Best Practices Guide: A compendium of proven practices. (مرجع بهره‌وری و نوآوری).
۶. **Project Management Institute (PMI) (۲۰۱۹).** The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects. (مرجع تخصصی مدیریت ریسک).

۲. کتب آکادمیک مرجع (Project Management & Construction)

۷. **Kerzner, Harold** (۲۰۲۲). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, ۱۴th Edition. Wiley.
۸. **Hinze, Jimmie** (۲۰۱۸). Construction Planning and Scheduling, ۵th Edition. Pearson Education. (مرجع زمان‌بندی).
۹. **Gould, Frederick E., & Joyce, Nancy E.** (۲۰۱۹). Construction Project Management, ۶th Edition. Pearson Education.
۱۰. **Oberlender, Garold D.** (۲۰۱۴). Project Management for Engineering and Construction, ۳rd Edition. McGraw-Hill Education.
۱۱. **Larson, Erik W., & Gray, Clifford F.** (۲۰۲۰). Project Management: The Managerial Process, ۸th Edition. McGraw-Hill Education. (مرجع منابع انسانی و مدیریت فرآیندها).
۱۲. **Hendrickson, Chris** (۲۰۰۸). Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects, and Builders. Prentice Hall.
۱۳. **Chitkara, Krishan K.** (۲۰۱۴). Construction Project Management: Planning, Scheduling, and Controlling, ۲nd Edition. Tata McGraw-Hill Education.
۱۴. **Barrie, Donald S., & Paulson, Boyd C.** (۱۹۹۲). Professional Construction Management, ۳rd Edition. John Wiley & Sons.
۱۵. **Potts, Kenneth** (۲۰۰۸). Construction Cost Management: Learning from Case Studies. Routledge. (مرجع مدیریت هزینه).
۱۶. **Winch, Graham M.** (۲۰۱۰). Managing Construction Projects: A Knowledge-Based Approach, ۲nd Edition. Wiley-Blackwell.

۳. کتب تخصصی (ریسک، ارزش، BIM، Lean و پایداری)

۱۷. **Eastman, Chuck, et al.** (۲۰۱۸). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, ۳rd Edition. Wiley. (BIM مرجع اصلی).
۱۸. **Dell'Isola, Alphonse J.** (۱۹۹۷). Value Engineering: Practical Applications. R.S. Means Company. (مرجع تخصصی مهندسی ارزش).
۱۹. **Kelly, John, et al.** (۲۰۱۵). Value Management of Construction Projects, ۲nd Edition. Spon Press.
۲۰. **Ballard, Glenn** (۲۰۰۰). The Last Planner System of Production Control. Ph.D. Dissertation, University of Birmingham. (Lean مرجع اصلی Construction).
۲۱. **Tzortzopoulos, Patricia** (۲۰۲۰). Lean Construction Management. Routledge.
۲۲. **Flanagan, Roger, & Norman, George** (۱۹۹۳). Risk Management and Construction. Blackwell Science.

۲۳. **Tang, Winnie, et al. (۲۰۰۷).** Contract Management and Administration for the Construction Industry. Routledge.
۲۴. **Ashworth, Allan (۲۰۱۶).** Cost Studies of Buildings, ۷th Edition. Routledge.
۲۵. **Chan, Albert P. C., et al. (۲۰۰۴).** Key Performance Indicators (KPIs) for Measuring Construction Success. Project Management Journal. (مرجع (شاخص‌های عملکرد).
۲۶. **Merna, Tony, & Al-Thani, Faisal F. (۲۰۰۸).** Corporate Risk Management. John Wiley & Sons.
۲۷. **Smith, Nigel J. (۲۰۱۶).** Engineering Project Management, ۵th Edition. Blackwell Publishing.

۴. ژورنال‌های علمی معتبر (Peer-Reviewed Journals)

۲۸. **Journal of Construction Engineering and Management (JCEM) .** Published by the American Society of Civil Engineers (ASCE) (از معتبرترین ژورنال‌ها در حوزه مدیریت ساخت).
۲۹. **Automation in Construction .**Published by Elsevier (تمرکز بر BIM ، فناوری، رباتیک و ساخت هوشمند).
۳۰. **International Journal of Project Management (IJPM) .**Published by Elsevier. (پوشش‌دهنده مباحث ریسک، زمان، هزینه و منابع انسانی).
۳۱. **Construction Management and Economics .**Published by Taylor & Francis. (تمرکز بر اقتصاد ساخت، قراردادهای و مدیریت منابع).
۳۲. **Lean Construction Journal (LCJ) .**Open-Access Journal (تمرکز تخصصی بر ساخت ناب و سیستم‌های تولید).
۳۳. **Building Research & Information .**Published by Taylor & Francis . (تمرکز بر پایداری، محیط زیست و عملکرد ساختمان).
۳۴. **Journal of Management in Engineering (JME) .**Published by ASCE. (تمرکز بر اخلاق، قانون و مدیریت ارشد مهندسی).
۳۵. **Advanced Engineering Informatics .**Published by Elsevier (تمرکز بر BIM. کاربرد هوش مصنوعی، داده‌کاوی و).
۳۶. **Journal of Cleaner Production .**Published by Elsevier (تمرکز بر پایداری، مواد سبز و کاهش ضایعات).
۳۷. **Project Management Journal .**Published by PMI (مقالات آکادمیک و استانداردها). PMBOK مرتبط با.
۳۸. **International Journal of Civil Engineering (IJCE) .**Published by Springer.
۳۹. **Journal of Civil Engineering and Management .**Published by Taylor & Francis.
۴۰. **The Engineering Economist .**Published by Taylor & Francis (تمرکز بر NPV/IRR). (بر اقتصاد مهندسی و تحلیل جریان نقدی).

٤١. **Journal of Constructional Steel Research** .Published by Elsevier .
(مقالات مربوط به کیفیت و روش‌های ساخت سازه‌های فولادی).
٤٢. **Journal of Materials in Civil Engineering** .Published by ASCE .
(مقالات مربوط به مدیریت کیفیت مصالح).