وزارت کشور

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

سری منابع آموزشی شهرداری‌ها

۱۶

اصول مدیریت ساخت

تهیه و تنظیم:

معاونت آموزشی

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

بسم الله الرحمن الرحیم

اصول مدیریت ساخت

مؤلف:

دکتر اشتهاردیان

سری منابع آموزشی شهرداری‌ها

عنوان: اصول مدیریت ساخت
مؤلف: دکتر اشتهاردیان
مجری: پژوهشکده فرهنگ و هنر جهاددانشگاهی
کارفرما: شهرداری کرمان- معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
ناشر: معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور- پژوهشکده فرهنگ و هنر جهاددانشگاهی
ویراستار: تهمینه فتح‌اللهی
صفحه آرا: فاطمه سادات شاکری
چاپ اول: تیر ۱۳۸۹
شمارگان: ۱۰/۰۰۰ نسخه

حق چاپ و نشر برای سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور محفوظ است

پیشگفتار

مهندسی مدیریت ساخت، تلفیق علم، هنر وفن بوده و به منظورآموزش برای انجام فعالیت‌های آماده سازی، نظارت و اجرای پروژه، به ویژه پروژه های عمرانی،طرح ریزی شده است. ویژگی اصلی تخصصی مهندسی مدیریت ساخت،ماهیت بین رشته‌ای آن است. این رشته تلفیقی از رشته های مهندسی عمران، مهندسی صنایع و رشته مدیریت می باشد. لذا مدیریت ساخت به عنوان یکی از گرایش‌های مهندسی عمران و یا بعضا مهندسی معماری، یک رشته تحصیلی حرفه‌ای است که به نحوه اجرای فیزیکی بناها و سازه های مختلف می‌پردازد . در حین اجرای پروژه مسئولیت سرکشی و نظارت بر فازهای مختلف پروژه و همچنین حل اختلافات و مناقشات بین گروه‌های فعال به عهده مدیران ساخت می باشد. در واقع مدیریت ساخت عبارت است از بهره‌گیری به موقع از منابع (نیروی انسانی، ماشین‌آلات، مصالح و سر مایه) به صورت بهینه و مؤثر برای ساخت یک پروژه عمرانی، به طوری‌که جواب‌گوی اکثر نیازهای کارفرما باشد. جهت رهنمون کردن یک پروژه بسوی موفقیت، نکات زیادی توسط مدیر ساخت باید مورد توجه قرار گیرد . بعضی از این ملاحظات مانند مشخص نمودن مراحل اجرای پروژه، تعداد پرسنل، ظرفیت ماشین آلات، چیدمان سایت جنبه کمی دارند، اما بعضی دیگر مانند ایجاد انگیزه برای پرسنل ، نحوه ارتباط گروه‌های مختلف کاری حاضر در پروژه ، قراردادها، مسئولیت‌های حقوقی و امنیت در سایت جنبه کیفی دارند که شمارش پذیر نیستند.

لذا در تمامی پروژه‌ها خصوصا پروژه‌های بزرگ، نیاز شدیدی به وجود افرادی تحصیل کرده در این رشته احساس می‌شود. البته به جز افراد متخصص در این رشته سایر افراد درگیر در پروژه نیز برای تعامل بهتر با مهنسین مدیریت ساخت، نیازمند آشنایی با اصول

این رشته هستند. از سوی دیگر به علت جدید بودن ایـن رشـته در دنیـا و خصوصـاً ایـران بسیاری از افراد، آگاهی چندانی از اصول و مفاهیم این رشته ندارند.

وظیفه اصلی یک مدیر ساخت به کارگیری بهینه و اقتصادی منابع قابل دسـترس بـرای ساخت یک پروژه عمرانی می باشد، بطوری‌که این پروژه باید در یک بـازه زمـانی معـین، در محدوده قیمت از پیش تعیین شده و با کیفیت مطلـوب سـاخته شـود. در حقیقـت رعایـت زمان‌بندی، عدول نکردن از بودجه اختصاص یافته و رعایت استانداردهای کیفی کارفرما سه اصل اساسی برای موفقیت یک پروژه عمرانی می باشد. به عبارت دیگر چالش اصلی مدیریت ساخت تخصیص منابع در قالب زمان و بودجه اعلام شده می باشد که این چـالش در همـه پروژه‌های عمرانی به دلیل ماهیت صنعت ساخت و ساز وجود دارد . لازمـه مواجهـه بـا ایـن چالش داشتن مهارت در زمینه‌های برنامه ریزی، کنترل زمان و بودجه است کـه مفـاهیم و اصول آن در فصل اول با عنوان" اصول مباحث مدیریت پروژه، برنامه ریزی، کنترل پـروژه و مدیریت مالی" مورد بررسی قرار گرفته است. به عبارتی فصل اول مهم‌ترین فصل این کتاب بوده و به بررسی اصلی ترین مفاهیم مهندسی مدیریت ساخت در آن پرداخته شده است.

فصل دوم کتاب با عنـوان "اصـول مباحـث امـور پیمـان در ابعـاد حقـوقی، اقتصـادی و روش‌های اجرای پروژه" مطالب مهم و مثمرثمری را درباره انواع قراردادها و نوع نظام مندی آنها بیان می‌کند و بعد از فصل اول مهم‌ترین فصل کتاب می‌باشد. این بخش دارای اهمیت فوق العاده‌ای برای تمامی مدیران خصوصا مـدیران رده اول و مـدیرانی کـه بـا قراردادهـا و سیستم های اجرای پروژه سر و کار دارند، خواهد داشت. زیـرا هـر یـک از ایـن شـیوه‌هـای گوناگون اجرای پروژه دارای نقاط قوت و ضعف متفاوتی می باشند که با انتخـاب اسـتراتژی مورد نیاز انجام پروژه، پروژه بطور موفقیت آمیزی اجرا خواهد شد.

فصل سوم با عنوان " اصول و روش‌هـای کلـی تحلیـل سیسـتم‌هـا و تصـمیم‌گیـری در مهندسی عمران"به بررسی چگونگی مطالعه سیستماتیک روش‌ها و رویـدادهای معمـول در

مهندسی عمران با تاکید بر فرآیند تصمیم‌گیری می پردازد. در این فصل تلاش شده تا یک چارچوب اصلی ارائه شود تا کلیه روش‌های تصمیم‌گیری سیستماتیک را در برگیرد، تا بتوان هر مسئله مهم تصمیم گیری را کلاسه کرد، آزمود، و با کمک روش‌های مناسب و محدود حل کرد. البته از انجا که مصادیق روش‌های تصمیم‌گیری و حل یک مساله تصمیم‌گیری بسیار زیاد است، در این کتاب به معرفی برخی از آنها که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، پرداخته شده است. از آنجا که یکی از مهم‌ترین منابع در پروژه های عمرانی ماشین آلات هستند، در فصل چهارم با عنوان "انتخاب و بکارگیری ماشین آلات ساخت و مدیریتی و نگهداری ماشین آلات" به بررسی چگونگی مدیریت و نگهداری آنها پرداخته شده است.

در آخرین فصل کتاب نیز با عنوان "اصول روش ساخت سازه های بتنی و فولادی و روش‌های نگهداری آنها" به بررسی مزایا و معایب سازه های فولادی و بتنی و مشکلات اجرایی هر کدام از آنها پرداخته شده است. تکنولوژی بتن، انواع بتن‌ها، علل فرسودگی سازه‌های بتنی و روش‌های ترمیم آن از جمله موارد مهم در اجرای سازه‌های بتنی است که به طور مفصل در این فصل مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین مشکلات اجرایی سازه‌های فولادی و انواع اتصالات در این سازه‌ها دیگر مباحث مهم این فصل می باشد.

در انتها امیدوارم که تمامی عزیزان با مطالعه این کتاب به یک شناخت کلی و کاربردی از مهندسی مدیریت ساخت رسیده و بتوانند با مدیریت صحیح در هر فاز اجرایی پروژه‌های عمرانی سبب کاهش هزینه‌ها و زمان‌های اجرای این پروژه‌ها و افزایش کیفیت آنها بشوند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار.....أ

فصل اول: اصول مباحث مدیریت پروژه، برنامه‌ریزی، کنترل پروژه و مدیریت مالی.....۱

اهداف ۲

۱-۱. پروژه ۳

۱-۱-۱. برخی اصطلاحات در پروژه.....۴

۱-۲. مدیریت پروژه ۴

۱-۳. فرآیند آغاز.....۶

۱-۳-۱. شناخت یک نیاز کسب و کاری.....۷

۱-۳-۲. تعیین راهکارها ۷

۱-۳-۳. تعیین معیارهای انتخاب.....۸

۱-۳-۴. تعیین بهترین راهکار.....۸

۱-۳-۵. تهیه منشور پروژه ۸

۱-۳-۵-۱. نیاز کسب و کاری.....۹

۱-۳-۵-۲. شرح محصول.....۹

۱-۳-۵-۳. توجیه محصول ۹

۱-۳-۵-۴. تعیین ذینفعان کلیدی ۱۰

۱-۳-۵-۵. موانع و محدودیت‌ها ۱۰

۱-۳-۵-۶. مفروضات.....۱۱

۱-۴. فرآیند برنامه‌ریزی ۱۱

۱-۴-۱. برنامه‌ریزی زمان‌بندی ۱۳

۱-۴-۱-۱. روش مسیر بحرانی.....۱۵

۱-۴-۱-۲. شبکه های دارای زمان احتمالی PERT ۲۴

۱-۴-۱-۳. نمودارهای میله ای (گانت) ۲۵

۱-۴-۱-۴. راه‌های کاهش مدت اجرای پروژه.....۲۶

۱-۴-۲. برنامه مالی ۲۷
۱-۴-۲-۱. روش زمان بندی پروژه با حداقل هزینه ۲۸
۱-۴-۳. برنامه منابع ۲۹
۱-۵. اجرا ۳۰
۱-۶. فرآیند کنترل ۳۰
۱-۶-۱. روش ارزش بدست آمده ۳۰
۱-۶-۱-۱.شاخص مغایرت هزینه ۳۲
۱-۶-۱-۲. شاخص مغایرت از زمان‌بندی ۳۲
۱-۶-۱-۳. شاخص عملکرد هزینه ای پروژه ۳۲
۱-۶-۱-۴. شاخص عملکرد زمان‌بندی پروژه ۳۳
۱-۶-۱-۵. شاخص نسبت بحرانی ۳۳
۱-۷. فرآیند اتمام پروژه ۳۳
خلاصه ۳۴
خودآزمایی ۳۵
فصل دوم: اصول مباحث امور پیمان در ابعاد حقوقی، اقتصادی و روش‌های اجرای پروژه **۳۷**
اهداف ۳۸
۲-۱. مقدمه ۳۹
۲-۲. طراحی، مناقصه، ساخت یا سه عاملی ۳۹
۲-۲-۱. مزایای روش سه عاملی ۴۰
۲-۲-۲. معایب روش سه عاملی ۴۰
۲-۲-۳. کنتراتی ۴۱
۲-۲-۴. طبق فهرست بها ۴۱
۲-۲-۵. قرارداد امانی ۴۱
۲-۳. ساخت - بهره برداری- انتقال BOT ۴۲
۲-۳-۱. روند بکارگیری پروژه BOT ۴۳
۲-۳-۱-۱. شناسایی ۴۳

۲-۳-۱-۲. مناقصه / مذاکره ۴۴
۲-۳-۱-۳. توسعه ۴۴
۲-۳-۱-۴. اجراء ۴۴
۲-۳-۱-۵. بهره برداری و نگهداری ۴۵
۲-۳-۱-۶. واگذاری ۴۵
۲-۳-۲. ریسک های موجود در اجرای پروژه بصورت BOT ۴۵
۲-۳-۳. مزایای پروژه‌های BOT ۴۸
۲-۳-۴. معایب پروژه‌های BOT ۴۸
۲-۴. طراحی وساخت ۴۹
۲-۴-۱.مزایای اجرای پروژه به صورت طراحی وساخت ۵۰
۲-۴-۲. معایب اجرای پروژه به صورت طراحی وساخت ۵۱
۲-۴-۳. شرایط استفاده از طرح و ساخت ۵۱
۲-۴-۴. در نظر گرفتن ریسک ها ۵۲
۲-۴-۵. معیارهای انتخاب تیم طراحی- ساخت ۵۲
۲-۵. پروژه‌های مهندسی, تدارک, ساخت (EPC): ۵۳
۲-۵-۱. پیش نیازهای لازم برای اجراء پروژه به روش EPC ۵۵
۲-۵-۲. ویژگی‌های EPC ۵۷
۲-۵-۳. EPC و مشکلات اجرایی آن در طرح های داخلی ۵۹
۲-۶. سرمایه گزاری یا فاینانس ۶۱
۲-۶-۱. برخی ویژگی‌های استفاده از فاینانس ۶۳
۲-۷. مشارکت مدنی ۶۴
۲-۷-۱. مهمترین ویژگی‌های جوینت ونچر ۶۶
۲.۷.۲. انگیزه های تشکیل ۶۷
۲-۷-۲-۱. انگیزه‌های اقتصادی ۶۷
۲-۷-۲-۲.انگیزه های سیاسی وحقوقی ۶۹

۲-۷-۳. انواع قراردادهای JV ۶۹
۲-۷-۳-۱. قرارداد اکتشاف نفت ۶۹
۲-۷-۳-۲. در امور بانکی ۷۰
۲-۷-۳-۳. در امر سرمایه گذاری ۷۰
۲-۸.مدیریت ساخت ۷۱
۲-۸-۱. مدیریت ساخت- مشاور ۷۲
۲-۸-۱-۱. مزایای مدیریت ساخت- مشاور ۷۲
۲-۸-۱-۲. معایب مدیریت ساخت - مشاور ۷۲
۲-۸-۲. پیمانکار مدیریت ساخت ۷۳
۲-۸-۲-۱. مزایای پیمانکار مدیریت ساخت ۷۳
۲-۸-۲-۲. معایب پیمانکاری مدیریت ساخت ۷۴
۲-۹. ساخت، تملک، بهره برداری BOO ۷۴
۲-۱۰. خرید، ساخت، بهره برداری BBO ۷۵
۲-۱۱. ساخت، انتقال، بهره برداری BTO ۷۵
۲-۱۲. ساخت، مالکیت، انتقال، بهره برداری BOOT ۷۵
۲-۱۳. پیمان خدماتی ۷۶
۲-۱۳-۱. بهره برداری و نگهداری ۷۶
۲-۱۳-۲. بهره برداری، نگهداری و مدیریت ۷۶
خلاصه ۷۷
خودآزمایی ۷۸
فصل سوم: اصول و روش‌های کلی تحلیل سیستم‌ها و تصمیم‌گیری در مهندسی عمران ۸۱
اهداف ۸۲
۳-۱. تفکر سیستمی ۸۳
۳-۲. مهندسی سیستم ۸۳
۳-۲-۱. گام‌های تفکر ترکیبی ۸۴
۳-۲-۲. مهندسی سیستم های عمران ۸۶

۳-۲-۳. سوالات مهندسی سیستم‌ها ۸۶
۳-۲-۴.تعاریف اصلی در تصمیم‌گیری سیستماتیک ۸۷
۳-۲-۵. مشکلات عمومی مهندسی سیستم ۸۸
۳-۳. روش‌های تصمیم‌گیری ۹۰
۳-۳-۱. روش وزن دهی ساده SAW ۹۲
۳-۳-۲. روش تسلط تقریبی ۹۲
۳-۳-۲-۱. گام اول: بدون بعد کردن ماتریس تصمیم ۹۳
۳-۳-۲-۲. گام دوم: تشکیل ماتریس وزن دار نرمال شده ۹۳
۳-۳-۲-۳. گام سوم: تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف ۹۴
۳-۳-۲-۴.گام چهارم: تشکیل ماتریس توافق ۹۴
۳-۳-۲-۵. گام پنجم: تشکیل ماتریس مخالف ۹۵
۳-۳-۲-۶. گام ششم: تشکیل ماتریس تسلط موافق ۹۶
۳-۳-۲-۷. گام هفتم: تشکیل ماتریس تسلط مخالف ۹۷
۳-۳-۲-۸. گام هشتم: تشکیل ماتریس تسلط نهایی ۹۷
۳-۳-۲-۹. گام نهم: حذف انتخاب‌هایی که رضایت کمتری دارند ۹۸
۳-۳-۳. فرآیندتحلیل سلسله مراتبی ۹۸
۳-۳-۳-۱. ساختن سلسله مراتبی ۹۹
۳-۳-۳-۲. محاسبه وزن‌ها ۱۰۰
۳-۳-۳-۳. محاسبه نرخ ناسازگاری ۱۰۲
۳-۳-۴. روش شباهت به گزینه ایده‌آل ۱۰۲
۳-۳-۴-۱. گام اول: بی بعد کردن ماتریس تصمیم ۱۰۴
۳-۳-۴-۲. گام دوم: بدست آوردن ماتریس تصمیم وزن دار ۱۰۵
۳-۳-۴-۳. گام سوم: مشخص کردن حدایده‌آل و ضد ایده‌آل ۱۰۵
۳-۳-۴-۴. گام چهارم: محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل ۱۰۶
۳-۳-۴-۵. گام پنجم: تعیین معیار نهایی رتبه بندی ۱۰۶
۳-۳-۴-۶. گام اول اصلاحی: حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل ۱۰۶

۳-۳-۴-۷. گام دوم اصلاحی: بی بعد کردن ماتریس تصمیم ۱۰۷
۳-۳-۴-۸. گام سوم اصلاحی: اثر دادن وزن معیارها و تعیین معیار نهایی رتبه بندی ۱۰۷
۳-۳-۴-۹. گام چهارم اصلاحی: رتبه بندی در سطح های مختلف ۱۰۸
خلاصه ۱۰۹
خودآزمایی ۱۱۰
فصل چهارم: انتخاب و بکارگیری ماشین آلات ساخت و مدیریتی و نگهداری ماشین آلات ۱۱۱
اهداف ۱۱۲
۴-۱. عوامل موثر در انتخاب ماشین‌آلات ۱۱۳
۴-۱-۱. بازدهی ماشین‌آلات ۱۱۴
۴-۱-۱-۱. تأثیر ارتفاع کارگاه ۱۱۵
۴-۱-۱-۲. تأثیر درجه حرارت ۱۱۶
۴-۱-۱-۳. مقاومت در مقابل حرکت ماشین ۱۱۶
۴-۱-۱-۴. نیروی کشش ماشین‌آلات ۱۱۷
۴-۱-۱-۵. تأثیر عوامل جوی ۱۱۷
۴-۱-۱-۶. میزان مهارت نیروهای انسانی ۱۱۷
۴-۱-۱-۷. مشخصات محل کار از نظر وجود خطرات و فضای کافی برای تحرک ۱۱۸
۴-۱-۱-۸. مشخصات فنی و نوع کار ۱۱۸
۴-۱-۲. مشخصات فنی پروژه ۱۱۸
۴-۱-۳. نوع کار ۱۱۹
۴-۱-۴. حجم کار ۱۱۹
۴-۱-۵. تکنولوژی به کار رفته برای انجام کار ۱۱۹
۴-۱-۶. مدت زمان پروژه ۱۱۹
۴-۱-۷. بودجه پروژه ۱۲۰
۴-۱-۸. هزینه‌ها ۱۲۰
۴-۲. هزینه‌های تهیه، به کارگیری و نگهداری ماشین‌آلات ۱۲۰
۴-۲-۱. تامین ماشین‌آلات از طریق خریداری و محاسبه مخارج ساعتی تملک و بهره برداری ... ۱۲۱

۴-۲-۲. هزینه‌های مالکیت و بهره برداری ماشین‌آلات ۱۲۴
۴-۲-۳. هزینه‌های تملک ۱۲۴
۴-۲-۳-۱. هزینه استهلاک ۱۲۴
۴-۲-۳-۲. روش‌های محاسبه استهلاک ۱۲۵
۴-۲-۳-۳. انتخاب روش مناسب برای محاسبه استهلاک ۱۲۸
۴-۲-۳-۴. محاسبه استهلاک بر اساس ساعات کارکرد ۱۲۹
۴-۲-۳-۵. محاسبه استهلاک بر اساس واحد کارکرد ۱۳۰
۴-۲-۴. هزینه سرمایه ۱۳۳
۴-۲-۴-۱. نرخ سود ۱۳۵
۴-۲-۴-۲. سود اقساطی ۱۳۶
۴-۲-۵. مالیات دارایی ۱۳۷
۴-۲-۶. هزینه شماره گذاری ۱۳۸
۴-۲-۷. بیمه ۱۳۸
۴-۲-۸. هزینه‌های انبار و نگهداری ۱۳۹
۴-۳. ساعات کارکرد ماشین‌آلات ۱۴۰
۴-۳-۱. شرایط بد جوی ۱۴۰
۴-۳-۲. زمان بیکاری ۱۴۱
۴-۳-۳. اوقات بیکاری ماشین‌ها ۱۴۲
۴-۳-۴. خلاصه ساعت کاری ۱۴۲
۴-۳-۴-۱. ساعات موثر ۱۴۳
۴-۳-۴-۲. روز و هفته کاری ۱۴۴
۴-۳-۴-۳. سال کاری ۱۴۴
۴-۳-۴-۴. زمان کار ۱۴۴
۴-۳-۵. اجاره ماشین‌آلات ۱۴۵
۴-۴. هزینه‌های بهره برداری ماشین‌آلات ۱۴۶
۴-۴-۱. سوخت ۱۴۶

۴-۴-۲. روغن‌کاری ۱۴۷
۴-۴-۳. روغن ۱۴۷
۴-۴-۴. هزینه‌های نگهداری و تعمیرات ۱۴۸
۴-۴-۴-۱. هزینه انتهای دوره ۱۴۹
۴-۴-۴-۲. لاستیک‌ها ۱۴۹
۴-۴-۵. هزینه نیروی کار ۱۵۰
۴-۵. عمر اقتصادی ماشین‌آلات ۱۵۱
۴-۵-۱. هزینه استهلاک و تعویض ۱۵۱
۴-۵-۲. هزینه‌های سرمایه گذاری ۱۵۲
۴-۵-۳. هزینه‌های نگهداری و تعمیر ۱۵۲
۴-۵-۴. هزینه زمان بیکاری ۱۵۲
۴-۵-۵. هزینه مطرودی (از کارافتادگی و اسقاطی) ۱۵۳
۴-۶. محاسبه مخارج ساعتی مالکیت و بهره برداری از ماشین‌آلات ۱۵۳
۴-۷. معیارهای موثر در تامین ماشین‌آلات ۱۵۴
۴-۷-۱. اندازه ۱۵۴
۴-۷-۲. انتخاب ماشین نو یا کار کرده به منظور خرید ۱۵۵
۴-۷-۳. هزینه ۱۵۵
۴-۸. روش‌های اجرا و انتخاب صحیح ناوگان ماشین‌آلات ۱۵۶
۴-۸-۱. روش های اجرایی ۱۵۶
۴-۸-۲. تعیین حجم عملیات و برنامه‌ریزی انجام عملیات ۱۵۸
۴-۸-۲-۱. اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس حجم ۱۵۹
۴-۸-۲-۲. اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس وزن ۱۵۹
۴-۸-۲-۳. اندازه‌گیری عملیات انجام شده بر اساس سطح ۱۶۰
۴-۸-۲-۴. اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس طول ۱۶۰
۴-۸-۳. ارتباط حجم عملیات با تعداد ماشین‌آلات ۱۶۰
۴-۸-۴. ارتباط ما بین زمان اجرای پروژه و ظرفیت ماشین‌آلات: ۱۶۱

خلاصه ۱۶۴
خودآزمایی ۱۶۵
فصل پنجم: اصول روش ساخت سازه‌های تبنی و فولادی و روش‌های نگهداری آنها ۱۶۷
اهداف ۱۶۸
۵-۱. سازه‌های بتنی ۱۶۹
۵-۱-۱. مزایای سازه‌های بتنی ۱۷۰
۵-۱-۲.تکنولوژی بتن ۱۷۱
۵-۱-۳. افزودنی های خاص در شرایط ویژه ۱۷۳
۵-۲. انواع بتن ۱۷۴
۵-۲-۱. بتن های با عملکرد و دوام زیاد ۱۷۴
۵-۲-۲. بتن های با نرمی بالا ۱۷۶
۵-۲-۳. بتن با آرماتورهای غیر فولادی ۱۷۸
۵-۲-۴. بتن سبک ۱۷۹
۵-۲-۴-۱. تمایز بتن از نظر چگالی ۱۷۹
۵-۲-۴-۲. روش‌های کلی تولید بتن سبک ۱۸۰
۵-۳. فرسودگی بتن ۱۸۱
۵-۳-۱. نفوذ نمک‌ها ۱۸۲
۵-۳-۲. اشتباهات طراحی ۱۸۲
۵-۳-۳. اشتباهات اجرایی ۱۸۲
۵-۳-۴. حملات کلریدی ۱۸۳
۵-۳-۵. حملات سولفاتی ۱۸۳
۵-۳-۶. حریق ۱۸۴
۵-۳-۷. عمل یخ زدگی ۱۸۵
۵-۳-۸. نمک‌های ذوب یخ ۱۸۵
۵-۳-۹. عکس العمل قلیایی سنگدانه ها ۱۸۶
۵-۳-۱۰. کربناسیون ۱۸۶
۵-۳-۱۱. علل دیگر ۱۸۷

۵-۴. عملیات ترمیمی ۱۸۷
۵-۴-۱. آماده سازی سطوح ۱۸۸
۵-۴-۱-۱. تمیز نمودن با اسید، شستن با اسید، اسید خراشی ۱۸۹
۵-۴-۱-۲. برس زدن ۱۸۹
۵-۴-۱-۳. چکش زدن ۱۹۰
۵-۴-۱-۴. سند بلاست و گریت بلاست (شن و ساچمه پاشی) ۱۹۰
۵-۴-۱-۵. وترجت (آب فشاری) با مواد ساینده و بدون آن ۱۹۰
۵-۴-۱-۶. روش‌های دیگر ۱۹۱
۵-۴-۲. طرق مختلف ترمیم ۱۹۱
۵-۴-۲-۱. تزریق ترک‌ها ۱۹۱
۵-۴-۲-۲. قنداق کردن ۱۹۲
۵-۴-۲-۳. بتن با سنگ‌دانه از پیش آکنده ۱۹۲
۵-۴-۲-۴. لایه های سطحی ۱۹۳
۵-۴-۲-۵. بتن پاشی ۱۹۳
۵-۴-۲-۶. بخیه زنی ۱۹۴
۵-۴-۲-۷. تـنـیـدن ۱۹۵
۵-۴-۲-۸. درزگیری ۱۹۵
۵-۴-۲-۹. پوشش ۱۹۶
۵-۴-۲-۱۰. طریقه معمول مرمت قسمتهای خراب شده با استفاده از مواد شکل پذیر ۱۹۶
۵-۴-۲-۱۱. باروری توسط خلاء ۱۹۷
۵-۴-۲-۱۲. روش‌های سطلی ۱۹۷
۵-۴-۲-۱۳. روش قیفی ۱۹۸
۵-۴-۲-۱۴. روش پمپ ۱۹۸
۵-۴-۲-۱۵. روش کیسه‌ای ۱۹۸
۵-۴-۳. مواد تعمیری ۱۹۹
۵-۴-۳-۱. بنونیت ۱۹۹

۵-۴-۳-۲. پوشش‌های قیری ۱۹۹
۵-۴-۳-۳. بتن، ملات و دوغاب ساخته شده از سیمان پرتلند معمول ۲۰۰
۵-۴-۳-۴. درزگیری‌های ارتجاعی ۲۰۱
۵-۴-۳-۵. رزینه ۲۰۱
۵-۴-۳-۶. بتن، ملات، و دوغابهای منبسط شونده ۲۰۷
۵-۴-۳-۷. بتن و ملات دارای الیاف مصنوعی ۲۰۷
۵-۴-۳-۸. لاتکس ۲۰۸
۵-۴-۳-۹. سایر مواد پوششی ۲۱۰
۵-۴-۳-۱۰. سیمان‌های مخصوص ۲۱۰
۵-۴-۳-۱۱. مواد تعمیری زیر آبی ۲۱۰
۵-۴-۴. مقابله با خوردگی بتن ۲۱۷
۵-۵. سازه‌های فولادی ۲۱۸
۵-۵-۱. طراحی ساختمان‌های فولادی ۲۲۰
۵-۵-۱-۱. طراحی با توجه به روش مهاربندی ۲۲۱
۵-۵-۱-۲. طراحی با توجه به اجزای تشکیل دهنده فضاهای داخلی ساختمان ۲۲۲
۵-۵-۲. لزوم محافظت در برابر حریق، خوردگی و عایق بندی صوتی ۲۲۲
۵-۵-۳. توجیه اقتصادی سازه‌های فولادی ۲۲۳
۵-۵-۴. بررسی میزان مصرف فولاد در ساختمانهای فلزی ۲۲۴
۵-۶. بررسی اشکالات و ضعف‌های اجرایی سازه‌های فولادی ۲۲۴
۵-۶-۱. پی ها و شناژها ۲۲۵
۵-۶-۲. اتصال ستون ها به پی ها ۲۲۶
۵-۶-۳. ستون ها ۲۲۶
۵-۶-۴. تیرها ۲۲۷
۵-۶-۵. اتصال تیر به ستون و تیر به تیر ۲۲۸
۵-۶-۶. سیستم مقاوم جانبی در ساختمان های فولادی ۲۳۰
۵-۶-۷. مهاربندی ۲۳۰

۵-۶-۸. جوشکاری ۲۳۱
۵-۶-۹. سیستم سقف ۲۳۱
۵-۶-۱۰. دیوارهای داخلی و خارجی ۲۳۲
۵-۶-۱۱. راه پله ۲۳۳
۵-۷. انواع اتصالات در ساختمان‌های فلزی ۲۳۳
۵-۷-۱. انواع اتصالات تیربه ستون ۲۳۴
۵-۷-۲. انواع اتصالات پای ستون ۲۳۵
۵-۷-۳. اتصال دو تیرآهن به هم ۲۳۵
۵-۷-۴. اتصالات بادبند ها به تیر و ستون‌ها ۲۳۶
خلاصه ۲۳۶
خودآزمایی ۲۳۷
فهرست منابع و مراجع ۲۳۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

نمودار شماره ۴-۱: ۱۲۹

فصل اول

اصـــول مباحـــث مـــدیریت
پروژه، برنامه ریزی، کنترل
پروژه و مدیریت مالی

اهداف

۱. آشنایی با مفاهیم پروژه، مدیریت پروژه و فرایندهای آن

۲. آشنایی تفصیلی با فرآیند آغاز خصوصا مفهوم منشور پروژه

۳. آشنایی تفصیلی با فرآیند برنامه‌ریزی و انواع روش‌های برنامه‌ریزی زمان‌بندی مانند روش مسیر بحرانی، نمودار میله ای گانت و روش احتمالی پرت، همچنین برنامه‌ریزی مالی و منابع.

۴. آشنایی تفصیلی با فرآیند کنترل خصوصا روش ارزش کسب شده برای کنترل جریان زمانی و مالی پروژه

۱-۱. پروژه

پروژه تلاشی منحصر به فرد برای ارائه یک سری محصولات (خروجی) در محدوده زمان، هزینه و کیفیت تعریف شده می‌باشد. این محصول می‌تواند یک ماشین یا یک ساختمان و یا یک کار خدماتی باشد. لذا یک پروژه باعث تغییرات مفید ویا ارزش افزوده می‌شود.

پروژه‌ها به دلایل زیر متفاوت از فعالیت‌های عملیاتی و جاری می‌باشند:

۱- **منحصر به فرد بودن پروژه‌ها**: هر پروژه تعیین شده فعلی متفاوت از پروژه قبلی است، اگرچه فعالیت‌های عملیاتی وجاری دارای فرآیند تکراری (مشابه) می‌باشند.

نمونه یک فعالیت جاری : تهیه گزارش مالی در پایان هر سال توسط بخش مالی شرکت

نمونه یک پروژه : ساخت یک نیروگاه گازی در یک منطقه مشخص

۲- **مقیاس زمانی:** هر پروژه دارای نقطه شروع و پایان مشخصی می‌باشد که در محدوده آن، محصولات باید متناسب با ملزومات مشتری (ذینفع یا کارفرما) تولید گردند. برخلاف فعالیت‌های جاری که شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های تکراری و غیرتکراری هستند، پروژه‌ها دایمی و همیشگی نیستند.

۳- **بودجه تعیین شده**: پروژه‌ها دارای یک سطح هزینه مالی تعریف شده هستند که محصولات باید در چارچوب آن تولید گردند تا نیازهای مورد نظر مشتری (ذینفع یا کارفرما) را برآورده سازند.

۴- **منابع محدود:** در حین شروع پروژه مقدار توافق شده و معینی از نیروی کار، تجهیزات و مصالح به پروژه تخصیص می‌یابد.

۵- **وجود عنصر ریسک**: پروژه‌ها دارای سطحی از عدم قطعیت‌ها بوده و دارای ریسک کسب و کار می‌باشند.

۶- **محصول یا خدمات محسوس و قابل رویت**: نتایج پروژه معمولاً محصولات تولید شده یا موارد قابل تحویل پروژه هستند ونتایج محسوس و قابل رویت، نشانگر اتمام موفقیت آمیز یک پروژه می‌باشند. این ویژگی پروژه به ما کمک می‌کند که بتوانیم ارزیابی درستی از حصول یا عدم حصول به اهداف پروژه داشته باشیم.

۱-۱-۱. برخی اصطلاحات در پروژه

فاز پروژه: پروژه‌ها به نسبت حجم و نوع فعالیت‌ها می‌توانند به فازهای مجزا با نتایج خاص هر فاز تقسیم شوند. به عنوان مثال ساخت یک نیروگاه تولید برق می‌تواند شامل فازهای امکان سنجی، مهندسی، تامین تجهیزات، اجرا و تحویل باشد، به نحوی که هر کدام از این فازها محصولات خاص خود را ارائه دهند.

چرخه حیات پروژه : چرخه حیات مشخص می‌کند که در هر فاز پروژه، باید چه کارهایی توسط چه کسانی انجام شوند.

۱-۲. مدیریت پروژه

مهندسی مدیریت پروژه تلفیق علم، هنر و فن است و به منظور آموزش برای انجام فعالیت‌های آماده سازی، نظارت و اجرای پروژه طرح ریزی شده است. ویژگی اصلی تخصص مدیریت پروژه، ماهیت بین رشته‌ای آن است. این رشته تلفیقی از رشته‌های مهندسی عمران، مهندسی صنایع و رشته مدیریت می‌باشد. تاکیدات اصلی در رشته مهندسی مدیریت پروژه بر روی تلفیق دانش و اجرا، کاربردی بودن آموزه و مدیریت صحیح پروژه‌ها متمرکز است.

لیکن از آنجا که مهندسین عمران با مهارت های مرتبط با دانش حقوقی پروژه‌ها، اصول مدیریت صحیح پروژه‌ها و مواردی از این دست آشنایی ندارند، رشته مهندسی مدیریت پروژه با هدف رفع خلاء موجود در فعالیت مهندسین مجری طراحی گردیده است. همچنین تسلط مهندسین مدیریت پروژه بر پایه های مهندسی عمران و صنایع و اصول مدیریتی، ایفای نقش کارشناسان در پروژه‌های عمرانی را بسیار پر رنگ ساخته است.

امروزه بسیاری از کارمندان یک شرکت نیازمند کسب مهارت در زمینه مدیریت پروژه هستند، چیزی که در گذشته به شخص مدیر پروژه اختصاص پیدا می‌کرد. علت این امر را می‌توان در سه عامل افزایش کارگروهی، سرعت تغییر و تحول و استقلال بیشتر افراد دانست که سبب افزایش میزان فعالیت‌های پروژه محوری در محیط های کار شده‌اند. بنابراین دانستن اصول مدیریت پروژه امروزه یکی از مهم‌ترین نیازهای پرسنل شرکت‌ها و موسسات، سازمان‌ها و شرکت‌های در گیر در کارهای عمرانی است.

لذا مدیریت پروژه یک نظام سازمان یافته و مدیریت منابع (بطور مثال منابع انسانی) می باشد، به نحوی که پروژه بایک چشم اندازمشخص، کیفیت مشخص، زمان مشخص و قیمت تمام شده مشخص به اتمام برسد. همانطور که ذکر شد، پروژه یک کار موقتی است که فقط یک بار و به منظور ایجاد یک محصول مشخص و یا خدمات مشخص انجام می‌شود و خصوصیت موقتی و یک باره بودن پروژه آن را از فرآیندها ویا اعمالی که دائمی ویا نیمه دائمی هستند و ممکن است بارها وبارها محصول مشابه ویا خدمات مشابهی را تولید کنند، متمایز می‌سازد. بنابراین مدیریت این دوسیستم کاملاً متفاوت بوده و روش‌های فنی متفاوتی نیاز دارند.

البته تعاریف مشهور دیگری نیز برای مدیریت پروژه وجود دارد (کلایم و ذکائی آشتیانی هندبوک مدیریت پروژه ۱۳۸۹):

انستیتو مدیریت پروژه در کتاب معروف PMBOK مدیریت پروژه را این گونه تعریف می‌نماید: مدیریت پروژه ابزاری برای شناخت، مهارت وروش های فنی است تا فعالیت‌های پروژه را به نیازهای اصلی (اهداف)پروژه برساند.

سازمان آلمانی جهت استانداردسازی (DIN69901): مدیریت پروژه یک سری وظائف کامل، روش‌ها و ابزاری است که در طی اجرای پروژه به کار گرفته می‌شود.

لذا مدیریت پروژه شامل مجموعه‌ای از مهارت‌ها، ابزارها و فرآیندهای مدیریتی مورد نیاز برای اجرای موفقیت آمیز پروژه می‌باشد که شامل موارد زیر می‌باشد:

مجموعه‌ای از مهارت‌ها: برای کاهش میزان ریسک پروژه دانش تخصصی، مهارت و تجربه لازم است تا از این طریق احتمال موفقیت پروژه افزایش یابد.

مجموعه‌ای از ابزارها: انواع متعددی از ابزارها برای بهبود شانس موفقیت پروژه بکار گرفته می‌شود. این ابزارها شامل الکوهای مستندسازی و ثبت، نرم افزاربرنامه‌ریزی، نرم افزار طراحی مدل، چک لیست های ممیزی و فرم های بررسی می‌باشد.

مجموعه‌ای از فرآیندها: تکنیک‌ها و فرآیندهای متعدد مدیریتی برای کنترل زمان، هزینه، کیفیت، تغییرات، ریسک و مسائل می‌باشد.

هر پروژه ساده یا پیچیده شامل پنج فرآیند اصلی آغاز، برنامه‌ریزی، اجرا، کنترل و اتمام می‌باشد (کوک و محجوب مدیریت پروژه به اندازه ۱۳۸۴).

۱-۳. فرآیند آغاز

فرآیند آغاز یک پروژه مشخص می‌کند که چه کاری قرار است انجام شود. این فرآیند بسته به سادگی یا پیچیدگی پروژه، ممکن است از رسمیت کمتر یا بیشتری برخوردار باشد، ولی به هر حال بهتر است آغاز پروژه همواره به صورت مکتوب باشد. در این مرحله مشکلات کسب و کار و یا فرصت‌ها شناسایی شده و مستندات (ادله) کسب و کار نیز که راه حل‌های

متعددی را ارائه می‌نماید، شناسایی می‌گردد. سپس مطالعات امکان سنجی جهت بررسی احتمال راه حل برای مشکلات کسب و کار انجام و راه حل نهایی پیشنهاد می‌شود. پس از تایید راه حل پیشنهادی، پروژه جهت اجرای راه حل پیشنهادی آغاز می‌شود. حیطه اختیارات به منظور تدوین اهداف، دامنه و ساختارهای پروژه جدید، ترسیم می‌شود و پس از این مرحله مدیر پروژه منصوب می‌گردد تا جهت جذب تیم کاری پروژه و راه اندازی دفتر پروژه اقدام نماید. لذا فرآیند آغاز پروژه را می‌توان به ۵ مرحله تقسیم کرد. پنج مرحله مربوط به فرآیند آغاز پروژه عبارتند از: شناخت یک نیاز کسب و کاری، تعیین راهکارها، تعیین معیارهای انتخاب، انتخاب یک راهکار و تهیه منشور پروژه.

۱-۳-۱. شناخت یک نیاز کسب و کاری

در صورت عدم وجود یک نیاز کسب و کاری، پروژه ای هم وجود نخواهد داشت. اگر نحوه یاری رساندن یک پروژه به شرکت برای دستیابی به اهداف کسب و کاری موردنظر، مشخص نیست بهتر است آن پروژه هرگز شروع نشود. در تعیین یک نیاز کسب و کاری، باید به این نکته توجه کرد که یک شکاف آشکار بین جایگاه موجود در کسب و کار و هدف مورد نظر وجود دارد.

۱-۳-۲. تعیین راهکارها

برای پاسخ گویی به نیاز کسب و کاری تعیین شده باید راهکاری مشخص شود.

مثال: تصمیم گرفته‌اید که نیاز افزایش رضایت مشتریان را تا پایان سال از ۸۵٪ به ۹۵٪ برسانید. راهکارهای ممکن برای اینکار می‌تواند نظرسنجی، استخدام نیروی انسانی، تلفیق کاتالوگ‌ها یا طراحی مجدد باشد. البته با یافتن اولین راهکار، نباید کار را شروع کرد؛ بلکه باید قبل از شروع، ایده‌های متعددی را بررسی نمود.

۱-۳-۳. تعیین معیارهای انتخاب

در این رابطه می‌توان معیارها را به اصلی و فرعی نیز تقسیم کرده و در زمان تصمیم‌گیری و انتخاب یک راهکار به آنها توجه کرد. بدیهی است معیار اصلی باید معیاری باشد که بیشترین رابطه را با نیاز کسب و کاری که تعریف شده است داشته باشد.

۱-۳-۴. تعیین بهترین راهکار

برای تعیین بهترین راهکار، یک بعد ماتریسی موجود راهکارهای مدنظر و بعد دیگر آن معیارهای تعیین شده است. بنابراین لازم است تا تاثیر هر کدام از راهکارها براساس هر یک از معیارهای سنجیده شده و مشخص گردد. سپس با جمع بندی نتایج حاصل و مقایسه آنها، تصمیم لازم در مورد بهترین راهکار اخذ گردد.

۱-۳-۵. تهیه منشور پروژه

منشور پروژه، سندی است که آغاز رسمی پروژه را به صورت شفاف و روشن اعلام می‌کند. ذینفع پروژه، یعنی کسی که در همه موارد پروژه، اختیارات نهایی را دارد، باید منشور پروژه را تایید و امضا نماید.

منشور پروژه شامل ۶ مولفه م باشد. نیاز کسب و کاری، شرح محصول، توجیه محصول، ذینفعان کلیدی، موانع و محدودیت‌ها و مفروضات مولفه‌های منشور پروژه می باشند (کلایم و ذکائی آشتیانی هندبوک مدیریت پروژه ۱۳۸۹).

۱-۳-۵-۱. نیاز کسب و کاری

نیاز کسب و کاری، خلایی است که باید پر شود، مشکلی است که باید حل شود، خطری که باید از آن اجتناب شود، هدفی که باید به آن دست یافت یا به عبارت دیگر فاصله بین وضعیت موجود و وضعیت مطلوب در کسب وکار است. به عنوان مثال از دست دادن مشتریان به دلایل مختلف، یک نیاز کسب و کاری است. یعنی مشکلی است که باید حل شود. یا واقعیتی است که نشان می‌دهد، وضعیت موجود نسبت به وضعیت مطلوب چگونه است.

برای پاسخ به هر نیاز کسب و کاری، نیازی به تعریف یک پروژه نیست؛ ولی هر پروژه باید برای پاسخ به یک نیاز کسب و کار تعریف شود.

۱-۳-۵-۲. شرح محصول

شرح محصول، بیانگر انتظار ما از محصول پروژه است. شرح محصول می‌تواند در ابتدای کار به صورت کلی تعریف شود و در مراحل بعدی، تشریح دقیق تری از آن ارائه شود.

مثال‌هایی از شرح محصول: نتیجه پروژه، ایجاد یک نیروگاه گازی با مشخصات مورد نظر می‌باشد- پروژه برای ایجاد یک تصفیه خانه آب در نیروگاه سیکل ترکیبی A با ظرفیت تولید روزانه ۲۰ متر مکعب آب دمین با مشخصات مورد نظر تعریف شده است.- برای تقویت ارتباط با فروشندگان خود چند راهکار جدید معرفی خواهیم کرد.

۱-۳-۵-۳. توجیه محصول

توجیه محصول، بیانگر این است که در صورت تولید محصول شرح داده شده، چگونه به نیاز کسب و کاری پاسخ داده خواهد شد. به عبارت دیگر توجیه محصول بیانگر علت اهمیت پروژه است. به عبارتی توجیه محصول رابطه بین نیاز کسب و کار و شرح محصول است.

۱-۳-۵-۴. تعیین ذینفعان کلیدی

معرفی این ذینفعان در ابتدای پروژه، موضوع مهمی است؛ چراکه با اینکار مسئول تصمیم‌گیری‌های مهم در پروژه مشخص می‌شود. ذینفع پروژه کسی است که در پروژه منافعی دارد و یا تحت تاثیر نتیجه پروژه قرار خواهد گرفت. با این تعریف حتی افرادی که در پروژه مشغول هستند نیز جزء ذینفعان پروژه خواهند بود، زیرا آنها هم منافعی در پروژه داشته و تحت تاثیر نتایج آن هستند. کارفرما (ذینفع تام الاختیار)، ذینفع اصلی و مدیر پروژه سه ذینفع کلیدی در پروژه می باشند که باید در ابتدای کار توسط مدیر پروژه شناسایی شوند. ذینفع تام الاختیار یا کارفرما کسی است که تصمیم گیرنده نهایی است و حرف آخر را می‌زند. ذینفع تام الاختیار، اختیارات را به مدیر پروژه تفویض کرده و در عوض مدیر پروژه در مراحل مختلف کار می‌تواند برای برخی تصمیم‌گیری‌ها از او کمک بگیرد. ذینفع اصلی کسی است که مستقیما (به صورت تاثیر مستقیم و فوری) تحت تاثیر نتیجه پروژه قرار می‌گیرد.

۱-۳-۵-۵. موانع و محدودیت‌ها

این موانع و محدودیت‌ها، مرزها یا موانع درونی از پیش تعیین شده‌ای هستند که در یک پروژه باید مورد توجه قرار گیرند. موانع و محدودیت‌ها ممکن است درون سازمانی یا برون سازمانی باشند. موانع درون سازمانی شامل: بودجه موجود، زمان بندی تعیین شده، محدودیت در میزان ساعات کاری کارکنان، منطقه جغرافیایی و عدم استفاده از روش‌های برون سپاری است. مثال‌هایی در مورد محدودیت‌های برون سازمانی نیز می‌تواند قوانین، مقررات و استانداردهای صنایع در ارتباط با رعایت اصول بهداشت و ایمنی باشد.

۱-۳-۵-۶. مفروضات

مفروضات، حدس و گمان‌هایی هستند که قبل از مرحله برنامه‌ریزی به دلیل نداشتن آگاهی به تمام واقعیات، مطرح می‌شوند.

۱-۴. فرآیند برنامه‌ریزی

یکی از ضروریات توسعه سیستم مدیریت، تعمیم وگسترش فرهنگ برنامه‌ریزی است. به منظور نفوذ هرچه بیشتر فرهنگ برنامه‌ریزی گاهی نیاز به تغییر رفتار وعادت درمدیریت ها وجود دارد وبرای آن نکات مختلف باید بکاربرده شود تاامکان اجرائی نمودن هرچه بیشتربرنامه‌ریزی در اجرای پروژه‌ها بدست آید. برنامه‌ریزی، علمی است نوپا که عمری کمتر از ۵۰ سال را سپری کرده است و دریک کلام کلی می‌توان تاکید نمود که با بکارگیری این علم، مدیریت قادر می‌شود با وقایع وحوادث پیش‌بینی نشده در دنیای پروژه دقیق‌تر برخورد نموده و توان دستیابی به اهداف را در سیستم مدیریت تقویت نماید. علم برنامه‌ریزی درایران عمری حدود ۲۰ ساله را دارد که با استفاده هرچه بیشتر از نرم افزارهای مربوطه همزمان با گسترش فرهنگ استفاده از رایانه‌ها، این علم نفوذ بیشتری از خود نشان داده است. درحال حاضردر تمام سیستم‌های تولید از جمله صنایع نفت، برق، خودرو، پتروشیمی وساختمان استفاده از علوم روزبرنامه‌ریزی بسیار ریشه دوانده است که در این راه صنعت ساختمان یکی از بیشترین بهره‌ها را در این راه برده است.

هدف اصلی دربرنامه‌ریزی، دستیابی به هدف‌های درنظرگرفته شده برای یک پروژه است تا ازطریق بهینه سازی زمان وهزینه و با مدنظر قراردادن کیفیت امکان دستیابی به سریع‌ترین راه برای دستیابی به هدف میسر شده وبدین وسیله برنامه‌ریزی تبدیل به ابزاری موثر وکارآمد برای سیستم مدیریت پروژه گردد. برای آشنایی بیشتر با این علم باید ابتدا

مجموعه بکارگیرنده رابا توانائی‌های برنامه‌ریزی آشنا کرده وسپس باپیاده سازی ونصب نـرم افزارهای مربوطه که باتوجه به نوع پروژه انتخاب می‌گردد، به سمت برنامه‌ریزی عملی بـرای پروژه ویا پروژه‌های تعریف شده رفت.

تعریف برنامه‌ریزی عبارتست از قدم‌ها ونحوه انجام آنها جهت دستیابی به اهداف پروژه و به عبارت دیگر برنامه‌ریزی، پیش‌بینی عملیات برای نیل به هدف‌های خاص مـی‌باشـد. لـذا برنامه‌ریزی شامل مشخص نمودن یک هدف خاص، تعیین اهداف و منابع مـورد نیـاز بـرای انجام فعالیت‌های مربوطه و نحوه رسیدن به هدف، قبل از شـروع پـروژه اسـت. بنـابراین در هنگام برنامه‌ریزی یک پروژه باید به چهار مورد هدف، فعالیـت‌هـا، نیـروی انسـانی و منـابع توجه کرد.

در صورت عدم وجود برنامه‌ریزی قبل از شروع پروژه، احتمال بروز مشکلاتی در مدیریت آن زیاد است. به عنوان مثال ممکن است مدتی بعد از آغاز پروژه، متوجه شـوید کـه مـدت زمان لازم برای اجرای آن دو برابر مدت زمان پیش بینی شده است یا دقیقا در زمانی که به یک کارشناس کلیدی نیاز دارید، متوجه شویدکه در پروژه دیگری مشغول است.

در فرآیند برنامه‌ریزی، مدیر پروژه باید دو امر مهم را مشخص کند:

الف) هدف

ب) نحوه دستیابی به هدف

برنامه‌ریزی بعنوان یک علم که کاربرد آن در تمام صحنه‌های زندگی قابل لمـس اسـت، مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا نرم افزارهای مختلفی بابت این امر توسط شرکت‌های تولیـد کننـده تهیـه گردیـده کـه مهـم‌تـرین آنـان دو نـرم افـزار primavera (P3) و (MSP) Microsoft Project مـی‌باشـد. سـایرنرم افزارهـای مـورد اسـتفاده شـامل Project schedualer، timeline6 (TL6) وARTEMIS می‌باشند که با توجه به گستردگی کـم مورد استفاده قابل توجه نیستند.

به محض تعریف دامنه پروژه در حیطه اختیارات، پروژه وارد فرایند برنامه‌ریزی تفصیلی می‌گردد. این مرحله شامل تدوین موارد زیر می‌باشد (کلایم و ذکائی آشتیانی هندبوک مدیریت پروژه ۱۳۸۹):

برنامه پروژه یا زمان‌بندی: شامل ترسیم فعالیت‌ها، وظایف، وابستگی‌ها و محدوده زمانی

برنامه منابع : لیست نمودن منابع انسانی، تجهیزات و مصالح مورد نیاز

برنامه مالی: شناسایی هزینه‌های منابع انسانی،تجهیزات و مصالح

برنامه کیفی : تدوین اهداف کیفی، اندازه گیری های تضمینی و کنترلی

برنامه ریسک: شناسایی ریسک های احتمالی و اقدام پیشگیرانه لازم برای تعدیل آنها

برنامه تاییدیه : لیست نمودن معیارهای لازم برای اخذ تاییدیه مشتریان وذینفعان

برنامه ارتباطات :لیست نمودن اطلاعات مورد نیاز کارفرما یا ذینفان

برنامه تدارکات :شناسایی اقلام مورد نیاز که از تاییدکنندگان خارجی تهیه خواهد شد

در این مرحله پروژه بطور تفصیلی برنامه‌ریزی شده و آماده ورود به فاز اجرایی می‌شود. از آنجا که برنامه پروژه یا زمان‌بندی مهم‌ترین و کاربردی‌ترین این برنامه‌هاست و به تعبیری سایر برنامه‌ها آنچنان بکار نمی روند، در ادامه به توضیح چگونگی برنامه‌ریزی زمان‌بندی پرداخته می‌شود.

۱-۴-۱. برنامه‌ریزی زمان‌بندی

با توجه به احتمال اجرای فعالیت‌ها در یک پروژه آنها را به دو گروه تقسیم می‌کنند:

۱- فعالیت‌های احتمالی ۲- فعالیت‌های معین

در یک پروژه، تعدادی از فعالیت‌ها هستند که در زمان برنامه‌ریزی به طور قطعی و مسلم این فعالیت‌ها انجام خواهند شد، به این‌ها فعالیت‌های معین گویند. در مقابل

فعالیت‌هایی هستند که در یک شبکه کاری ممکن است به صورت قطعی نباشند ولی احتمال انجام آنها وجود داشته باشد که به آنها فعالیت‌های احتمالی گویند.

از نظر طول زمان اجرا نیز فعالیت‌ها قابل تقسیم به دو گروه می باشند:

۱- فعالیت‌های دارای زمان معین ۲- فعالیت‌های دارای زمان احتمالی

فعالیت‌های دارای زمان معین، آنهایی هستند که زمان اجرای آنها تقریباً ثابت و مشخص است یا دارای نوسانات و تغییرات کمی می باشد. در یک پروژه ممکن است فعالیت‌هایی وجود داشته باشند که زمان اجرای آنها ثابت نبوده و حتی در موارد بسیاری نسبت به حد متوسط، کاهش یا افزایش زیادی را نشان دهد.

با توجه به مطالب فوق می‌توان روش‌های برنامه‌ریزی شبکه را به زبانی ساده بیان کرد.

برخی از روش‌های برنامه‌ریزی زمان‌بندی عبارتند از (سبزه پرور کنترل پروژه به روش گام به گام ۱۳۸۱):

۱- روش مسیر بحرانی[1]

با پیش‌بینی فرآیندها و احتمال بحران‌های یک مسئله یا پروژه می‌توان از آثار منفی آن جلوگیری نمود. این روش برای فعالیت‌های فاقد احتمالی و زمان‌های احتمالی کاربرد دارد.

۲- نمودار گانت (میله ای)

برای برنامه‌ریزی پروژه‌ها، برای اولین بار، از یک نمودار که محور افقی آن نشان دهنده عامل زمان و محور عمودی آن نشانگر عامل پروژه است، استفاده شد.

۳- روش ارزیابی و بازنگری پروژه‌ها[2]

برای دقت بیشتر و تجزیه و تحلیل بهتر این روش مورد بررسی قرار گرفت و توانست برای پروژه‌های فاقد فعالیت‌های احتمالی ولی دارای زمان‌های احتمالی، مفید باشد.

---

1. CPM – Critical Path Method
2. PERT- Project Evaluation & Review technique

۴- روش گرافیکی ارزیابی و بازنگری پروژه‌ها[1]

این روش برای آنالیز داده‌ها و اطلاعات به صورت حرفه‌ای به کار گرفته شد که در حقیقت روش تکمیل شده، روش شماره ۳ می باشد.

البته از آنجا که در بیشتر پروژه‌ها از یکی از روش‌ها استفاده می‌شود، در این کتاب تنها به توضیح دو روش اول پرداخته می‌شود.

۱-۴-۱-۱. روش مسیر بحرانی

ساختار شبکه زمان‌بندی

در شروع برنامه‌ریزی لازم است کارها یا فعالیت‌هایی که باید در اجرای پروژه عملی شوند تعریف شده و وابستگی های بین آنها معلوم گردد. نمایش شبکه‌ای یک پروژه به منظور دستیابی به این هدف، از اولین اقدامات در امور برنامه‌ریزی می باشد.

اولین قدم برای شروع ساخت شبکه تهیه اطلاعات است که پس از جمع آوری و اصلاحات باید به صورت شبکه‌ای ترسیم شوند، این اطلاعات شامل تعریف پروژه و تبیین اهداف، مشخص نمودن فعالیت‌های لازم، روابط و وابستگی ها میان اجزاء، روش‌های فناوری ساخت- اجرا، مسئولیت، نمودارهای سازمانی، بودجه، نیروی انسانی، تجهیزات، زمان، محدودیت ها، سیستم‌های اطلاعاتی مدیریت- اطلاعات بازتابی برای سطوح مختلف مدیریت است.

روش‌های رایج برای گردآوری اطلاعات به سه دسته قابل تقسیم می‌باشند:

۱- روش مدیریت اجرایی

۲- روش کنفرانسی

۳- روش مشاوره ای

---

[1]. Graphical Evaluation & Review Technique

۴- استفاده از فناوری ها و تجهیزات

انواع شبکه‌های رایج در برنامه‌ریزی عبارتند از :

۱- شبکه‌هایی که در آنها فعالیت‌ها بر روی کمان ها نشان داده می‌شوند (شبکه های برداری[1]).

۲- شبکه‌هایی که در آنها فعالیت‌ها بر روی گره‌ها نشان داده می‌شوند (شبکه های گرهی[2]).

فعالیت عبارت از جزئی از مجموعه امور لازم در اجرای یک پروژه است که انجام آن احتیاج به صرف زمان و همچنین در اغلب موارد احتیاج به صرف منابع، نظیر بودجه، انرژی، نیروی انسانی و... دارد. فعالیت‌ها دارای نقاط آغاز و پایان قابل تعریف هستند. در امر تخمین زمان فعالیت‌ها، تخمین زننده معمولاً یک گروه از تجهیزات و یا نیروی انسانی را که از نظر تعداد، برای اجرای فعالیت، مناسب و معمول می‌باشند در نظر گرفته و بر آن اساس، زمان لازم اجرای فعالیت را تخمین می زند. در موارد متعددی ممکن است یک فعالیت واحد برای تخمین زننده قابل تقسیم به تعدادی فعالیت کوچک‌تر باشد که باعث افزایش دقت وی در برآورد زمان می‌گردد.

فعالیت موهوم[3] : این فعالیت‌ها به منظور نشان دادن وابستگی‌های بین عملیات پروژه بر روی شبکه ها اضافه می شوند.

رویداد: نقاط آغاز و پایان یک فعالیت، با یک دسته از فعالیت‌ها را رویداد می‌نامند. توجه به این نکته لازم است که رویدادها عبارت از مقاطع زمانی می باشند و دربرگیرنده زمان نبوده؛ بلکه نشان دهنده تاریخ‌ها هستند. رویدادها را اغلب به وسیله دایره‌ای که در داخل آن شماره‌ای نوشته شده است، نشان می‌دهند.

---

1. Activity on Arrow
2. Activity on Node
3. Dummy Activity

رویداد پایه، برای یک فعالیت عبارت از رویدادی است که در نقطه آغازین بـردار مربـوط به آن فعالیت قرار گرفته و رویدادی است که در نقطه پایان فعالیت واقع شده است.

رویداد پوششی، رویدادی است که نقطه پایان چنـد فعالیـت باشـد و رویـداد جوششـی، رویدادی است که نقطه آغازین چند فعالیت باشد.

نکته: یک رویداد می تواند در عین واحد پوششی و جوششی باشد.

فعالیت‌های پیش نیاز: فعالیت A را در صـورتی پـیش نیـاز فعالیـت B مـی گوینـد کـه بلافاصله بعد از تکمیل A، فعالیت B قابلیت شروع شدن باشد.

فعالیت‌های پی آمد (وابسته): فعالیت B را در صورتی وابسته به فعالیـت A گوینـد کـه فعالیت B بلافاصله بعد از تکمیل A قابل شروع شدن باشد.

شناسایی فعالیت‌ها

برای فعالیت‌های پروژه از روشی به نام ساختار تقسیم کار[1] استفاده می‌شود. یک ساختار تقسیم کار، سازماندهی گروهی از مولفه‌های پروژه است، به طوری کـه تمـام محـدوده‌هـای کلی پروژه را دربرگیرد. ساختار تقسیم کار با توجـه بـه شـرح محـدوده پـروژه، هـر یـک از مولفه‌های پروژه را با جزییات بیشتری تعریف می‌کند. برای اینکار بایـد از فراینـدی بـه نـام تجزیه استفاده شود. فرآیند تجزیه، فرآیند تقسیم موارد قابل تحویل پـروژه بـه مولفـه‌هـای کوچک و کوچک‌تر است تا جایی که آن اجزاء به حدی مشخص شوند کـه بـه نحـو مـوثری قابل مدیریت باشند.

[1]. Work Breakdown Structure (WBS)

مراحل فرآیند تجزیه

۱- اولین مرحله فرآیند تجزیه: اولین مرحله فرآیند تجزیه، تعیین و شماره گذاری موارد قابل تحویل اصلی است. موارد قابل تحویل اصلی محصولات و خدماتی هستند که باید برای تکمیل پروژه و کامل کردن قسمتی از پروژه، ایجاد یا تولید شوند.

۲- مرحله دوم فرآیند تجزیه: دومین مرحله فرآیند تجزیه، تقسیم موارد قابل تقسیم اصلی به قسمت‌های کوچک‌تر و شماره گذاری آنهاست.

۳- مرحله سوم فرآیند تجزیه: مرحله سوم فرآیند تجزیه، ادامه تقسیم به اجزای کوچک‌تر و شماره گذاری آنهاست. قبل از شروع مرحله سوم، در مورد اینکه آیا می‌توان برای هر یک از مولفه ها تا این سطح جزئی، هزینه ها و زمان بندی مناسبی را وارد کرد یا خیر؟ تصمیم‌گیری کنید. اگر جزییات کافی وجود نداشته باشد باید مرحله سوم شروع شود. اما اگر پروژه به سطح مناسبی از جزییات تعریف شده باشد، باید به مرحله چهارم رفت. در مرحله سوم، تقسیم فرعی و شماره گذاری مولفه را تا جایی ادامه می‌دهیم که بتوان بسته‌های کاری[1] قابل کنترلی را تشکیل داد، که بسته کاری یک مورد قابل تحویل در پایین‌ترین سطح WBS است. یک بسته کاری باید مشخصات زیر را داشته باشد:

۱- بسته کاری واحدهای کاری را در سطوح خاص خود نشان می‌دهد.

۲- از بسته‌های کاری دیگر متمایز باشد.

۳- به یک عنصر منفرد سازمانی، قابل تخصیص باشد.

۴- در هر بسته کاری، شروع و تاریخ‌های تکمیل، زمان‌بندی شده باشند و مسافت نماهای[2] موقتی، کاربردی بوده و حاکی از روند تکمیل فیزیکی باشند.

---

1. Work Package
2. Milestones

۵- بودجه یا مبلغ معینی داشته باشد که با تعابیر و اصطلاحاتی همچون دلار، نفر- ساعت یا واحدهای قابل اندازه گیری دیگر بیان شود.

۶- مدت آن، به یک دوره زمانی کوتاه و نسبی محدود باشد یا توسط مسافت نماهای گسسته ارزش، به قسمت‌های جزء تقسیم‌بندی شده تا اندازه‌گیری عینی کار انجام شده، تسهیل گردد.

۷- با اجزای تفصیلی مهندسی، ساخت یا زمان‌بندی‌های دیگر یکپارچه و هماهنگ باشد. شاید بیشترین انتقاد وارد به استفاده از ارزش بدست آمده در مدیریت ریسک، این تصور است که هرکدام از بسته‌های کاری در اندازه‌ای محدود شده‌اند که در یک دوره زمانی کوتاه و نسبی، قابل تکمیل باشند، یا اینکه شامل مسافت نماهایی گسسته‌ای هستند که می‌توان در مقابل بازده کاری، اندازه گیری نمود.

۴- مرحله چهارم فرآیند تجزیه: چهارمین مرحله فرآیند تجزیه، بررسی صحت فرآیند تجزیه است. یعنی برای اینکه اطمینان حاصل شود که فرآیند تجزیه به طور صحیح محدوده پروژه را در بر می‌گیرد، باید آن را مورد بررسی قرار داد. دو سوال مهم در بررسی صحت فرآیند تجزیه:

۱. در صورتی که تمام موارد قابل تحویل پروژه آماده باشند، آیا می‌توان گفت که پروژه به اتمام رسیده یا هنوز موردی باقی مانده است؟

۲.آیا هیچ یک از موارد قابل تحویل، خارج از محدوده پروژه هستند؟

قوانین رسم شبکه های CPM

۱- هر فعالیت باید فقط یک بار روی شبکه ظاهر شود.

۲- دو فعالیت نباید دارای یک اسم مشابه باشند.

۳- شبکه باید فقط دارای یک رویداد آغازین و یک رویداد پایانه باشد.

۴- هر تعداد فعالیت می‌توانند از یک رویداد آغاز شوند و به یک رویداد پایان ختم شوند.

۵- یک شبکه دارای مقیاس زمان نیست.

۶- همواره رویداد پایه در سمت چپ رویداد پایان قرار می گیرد.

۷- شماره رویداد هر پایه از شماره رویداد پایان آن کوچک‌تر است.

۸- روابط و وابستگی‌ها نشان داده شوند.

۹- واحد زمان همواره باید یکسان باشد.

کاربرد صحیح فعالیت‌های موهومی

۱- برای فعالیت‌هایی که از یک رویداد آغاز شده و به یک رویداد ختم می شوند.

۲- برای قطع وابستگی های غیر ضروری

۳- در شرایطی که شبکه بیش از یک رویداد آغازین یا پایانه دارد.

اشتباهات عمومی در ترسیم شبکه

۱- ایجاد حلقه (Loop)

۲- وابستگی های غیر ضروری

۳- فعالیت‌های موهومی غیر ضروری

وابستگی های بین فعالیت‌ها را می توان به دو دسته تقسیم کرد:

۱- وابستگی‌های طبیعی: این وابستگی ها به علت خواص ویژه فعالیت‌ها و ارتباطات منطقی و تکنولوژیکی بین فعالیت‌ها ایجاد می شوند.

۲- وابستگی های امکاناتی: این نوع وابستگی ها، به علت محدودیت امکانات (منابع) ایجاد می شوند.

محاسبات زمان

برای محاسبه زمان انجام پروژه معمولاً علائم و حروف استانداردی به کار گرفته می‌شود. لذا قبل از توضیح چگونگی این محاسبات به معرفی این علائم پرداخته شده است (سبزه پرور کنترل پروژه به روش گام به گام ۱۳۸۱).

فعالیت i-j یا ij یا i,j: یک فعالیت از شبکه که رویداد پایه آن i و رویداد پایان آن j می باشد.

D_{ij} زمان لازم (تخمین زده شده) برای اجرای فعالیت i-j

E_i زودترین تاریخ وقوع رویداد i

L_i دیرترین تاریخ وقوع رویداد i

E_j زودترین تاریخ وقوع رویداد j

L_j دیرترین تاریخ وقوع رویداد j

ES_{ij} زودترین تاریخ ممکن برای شروع فعالیت i-j

LS_{ij} دیرترین تاریخ ممکن برای شروع فعالیت i-j

EF_{ij} زودترین تاریخ ممکن برای پایان فعالیت i-j

LF_{ij} دیرترین تاریخ ممکن برای پایان فعالیت i-j

F_i زمان شناوری رویداد i

TF_{ij} زمان شناوری جمعی فعالیت i-j

FF_{ij} زمان شناوری آزاد فعالیت i-j

IF_{ij} زمان شناوری مستقل فعالیت i-j

S رویداد آغازین شبکه

C رویداد پایانه شبکه

در انجام محاسبات دو نوع حرکت محاسباتی بر روی شبکه می گیرد که عبارتند از:

۱- حرکت پیشروی : در این حرکت، زودترین تاریخ های ممکن برای وقوع رویدادها تعیین می شوند.

در محاسبات پیشروی، زودترین تاریخ های وقوع رویدادها محاسبه می شوند. در این محاسبات که از رویداد آغازین شبکه شروع شده و به سمت رویداد پایانه ادامه می یابند، زودترین تاریخ وقوع رویداد پایه هر فعالیت را به زمان آن فعالیت اضافه می کنیم تا زودترین تاریخ وقوع رویداد پایان آن فعالیت به دست آید. اگر بیش از یک فعالیت به رویدادی می رسند، (رویدادهای پویشی)، زودترین تاریخ ها از طریق همه فعالیت‌هایی که به رویداد می رسند محاسبه شده و بزرگترین آنها انتخاب می‌شود.

۲- حرکت بازگشتی: در این نوع حرکت، دیرترین تاریخ های ممکن برای وقوع رویدادها تعیین می شوند.

در محاسبات بازگشتی، دیرترین تاریخ های وقوع رویدادها محاسبه می شوند. در این محاسبات که از رویداد پایانه شبکه شروع شده و به سمت رویداد آغازین ادامه می یابند، زمان هر فعالیت از دیرترین تاریخ وقوع رویداد پایان آن فعالیت کسر می‌شود تا دیرترین تاریخ وقوع رویداد پایه آن محاسبه شود. در صورتی که بیش از یک فعالیت از رویدادی خارج می‌شود (رویدادهای جوششی)، این تاریخ ها از همگی راه‌های ممکن محاسبه و کوچکترین آنها به عنوان دیرترین تاریخ وقوع رویداد انتخاب می‌شود.

مقدار شناوری هر رویداد که بیانگر مقدار تاخیر در زمان انجام آن رویداد می باشد به نحوی که زمان انجام کل پروژه به تاخیر نیفتد، عبارت است از تفاضل بین زودترین و دیرترین تاریخ وقوع آن رویداد یعنی $F_i=L_i-E_i$

یک دنباله از فعالیت‌ها که از رویداد آغازین شبکه شروع و به رویداد پایانه شبکه ختم می‌شود یک راه نامیده می‌شود. مقدار شناوری یک راه عبارت از اختلاف بین کل زمان لازم برای تکمیل پروژه و جمع زمان های لازم برای فعالیت‌های تشکیل دهنده آن راه می باشد.

در هر شبکه حداقل یک راه وجود داردکه شامل طولانی ترین زمان می باشد ایـن راه را راه بحرانی گویند که از رویداد آغازین تا پایانه همواره از رویدادهای بحرانی عبور می نماید و مقدار شناوری آن همواره برابر صفر است. فعالیت‌های تشـکیل دهنـده یـک مسـیر بحرانـی فعالیت‌های بحرانی نامیده می‌شوند. مجموع زمان‌های فعالیت‌هایی که بر روی مسیر بحرانی قرار دارند بیانگر زمان کل پروژه است.

تاریخ‌های فعالیت‌ها عبارتند از:

الف) زودترین تاریخ شروع فعالیت «i-j»= زودترین تاریخ وقوع رویداد i

ب) زودترین تاریخ پایان فعالیت «i-j» = زودترین تاریخ شروع «i-j» + زمان «i-j»

ج) دیرترین تاریخ پایان «i-j» = دیرترین تاریخ وقوع رویدادj

د) دیرترین تاریخ شروع «i-j» = دیرترین تاریخ پایان «i-j» - زمان فعالیت «i-j»

فعالیت‌ها دارای انواع شناوری هستند که عبارتند از:

الف) شناوری جمعی: مقدار زمانی که یک فعالیت می تواند بـه تعویـق بیفتـد یـا بـه زمـان اجرای آن افزوده شود، بدون آن که در کل زمـان اجـرای پـروژه تـاثیری بگـذارد، شـناوری جمعی پروژه نامیده می‌شود. $TF_{ij}=LS_{ij}-ES_{ij}$

ب) شناوری آزاد: مقدار زمانی که یک فعالیت می تواند به تعویق بیفتد یا به زمان اجرای آن افزوده شود، بدون آنکه بر مقدار شناوری فعالیت‌های بعد از خود تـاثیری بگـذارد، شـناوری آزاد آن فعالیت نامیده می‌شود. $FF_{ij}=E_j-EF_{ij}$

پ) شناوری مستقل: مقدار زمانی که یک فعالیت می تواند بـه تعویـق بیافتـد یـا بـه زمـان اجرای آن افزوده شود، بدون آنکه بر شناوری فعالیت‌های قبل و بعد از خود تاثیری بگـذارد، شناوری مستقل آن فعالیت نامیده می‌شود. $IF_{ij}=E_J-L_i-D_{ij}$

۱-۴-۱-۲. شبکه های دارای زمان احتمالی PERT

رخدادهای آینده را می‌توان با محاسبات و اصول احتمالات برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی سنجید. این اصول شامل نمودارهای توزیع فراوانی، مشخصه های توابع توزیع فراوانی، منحنی نرمال (معمولی، زنگ) و قضیه حد مرکزی می‌باشند که اطلاعات آن در درس آمار و احتمال آماده است. سیستم تخمین زمان در محاسبات پرت به این صورت است که برای هر فعالیت، سه تخمین زمانی به شرح زیر انجام می گیرد:

الف) زمان خوش بینانه[1] (T_o)

ب) زمان محتمل[2] (T_m)

ج) زمان بدبینانه[3] (T_p)

با توجه به اینکه معمولاً آمار مناسبی برای استفاده در پیش بینی زمان های فعالیت ها وجود ندارد، تخمین ها صرفاً متکی بر تجربه بوده و بنیاد آماری ندارند. البته اگر این تخمینها براساس آمار باشند بهتر است. محاسبات زمان های مورد انتظار (t_e) برای هر فعالیت به دو طریق زیر بدست می آید.

الف) سیستم سه زمانه در دامنه ۰ تا ۱۰۰ $S = \frac{t_p - t_0}{6}$ ، $te = \frac{t_0 + w.t_m + t_p}{2 + w}$

ب) سیستم سه زمانه در دامنه ۵ تا ۹۵ درصد $S = \frac{t_p - t_0}{1.5}$ $te = \frac{t_0 + 4tm + t_p}{6}$

لذا در کلیه محاسباتی که تاکنون از زمان قطعی استفاده می‌شد، از این زمان مورد انتظار استفاده می‌شود (سبزه پرور کنترل پروژه به روش گام به گام ۱۳۸۱).

---

[1]. Optimistic Time
[2]. Most likely Time
[3]. Pessimistic Time

۱-۴-۱-۳. نمودارهای میله ای (گانت)

اصول این نمودارها بر این اساس است که بر روی یک صفحه مختصات دو بعدی که یک بعد آن برای نمایش تاریخ های شروع و پایان فعالیت ها و بعد دیگر برای نمایش فعالی‌تها مورد استفاده قرار گیرد.

برای تبدیل شبکه های CPM به نمودارهای گانت باید از قوانین زیر پیروی نمایید:

۱- فعالیت ها به ترتیب افزایش شماره رویداد پایان از بالا به پایین بر محور قائم نوشته می‌شوند. در شرایطی که دو یا چند فعالیت دارای یک رویداد پایانی مشترک هستند، این فعالیت‌ها به ترتیب افزایش شماره رویداد پایه نوشته می شوند.

۲- از تاریخ آغاز پروژه، پاره خطی افقی به طولی متناسب با زمان اولین فعالیت از چپ به راست ترسیم می‌شود. در ابتدا و انتهای پاره خط، به ترتیب شماره‌های رویدادهای پایه و پایان نوشته می شوند.

۳- همگی سایر فعالیت‌ها به ترتیب به نحوی رسم می‌شوند که شماره پایان فعالیت با رویدادی که دارای همین شماره بوده و در منتهی الیه سمت راست نمودار واقع است، در یک راستای قائم قرار گیرند. این دستور نیز باید در مورد فعالیت های موهوم رعایت شود، زیرا در این حالت، طول پاره خط افقی صفر بوده و بنابراین فعالیت موهومی تبدیل به یک خط قائم می‌شود.

نکته ۱: برای حفظ منطق شبکه و رعایت وابستگی‌ها، یک فعالیت، زمانی می‌تواند آغاز شود که فعالیت‌هایی که شماره رویداد پایان آنها با شماره رویداد پایه آن فعالیت مساوی است، تکمیل شده باشند.

نکته ۲: در نمودارهای گانت، فعالیت‌ها در زودترین تاریخ ممکن برای شروع قرار گرفته‌اند.

۱-۴-۱-۴. راه‌های کاهش مدت اجرای پروژه

به طورکلی، هنگامی که به هردلیل نتوان پروژه را درچارچوب برنامه زمانی وبودجه تعیین شده اجرا کرد، مدیرپروژه وکارشناسان تیم برنامه‌ریزی پروژه باهمکاری پیمانکاران مشاوران و واحدهای سهیم دراجرای پروژه ملزم به برنامه‌ریزی مجدد پروژه هستند.

انتخاب هرشیوه یاهرگونه تصمیم درمورد کاهش مدت اجرای پروژه، غالبا وبجز درمواردی نادر و استثنایی هزینه (مستقیم) اجرای پروژه را افزایش می دهد. مدیر پروژه باید راه‌ها و روش‌هایی را بیابدکه مدت اجرای پروژ ه را با صرف کمترین افزایش هزینه، به مدت پیش بینی شده یا تعیین شده کاهش دهد. اتخاذ هر راه و روش برای کاهش مدت یاهزینه اجرای پروژه، موجب تغییر پروژه می‌شود.

از شیوه‌ها و راه‌هایی که برای کاهش هرچه ارزان‌تر مدت اجرای پروژه به کار می‌روند می‌توان برای کاهش هزینه های پروژه هم استفاده کرد. البته باید توجه داشت مدیرانی که کار تهیه و ارزشیابی و برنامه‌ریزی پروژه را بطور مطلوب و با دقت انجام داده و بهترین روش ساخت یا اجرای پروژه را مشخص کرده باشند، بدون کاهش، با تغییر اندازه، حجم، چارچوب و هدف‌های پروژه امکان زیادی برای کاهش هزینه اجرای پروژه نخواهد داشت. مهم‌ترین راه‌های کاهش مدت اجرای پروژه به شرحخ زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱- تغییرکمی و کیفی چارچوب، اندازه، حجم وهدف‌های پروژه

۲- افزایش استانداردهای عملکردی یا افزایش کارایی وبهره برداری کارکنان وتجهیزات

۳- اجرای موازی یاهمزمان فعالیت‌های بحرانی

۴- افزایش منابع اجرایی فعالیت‌های بحرانی از طریق انتقال منابع از فعالیت‌های غیر بحرانی

۵- تغییر روش ساخت برخی یا تمام فعالیت‌های پروژه

۶- افزایش منابع اجرایی فعالیت‌های بحرانی از طریق استفاده از منابع اضافی (با افزایش ساعت کار روزانه، انجام کار در روزهای تعطیل و افزایش منابع اجرایی فعالیت‌های بحرانی، می‌توان مدت اجرای آنها را کاهش داد).

۱-۴-۲. برنامه مالی

پس از اینکه برنامه زمان‌بندی پروژه مشخص شد، معمولاً برنامه‌ریزی مالی و هزینه‌های پروژه شروع می‌شود. البته به علت رابطه شدید زمان، هزینه و اثر مستقیم زمان بر هزینه و بالعکس، برنامه مالی پروژه تحت تاثیر برنامه زمان‌بندی قرار دارد. نظر به اینکه یک رابطه سازش پنهان میان زمان و هزینه پروژه برقرار است، پیش‌بینی این مطلب که نتیجه فشرده سازی زمان‌بندی یک پروژه منجر به افزایش یا کاهش هزینه پروژه می‌شود، دشوار است. در واقع اگر چه هزینه‌های مستقیم پروژه که صرف اجرای فعالیت‌ها می شوند مثل تامین منابع، مواد و مصالح، نیروی انسانی و...، افزایش می‌یابند، به دلیل کاهش زمان پروژه، هزینه‌های غیر مستقیم (بالاسری، هزینه‌های ثابت روزانه و. ..) ممکن است کاهش یابند. این مهم مؤید این مطلب است که حتی کاهش زمان و هزینه پروژه به طور هم زمان در بعضی حالات ممکن است. با کاهش زمان تکمیل پروژه، صرفه جویی هایی برای پیمانکاران و صاحب کار عاید می‌شود، سرمایه های دربند پروژه زودتر به کار می افتد و در پروژه‌های مربوط به تولید محصولات جدید، مخصوصاً در شرایطی که رقابت بین تولیدکنندگان مختلف وجود دارد، عرضه سریع تر یک فرآورده نو ممکن است قسمت اعظم کشش بازار را به خود اختصاص دهد. مدل‌های ممکن در بررسی زمان- هزینه:

۱- عدم وجود محدودیت برای عوامل زمان- هزینه

۲- تعیین تاریخ تکمیل پروژه

۳- تعیین بودجه معینی برای تسریع تاریخ تکمیل

زمان های اجرای فعالیت‌ها در موازنه هزینه- زمان:

۱- زمان معمولی: کوتاه‌ترین زمانی است که می‌توان فعالیت را با حداقل هزینه‌های مستقیم اجرا نمود.

۲- زمان فشرده: کمترین زمان لازم است که ضمن آن اجرای فعالیت‌ها در شرایط اجرای پروژه امکان پذیر باشد که البته سبب افزایش هزینه‌ها می‌شود.

ضریب زاویه هزینه، عبارت است از مقدار هزینه های مستقیم اضافی که بابت کاهش یک واحد زمان اجرای فعالیت به آن تعلق می گیرد.

$$c = \left| \frac{c_f - c_n}{D_f - D_n} \right|$$

که در آن: C_f = هزینه فشرده، C_n= هزینه معمولی، Df= زمان فشرده Dn= زمان معمولی برای اجرای فعالیت می باشد.

بین هزینه ها نقطه ای بهینه برای اجرای پروژه وجود خواهد داشت که در آن جمع هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم در کمترین مقدار خود قرار گرفته و در نتیجه این نقطه از زمان، نقطه اقتصادی یا بهینه برای اجرای پروژه خواهد بود (ترنر، هاوکینز و دنیادیده برنامه‌ریزی و مدیریت بودجه: نکات مهم اساسی در مورد برنامه‌ریزی مالی شرکت ها و مدیریت بودجه ۱۳۸۶).

۱-۴-۲-۱. روش زمان بندی پروژه با حداقل هزینه

روش‌های ابداع شده برای شناخت رابطه هزینه - زمان پروژه یا زمان‌بندی آن با حداقل هزنیه، از روش‌های تجربی- منطقی هستند. نقطه شروع کار (هزینه های مستقیم، غیرمستقیم و کل پروژه در مدت اجرای عادی پروژه) ونقطه خاتمه (هزینه های مستقیم، غیرمستقیم و کل پروژه در مدت اجرای ضربتی) کار زمان‌بندی پروژه با حداقل هزینه،

درتمام این روش‌ها تقریبا یکسان است، اما نقاط میانی بین نقاط شروع وخاتمه کار زمان‌بندی پروژه با حداقل هزینه، در روش‌های مختلف با یکدیگر تفاوت دارد.

برخی از این روش‌ها، دستورکار مفصل وبرخی فرم‌های عملیاتی متعددی دارند. ولی قبل از اینکه کار زمان‌بندی پروژه با حداقل هزینه یا شناخت رابطه زمان - هزینه شروع شود، ابتدا باید فرم عملیاتی آن را تهیه واطلاعات لازم را از روی شبکه و جدول برآورد زمان و هزینه اجرای فعالیت‌ها به آن منتقل گردد. تجربه نشان می‌دهد که در بخش دولتی، حتی معدود مدیران لایق و باتجربه‌ای هم که به ضرورت و اهمیت استفاده از سیستم برنامه‌ریزی وکنترل پروژه به استفاده بهینه از منابع اعتقاد دارند، تمایل به شناخت رابطه زمان – هزینه یا زمان‌بندی پروژه با حداقل هزینه دارند و ترجیح می دهند که پروژه را درمدت اجرای عادی آن اجرا کنند.

۱-۴-۳. برنامه منابع

پس از اینکه برنامه زمان‌بندی و مالی پروژه مشخص شد، معمولاً برنامه‌ریزی منابع پروژه انجام می‌شود. این برنامه شامل دوکار تخصیص منابع و تسطیع منابع می باشد. مدل‌های تخصیص منابع مربوط به شرایطی هستند که سطح منابع قابل دسترسی محدود باشند بنابراین لازم است فعالیت‌ها به صورتی برنامه‌ریزی شوند که در هیچ موقعیتی سطح منابع مورد نیاز از حد قابل دسترسی بالاتر نباشد. در چنین شرایطی ممکن است لازم شود زمان پروژه از حداقل مقدار ممکن طولانی تر شود. باید با استفاده از روش های ریاضی یا الگوریتم هایی با رعایت شرط محدودیت سطح منابع، پروژه را برای اجرا در کوتاهترین زمان ممکن برنامه‌ریزی نمود. در صورتی‌که محدودیتی در میزان منابع قابل دسترس وجود نداشته باشد، مسئله تسطیح منابع مطرح می‌شود و لازم است تا نوسانات بکارگیری منابع بدون افزایش زمان اجرای پروژه کاهش یابد. در این حالت با جابجایی فعالیت‌ها در حیطه

شناوری آنها به طوریکه زمان کل پروژه تغییر نکند می توان میزان نوسانات را به حداقل رساند.

۱-۵. اجرا

اجرا، فرآیندی است که در حین انجام فعالیت‌ها طبق طرح پروژه اجرا می‌شود. با شروع فرآیند اجرا، فرآیند برنامه‌ریزی به صورت کامل متوقف نخواهد شد چون براساس اطلاعات جدید باید برنامه مجددا تنظیم شوند. برای اجرای یک پروژه به صورت موفقیت آمیز لازم است که اطلاعات در زمان لازم و به صورت صحیح به افراد مناسب ارائه شوند.

۱-۶. فرآیند کنترل

فرآیند کنترل که همراه فاز اجرا می باشد، مستلزم کنترل پیشرفت پروژه، مقایسه آن با طرح پروژه و در صورت لزوم، اصلاح آن است. ضرورت فرآیند کنترل از آنجا ناشی می‌شود که ممکن است تیم پروژه آن قدر در انجام فعالیت‌ها مشغول شوند که متوجه نشوند هزینه‌های پروژه از هزینه‌های برنامه‌ریزی شده فراتر رفته یا پروژه از برنامه‌ریزی اولیه عقب مانده است یا حتی از خصوصیات اولیه محصول فاصله گرفته اند (هیرکینز و کاظمی نژاد مدیریت پروژه: ۲۴ درس برای کنترل انواع پروژه ۱۳۸۸).

۱-۶-۱. روش ارزش بدست آمده

بیش از سه دهه است که ارزش بدست آمده[1] به عنوان یک تکنیک اثبات شده و تحت استفاده در مدیریت پروژه، جایگاه خود را برجسته نموده و جای خود را در کنار دیگر ابزار ارزشمند باز کرده است. تاریخچه ارزش به دست آمده چند دهه است که از سوی دولت

[1]. Earn Value (EV)

ایالات متحده به صورت سخت‌گیرانه‌ای برای بسیاری از سازمان‌ها، اجبار شده است تا برای استفاده فرمالیزه و استاندارد از آن جدیت نمایند. ارگان‌ها و سازمان‌های دیگر دولتی در ایالات متحده و کشورهای دیگر همانند استرالیا، کانادا و سوئد، معیار ارزش بدست آمده مشابهی را در مدیریت استفاده از سیستم‌های عمده خود اتخاذ کرده‌اند. در ادامه بحث به تشریح استفاده عملی از مفهوم ارزش به دست آمده خواهیم پرداخت.

۳ کمیت، معیارها و قالب‌های اساسی برای اندازه‌گیری بازدهی هزینه می‌باشند؛ این کمیت‌ها از مجموع هزینه‌های برنامه‌ریزی شده و واقعی در فازها (مراحل)ی زمانی محاسبه شده و منطبق با هرکدام از بسته های کاری هستند، که عبارتند از:

۱- هزینه بودجه بندی شده برای کار برنامه‌ریزی شده[1] یا ارزش طراحی شده (یا برنامه‌ریزی شده): که مجموع بودجه های لازم برای کل بسته های کاری برنامه‌ریزی شده، جهت اتمام کار در یک دوره زمانی معین است.

۲- هزینه بودجه بندی شده کار انجام شده[2] یا ارزش بدست آمده: که مجموع بودجه های لازم برای بسته‌های کاری تکمیل شده و اجزای کامل شده بسته های کاری ناتمام است.

۳- هزینه واقعی کار انجام شده[3] یا هزینه واقعی کار تمام شده: که هزینه های واقعی صرف شده جهت تکمیل کارهای اجرایی در یک دوره زمانی معین است.

برای مقایسه متعادل، ACWP فقط برای کار انجام شده ثبت می‌شود تا در برابر کارهایی که BCWP آنها نیز گزارش شده، موجود باشد.

می‌توان بودجه‌بندی کل برنامه را همچون تعیین کارآیی زمان‌بندی-هزینه و تدارک هزینه برآورد شده پروژه ای که در حال تکمیل است، مشخص کرد. عبارت اضافی جهت ثبت بازده هزینه و زمان‌بندی و بودجه برنامه، به صورت زیر تعریف می‌شوند:

---

1. Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS)
2. Budgeted Cost of Work Performed (BCWP)
3. Actual Cost of Work Performed (ACWP)

۱-۶-۱-۱. شاخص مغایرت هزینه[1]

این شاخص نشان دهنده انحراف هزینه‌ای پروژه از برآورد اولیه می باشد

CV= BCWP –ACWP

اگر حاصل مثبت باشد، حاکی از ارزان تمام شدن پروژه نسبت به برآورد اولیه می باشد و در صورت منفی شدن، نمایانگر این مطلب است که پروژه از برآورد اولیه گران‌تر تمام خواهد شد.

۱-۶-۱-۲. شاخص مغایرت از زمان‌بندی[2]

این شاخص نشان دهنده انحراف زمان‌بندی پروژه از زمان‌بندی اولیه می باشد

SV= BCWP – BCWS

حاصل مثبت،حاکی از زودتر تمام شدن پروژه از زمان‌بندی اولیه می باشد و منفی به این معنی است که پروژه از برنامه زمان‌بندی عقببوده و با تاخیر تمام می‌شود.

۱-۶-۱-۳. شاخص عملکرد هزینه ای پروژه[3]

این شاخص نشان دهنده عملکرد هزینه‌ای پروژه می‌باشد و از تقسیم ارزش کسب شده به هزینه واقعی بدست می آید

CPI = BCWP/ ACWP

چنانچه این شاخص بزرگ‌تر از یک باشد، نشانگر این امر می باشد که پروژه ارزان‌تر از برآورد اولیه انجام شده است و اگر کوچک‌تر از یک باشد نشان می‌دهد که کار انجام شده گران‌تر از برآورد اولیه اجرا شده است. در صورتی که برابر یک باشد پروژه مطابق برآورد اولیه هزینه کرده است.

---

1. Cost variance "CV"
2. Schedule variance "SV "
3. Cost performance index "CPI"

۱-۶-۱-۴. شاخص عملکرد زمان‌بندی پروژه[1]

این شاخص نشان دهنده عملکرد زمان‌بندی پروژه می‌باشد واز تقسیم ارزش کسب شده بـر ارزش زمان‌بندی بدست می‌آید.

SPI = BCWP/ BCWS

چنانچه این شاخص بزرگ‌تر از یک باشد، نشانگر این امر می باشـد کـه پـروژه زودتـر از زمان‌بندی اولیه اجرا شده است و اگر کوچک‌تر از یک باشد، نشان می‌دهد که کار انجام شده دیرتر از برآورد اولیه اجرا شده است. در صورتی که برابر یک باشد، پروژه مطابق زمان‌بنـدی اولیه اجرا شده است.

۱-۶-۱-۵. شاخص نسبت بحرانی[2]

این شاخص از حاصلضرب CPIدر SPI بدست می آید و به شرح ذیل می باشد

CR = (BCWP/ACWP)* (BCWP/BCWS)

این نسبت CR چنا نچه بین ۰/۹ تا ۱/۲ باشد، پروژه وضعیت خوبی دارد و چنانچـه CR بین ۰/۸ تا ۰/۹ و یا بین ۱/۲ تا ۱/۳ باشد، نیازمند بررسی است. چنانچه CR بالاتر از ۱/۳ یا زیر ۰/۸ باشد، پروژه در مرحله خطر می باشد.

۱-۷. فرآیند اتمام پروژه

فرآیند اتمام پروژه، مستلزم پایان پروژه و کسب تایید نهایی نتیجه آن است. در فرآیند اتمام پروژه باید چهار مورد نهایی کردن هزینه‌های پروژه، مستند سازی تجربیـات و آموختـه‌هـا، ثبت کردن پایان رسمی پروژه و ارائه ارزیابی عملکردها انجام شوند.

---

[1]. Schedule performance index "SPI"
[2]. CR

معمولاً فرآیند اتمام پروژه به کندی پیش می‌رود و یا بدون رسیدن به پایان رسمی رها می‌شود. دلایلی برای این موضوع وجود دارند که عبارتند از:

- کارکنان پروژه خسته شده و می‌خواهند دنبال کار جدید دیگری بروند
- کارکنان بیشتر به کارهای غیرپروژه ای مشغول شده و نسبت به پروژه بی توجه هستند.
- برای اتمام رسمی پروژه در شرکت روال خاصی وجود ندارد.

خلاصه

در این فصل ابتدا با مفهوم پروژه، تفاوت آن با کارهای جاری و اصول مدیریت پروژه آشنا شدیم. سپس به بررسی پنج فرایند مدیریت پروژه (فرآیند اصلی آغاز، برنامه‌ریزی، اجرا، کنترل و اتمام، پرداخته شد. فرایند آغاز خود دارای پنج بخش می باشد که آخرین قسمت آن یعنی تهیه منشور پروژه بسیار حائز اهمیت است که به طور خاص در این مورد بحث شد. پس از آن به طور تفصیلی به فرایند برنامه‌ریزی پرداخته شد. فرایند برنامه‌ریزی شامل برنامه پروژه یا زمان‌بندی، برنامه منابع، برنامه مالی، برنامه کیفی، برنامه ریسک، برنامه تاییدیه، برنامه ارتباطات و برنامه تدارکات می‌باشد. البته از انجا که برنامه‌ریزی زمان‌بندی، مالی و منابع از اهمیت بیشتری برخوردار است در ادامه به تشریح این چگونگی این برنامه‌ریزی ها پرداخته شد.

در بحث برنامه زمان‌بندی روش‌های متعددی وجود دارد که معروف‌ترین و کاربردی‌ترین این روش‌ها، روش مسیر بحرانی است. لذا در این فصل تمامی گام‌های این روش به طور مبسوط تشریح شد. البته از آنجا که در حالاتی که عدم قطعیت وجود دارد، این روش جواب‌گو نیست، به طور خلاصه به تبیین روش شبکه با فرایندهای احتمالاتی یا PERT پرداخته شد. در ادامه نیز روش نمودار میله ای گانت که راحت‌ترین روش زمان‌بندی است،

توضیح داده شد. پس از توضیح روند برنامه‌ریزی زمان‌بندی به روش‌های برنامه‌ریزی مالی و منابع پرداخته شد.

پس از فرایند برنامه‌ریزی، فرایندهای اجرا و کنترل قرار دارد که این دو فرایند توامان با هم انجام می شوند. برای کنترل روند اجرا، روش‌های مختلفی وجود دارد که معروف‌ترین و کاربردی‌ترین این روش‌ها، روش ارزش بدست آمده می‌باشد. در این روش در یک مقطع زمانی عقب و جلو بودن اجرا از برنامه براساس زمان و هزینه کنترل می‌شود. برای این منظور پنج شاخص وجود دارد که به توضیح آنها پرداخته شد. آخرین فرآیند مدیریت پروژه، فرآیند اتمام پروژه است که متاسفانه خیلی به آن توجه نمی‌شود.

خودآزمایی

۱- پروژه را تعریف کنید؟

۲- تفاوت بین پروژه و کارهای جاری چیست؟

۳- تعریف معمول مدیریت پروژه چیست؟

۴- تعریف مدیریت پروژه را بر اساس استانداردهای معروف مثل PMBOK بیان کنید؟

۵- ۵ فرایند مدیریت پروژه را نام ببرید؟

۶- ۵ مرحله فرایند آغاز را بیان کرده و مختصرا توضیح دهید؟

۷- منشور پروژه شامل ۶ مولفه است، آنها را نام برده و مختصرا توضیح دهید؟

۸- از چه جهتی فرایند برنامه‌ریزی بسیار مهم می باشد. در صورت امکان مثالی بزنید؟

۹- هنگامی که برنامه‌ریزی وارد فاز برنامه‌ریزی تفصیلی می‌شود چه برنامه هایی معمولاً انجام می‌شود؟

۱۰- اهمیت برنامه‌ریزی زمان‌بندی را توضیح دهید.

۱۱- گام‌های اصلی زمان‌بندی به روش مسیر بحرانی مختصرا توضیح دهید؟

۱۲- در چه مواقعی از روش PERT در زمان بندی استفاده می کنیم؟

۱۳- دو رویکرد اصلی که در برنامه‌ریزی منابع وجود دارد را توضیح دهید؟

۱۴- زمان های اجرای فعالیت‌ها در موازنه هزینه- زمان در برنامه‌ریزی هزینه به چند دسته تقسیم می‌شود؟ توضیح دهید؟

۱۵- ضریب زاویه هزینه را تعریف کنید؟.

۱۶- روش ارزش کسب شده را مختصرا توضیح دهید و کاربرد آن در مدیریت پروژه را بیان کنید؟

۱۷- پنج شاخص اصلی کنترل در روش ارزش کسب شده کدامند؟

فصل دوم

اصول مباحث امور پیمان در ابعاد حقوقی، اقتصـــادی و روش‌های اجرای پروژه

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می باشد:

۱. انواع روش‌های تامین مالی پروژه‌ها

۲. انواع روش‌های اجرای پروژه‌ها و انواع قراردادها

۳. روش‌های مرسوم اجرای پروژه‌ها مانند روش‌های سه عاملی، BOT، طرح و ساخت، EPC، فاینانس و. ...

۴. مزایا و معایب و چگونگی کاربرد هر کدام روش‌ها

۲-۱. مقدمه

دو مشخصه تعیین کننده برای هر یک از روش‌های اجرای پروژه، چگونگی پیوستگی مراحل انجام پروژه و همچنین تامین منابع مالی مورد نیاز توسط بخش‌های دولتی یا خصوصی می‌باشد. هر یک از این شیوه های گوناگون اجرا دارای نقاط قوت و ضعف متفاوت می‌باشند که با انتخاب استراتژی مورد نیاز انجام پروژه، پروژه بطور موفقیت آمیزی اجرا خواهد شد. اگر چه همواره نیازهای کارفرما با تغییر شرایط سیاسی و اقتصادی تغییر می‌یابد (لطیفی رستمی، شیرازی رستمی و رستمی فاطمه بررسی و ارزیابی مزایا و معایب انواع روش‌های اجرای پروژه و مقایسه آنها ۱۳۸۳). لذا در ادامه، انواع مشارکت‌های خصوصی و دولتی و مقایسه بین این مشارکت‌ها توضیح داده می‌شود.

۲-۲. طراحی، مناقصه، ساخت یا سه عاملی

یک روش سنتی مورد استفاده در ۵۰ سال اخیر بوده که برای اجرای پروژه، یک تیم مهندسی برای طراحی پروژه براساس اهداف، بودجه و نیازهای کارفرما به کار گرفته می‌شود. با کامل شدن طراحی اجرای پروژه، یک پیمانکار بر طبق فرایند مناقصه برای ساخت و نصب بر اساس حداقل قیمت انتخاب می ش ود. در مدت زمان ساخت، مهندسین طراح بر عملکرد پیمانکار ساخت بر اساس طراحی و مشخصه های فنی و همچنین قوانین کارفرما نظارت دارند.

روش سه عاملی یک روش بسیار موثر اجرای پروژه برای کارفرماها طی سال‌های متمادی بوده است تا بتوانند کیفیت مهندسی و ساخت پروژه را تأمین نمایند. شرکت مهندسی نوعا از آغاز پروژه بر اساس صلاحیت، تجربه و تأمین کردن منافع کارفرما، هم در زمینه طراحی و هم در زمینه ساخت عمل نموده و خدمات تخصصی را به عنوان نماینده

کارفرما انجام می دهد. پیمانکار ساخت نیز که در مناقصه ساخت موفق شده است، عملیات ساخت را بر اساس طرح مشخص داده شده با حداقل قیمت به عنوان فروشنده انجام خواهد داد. مسئولیت بهره برداری و نگهداری از تاسیسات بعد از اتمام پروژه به عهده کارفرما خواهد بود.

۲-۲-۱. مزایای روش سه عاملی

۱- پیمانکاران به صورت رقابتی بر اساس مدارک کامل طراحی شده حداقل قیمت را لحاظ می کنند.

۲- کارفرما، پیمانکار مهندسی را بر اساس صلاحیت و توانایی انتخاب می کند و این پیمانکار نماینده و وکیل کارفرماست.

۳- پیمانکار مهندسی در مدیریت ساخت نیز فعالیت دارد چرا که دارای دید طراحی و مهندسی پروژه است.

۴- نقشها و وظایف مهندسی و ساخت به طور واضح تعریف شده است و وظایف مشخص شده است.

۵- کارفرما نیز در فرایند طراحی فعالیت دارد.

۲-۲-۲. معایب روش سه عاملی

۱- فازهای ساخت اجرای پروژه متوالی بوده و ممکن است به زمان زیادی برای اجرا نیاز داشته باشد.

۲- قیمت نهایی اجرای عملیات ساخت تا قبل از پایان طراحی و فرایند مناقصه شناخته شده نیست.

معمولاً در این حالت بر اساس چگونگی قراداد با پیمانکـار و نحـوه پرداخـت بـه او سـه روش مرسوم وجود دارد که عبارتند از:

۲-۲-۳. کنتراتی[۱]

پیمانکار به وسیله تجهیزات و منابعی که از طرف کارفرما تامین می‌شود، یک کار را بـا یـک قیمت مشخص به اتمام می‌رساند (مخصوص کارهای با قیمت پایین).

۲-۲-۴. طبق فهرست بها[۲]

پیمانکار به وسیله فهرست بهایی که از طرف کارفرما ارایه می‌گردد و با قیمتی کـه در طـی مناقصه اعلام می کند در صورت برنده شدن، موضوع پروژه را انجام می‌دهد. روشی است که در کشور ایران متداول اسـت و اکثـر پـروژه‌هـای عمرانـی بـا ایـن روش طراحـی و سـاخته می‌شوند.

۲-۲-۵. قرارداد امانی[۳]

در این قرارداد کارفرما و پیمانکار توافق می‌نمایند که در ازای هزینه‌های انجام شـده شـامل دستمزد، ماشین‌آلات و مصالح و ارایه مسـتندات کـافی از سـوی پیمانکـار، کارفرمـا درصـد مشخصی را به وی پرداخت نماید. در این نوع قرارداد می‌بایست اطمینان کافی بین طـرفین موجود باشد.

---

1. Fix Value Contract
2. Cost Price Contract
3. Cost Plus Contract

۲-۳. ساخت - بهره برداری- انتقال BOT

این روش یکی از روش های پذیرفته شده جهت مشارکت بخش خصوصی در توسعه پروژه‌های زیربنایی در سطح جهان می باشد. دولت‌های مختلف از این روش بعنوان یک روش مناسب برای سرمایه‌گذاری و ساخت سریع پروژه‌های زیربنایی و مورد نیاز جامعه استفاده می‌کنند.

اصطلاح BOT اولین بار در دهه ۱۹۸۰ میلادی و هنگامی که دولت وقت ترکیه اعطای امتیاز چندنیروگاه را به مناقصه گذاشت، رایج گردید. در این روش ساخت و بهره‌برداری پروژه به مدت معینی توسط شرکتی تحت عنوان" شرکت پروژه" انجام شده و انتقال طرح به کارفرما پس از طی مدت معینی و بعد از تحصیل درآمد لازم محقق می‌گردد.

انجام این روش مانند سایر روش‌های اجرای طرح‌های بزرگ با تهیه اسناد مناقصه و پس از مرحله مطالعات اولیه توسط کارفرما آغاز می‌شود. سپس سرمایه‌گذاران بخش خصوصی با بررسی اسناد مناقصه و حصول اطمینان از مثبت بودن نتایج امکان سنجی با ارائه پیشنهاد در مناقصه شرکت می‌کنند.

در مرحله بعدی و با تعیین برنده مناقصه و انجام مذاکرات اولیه یک شرکت با مسئولیت محدود بعنوان "شرکت پروژه" توسط سرمایه گذاران برگزیده تأسیس میشود. این شرکت صاحب امتیاز پروژه BOT محسوب می‌گردد. سرمایه متولیان جهت تأسیس شرکت معمولاً ۲۰ تا ۳۰٪ سرمایه گذاری لازم برای اجراء پروژه می‌باشد. مابقی سرمایه مورد نیاز از طریق انعقاد موافقت نامه های مالی با بانک‌ها و موسسات مالی معتبر تأمین می‌گردد.

از اهم وظایف شرکت پروژه، عقد موافقت نامه های لازم با کارفرما، پیمانکار اجرایی، شرکت بهره بردار و موسسات مالی میباشد. در این روش کارفرما بازپرداخت هیچ وامی را از طرف سرمایه گذاران یا متولیان پروژه تضمین نکرده و در نتیجه فشار ناشی از استقراض

کاهش می‌یابد. به علاوه ریسک‌های مربوط به ساخت و تکنولوژی‌های جدید نیز به طرف مقابل (بخش خصوصی) منتقل می‌گردد. همچنین منافع بسیاری برای دولت و یا کارفرما در زمان ساخت و پس از آن (بهره برداری) قابل پیش بینی می باشد.

یک نشان ویژه و کلیدی قرارداد BOT سرمایه گزاری مالی بخش خصوصی است. در BOT حکومت برای فرایندهای کامل توسعه قرارداد که شامل تمام ریسک‌های مربوطه است با بخش خصوصی قرارداد می بندد. در روش BOT باید تعادل بین قیمت و کیفیت ایجاد گردد. با انتخاب درست شکل سرمایه گزاری، طراحی، ساخت، مواد و مصالح، قیمت‌های نگهداری و قیمتهای بهره برداری، هزینه‌های عملیاتی کمتر شده و بالاترین سودها به دست می‌آید (شکارچی و حسینعلی پور ساختار و روش اجرای پروژه‌های BOT ۸۱).

۲-۳-۱. روند بکارگیری پروژه BOT

۲-۳-۱-۱. شناسایی

همانند سایر طرح‌ها شناسایی پروژه بعنوان گام اول می بایست انجام شود. در این مرحله مطالعات امکان سنجی مقدماتی شامل بررسی‌های اقتصادی مالی و فنی با توجه به اوضاع اقتصادی و سیاسی انجام شده و الزامات و منافع حاصله از اجرای طرح به روش BOT مشخص می‌گردد. این مرحله نیازمند استفاده از یک تیم حرفه‌ای در ستاد کارفرما بوده و در غیر این‌صورت بکارگیری خدمات مشاوره‌ای ضروری می باشد.

۲-۳-۱-۲. مناقصه / مذاکره

مذاکره

چنانچه پروژه را بتوان بصورت مستقیم به سرمایه گذار واجد الشرایط واگذار نمود، با انجام مذاکرات تفاهم نامه ای مابین طرفین به امضاء رسیده و موافقت نامه خرید محصول نیز منعقد می‌گردد. این روش نسبت به به روش مناقصه زمان کمتری نیاز داشته و در هزینه ها نیز صرفه جویی می‌گردد.

مناقصه

در روش انجام مناقصه مراحل فرعی زیر اجراء میشود :

۱- آمادگی کارفرما برای مناقصه

۲- آمادگی سرمایه گذاران برای مناقصه

۳- انتخاب برنده مناقصه

۲-۳-۱-۳. توسعه

در این مرحله و پس از امضاء موافقت‌نامه پروژه، تنظیم موافقت‌نامه مابین سرمایه گذاران جهت شکل دادن ساختار شرکت پروژه انجام شده و مشارکت سهام برای تحقق پروژه مشخص می‌شود. موافقت‌نامه تامین مالی، عقد پیمان با پیمانکاران و کسب تعهدات و سایر امور ذیربط نیز به انجام میرسد.

۲-۳-۱-۴. اجراء

دراین مرحله ساخت و سازها، نصب و راه اندازی پروژه انجام شده و در صورت موفقیت در آزمایشات، آموزش‌ها و تهیه دستورالعمل‌های بهره برداری و کسب مجوزها فاز بعدی آغاز می‌شود.

۲-۳-۱-۵. بهره برداری و نگهداری

این مرحله طولانی‌ترین دوره پروژه محسوب می‌گردد. پس از راه اندازی پروژه، کارفرما در طول بهره برداری با انجام بازرسی‌های دوره‌ای و دریافت گزارش‌ها، اعمال نظارت نموده و بر انتقال تکنولوژی از شرکت پروژه (یا پیمانکار) آموزش نیروی کار، ایمنی عمومی و حفظ شرایط زیست محیطی توجه و دقت لازم را ابراز می نماید.

۲-۳-۱-۶. واگذاری

مرحله پایان پروژه BOT با واگذاری طرح به کارفرما به انتها می‌رسد. نگهداری پروژه تا تاریخ واگذاری می‌بایست بصورت مناسب بوده تا کارفرما بتواند بهره برداری از پروژه را ادامه دهد. در این مرحله صدور ضمانت نامه‌های تعمیرات و کارکرد مناسب تجهیزات و تأسیسات می بایست لحاظ گردد.

حال این سوال مطرح می‌شودکه انجام پروژه BOT مفید و قابل اطمینان است یا خیر؟ برای رسیدن به جواب این سوال باید اطلاعات کافی در مورد پروژه BOT ریس‌کها، مزایا و معایب این پروژه در دسترس باشد که در ذیل آورده شده است.

۲-۳-۲. ریسک های موجود در اجرای پروژه بصورت BOT

درک و یافتن ریسک‌های اجرای پروژه به صورت ساخت، بهره برداری و انتقال برای حفظ منافع مالی پیمانکار و کارفرما مهم است. پروژه‌های BOT علاوه بر ریسک‌هایی که اکثر شیوه‌های سنتی دارند، دارای چند ریسک منحصر به خود می‌باشند (BOT“ 2000 Projects at Risks” Prieto) که عبارتند از:

۱- ریسک سیاسی

برخی از ریسک‌های سیاسی که یک پروژه می‌تواند با آن روبرو شود عبارتند از:

الف- توقیف غیر قانونی

ب- تغییر قوانین

ت- تصویب توسعه و گسترش کار

پ- عدم فعالیت دولت و یا انجام فعالیت‌های مغایر با پروژه

ج- تاخیر پرداخت‌ها توسط دولت

ح- قید و شرط گذاشتن برای ارایه تسهیلات

خ- افزایش مالیات

و- وضع اضطراری سیاسی(تغییر دولت)

ه- انقضای حق امتیاز توسط حکومت

۲- ریسک تکمیل عملیات ساخت

ریسک تکمیل عملیات ساخت در اجرای پروژه‌ها به صورت BOT بیشتر از پروژه‌های ساخت سنتی و شکل‌های ساده‌تر اجرای پروژه DB می‌باشد. این ریسک‌ها شامل:

الف- سلب مالکیت زمین

ب- افزایش هزینه، زمان انجام کار

ت- هزینه و گستره پروژه شناخته شده است ولی کار و میزان تنوع آن مشخص نمی‌شود.

پ- قصور و عدم اجرای تعهد توسط پیمانکار

ج- قصور و عدم اجرای تعهد توسط شرکت صاحب امتیاز

ح- خسارت و آسیبهای طبیعی

خ- ایجاد وضع اضطراری

با توجه به موارد ذکر شده، اگر تخلف یا کاستی از سوی شرکت صاحب امتیاز ناشی شود ریسکهای تکمیل عملیات ساخت ممکن است منتج به این شود که حکومت حق امتیاز را خاتمه دهد.

۳- ریسک‌های بهره برداری

برخی از ریسک‌هایی که در اجرای پروژه‌های BOT با آن مواجه می‌شویم، در هنگام بهره برداری و نگهداری پروژه ظاهر می‌شوند. به جز انقضای حق امتیاز بهره برداری توسط شرکت صاحب امتیاز، این ریسک‌ها مستقیما به شرکت صاحب امتیاز برمی‌گردد. برخی از این ریسک‌ها شامل:

الف- قصور و عدم اجرای تعهد پیمانکار بهره بردار

ب- بروز وضع اضطراری یا آسیب‌های طبیعی

ت- ریسک نیروی کار

پ- ریسک تکنولوژی

۴- ریسک تامین منابع مالی

ریسک‌های تامین منابع مالی به دو بخش اصلی تقسیم می شوند که عبارتند از:

الف- ریسک تورم

ب- ریسک تغییر نرخ بهره

هر یک از این دو ریسک بر شرکت صاحب امتیاز تاثیر داشته، به علاوه ریسک افزایش نرخ بهره بر تامین کننده وام پروژه اثر می گذارد. شرکت صاحب امتیاز دو عملکرد اساسی را در مواجهه با این ریسک‌ها می‌تواند انجام دهد:

الف- استفاده از تمامی وام‌ها و پول‌های ذخیره

ب- افزایش عوارض (نرخ خدمات)

۵- ریسک قانون گذاری

برخی ریسک‌های قانونی که در پروژه‌های BOT با آن مواجه می شویم عبارتند از:

الف- مالکیت سرمایه ها

ب- مشکلات مالی یا ورشکستگی شرکت صاحب امتیاز

ت- بروز اشکال در اسناد و مدارک تامین منابع مالی

پ- به اجرا گذاشتن وثیقه‌ها

در بسیاری موارد، ریسک‌های قانونی متوجه وام دهنده پروژه می‌شود.

۶- ریسک بازار و سوددهی

محدوده پایانی ریسکی که پروژه‌های BOT با آن مواجه می شوند، ریسک‌های بازاریابی و سوددهی می‌باشد که می‌تواند به سه بخش گسترده که در ذیل آورده شده گروه‌بندی شود.

الف- کسب درآمدهای ناکافی از دریافت تعرفه و عوارض

ب- درآمدهای ناکافی از دیگر بهره برداری‌ها

ت- ناکافی بودن خرید و فروش

۲-۳-۳. مزایای پروژه‌های BOT

الف- انتقال ریسک به بخش خصوصی

ب- در اتمام دوره قرارداد، حکومت بدون سرمایه گزاری مالی از وجوه عمومی و تقبل کمترین ریسک وارث واحدی با بهره برداری مناسب می‌شود.

ت- از آنجایی که طراحی، توسعه و ساخت همه جزیی از مسئولیت‌های یک شریک مستقل است، پروژه مناسب‌تر و بهینه به مرحله بهره برداری می رسد.

۲-۳-۴. معایب پروژه‌های BOT

الف- به علت پیمان‌های متعدد و مختلف، سازمان‌ها و مراحل درگیر در آن به خصوص مراحل اولیه فرایندی پیچیده است.

ب- اعتماد به درآمدهای پیش بینی شده در طول قرارداد (این اعتماد، حیاتی ترین قسمت اطلاعاتی برای صاحب امتیاز است) ممکن است سبب برنامه‌ریزی تجاری صاحب امتیاز بر اساس فرضهای نادرست شده و می‌تواند ویران کننده باشد. این موضوع در پروژه تونل بین بریتانیا و فرانسه که یکی از ابتدایی ترین پروژه‌های BOT بود مشاهده گردید.

۲-۴. طراحی وساخت

در روش طراحی و ساخت[1]، کارفرما از طریق یک قرارداد واحد با طراح - سازنده، خدمات طراحی و ساخت پروژه را تامین می نماید. مسئولیت و ریسک کارفرما در این روش به حداقل می رسد و منبع واحد مسئولیت (طراح - سازنده) تمامی خدمات طراحی، تدارکات و ساخت پروژه را بر عهده می گیرد. در این سیستم امکان طرح و ساخت همزمان به حداکثر می رسد. ریسک کارفرما در راه اندازی پروژه مربوط به اطلاعاتی است که در مرحله برگزاری مناقصه و یا مذاکره برای واگذاری قرارداد طرح و ساخت تولید می‌کند. اجرا کننده DB معمولاً قیمت کار طراحی و ساخت را به طور همزمان پیشنهاد می‌کند. طراحی و ساخت ممکن است بطور همزمان باشد.

در سیستم اجرای DB پروژه، شرکت طراح به عنوان یک بخش از مجموعه DB بوده و به عنوان نماینده کارفرما ارائه خدمات نمی‌نماید؛ بنابراین در این سیستم، هیچ گروهی به عنوان نماینده کارفرما که وظیفه اجرای قوانین و علاقه‌مندی‌های کارفرما در کار را داشته باشد، وجود ندارد.

هنگامی که در اجرای یک پروژه ملی، پیچیدگی، تقابل و بحث بین ادارات و واحدهای تشکیل دهنده آن پیش‌بینی میشود یا لزوما وجود دارد، فرایند اجرای پروژه به این روش، پیچیدگی‌های کار را به حداقل می‌رساند و مجموعه DB بر روی تحویل و تولید محصول

[1]. Design-Build (DB)

تعریف شده، تمرکز می‌کند. غالباً کارفرما برای تعریف برنامه های ساخت، تهیه دستورالعمل‌های کار، انتخاب پیمانکار DB و مدیریت قرارداد یک شرکت مشاور را به کار می‌گیرد. همچنین کارفرما با یک شرکت مجزا، برای ارائه خدمات مدیریت اجرایی جهت اعلام نیازهای خود قرارداد م بندد. مسئولیت بهره برداری و نگهداری از تاسیسات بعد از اتمام پروژه به عهده کارفرما خواهد بود. در این روش تامین کلیه منابع مالی به عهده کارفرما می‌باشد.

نشریه ۵۴۹۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور روش طرح و ساخت را بدین صورت تعریف کرده است:

- انجام تمام یا برخی از مراحل مختلف کارهای مهندسی پروژه (مهندسی مقدماتی، مهندسی پایه، مهندسی تفصیلی).

- تأمین و تدارک کالاها،تجهیزات و مصالح پروژه و خدمات فنی مرتبط با آنها.

- عملیات ساختمان، نصب و راه اندازی و آزمایش های کارآیی و سایر خدمات جانبی مرتبط با آنها، که به طور توام، توسط پیمانکار انجام می‌شود.

۲-۴-۱. مزایای اجرای پروژه به صورت طراحی وساخت

۱- سریع‌ترین روش اجرای پروژه

۲- یک مجموعه مسئول طراحی و ساخت است

۳- صرفه جویی در هزینه و زمان

۴- بهبود مدیریت ریسک برای کارفرما

۵- نیاز به مدیریت و هماهنگی های کمتر توسط کارفرما

۶- ارتقای قابلیت ساخت داخل کشور و نو آوری

۷- داشتن قیمت اولیه قطعی هزینه انجام پروژه و جدول زمان‌بندی اولیه

۸- درگیری پیمانکار در امر طراحی

۹- تبدیل تداخلات تخصصی بصورت درون پروژه ای

۲-۴-۲. معایب اجرای پروژه به صورت طراحی وساخت

۱- پیمانکار ممکن است برای حفظ محدوده سود خود،خدمات کمتری را نسبت به روش مناقصه‌ای ارا ئه نماید و قیمت اجرا، رقابتی نباشد.

۲- هنگامی که صرفه جویی‌ها و تغییرات طراحی توسط پیمانکار مشخص می‌شود، ممکن است کاهش پنهانی در کیفیت به وجود آید.

۳- درگیری‌های کارفرما معمولاً محدود به مراحل اوایه پروژه می‌شود.

۴- مدارک اجرایی تا هنگامی که تعهدها برآورده نشود، کامل نشده و ممکن است مخالفت در مورد کیفیت کار و

طراحی در زمان آینده بروز نماید.

۵- تداخل دیدگاه‌ها و نظرات به عنوان طراح و سازنده

۶- نبود نماینده برای کارفرما برای اعلام نظریات او

۲-۴-۳. شرایط استفاده از طرح و ساخت

روش اجرای پروژه DB می‌تواند در اجرای موفق پروژه، در صورتی‌که پروژه به دقت انتخاب شده و ریسک‌های آن بصورت دقیق بررسی شده باشند، تاثیر زیادی داشته باشند. اگر چه DB برای اجرای تمامی انواع پروژه مناسب نیست ولی می‌تواند اساسا در شرایط زیر استفاده شود:

الف - توانایی دستگاه اجرایی در تعریف دقیق و کامل پروژه

ب - تامین بودن اعتبار مورد نیاز

ت - وجود پیمانکار توانمند

پ - برای طراحی و کیفیت، استاندارد صنعتی مشخصی موجود باشد.

ج - زمان یک عامل مهم و بحرانی باشد.

ح - ریسک کلی انجام پروژه در حد پایین تا متوسط باشد.

خ - پروژه پیچیده باشد (هنگامی‌که کارفرما منابع مدیریت مناسب برای اجرای پروژه پیچیده را در درون سازمان ندارد، از پیمانکاران طرح و ساخت استفاده می کند).

۲-۴-۴. در نظر گرفتن ریسک ها

هنگامی که اقدام به اجرای پروژه به روش طرح و ساخت می‌شود، ضروری است که ریسک‌های بالقوه کار را مرور کرده، مکان و زمان وقوعشان را مشخص نموده و تا حد امکان آنها را کاهش داد. ریسکی که بروز آن غیر قابل اجتناب باشد، باید در قرارداد به همراه اینکه کدام بخش (کارفرما یا پیمانکار) بهتر قادر خواهد بود که ریسک‌ها و هزینه‌های مربوطه را مدیریت کند، مشخص شود. مدیریت، تخصیص اعتبار و توازن دقیق ریسک‌ها برای تکمیل پروژه بر اساس بودجه و زمان مشخص شده، بسیار حیاتی می‌باشد (2000 “Design/Built Projects at Risks” Hartje)

۲-۴-۵. معیارهای انتخاب تیم طراحی- ساخت

بررسی دقیق شرکت‌های پیشنهاد دهنده قیمت درفرآیند پیش ارزیابی، عاملی موثر در کاهش ریسک‌های کارفرما می‌باشد. اعضا تیم طرح وساخت باید با در نظر گرفتن موارد زیر مورد ارزیابی قرار گیرند:

۱- تجربیات طراحی و ساخت به همراه مراجعی در خصوص انجام پروژه‌های مشابه

۲- مدارک نحوه عملکرد در پروژه‌های قبلی، شامل بودجه، برنامه زمان بندی و کیفیت

۳- خوشنامی در صنعت مربوطه بخاطر مدیریت درست مطالبات و ادعاها

۴- مشارکت‌های موثر بر اساس برنده بودن هر دو طرف شراکت

۵- قدرت و ثبات در منابع مالی

۶- دارا بودن برنامه های سازماندهی و مدیریت

۷- شایستگی و صلاحیت نیروهای متخصص و کلیدی

۸- منابع در دسترس و مختص پروژه

۹- پیشنهاد چندین گزینه قابل انتخاب، شامل گزینه‌های طراحی و ساخت، گزینه‌های منابع انسانی، روش‌های پرداخت پول و جدول زمان‌بندی فشرده‌تر.

۲-۵. پروژه‌های مهندسی, تدارک, ساخت (EPC):

در سال ۱۹۹۰ (خرداد ۱۳۶۹) در کنفرانس سالانه فیدیک که در نروژ برگزار شد، بحث پیرامون‌قراردادهای طرح وساخت مطرح گردید و مقرر شد که فیدیک برای پروژه‌های بزرگ وچندمنظوره به این کار بپردازد و براساس آن تقسیم ریسک بین صاحب کار و پیمانکار صورت بگیرد. دراینجا از واژه صاحب‌کار[1] استفاده می‌شود تا تفاوتی با واژه کارفرما[2] داشته باشد. یعنی اگر از واژه کارفرما استفاده‌شود، تمامی‌توانمندی‌ها در آن نهفته است و احتیاج به مشاور یا پیمانکار وجود ندارد. بنابراین توصیه می‌شود که از این کلمه کمتر استفاده گردد.

مدل قرارداد EPC مانند طرح و ساخت است ولی در آن حوزه مسئولیت های طراح-سازنده به طراحی پایه و مشارکت در تامین موقت مالی پروژه گسترش می یابد. دراین مدل

---

[1]. Owner or Employer
[2]. Client

پیمانکار مسئولیت تدارک، ساخت و مشارکت موقت در تامین مالی و راه اندازی پروژه را به عهده می‌گیرد.

EPC در واقع سرنام این واژگان است: Engineering/procurement/construction که به سادگی می توان آن‌را به مهندسی، تامین کالا و ساخت و اجرا تعبیر کرد. نام دیگری است که معادل همان پروژه کلید در دست[1] در نظر گرفته می‌شود. در چنین پروژه‌هایی تمام فعالیت‌های لازم برای اجرای پروژه از مرحله طراحی ومهندسی تا تدارکات وساخت نهایی بر عهده یک پیمانکار گذاشته میشود (اسکویی و صبحیه ویژگی‌های قرارداد کلید در دست در مدیریت پروژه‌های صنعتی ۸۱).

در واقع چنین نیست که اگر از اصول مهندسی، تامین کالا و اجرا آگاهی داشته باشیم، آنگاه بتوانیم پروژه را به صورت EPC اجرا کنیم. همچنین نمی‌توان با قرار دادن سه منبع گوناگون مهندسی، تامین کالا و اجرا در کنار هم EPC به انجام رساند. ترکیب عملیات، اداره کردن، تحویل به موقع با هزینه پیش‌بینی شده و با در نظر گرفتن ریسک‌ها در محدوده هر قرارداد مفهومی جز مدیریت ندارد.

شاید مهم‌ترین علت پیش‌رفتن بازار کار به سوی قراردادهای EPC، اطمینان کارفرما یا صاحب کار از مبلغ نهایی و زمان قطعی پایان کار است. تغییرات زمان در پروژه‌هایی که به روش EPC اجرا می‌شوند، بسیار کم است؛ زیرا جریمه‌هایی درنظر گرفته شده برای طرفین در قرارداد زیادند. در قراردادهای نوع EPC این جریمه‌ها واقعاً اجرا می‌شوند. در زمانی که‌استفاده از سرمایه خصوصی در اجرای فایننس مطرح است، اکثراً باید از قراردادهای نوع EPC استفاده‌کرد. یکی از موارد دیگر در EPC، جلوگیری از لوث مسئولیت و تقسیم کار است. اصولاً در قراردادهای نوع EPC مسئولیت از یک مؤسسه خواسته شده و مسئولیت

---

1. TURN-KEY

تقسیم نمی‌شود. در نتیجه مسئولیت در عملکرد، آزمایش و کارایی و تجهیزات به طور کامل برعهده‌پیمانکار است.

۲-۵-۱. پیش نیازهای لازم برای اجراء پروژه به روش EPC

۱- در پروژه‌های EPC می‌بایست در ابتدای کار مطالعات اولیه پروژه[1] همراه با طراحی محتوایی[2] (مفهومی) انجام شده باشد. در غیر این‌صورت ارائه قیمت در فرصت محدود برگزاری مناقصه میسر نمی‌شود. بعلاوه مبانی پروژه در مدارک مناقصه نیز باید کاملاً تثبیت گردد. در این روش انجام تمام یا بخشی از مراحل مختلف کارهای مهندسی پروژه (مقدماتی یا مفهومی، اولیه یا بنیادی و تفصیلی یا جزییات) مد نظر می‌باشد.

۲- توانایی دستگاه اجرایی در تعریف دقیق و کامل پروژه و تفاهم دوجانبه ما بین دستگاه اجرایی و پیمانکار در خصوص محدوده و هدف پروژه

۳- توانمندی دستگاه اجرایی از حیث مدیریت پروژه

۴- تامین اعتبار مورد نیاز و دسترسی به آن در موعدهای از قبل تعیین شده

۵- وجود پیمانکار توانمند و دارای ویژگی‌های یک پیمانکار عمومی و یک مشاور (طراح)

۶- وجود مشخصات و الزامات فنی استاندارد و تثبیت آن در ابتدای کار

امروزه پروژه‌های EPC در داخل کشور رشد فزاینده‌ای داشته و بعلت مزایای اصلی آن یعنی اطمینان از قیمت نهایی و تاریخ قطعی اتمام طرح با استقبال بیشتری مواجه می‌گردند. نکته حائز اهمیت در مورد انتخاب روش اجرای پروژه‌ها، توجه به فراهم نمودن زیرساخت های لازم برای اجرایی ساختن آنهاست. بنابراین در صورتی‌که شرایط پروژه ایجاب نماید، روش EPC یا طرح و ساخت می‌تواند روش مناسبی برای اجراء باشد، البته به

---

[1]. Feasibility Study
[2]. Conceptual Design

شرطی که زیرساخت‌های مورد نیاز جهت تحقق آن در کشور بوجود آمده باشد. در غیراین‌صورت این روش نیز همانند روش سه عاملی (کارفرما، مشاور و پیمانکار) که فاقد هرگونه اشکال محتوایی و فنی بود، محکوم به شکست خواهد بود.

زیرساخت‌های مورد نیاز جهت موفقیت روش EPC و سایر روش‌های نوین مدیریتی برای اجراء پروژه‌ها، در برگیرنده زیرساخت‌های آموزشی، مدیریتی، اقتصادی، قانونی، اجتماعی و فرهنگی بوده و فقدان یا ضعف هریک از این عامل‌ها می‌تواند موفقیت طرح را با اشکالات جدی مواجه سازد. بنابراین می‌بایست زمینه آشنایی مدیران و کارشناسان با روش‌های علمی و نوین مدیریتی فراهم گردیده و پیمانکاران موجود با تقویت توان مهندسی خود قادر باشند بدون دخالت سایر مشاورین،پروژه‌ها را با کیفیت مطلوب اجراء نمایند.

از آنجا که در این روش کارفرما تنها کنترل محدودی بر پروژه دارد و نباید در کار پیمانکار دخالت‌کند، نظارت کارفرما بر جریان پیشرفت کار و اطمینان از انطباق آن با برنامه زمان‌بندی پروژه، کنترل بر کیفیت تعیین شده، انجام آزمایش‌های حسن انجام کار، در قراردادهای EPC توسط نماینده کارفرما انجام می‌گیرد. اصولاً در چنین قراردادهایی نماینده کارفرما وظیفه نظارت و کنترل پروژه را به عهده دارد. نماینده کارفرما که باید کار تضمین کیفیت را انجام دهد و اختیارات کارفرما را به عهده بگیرد، باید واجد صلاحیت و دارای تخصص لازم در زمینه مسائل مرتبط با طرح و پروژه باشد. بنابراین تنها مهندسان مشاوری می‌توانند این نقش را به عهده بگیرند که از تخصص کافی در زمینه پروژه موردنظر برخوردار باشند. دراین زمینه فیدیک معتقد است که علاوه بر مواردی که مهندسین مشاور در ایران انجام می‌دهند (مانند شناسایی و تدوین فاز ۱ و ۲ و همچنین نظارت بر ساخت)، موارد و مأموریت‌های دیگری نیز برعهده این‌گروه گذاشته شده است. در پیش‌نویس آیین‌نامه جدیدی که از سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت‌کشور برای هیأت دولت فرستاده شد, این موارد نیز پیش‌بینی گردید. مواردی مانند نظارت بر ساخت، مدیریت پروژه، مدیریت

کیفیت، مدیریت ساخت، مدیریت هزینه، بررسی و ارجاع کار، فسخ قرارداد، خدمات حقوقی، آموزش فنی، تحلیل مدیریت ریسک، بررسی مقادیر مهندسی ارزش و نظایر آن در این زمینه بخشی از وظایف مهندس مشاور درنظر گرفته شده است.

۲-۵-۲. ویژگی‌های EPC

۱- پیمانکار دارای آزادی عمل بیشتری در زمینه انتخاب تجهیزات و تکنیک های اجرایی بوده و همچنین وابستگی خاصی به فعالیت‌های دیگران و پیروی از برنامه زمان بندی آنها ندارد.

۲- سرعت در این پروژه‌ها بیشتر بوده و با انجام سریع کار، پرداخت‌های مورد انتظار نیر بموقع می‌بایست انجام گردد.

۳- چنانچه پیمانکار از تجهیزات ارزان‌تر و سطح پایین استفاده نموده و در نتیجه کیفیت کار پائین بیاید، ریسک عدم دریافت آخرین پرداخت را متقبل گردیده و بعلاوه ریسک عدم گرفتن کارهای بعدی کارفرما را نیز پذیرا خواهد بود.

۴- زمان دراین نوع قراردادها از اهمیت خاصی برخوردار است و باید طبق تعهدات، طرفین بدان متعهد باشند. بنابراین در هر مرحله از پروژه فقط می‌بایست موارد مهم و اساسی مورد بحث قرار گرفته تا تاخیری در روند اجرای پروژه پیش نیاید. در حقیقت اطمینان از تاریخ اتمام پروژه بسیار بالا است (بدلیل تعیین جریمه برای هر یک از طرفین در صورت نقض تعهدات).

۵- کارفرما و مشاورین وی می‌بایست به مهارت و تجارب پیمانکار اعتماد نمایند و در نتیجه به غیر از مواردی که پیمانکار از وظایف خود بصورت اساسی و کلی عدول می‌کند، لازم نیست در کار پیمانکار دخالت نموده و یا پیشنهادات را با تاخیر طولانی مورد بررسی قرار دهند.

۶- مرحله طراحی تقضیلی اهمیت خاصی داشته و کارفرما و مشاورین وی میباید اطمینان یابند که پیمانکار از مشخصات عدول ننموده و استانداردهای پروژه را پائین نیاورده است.

۷- توافقات مالی و نحوه پرداخت تاثیر بسزایی در قرارداد دارد، لذا می‌بایست بصورت شفاف و مشخص در قرارداد تعیین شده و بر طبق آن نیز عمل گردد. چنانچه کارفرما در ابتدای امر از خواسته های خود آگاهی کامل داشته باشد، یک قرارداد بصورت قیمت مقطوع یا یک قلم[1] بهترین گزینه محسوب می‌گردد. در این حالت پیمانکار باید از بنیه مالی مناسبی برخوردار باشد.

۸- در خصوص راه اندازی پروژه چنانچه کارفرما خواسته ها و الزاماتی داشته باشد، باید در قرارداد بدان اشاره گردد.

۹- کارفرما و مشاورین وی بیشترین فعالیت را در فرآیند مناقصه و نظارت عالیه در طول اجراء طرح خواهند داشت. بعنوان یک قانون کلی هر عیب و نقصی که در محدوده تعریف شده کار حادث شود مسئولیت پیمانکار خواهد بود و ریسک و مسئولیت اجرایی از کارفرما به پیمانکار منتقل میشود.

۱۰- امکان کاهش هزینه‌های پروژه بعلت فراهم ساختن امکان طراحی و اجرای اقتصادی وجود دارد. نکته حائز اهمیت در این مورد منافع اقتصادی حاصله بوده که باید بین کارفرما و پیمانکار بنحو عادلانه تقسیم گردد. بعبارت دیگر این اطمینان برای کارفرما حاصل می‌شود که هزینه‌های نهایی پروژه از مبلغ توافق شده تجاوز نمی‌کند (تغییرات بندرت ممکن است بوجود آید).

۱۱- مرحله مناقصه اهمیت بسیار زیادی داشته و در این مرحله کارفرما می بایست نیرو، هزینه و منابع کافی را به منظور اطمینان از قابلیت‌های پیمانکار و کیفیت طرح‌های پیشنهادی آنها صرف نماید. از سوی دیگر پیمانکار نیز باید وقت و انرژی زیادی برای تهیه

---

[1]. Lump Sum

پیشنهاد با اطمینان از قابل اجراء بودن و سودآوری آن مصروف دارد. بهتر است هزینه های صرف شده پیمانکار برای آماده کردن مدارک جهت شرکت در مناقصه (هزینه های طراحی) بعنوان بخشی از هزینه های طرح دیده شود.

۱۲- در کشور ما فقدان پیمانکارانی که بتوانند در این روش کار کنند، از جمله مشکلات اساسی محسوب می گردد. شرکت‌هایی که در عین برخورداری از توان مالی مناسب در سه زمینه متفاوت مهندسی (E)، تدارکات (P) و اجراء (C) دارای تجربه کافی باشند، انگشت شمار هستند. سود این نوع پروژه‌ها به تجربه و توانمندی در حیطه سه مورد فوق و ریسک پذیری بالا مربوط می‌گردد که شرکت‌های داخلی فاقد آنها می باشند.

۱۳- استفاده از تأمین منابع مالی بصورت فاینانس در این روش با سهولت بیشتری انجام می‌شود.

۱۴- خریدهای خارجی را می‌توان بصورت یکپارچه انجام داد.

۱۵- ارتقاء قابلیت‌های ساخت و نوآوری در داخل کشور امکان پذیر می‌گردد.

۱۶- کارفرما بدلیل نیاز به کنترل کمتر در این روش می‌تواند به فعالیت‌های اصلی خود پرداخته و کمترین نیروی پرسنلی ستادی در سیستم خود نیاز خواهد داشت.

۲-۵-۳. EPC و مشکلات اجرایی آن در طرح های داخلی

اصولاً در کشور ما اجراء پروژه‌های بزرگ به روش EPC مسائل و مشکلات خاصی داشته که به اهم آنها اشاره می‌گردد:

۱- فقدان دانش مدیریت پروژه: هدایت و نظارت بر پروژه‌های EPC نیازمند توانمندی بسیار قوی در این زمینه بوده و یکی از اشکالات در این زمینه بها ندادن به مقوله مدیریت پروژه می‌باشد. مدیران پروژه در کشور ما مهندسین با تجربه‌ای هستند که بدلیل سوابق کاری تخصصی به این سمت منصوب شده‌اند، ولی دیدگاه روشنی در مورد پروژه (بخصوص

پروژه‌های بزرگ) نداشته و اصولا فاقد دانش کافی برای هدایت این نـوع پـروژه‌هـا هسـتند. بعنوان یک اصل کلی اگر ستاد اجرایی طرح (عوامل کارفرما) ضعیف تر از پیمانکـار باشـند، باید در مدیریت مناسب طرح شک نمود.

۲- فقدان پیمانکاران عمومی: در داخل کشور پیمانکار عمومی (GC) که بتوانـد پـروژه‌ای را با گردش مالی بالای ۱۰ میلیارد تومان در سال مدیریت نماید بسیار کم بـوده و بـا افـزایش این رقم به بالای ۲۰ میلیارد تومان می‌توان مدعی شد که نهایتا یـک یـا دو شـرکت موفـق (شاید) وجود داشته باشد. بنابراین چنانچه شرط اصلی برای انجـام پـروژه بصـورت EPC را وجود یک شرکت GC توانمند بدانیم در همان ابتدای کار با مشکل مواجه هستیم. تشـکیل کنسرسیوم ما بین طرف‌های داخلی و خارجی از جمله راه حل‌هایی است که بعلت اخـتلاف سطح قابل توجهی که شرکت‌های ایرانی با شرکت‌های خارجی دارند نتوانسته با قطعیت این مشکل را مرتفع سازد.

۳- تغییرات و نوسانات زیاد: براساس یک سـری برآوردهـا و بررسـی هـای اولیـه پـروژه ای درسطح کلان تعریف می‌شود. بعلت وجود مشکلات فراوان در سیستم اداری کشور تا زمـان شروع پروژه وقفه قابل توجهی بوقوع می پیوندد و با طولانی شدن زمان در هنگام اجراء (۲ تا ۳ برابر پیش بینی اولیه) امکان تغییر مجریان و مسئولین ذیربط با احتمال بسیار بـالایی مطرح بوده و با ابلاغ سیاست های جدید مسئله بغرنج تر و پیچیده‌تر می‌گردد. نهایتا طـرح در روز اول با برآوردهای آن زمان دارای توجیـه اقتصـادی بـوده، ولـی بـا گذشـت سـالیان متمادی و نزدیک شدن به پایان طرح، اقتصادی بودن آن بطور جدی زیر سوال می رود.

۴- ضعف سیستم مالی کشور: یکی از اشکالات پروژه‌های بزرگ در کشـور ضـعف و نـاتوانی سیستم مالی کشور می‌باشد. بدلایل مختلف تقاضای پول (از طرف پیمانکار) و تـامین پـول (ازطرف پیمانکار) تطابق با یکدیگرنداشته و نهایتا تعویق پروژه‌ها را باعث می‌گردد. همچنین پیمانکار داخلی برخلاف پیمانکار خارجی نمی‌تواند از تسهیلات اعتبـاری در زمـان مناسـب

(گشایش L/C ریالی) برخوردار باشد و عدم پرداخت بموقع صورت وضعیت ها از طرف کارفرما (و یا رعایت پرداخت‌ها طبق قرارداد منعقده) باعث بروز اشکالات جدی در عملکرد پیمانکار می‌گردد.

۲-۶. سرمایه گزاری[1] یا فاینانس

منظور از فاینانس نوعی از سرمایه گزاری (اغلب خارجی و گاه داخلی) است که در آن سرما یه گزار به عنوان مهم‌ترین عنصر در مشارکت سازنده (پیمانکار- طراح) در مسئولیت‌های طراحی و اجرا حضور دارد و پس از پایان ساخت و آغاز بهره برداری، اصل سرمایه بعلاوه بالاسری‌های دیگر را از دولت به عنوان ضامن کارفرما (دستگاه بهره بردار) با اقساطی معین و طبق توافق اولیه دریافت می‌کند. لازم به ذکر است که سرمایه گزار می‌تواند در عوض، حق ساخت مغازه‌های تجاری، منازل و یا سایر تسهیلات را پیدا کرده و از آن روش بتواند سرمایه به کار انداخته خود را بدست آورد.

در هر صورت روش فاینانس یک روش کوتاه مدت انتقال سرمایه است، زیرا پس از فرارسیدن موعد بازپرداخت وام، می بایست اصل سرمایه به همراه سود آن برگشت داده شود. بنابراین مهم‌ترین شرط در دریافت وام ارزی، تخصیص آن به طرح‌هایی است که دارای توجیه اقتصادی بوده و نرخ بازگشت سرمایه معقولی را داشته باشند.

قراردادهای تامین مالی (فاینانس) که ما بین منابع مختلف بین المللی ارائه کننده تسهیلات از یک‌سو و استفاده کنندگان از این تسهیلات از سوی دیگر، پس از انجام مذاکرات لازم و دستیابی به توافق منعقد می‌گردد، بطور کلی شامل مفادی است که حقوق، مسئولیت‌ها و تعهدات طرفین را بطور شفاف تعیین نموده و برقرار می‌سازد.

---

[1]. Financing

از آنجاییکه معمولاً طرفین این قراردادها در دو یا چند کشور با حوزه قضایی متفاوت مستقرمی باشند، چگونگی تنظیم بندهای حقوقی، قوانین حاکم و محل رجوع حل اختلاف از اهمیت بسزایی برخوردار است و لذا در بیشتر موارد این قراردادها توسط مشاورین و کارشناسان حقوقی تنظیم و انشاء می گردد. بندهای مندرج در این قراردادها در برگیرنده تعاریف، مبلغ تسهیلات، چگونگی استفاده از تسهیلات اعطایی، مهلت بازپرداخت (وچگونگی انجام آن)، تعیین چگونگی حل اختلافات، قوانین حاکم، مراجع رسیدگی به اختلافات، نحوه تضمین، بیمه و سایر موارد خاص خواهد بود (نراقی سیر تحول تامین مالی پروژه‌های نفت و گاز ۸۱).

بطور خلاصه قراردادهای فاینانس بدین مفهوم هستند که یک بانک یا موسسه تجاری خارجی وامی را بمنظور عملیات معینی به کشور و یا شرکت مشخصی پرداخت نموده و در واقع کنترلی روی هزینه کردن آن ندارد و لذا تعهدی نیز برای به ثمر نشستن طرح نداشته و در سررسیدهای تعیین شده ای اصل و فرع آن را از طرف قرارداد و یا بانک تضمین کننده قرارداد دریافت می نماید.

تامین مالی از منابع بین المللی در دو حالت کلی امکان پذیر میباشد:

۱- تأمین مالی شرکتی[1]

در این حالت تأمین مالی با تعهد کامل بوده وباز پرداخت تعهدات مالی پروژه از طریق کلیه داراییهای شرکت میسر می باشد.

۲- تأمین مالی پروژه[2]

---

1. Corporate Finance
2. Project Finance

در این حالت تامین مالی با تعهد محدود و یا بدون تعهد محسوب شده و منبع باز پرداخت تعهدات پروژه، درآمد حاصل از فروش تولیدات و سرمایه های مربوط به طرح می باشد. این حالت مقبولیت بیشتری برای دستگاه های اجرایی دارد.

۲-۶-۱. برخی ویژگی‌های استفاده از فاینانس

۱- در صورت دستیابی به تسهیلات دارای نرخ پائین و بلند مدت بودن باز پرداخت، روش بسیار مفیدی می‌باشد (به شرط داشتن توجیه اقتصادی مناسب).

۲- چنانچه امکان فروش محصولات تولیدی بصورت کوتاه مدت و با سود بیشتر از سود فاینانس وجود داشته باشد، روش موثری محسوب می‌گردد.

۳- بدلیل آنکه در اکثر پروژه‌های بهره مند از تامین مالی اعتباری خارجی (فاینانس) مدیریت پروژه توسط طرف داخلی (ایرانی) می‌باشد، مشکلات بسیار زیاد در این زمینه(ناشی از شرایط خاص کشور و به ویژه در مورد پروژه‌های بزرگ) نهایتا تاخیر در زمان‌بندی طرح را بدنبال دارد و علی‌رغم کاهش هزینه‌های مالی طرح و استفاده بیشتر از امکانات داخلی، ممکن است خسارات تاخیر به قدری زیاد باشد که جبران امتیازات اولیه (بهره‌گیری از تامین مالی فاینانس) را نکند.

۴- در صورتی‌که نرخ بازده سرمایه‌گذاری کمتر از نرخ بهره وام دریافتی بوده و یا به میزان کمی از آن بیشتر باشد (طرح‌هایی که دارای توجیه اقتصادی نیستند)، استفاده از این تسهیلات توصیه نمی‌گردد.

۵- در کشور ما بدلیل نوسانات نسبتاً زیاد درآمدهای ارزی، بکارگیری روش فاینانس جهت تأمین مالی طرح‌ها بخصوص در مورد طرح‌های دولتی می‌بایست با نظارت و کنترل بیشتری همراه باشد.

۶- ریسک حاصله در هنگام دریافت وام‌های خارجی برعهده اعتبار گیرنده (در اکثر موارد دولت و شرکت‌های دولتی) بوده و در هر صورت بازپرداخت اصل و سود حاصل از سرمایه‌گذاری در موعد تعیین شده الزامی است.

۷- دریافت اعتبارات فاینانس فقط جذب سرمایه فیزیکی محسوب شده و برخلاف سرمایه‌گذاری خارجی که در بیشتر موارد با انتقال تکنولوژی و دانش فنی همراه است، هیچ‌گونه مزیتی در خصوص افزایش قابلیت رقابت صنعتی کشور و انباشته شدن سرمایه انسانی در نیروهای متخصص و تحصیل کرده را ایجاد نمی‌کند.

۸- هزینه بیمه اعتبارات پرداختی به دولت و شرکت‌های دولتی ایرانی بالاتر از استانداردهای بین المللی است. زیرا ریسک سرمایه‌گذاری از نظر خارجی‌ها در ایران بالا بوده و به همین دلیل علاوه بر تقبل هزینه غیر متعارف بیمه، در پاره‌ای موارد مجبور هستیم سایر شرایط تحمیلی طرف خارجی را نیز بپذیریم (از قبیل اجبار به خرید از منابع خاص و به قیمت‌های بالاتر از عرف بازار).

۲-۷. مشارکت مدنی[1]

"جوینت ونچر" یک اصطلاح دقیق حقوقی نیست و تقریباً در هیچ یک ازنظام¬های حقوقی تعریف نشده است؛ با این حال، از پرکاربردترین اصطلاحات در حقوق تجارت بین الملل است که امروزه تقریباً در تمام زبان‌های دنیا وارد شده و با معانی متنوع و مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر خلاف تصور رایج، اصطلاح "جوینت ونچر" از حقوق انگلستان ریشه نگرفته است و ابتدا در حقوق اسکاتلند به کار گرفته شده است. این اصطلاح از سال ۱۹۸۰ به بعد در آرای دادگاه¬های آمریکا مورد استفاده قرار گرفت. امروزه در آمریکا لغت

[1]. Joint Venture (JV)

Venture معادل لغت مؤسسه (Enterprise) با تاکید بیشتر بر مفهوم ریسک به کار می‌رود.

"ژان شاپیرا" یکی از حقوق¬دانان فرانسوی "جوینت ونچر" را این‌گونه تعریف می‌کند: «یک چارچوب حقوقی همکاری است که در آن خطرات احتمالی و مدیریت میان طرفین تقسیم می‌شود.» این همکاری ممکن است شکل یک شرکت واقعی را داشته یا به صورت قرارداد بدون ایجاد شخص حقوقی و یا بالاخره شرکت به ضمیمه قرارداد کار و سرویس باشد.

حقوقدانان ایران برای یافتن معادل فارسی JV از اصطلاحات مختلفی استفاده کرده‌اند که مورد مناقشه‌ی بعضی دیگر قرار گرفته است. در قانون نیز از آن به عنوان (مشارکت مدنی) که معادل Equity Joint Venture می باشد، تعبیر شده است. به نظر می‌رسد با توجه به ماهیت حقوقیJV وشکل‌هایی که این تکنیک حقوقی به خود می‌گیرد، بهترین تعبیر، تعبیر ((مشارکت انعطاف پذیر)) است، البته معمولاً به منظور سهولت و به دلیل عدم وجود اجماع، از علامت اختصاری JV استفاده می‌شود.

این نوع مشارکت به نحوی است که دو طرف سرمایه‌های خود را در یک پروژه روی هم ریخته و در اجرای آن مشارکت می‌کنند و سود و زیان حاصل از کار را به نسبت میزان مشارکت بین یکدیگر تقسیم می‌کنند. در عقد مشارکت طرفین حق مداخله دارند، گرچه می‌توانند از این حق خود چشم بپوشند و از طرف خود یک نفر را مشخص کنند یا این حق را به شریک خود تفویض کنند. در این صورت طبیعی است که بهره بردن از سود و یا بر عهده گرفتن میزان خسارت نیز با توجه به نقش طرفین در پیشبرد پروژه تعریف خواهد شد (حکیمیان بررسی ماهیت و ساختار جوینت ونچر ۱۳۸۴).

۲-۷-۱. مهم‌ترین ویژگی‌های جوینت ونچر

۱. **رابطه قراردادی**: "جوینت ونچر" بر اساس یک قرارداد استوار می‌شود؛ حتی در مواردی که در قالب یک شرکت تجارتی سازماندهی می‌شود که در این صورت اصل تشکیل شرکت، روابط شرکا با شرکت و معاملاتی که احتمالاً بین آنان صورت می‌گیرد، قواعد راجع به نقل و انتقال سهام، منع رقابت شرکا با شرکت، نحوه و میزان افزایش سرمایه در اینده، نحوه حل و فصل اختلافات و موارد خاتمه همکاری، همه از مسایلی هستند که باید بر اساس قرارداد "جوینت ونچر" حل و فصل شوند. بنابراین جوینت ونچر مبتنی بر یک قرارداد است.

۲. **فعالیت مشخص**: "جوینت ونچر" برای یک فعالیت خاص و مشخص تشکیل شده و معین بودن زمینه فعالیت کفایت نمی‌کند؛ بلکه باید بخصوص با ابعاد اقتصادی و جغرافیایی خاص مدنظر باشد.

۳. **کنترل مشترک**: در چارچوب یک "جوینت ونچر"، طرفین با همکاری یکدیگر فعالیت خاصی را پیش می‌برند. در واقع دخالت فعال طرفین در اداره "جوینت ونچر" از وجوه ممیزه آن است. چنانچه یکی از طرفین با وجود مشارکت در تأمین سرمایه و سهیم شدن در سود فعالیت از مشارکت فعال در مدیریت امتناع کند، نمی‌توان روابط ایجاد شده را تحت عنوان "جوینت ونچر" تحلیل نمود. همین امر "جوینت ونچر" را از شرکت‌های سهامی، که درآن بسیاری از سهامداران پس از تأمین بخشی از سرمایه شرکت در مدیریت شرکت نقش فعالی ایفا نمی‌کنند، متمایز می‌کند. این ویژگی باعث تمایز "جوینت ونچر" از قراردادهای فاینانس(تأمین مالی) یا قراردادهای مشابه می‌گردد که درآن بانک یا تأمین کننده اعتبار، پس از این‌که بخشی از سرمایه فعالیت را تأمین می‌نماید، از دخالت در اداره شرکت خودداری می‌کند.

۴. **شراکت در نفع و ضرر**: نسبت این شراکت فاقد اهمیت است. آن‌چه مهم است اصل شراکت است. به این ترتیب در مواردی که یک طرف به درخواست دیگری و در مقابل دریافت اجرت، قسمتی از فعالیت را انجام می‌دهد، نمی‌توان چنین رابطه ای را "جوینت ونچر" نامید. همین امر جوینت ونچر را از روابط پیمانکاری فرعی[1] و دادن کمک‌های فنی و غیره متمایز می‌کند.

۵. **قالب حقوقی:** در یک "جوینت ونچر" روابط طرفین بیش از هر چیز بر مبنای قرارداد فیمابین استوار می‌شود؛ اما این بدان معنی نیست که «جوینت ونچرها» در هیچ قالب حقوقی خاصی قرار نمی‌گیرند. بر حسب محل تشکیل ممکن است "جوینت ونچر" از قالب‌های حقوقی مختلفی از قبیل شرکت تجاری یا مشارکت، کنسرسیوم استفاده کند یا صرفاً بر اساس قراردادی که تحت قوانین محل به رسمیت شناخته شده به فعالیت بپردازد. به هر حال قالب برگرفته شده اعم از اینکه صرفاً یک قرارداد باشد یا شکل دیگری داشته باشد، باید از بین نهادهای حقوقی کشور میزبان انتخاب شود.

۲.۷.۲. انگیزه های تشکیل

۲-۷-۲-۱. انگیزه‌های اقتصادی

۱- امروزه در کشورهای توسعه یافته تعداد شرکت های JV داخلی زیاد است، اما به دلیل رشد جهانی شدن اقتصاد، روز به روز بر تعداد JV های بین المللی افزوده می‌شود.

۲- برخی از کشورهای در حال توسعه از سرمایه‌های لازم برای ایجاد یک شرکت که بتواند در صحنه جهانی رقابت کند،برخوردار نیستند، به همین دلیل درپی یافتن شرکای تجاری‌اند تا از سرمایه ی آنها در تحقق اهداف اقتصادی شان بهره ببرند.

---

[1]. Sub- Contracting

۳- برخی از شرکت‌ها برای پرهیز از ریسک سرمایه‌گذاری، سعی دریافتن منابع سرمایه‌ای خارجی به عنوان پشتوانه دارند وبرای نیل به این هدف، با ایجاد شرکت‌های فرعی وابسته به شرکت مادر در سرمایه گذاری‌هایی که ریسک بالایی دارند شرکت می‌کنند. با اتمام پروژه منابع آن به شرکت مادر برمی‌گردد ودر صورت شکست پروژه، شرکت فرعی، تنها به اندازه سرمایه آورده متضرر می‌شود وامکان تعقیب شرکت مادر که به صورت مخفی در پشت چهره JV پنهان شده است وجود ندارد.

۴- انگیزه دیگر، نیاز به متخصصان وقابلیت‌های فنی برخی از شرکت‌هاست. این قابلیت‌ها می‌تواند برخورداری آنها ازامتیازات ودارایی‌های معنوی در امرفن آوری وبه عبارت دیگر مالکیت‌های معنوی باشد.

۵- وجود منابع طبیعی ونیروی کار ارزان نیز در کشورهای جهان سوم ودر حال توسعه، از جمله عوامل ایجاد JV است. عواملی که باعث ترغیب شرکت‌های بزرگ به استفاده از نیروی کار ارزان واستفاده ازبازار کشورهای جهان سوم شده است.

۶- برخی از شرکت‌های قدرتمند جهان، چون در کشورهایی مانند آمریکا وآلمان که محل اصلی تشکیل وفعالیت‌های آنهاست، به واسطه قوانین ضد تراست محدود می‌شوند، با ایجاد شرکت‌های فرعی ومشارکت با استفاده از روشJV می‌کوشند از فضای مناسب دیگر کشورها برای پیشبرد اهداف سود جویانه خود بهره ببرند. آنها با ایجاد شرکت‌های منشعب از شرکت مادر، با افراد وکشورهای سرمایه پذیر،سرمایه گذاری‌های مشترکی را انجام می‌دهند ومحدودیت‌های ایجاد شده در کشوراقامت‌گاه شرکت مادر را در صحنه بین المللی جبران می‌کنند.

۲-۷-۲-۲. انگیزه های سیاسی وحقوقی

۱-کشورهای در حال توسعه که نوعاً کشورهای سرمایه پذیر هستند، موجب گسترش JV شده‌اند. این کشورها برای رهایی از قراردادهای ننگین،از نوع امتیاز از JV بهره گرفتند تا هم سرمایه لازم برای پیشبرد اهداف اقتصادی خود را تامین کنند و هم از احساسات ملی گرایانه نسبت به اقتدار حاکمیت رهایی یابند.

۲- وجود سیستم‌های مختلف حقوقی سبب بروز اشکالات مختلفی در پذیرش وانتقال مفاهیم حقوقی از کشوری به کشور دیگر می‌شود. مثلاً عناوین حقوقی،از قبیل قرارداد،شرکت،بیمه و...در همه کشورها مفاهیم یکسانی ندارند. بنابراین باید از تکنیک حقوقی در تجارت بین الملل بهره گرفت که مشکلات پذیرش مفاهیم را در کشور سرمایه پذیر وسرمایه گذار به وجود نیاورد. تکنیک حقوقی JV از جمله آنهاست، زیرا به دلیل برخورداری از انعطاف پذیری لازم، در تجارت بین الملل، با استقبال خوبی مواجه شده است.

۲-۷-۳. انواع قراردادهای JV

۲-۷-۳-۱. قرارداد اکتشاف نفت

به دو دلیل پر هزینه بودن پروژه‌های نفتی و زیر سوال رفتن قرارداد(امتیاز) شرکت‌هایی که در این زمینه کار می‌کرده‌اند JV را در صحنه بین المللی فعالیت‌های نفتی به وجود آوردند. اولین قرارداد نفتی به شکل JV بین شرکت دولتی نفت کشور مصر وشرکت ایتالیایی ENI در فوریه سال ۱۹۷۵ منعقد شده ودر اوت همان سال این شرکت ایتالیایی با شرکت ملی نفت ایران نیز قراردادی منعقد ساخت.

۲-۷-۳-۲. در امور بانکی

اخیراً شاهد استفاده از تکنیک حقوقی JV در زمینه امور بانکی نیز هستیم. معمولاًچند بانک برای تامین سرمایه مورد نیاز یک پروژه،شرکت JV مجری طرح تشکیل می‌دهند و آنها به نحو تضامنی مسئول تامین سرمایه مورد نیاز شرکت می‌شوند. پس ا ز آن سود حاصل از انجام طرح را به نسبت سرمایه‌ای که بانک‌های طرف JV گذاشته‌اند، تقسیم می‌کنند.

۲-۷-۳-۳. در امر سرمایه گذاری

تفاوت عمده این نوع JV از لحاظ موضوع آن است واین نوع JV رو به گسترش است. این نوع مشارکت در اغلب کشورها با موضوع قانون گذاری خاصی،تحت عنوان سرمایه گذاری خارجی قرار گرفته است. در این نوع JV سرمایه گذار خارجی نه تنها سرمایه خود، بلکه دانش مربوطه به آن را نیز به محل سرمایه گذاری انتقال می‌دهد وطرف سرمایه گذار که ممکن است شخص حقیقی یا حقوقی باشد، اجازه ورود به بازار کار وفروش محصول را، که به نحوی به روی سرمایه گذاری خارجی مسدود است، کسب می‌کند.

لذا JV یک تکنیک حقوقی انعطاف پذیر است واز این روش می‌توان در زمینه‌های بسیاراعم از صنعت، معدن، نفت، خدمات،کشاورزی و... بهره برد. JV را می‌توان با توجه به اهداف و مقاصد به صورت متفاوت طراحی کردک. JV روشی است که با سیاست‌های مختلف اقتصادی قابل تطبیق است. این روش خاص یک منطقه جغرافیایی یا اقتصادی نیست، بلکه متخصصین مدبر وتوانا می‌توانند با توجه به اهداف وسیاست‌های اقتصادی و زمینه‌های مختلف سرمایه گذاری آن را طراحی کرده و با در نظر گرفتن شرایط کشور خود آن را به استخدام گیرند. به نظر می‌رسد با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی ایران که می‌توان آن را به مثابه پلی بین شرق وغرب از یک طرف وکشورهای تازه استقلال یافته

شوروی سابق وآبهای آزاد ازطرف دیگر دانست، این روش می‌تواند در پویایی وتحرک ایـران نقش به سزایی داشته باشد. شاید بهره گیری مناسب از موقعیت فوق برای سـاختن اقتصـاد کشورایران کافی باشد واحتیاج به بهـره‌گیـری از منـابع فـراوان کشـور ماننـد نفـت، معـدن وکشاورزی باشد. بنابراین با توجه به ارزانی وفراوانی نیروی کار در ایران، برخورداری ایران از نیروی کار نسبتا متخصص در برخی زمینه‌ها، موقعیت جغرافیایی ایران در منطقـه وجهـان، داشتن جمعیت قابل توجه و بازار مناسب تولید و مصرف و بهره‌مندی از منابع عظیم طبیعی مانند نفت، گاز، انواع معادن زیرزمینی وبستر مناسب کشاورزی، صنعت توریسـم و... بایـد از روش وتکنیک حقوقی JV در پیشبرد اهداف دراز مدت اقتصـادی کشـور بهـره لازم گرفتـه شود. البته به شرط آنکه متخصصین امور حقوقی واقتصادی تمام ارکان وعناصر آن را خـوب طراحی کنند و با تدابیر لازم موانع نا کار آمدی آن را بر طرف نمایند. بعلاوه قانون‌گذار باید با مطالعه سیاست‌های حقوقی، اقتصادی برخی از کشورها، ارکان قانون‌گذاری در مـورد JV را برای سرمایه‌گذاری های داخلی و خارجی فراهم مهیاکرده و نـه تنهـا بـا بهـره گـرفتن از منابع سرمایه گذاری خارجی زمینه پیشرفت اقتصادی کشـور را فـراهم آورد کـه بـر ثبـات سیاسی کشور نیز بیافزاید.

۲-۸.مدیریت ساخت[1]

ممکن است برخی کارفرمایان، برای برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های پیچیـده، منـابع داخلـی برای برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت آن پروژه را نداشته باشند. برای پوشش این نیاز، خدمات مدیریت ساخت می‌تواند به دو شیوه متفاوت فراهم گردد.

[1]. Construction Management

۲-۸-۱. مدیریت ساخت- مشاور

در این شیوه مدیریت ساخت، کارفرما به طور جداگانه با یک پیمانکار مشاور مدیریت ساخت به عنوان نماینده و یک یا چند پیمانکار اصلی که از طریق مناقصه مشخص می‌شوند، قرارداد می بندد. نماینده مشاور[1] مدیریت ساخت هزینه تخصیصی اولیه و برنامه زمان‌بندی را تهیه کرده و به کارفرما برای انجام مناقصه در فازهای مختلف ساخت یاری می‌رساند. کنترل هزینه بهتر و برنامه زمان‌بندی اصلاح شده از دو ویژگی مهم این شیوه می‌باشد که می‌تواند برای پروژه‌های بزرگ و پیچیده که روش‌ها و راه حل‌های متفاوتی وجود داشته و تاثیر زیادی بر هزینه دارند، مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۸-۱-۱. مزایای مدیریت ساخت- مشاور

۱- مدیریت ساخت- مشاور، یک نماینده برای کارفرما و همچنین مهندس طراح و ناظر پروژه برای پیمانکار بوده که از بار مدیریتی کارفرما در پروژه‌های بزرگ و پیچیده می کاهد.
۲- برنامه زمان‌بندی و تعیین امکان اجرای بخش‌های مختلف پروژه توسط مدیریت ساخت- مشاور می‌تواند سرعت کار را افزایش داده و موجب صرفه جویی در هزینه‌ها شود.
۳- تخصص در تخمین هزینه و اجرا توسط مدیریت ساخت – مشاور می‌تواند در مرحله طراحی، میزان هزینه ساخت را برای کارفرما آشکار می سازد.

۲-۸-۱-۲. معایب مدیریت ساخت - مشاور

۱- مدیریت ساخت- مشاور هزینه اضافی و سر بار است.
۲- هزینه نهایی ساخت برای کارفرما تا قبل از انجام طراحی مشخص نیست.

---

[1]. CM-Agent

۳- پیمانکاران اصلی چندگانه میزان کاغذ بازی و زمان انجام امور را افزایش داده و زمینه‌های ایجاد نزاع و مشاجرات را افزایش می دهد.

۴- در مدیریت ساخت- مشاور، معمولاً نیاز بیشتری به تلاش نسبت به هنگام استفاده از پیمانکاران عمومی داریم.

۲-۸-۲. پیمانکار مدیریت ساخت

در شیوه دوم مدیریت ساخت، کارفرما به طور مجزا با یک پیمانکار مهندسی مشاور و یک مدیر ساخت در ریسک یا پیمانکار ریسک ساخت، قرارداد می‌بندد. در این شیوه قرارداد، مدیر ساخت در ریسک قرار دارد تا هنگامی که همه خدمات پیمانکاری و همه خدمات مدیریت ساخت را برای پروژه فراهم سازد. خدمات پیمانکاری ساختی که ارائه می‌شود، بر اساس حداکثر هزینه ضمانت شده، هزینه ثابت تعریف می‌گردد.

۲-۸-۲-۱. مزایای پیمانکار مدیریت ساخت

۱- پیمانکار مهندسی در این روش نیز به عنوان نماینده کارفرما در حفظ نیازها و خواسته‌های کارفرما تلاش می‌کند.

۲- التزام بر هزینه اولیه به کارفرمای پروژه امنیت هزینه‌ای می دهد.

۳- پیمانکار مدیریت ساخت، مسؤل مدیریت فرایند ساخت بوده و با پیمانکاران دست دوم برخورد زیادی دارد.

۴- پیمانکار مدیریت ساخت می‌تواند از حجم کار مدیریتی کارفرما در پروژه‌های بزرگ و پیچیده بکاهد.

۵- پیمانکار مدیریت ساخت قابلیت اجرای پروژه، هزینه و برنامه زمانبندی را دائماً مرور کرده و در تأخیرات مقاومت می‌کند.

۶- امکان انجام همزمان طراحی و ساخت و همچنین انعقاد قراردادهای اصلی چندگانه سرعت عملیات ساخت را افزایش می‌دهد.

۲-۸-۲-۲. معایب پیمانکاری مدیریت ساخت

۱- پیمانکاری مدیریت ساخت یک هزینه اضافی و سر بار است.

۲- پیمانکاری مدیریت ساخت ممکن است برای حفظ محدوده سود خود خدمات کمتری نسبت به شیوه مناقصه ای ارائه دهد. بین نقش مدیریت ساخت و پیمانکاری تناقض و تداخل ایجاد می‌شود.

۲-۹. ساخت، تملک، بهره برداری BOO

در یک قرارداد BOO پیمانکار وظیفه ساخت و بهره برداری از یک پروژه یا واحد صنعتی (تسهیلات) را بدون اینکه حق بهره برداری از آن را به بخش دولتی (عمومی) انتقال دهد بر عهده دارد. مسئولیت قانونی پروژه یا واحد صنعتی بر عهده بخش خصوصی باقی می ماند و هیچ نوع تعهدی بر عهده بخش دولتی برای خریداری واحد صنعتی یا بر عهده گرفتن حق مالکیت پروژه وجود ندارد. یک قراداد BOO ممکن است تمام قوانین کشور را رعایت کرده و واجد شرایط معاف از مالیات نیز بشود. در این نوع قرارداد تهیه کننده (سازنده) واحد صنعتی یا مجری پروژه مالکیت خود را تا آخر عمر واحد صنعتی یا پروژه حفظ می‌کند و حکومت تنها در مورد خریداری تسهیلات (خدمت) تهیه گردیده برای یک دوره مشخص توافق می‌کند. روش BOO شامل بیشترین درجه شراکت بخش خصوصی در توسعه یک واحد صنعتی است. تحت این مدل، کنسرسیوم و متولیان سرمایه گزاری، پروژه را انجام می‌دهند و از آن مانند یک مالک بهره برداری می‌کنند. در این مدل پیمانکار بیشتر گرفتار سرمایه گزاری است که انجام می‌دهد.

۲-۱۰. خرید، ساخت، بهره برداری BBO

یک معامله (قرارداد BBO یک شکل از فروش دارایی (ملک) است که شامل تجدید، احیا یا بسط تسهیلات موجود است. در این روش حکومت، دارایی (ملک) خود را به یک واحد بخش خصوصی می‌فروشد، سپس بخش خصوصی بهبود و اصلاحات و ترمیمات را بر روی دارایی (پروژه یا واحد صنعتی) جهت بهره برداری از آن برای بدست آوردن سود مناسب انجام می دهد.

۲-۱۱. ساخت، انتقال، بهره برداری BTO

در مدل BTO بخش خصوصی مسئولیت طراحی و ساخت یک واحد صنعتی یا بخشی از تاسیسات زیربنایی را برای آن فراهم می‌کند. بعد از تکمیل، حق مالکیت واحد عمرانی جدید به حکومت انتقال داده می‌شود، ولی بخش خصوصی پیمانکار تعهد پیمانی برای بهره برداری از واحد عمرانی و بازرگانی سرمایه به کار انداخته شده در پروژه را در طول مدت سال هایی که معین شده است تحت نظر مدیریت (حکومت) دارد.

۲-۱۲. ساخت، مالکیت، انتقال، بهره برداری BOOT

زمانی که هیچ پیمان بهره برداری برای صاحب امتیاز وجود نداشته باشد، مدل قراردادی BOT تبدیل به BOOT می‌شود. در این حالت شرکت صاحب امتیاز مانند مالک عمل می‌کند. در این روش نیز مانند BOT صاحب امتیاز، مسئول طراحی، ساخت، تامین مالی، بهره برداری و نگهداری است و در دوره قرارداد مالک پروژه محسوب می گردد. اغلب واحد صنعتی یا پروژه بعد از پایان دوره قرارداد، بدون هیچ هزینه ای به حکومت برگردانده می‌شود.

۲-۱۳. پیمان خدماتی

۲-۱۳-۱. بهره برداری و نگهداری

یک شرکت یا کشوری با یک شرکت خصوصی برای بهره برداری و یا نگهداری از یک واحد خدماتی مشخص پیمان می‌بندد. در زمان نگهداری یا بهره‌برداری از واحد خدماتی به وسیله بخش خصوصی، بخش دولتی مالکیت و مدیریت کلی را بر واحد یا سیستم خدماتی حفظ می‌کند.

۲-۱۳-۲. بهره برداری، نگهداری و مدیریت

یک بخش دولتی با یک بخش خصوصی برای نگهداری و مدیریت یک واحد یا سیستمی که خدمات را فراهم می‌کند، پیمان می‌بندد. تحت این پیمان، شریک دولتی مالکیت خود را بر روی واحد یا سیستم حفظ می‌کند، ولی بخش خصوصی ممکن است سرمایه خود را در این راه به کار بیاندازد. هر سرمایه به کار افتاده خصوصی و نقش و سهم آن در عملیات و بهره برداری به دقت محاسبه می‌گردد.

عموماً در پیمان‌هایی با دوره طولانی‌تر، فرصت زیادتری برای افزایش سرمایه گزاری بخش خصوصی وجود دارد؛ زیرا زمان زیادتری برای جبران هزینه‌های سرمایه گزاری و بازگشت سرمایه‌ای قابل اعتماد وجود دارد. بسیاری از دولت‌ها از این نوع پیمان مشارکت برای توسعه سرویس‌های فاضلاب استفاده می‌کنند.

خلاصه

در این فصل به بررسی انواع قراردادها و نحوه مختلف اجرای پروژه پرداختـه شـد. پـروژه‌هـا برحسب چگونگی تامین مالی و ارتباط بین سه عامل کارفرما، مشـاور و پیمانکـار بـه طـرق مختلف اجرا می شوند. از آنجا که ساده‌ترین و قدیمی‌تـرین روش اجـرای پـروژه روش سـه عاملی است، ابتدا به تشریح این روش و مزایا و معایب آن پرداخته و سه روش پرداخـت آن بیان شد. سپس روش اجرای پروژه به صورت BOT همگام بـا ۶ گـام اجرایـی آن تبیـین و ریس‌کهای این روش و مزایا و معایبش مـورد بررسـی قـرار گرفـت. در ادامـه روش طـرح و ساخت همراه با مزایا و معایبش بیان شد. از آنجا که انتخاب تیم طرح و ساخت بسیار مهـم است، معیارهای انتخاب تیم طرح و ساخت مطرح گردید. اخیرا در کشور ما اجرای پروژه به صورت EPC بسیار متداول شده است لذا به بررسـی پـیش نیازهـا، ویژگـی‌هـا و مشـکلات داخلی این روش پرداخته شد.

به علت تامین مالی پروژه‌ها توسط بخش خصوصی و بـین‌المللـی در ادامـه بـه دو روش اجرای پروژه به صورت فاینانس و مشارکت مدنی یا J.V. اشاره شد. روش مبتنی بر مدیریت ساخت که شامل مدیریت ساخت مشاور و پیمانکار مدیریت ساخت بود نیز همراه با مزایـا و معایب هرکدام مورد بررسی قرار گرفـت. سـپس روش‌هـای مشـابه BOO، BBO، BTO و BOOT عنوان گردید. در انتها نیز روش پیمان خدماتی مبتنی بر دو حالت بهـره‌بـرداری و نگهداری و بهره برداری، نگهداری و مدیریت تبیین شد.

خودآزمایی

۱- مزایا و معایب روش سه عاملی چیست؟

۲- سه حالت پرداخت در روش سه عاملی را نام برده و توضیح دهید؟

۳- چگونگی روش BOT را بیان کنید؟

۴- ۶ گام اصلی روش BOT را ذکر کرده و مختصرا توضیح دهید؟

۵- ریسکهای روش BOT کدامند؟

۶- مزایا و معایب روش BOT را بیان کنید؟

۷- چگونگی روش طرح و ساخت را بیان کنید؟

۸- مزایا و معایب روش طرح و ساخت را بیان کنید؟

۹- شرایط اجرای پروژه به صورت روش طرح و ساخت چیست؟

۱۰- معیارهای انتخاب تیم طرح و ساخت را نام ببرید؟

۱۱- چگونگی روش EPC را بیان کنید؟

۱۲- پیش نیازهای روش EPC چیست؟

۱۳- ویژگیهای منحصر به فرد روش EPC چیست؟

۱۴- مشکلات داخلی اجرای پروژه به روش EPC در ایران چیست؟

۱۵- چگونگی روش فاینانس را بیان کنید؟

۱۶- دو حالت در فاینانس برای تامین مالی بین المللی پروژه‌ها را نام برده و توضیح دهید؟

۱۷- مشارکت مدنی را تعریف کنید؟

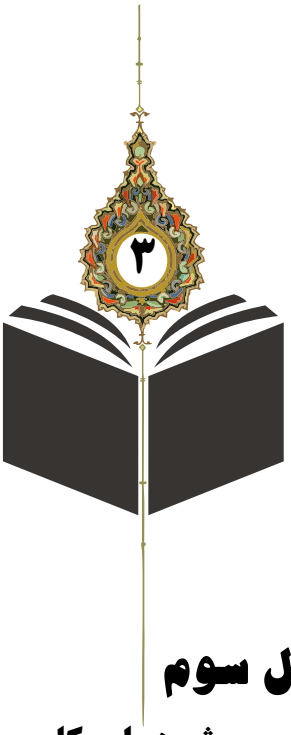
۱۸- انگیزه های تشکیل مشارکت مدنی یا جوینت ونچر کدام است؟

۱۹- انواع قراردادهای مرسوم در مشارکت مدنی یا جوینت ونچر چیست؟

۲۰- دو حالت اجرای پروژه به روش مدیریت ساخت را نام برده و مزایا و معایب هرکدام را بگویید؟

۲۱- تفاوت بین روش اجرای پروژه به صورت‌های مشابه BOO، BBO، BTO و BOOT چیست؟

۲۲- انواع روش‌های پیمان خدماتی را نام برده توضیح دهید؟



فصل سوم

اصول و روش‌های کلی تحلیل سیستم‌ها و تصمیم‌گیری در مهندسی عمران

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می باشد:

۱. مفهوم تفکر سیستمی و مهندسی سیستم

۲. مهندسی سیستم‌های عمران، سوالات و تعاریف اصلی مهندسی سیستم‌ها

۳. مشکلات عمومی مهندسی عمران

۴. انواع روش‌های مختلف تصمیم‌گیری مانند روش وزن دهی ساده، روش تسلط تقریبی، روش شباهت به گزینه ایده آل و روش تحلیل سلسله مراتبی

۳-۱. تفکر سیستمی

تفکر سیستمی، نگرش انسان را نسبت به موضوعات تغییر می‌دهد. این تغییر نگرش و زاویه دید می‌تواند دستیابی به نتایج متفاوت‌تری را در پی د اشته باشد. تفکر سیستمی به معنی دیدن موضوعات در غالب یک سیستم است. در واقع سیستم به مجموعه‌ای از جزءهایی گفته می‌شود که با تعامل یکدیگر یک کل را بوجود آورده و کل بدون هر جزء ناقص است. هر سیستم شامل ورودی، خروجی، پردازش و بازخورد می‌باشد (جکسون، جاپلقیان و احمدوند تفکر سیستمی: کل گرایی خلاق برای مدیران ۱۳۸۸).

۳-۲. مهندسی سیستم

مهندسی سیستم، هنر و علم انتخاب گزینه‌ای از بین گزینه‌های موجود است که به بهترین وجه اهداف کلی تصمیم‌گیر را می‌تواند با توجه به قیودات قانونی، اخلاقی، اقتصادی، منابع، سیاسی و اجتماعی و هم چنین قوانین حاکم بر مسایل فیزیکی و. ..تامین کند.

فرض کنید که سیستم دارای ۲۰ متغیر قابل کنترل باشد که به آنها متغیر تصمیم خواهیم گفت. اگر هر متغیر تصمیم بتواند ۱۰۰ واحد را بپذیرد:

واحد ۱۰۰ متغیر ۱

واحد $۱۰۰^{۲}$ متغیر ۲

گزینه متفاوت $۱۰۰^{۲۰}$ متغیر ۲۰

اگر بررسی هر انتخاب ۰/۰۰۱ ثانیه زمان نیاز داشته باشد، انتخاب بهینه چیزی حدود ۳×۱۰^{۲۹} سال طول خواهد کشید. با اعمال قیودات تعداد گزینه‌های انتخابی محدودتر شده و دامنه توجیه پذیر (محدود شدنی) نیز محدودتر خواهد شد.

طبق تفکر سیستمی، ویژگی‌های مهم یک سیستم از تعامل بین اجزاء آن بوجود می‌آید، نه از فعالیت جداگانه آنها. بنابراین هنگام تجزیه سیستم، ویژگی‌های مهم آن از دست خواهد رفت. از این رو سیستم، یک کل است که با تحلیل قابل درک نیست. در عصر ماشین، اگرچیزی بخوبی کار نمی‌کرد، رفتار اجزاء آن بررسی می‌شد تا راه ایجاد بهبودی پیدا شود. با توجه به نکته فوق، روشی غیر از تحلیل برای درک رفتار ویژگی‌های سیستم ضروری است. ترکیب[1] نقص فوق را جبران نموده و برای تفکر سیستمی، یک موضوع کلیدی است. در واقع، تحلیل و ترکیب، مکمل هم هستند (ایزدبخش و رستمی بشمنی مهندسی صنایع: مهندسی سیستم های اقتصادی اجتماعی مدیریت سیستم۱۳۸۱).

۳-۲-۱. گام‌های تفکر ترکیبی

۱. وقتی می‌خواهید موضوعی را بررسی کنید، ابتدا باید سیستم کلی که دربرگیرنده موضوع فوق است، مشخص شود. به عبارت دیگر، شناسایی یک کلیت که موضوع فوق، بخشی از آن باشد، ضروری است. به عنوان مثال، هنگام تفکر در مورد یک "دانشگاه" (به عنوان موضوع)، سیستم در برگیرنده آن، ممکن است "نظام آموزش عالی" یا "نظام آموزشی" باشد.

۲. رفتار و ویژگی‌های سیستم کلی را بررسی نمایید.

۳. رفتار یا ویژگی‌های موضوع مورد مطالعه را با توجه به نقش‌ها[2] یا کارکردهای[3] آن در سیستم کلی توضیح دهید.

در تفکر سیستمی، توصیه می‌شود که ترکیب قبل از تحلیل انجام گیرد. در تفکر تحلیلی، موضوع مورد بررسی، بعنوان یک کل تجزیه می‌شود. ولی در ترکیب، بعنوان یک جزء از کلی که آن‌را دربرگرفته، بررسی می‌گردد. اولی، حوزه مورد توجه محقق را تقلیل و

---

1. Synthesis
2. Roles
3. Functions

دومی آن‌را گسترش می‌دهد. به عنوان مثال، تفکر تحلیلی برای تشریح دانشگاه شروع به تجزیه آن و رسیدن به عناصرش می‌کند. مثلاً از دانشگاه به دانشکده، به سازمان، به دانشجو، هیئت علمی و موضوعات درسی و. .. می‌رسد. سپس عناصر را تعریف و آنها را جهت رسیدن به تعریف دپارتمان، دانشکده و دانشگاه ترکیب می‌کند. برای مواجه با واقعیت‌ها، ترکیب و تحلیل لازم است. تحلیل روی ساختار موضوع متمرکز می‌شو، تعیین می‌کند که سیستم‌ها چگونه کار می‌کنند. ترکیب برکارکرد متمرکز می‌شود. بنابراین تحلیل، دانش[1] ایجاد می‌کند و ترکیب، درک[2] را افزایش می‌دهد (درک از کل به جزء جریان دارد و دانش از جزء به کل). تحلیل به درون چیزها می نگرد، ولی ترکیب از بیرون به آنها نگاه می‌کند. در تفکر سیستمی اعتقاد براین است که با بسط سیستم مورد بررسی، درک ما از آن افزایش می یابد. در عصر ماشین، به تعامل بین اجزاء درون سیستم توجه می شد، ولی تفکر سیستمی، علاوه برآن، به تعامل سیستم با محیط و به تعامل کارکردی[3] بین اجزاء سیستم نیز توجه می نماید.

در نگرش تحلیلی، معمولاً سیستم را با توجه به اجزاء تشکیل دهنده آن شناسایی نموده و تعریف می‌کنند. بعنوان مثال اگر از یک فرد عادی بپرسید اتومبیل چیست؟ جواب می شنوید " اتومبیل وسیله ای است که چهار چرخ دارد و به کمک یک موتور حرکت می‌کند". اگر از او بپرسید اتومبیل سه چرخه هم وجود دارد؟ اساس تعریف او به هم می ریزد. تفکر مکانیکی به مواد تشکیل دهنده سیستم توجه دارد. ولی در روش سیستم‌ها، توجه به این نکته است که سیستم چه می کند تا اینکه از چه ساخته شده است. یعنی ابتدا مأموریت و چگونگی ارتباط و کنترل سیستم و ضوابط رفتاری آنرا شناسایی می‌کند. طبق دیدگاه فوق، تعریف اتومبیل چنین خواهد بود: اتومبیل وسیله نقلیه‌ایست برای انتقال تعداد

---

1. Knowledge
2. Understanding
3. Functional Interaction

معینی مسافر از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر با توجه به زمان و هزینه تعیین شده (جی هینز واصلانی رویکرد تفکر سیستمی به برنامه‌ریزی و مدیریت استراتژیک ۱۳۸۷).

۳-۲-۲. مهندسی سیستم های عمران

مهندسی سیستم‌های عمران عبارت از مطالعه سیستماتیک روش‌ها و رویدادهای معمول در مهندسی عمران با تاکید بر فرآیند تصمیم‌گیری است. به همین دلیل گاه عنوان "تصمیم‌گیری سیستماتیک در مهندسی عمران " نیز به کار گرفته می‌شود. در مهندسی سیستم تلاش خواهد شد تا یک چارچوب اصلی ارائه شود که کلیه روش‌های تصمیم‌گیری سیستماتیک را در برگیرد. بدین ترتیب باید بتوان هر مسئله مهم تصمیم‌گیری را کلاسه کرد، آزمود و با کمک روش‌های مناسب و محدود حل کرد (همانند تحلیل).

۳-۲-۳. سوالات مهندسی سیستم‌ها

در حال حاضر تجربه و روش‌های سنتی بالاترین سهم را در برنامه‌ریزی پروژه‌های مختلف عمرانی بر عهده دارند. سیستم‌های مهندسی عمران سعی می‌کنند تا چارچو هایی پایه ای را، نه به منزله جایگزینی برای تجربه، بلکه برای افزایش کارایی آن، به منظور یک تصمیم‌گیری نظام مند فراهم نمایند. با استفاده از یک مهندسی سیستماتیک باید بتوان رفتار پروژه طراحی شده مهندسی عمران را تحت شرایط کاری آن تحلیل و پیش بینی نمود. این کار بطور معمول از طریق ساختن مدل ریاضی مناسبی که در بر دارنده قوانین معلوم فیزیکی است، صورت می‌گیرد .حل این مدل ریاضی به یافتن مقادیری عددی برای پارامترهای رفتاری سیستم منجر می‌شود (کارآموز، احمدی و فلاحی مهندسی سیستم ۱۳۸۵). فرایند تصمیم‌گیری نظام‌مند را می‌توان به صورت چهار سئوال زیر مطرح کرد:

۱- چه تصمیماتی باید گرفت؟

۲- این تصمیمات چه ارتباطی با یکدیگر دارند و عوامل خارجی محدود کننده آنها کدام است؟

۳- چه معیاری برای تعریف خوبی یا بدی تصمیم‌گیری‌ها وجود دارد؟

۴- چگونه می‌توان بهترین تصمیمات را گرفت؟

سؤالات بالا روش تصمیم‌گیری نظام مند را تعریف می‌کنند. با جواب دادن به این سؤالات، می‌توان به اطلاعات کافی برای تصمیم‌گیری خوب (همچون متغیرهای تصمیم، مجموعه روابط بین متغیرهای تصمیم، معیار کارایی تصمیمات به صورت تابعی از این متغیرها و سرانجام روش حل مدل) دست یافت. بدین ترتیب روش نظام مند مورد نظر را نیز می‌توان به صورت مدل ریاضی، که هریک از مراحل آن به گونه‌ای به سوال اساسی بالا مرتبط هستند، بیان کرد.

لذا برای پاسخ به ۴ سوال فوق:

متغیرهای تصمیم را مشخص کنید.

روابط بین آنها را تعریف کنید.

معیار تصمیم خوب را شناسایی و رابطه آن‌را با دیگر متغیرها تعیین کنید.

مساله (مدل) را حل کنید.

۳-۲-۴.تعاریف اصلی در تصمیم‌گیری سیستماتیک

متغیرهای تصمیم[1] : ورودی‌های قابل کنترل نسبی هستند (Xi) که در اصل ترکیب آنها می‌تواند جواب‌های مساله باشند و به دنبال یافتن آنها هستیم.

سیاست[1]: به هر ترکیبی از مجموعه متغیرهای تصمیم گویند که هر ترکیب می‌توانند یک جواب مساله باشد.

---

[1]. Decision Variable(D.V)

محدودیتها (قیودات): تمام محدودیت‌هایی از قبیل محدودیت‌های فیزیکی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و. .. که مساله دارد.

سیاست شدنی[۲] به مجموعه‌ای از سیاست‌ها گفته می‌شود که بتواند محدودیت‌ها را ارضا کنند.

فضای سیاست های شدنی[۳]: فضایی که سیاست‌های شدنی در آن قرار می‌گیرد.

متغیر حالت[۴]: متغیرهای دیگر مساله که جواب‌های مساله نیستند، اما با تغییر میزان متغیرهای تصمیم مقدار آنها نیز تغییر می کند.

تابع هدف[۵] : مجموعه‌ای از متغیرهای تصمیم، حالت و سایر پارامترهای مساله که بیانگر هدف مساله است.

لذا کار مهندسی سیستم انتخاب سیاست خاصی (مجموعه Xi) است که تابع هدف را بهینه کرده و محدودیت‌ها را ارضا کند.

۳-۲-۵. مشکلات عمومی مهندسی سیستم

تعدد متغیرهای حالت و تصمیم‌گیری در طرح های بزرگ

وجود فاکتورهای کیفی، اجتماعی، سیاسی و. ...

مشکلات ناشی از ضرورت تجزیه کردن سیستم[۶]

برای مشخص شدن بیشتر متغیرها و تابع هدف در یک سیستم به حل مساله تخصیص جراثقال پرداخته می‌شود.

---

1. Policy
2. Feasible Policy
3. Feasible Policy Space
4. State Variable
5. Objective Function (O.F)
6. Decomposition

فرض کنید یک شرکت m جرثقال دارد و برای هر محل کارگاه یک جرثقال نیـاز اسـت. اگر تعداد کارگاه‌ها n باشد و درآمد ناشی از تخصـیص جرثقـال iام بـه کارگـاه j ام مطـابق ماتریس زیر باشد، جرثقال‌ها باید چگونه تخصیص داده شوند تـا شـزکت بیشـترین سـود را ببرد ؟

جرثقال‌ها در اندازه های مختلف هستند و نیازهای هر کارگاه به جرثقال متفاوت است.

$$\begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & & w_{2n} \\ & & & \\ w_{m1} & w_{m2} & & w_{mn} \end{bmatrix}$$

متغیر تصمیم: درصدی از زمان جرثقال i که به کارگاه j تخصیص می یابد.(Xij)

تابع هدف: بیشینه کردن درامد حاصل از تخصیص جرثقالها به کارگاه ها

$$O.F = w_{11}x_{11} + w_{12}x_{12} + \ldots\ldots + w_{1n}x_{1n} + w_{21}x_{21} + w_{22}x_{22} + \ldots\ldots w_{mn}x_{mn}$$

قیودات

۱- هیچ جرثقالی بیش از صد در صد وقت تخصیص پیدا نکند

$$x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + \ldots\ldots x_{in} \le 1 \qquad i = 1,\ldots\ldots m \qquad or \qquad \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le 1; i = 1,\ldots m$$

۲- تخصیص جرثقالها به یک کارگاه (کارگاه j) در مجموع از ۱۰۰ درصد لازم تجاوز نکند

$$x_{1j} + x_{2j} + \ldots\ldots + x_{mj} \le 1 \qquad j = 1,\ldots\ldots n \qquad or \qquad \sum_{i=1}^{m} x_{ij} \le 1, j = 1,\ldots n$$

۳- درصدی از وقت جرثقال i که به کارگاه j تخصیص داده شده از حدود مجاز تجاوز نکند

$$x_{ij} \ge 0 \qquad \begin{cases} x_{ij} \ge x_{ij}^{\min} & \forall_{1ij} \\ x_{ij} \le x_{ij}^{\max} & \forall_{1ij} \end{cases}$$

۳-۳. روش‌های تصمیم‌گیری

تصمیم‌گیری چندهدفی دلالت بر تصمیم‌گیری در حضور چندین معیار که عمدتاً در تضاد با یکدیگر هستند دارد. مسأله‌های چند هدفی بر اساس گسسته یا پیوسته بودن دامنه گزینه‌هایشان به دو دسته گسسته و پیوسته تقسیم می‌شوند .یون و یانگ (۱۹۸۱) آنها را به دو گروه تصمیم‌گیری چند ویژگی (MADM)، با گزینه‌های گسسته و معمولاً محدود و تصمیم‌گیری چند هدفی(MODM) با متغیرهای تصمیم پیوسته و یا گسسته ای که بازه گسترده ای را در بر میگیرند تقسیم کردند. در ادبیات MCDM گاهی هم بر MADM[1] و هم بر MODM دلالت دارد. بنابراین برای جلوگیری از ابهام در این مقاله از هم اکنون فرض می‌شود از MADM برای بیان مسائل MCDM برای رتبه بندی گزینه‌های گسسته استفاده می‌شود.

مدل تصمیم‌گیری‌های چند معیاره از مدل‌های انتخاب گر بوده و به منظور انتخاب مناس ترین گزینه از بین m گزینه موجود به کار رود. تصمیم‌گیری چند شاخصه معمولاً توسط یک ماتریس m ×n تعریف می‌شود که بیانگرتصمیم‌گیری بین m گزینه است و با n معیار مورد سنجش واقع می‌شود.

شاخص / گزینه	x_1	x_2	. . .	x_n
A_1	r_{11}	r_{12}	. . .	r_{1n}
A_2	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
A_m	r_{m1}	r_{m2}	. . .	r_{mn}

[1]. Multi Attribute Decision Making

در روش‌های این مدل ترجیح معیارها به صورت کمی و مقداری از طرف تصمیم گیرنده بیان می‌گردد. سپس با استفاده از ترجیحات و منطقی که روش مورد نظر بیان می‌کند، بهترین گزینه انتخاب خواهد شد (رضایی، اصغرزاده و فتاحی اردکانی روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفی: شبیه سازی برای مقایسه روش‌های انتخاب ۱۳۸۷).

در این ماتریس A_I نشان دهنده گزینه iام،

x_j نشان دهنده شاخص jام،

r_{ij} نشان دهنده ارزش شاخص jام برای گزینه iام می‌باشد.

دو دسته عمده از روش‌های مختلف در پردازش اطلاعات موجود از یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره (MAMD) مطرح شده است. یک دسته از روش ها معروف به مدل‌های غیر جبرانی[1] بوده و دسته دیگر مشهور به مدل جبرانی[2] می‌باشد.

الف- مدل غیر جبرانی شامل روش‌هایی می‌شود که در آنها مبادله در بین معیارها مجاز نیست، یعنی مثلا نقطه ضعف موجود در یک شاخص توسط مزیت در موجود از شاخص دیگر جبران نمی‌شود. بنابراین هر شاخص در این مدل به تنهایی مطرح بوده و مقایسات براساس شاخص به شاخص انجام می‌پذیرد. مزیت روش‌های متعلق به این مدل، سادگی آنها است.

ب- مدل جبرانی مشتمل بر روش‌هایی است که مبادله در بین شاخص ها در آنها مجاز است یعنی مثلا تغییر (احتمالا کوچک) در یک شاخص می‌تواند توسط تغییری مخالف در شاخص یا شاخص‌های دیگر جبران شود. اهم روش‌هایی که در این گروه مورد بحث واقع می‌شوند، شامل چهار روش زیر هستند که در تفصیل به آنها پرداخته خواهد شد (اصغرپور تصمیم گیری های چند معیاره ۱۳۸۸)

---

[1]. Non-Compensatory Model
[2]. Compensatory Model

۱- روش وزن دهی ساده SAW

۲ـ روش تسلط تقریبی (ELECTRE)

۳ـ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

۴ـ روش شباهت به حل ایده‌آل (TOPSIS)

۳-۳-۱. روش وزن دهی ساده SAW

یکی از قدیمی‌ترین، متداول‌ترین و ساده‌ترین روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری، روش مجموع ساده وزین می‌باشد .در این روش، ابتدا عملیاتی روی ماتریس اعمال می‌شوند که در نتیجه، معیارهای کیفی به کمی، معیارهای منفی (هزینه) به معیارهای مثبت (سود) تبدیل شده و به منظور قابل مقایسه شدن معیارها، عملیات بی مقیاس کردن معیارها انجام می‌گیرد. این روش، گزینه‌هایی انتخاب می‌گردد که مقدار مجموع وزین ماکسیمم داشته باشد، یعنی گزینه برتر به صورت زیر انتخاب می‌گردد.

۳-۳-۲. روش تسلط تقریبی[1]

روش تسلط تقریبی توسط بنایون[2] ابداع شد و سپس به وسیله روی، نایج کمپ و وان دلفت و سایر همکارانشان پیشرفت کرد و به صورت حاضر ارائه شد. در روش الکتر از مفهوم تسلط به صورت ضمنی استفاده می‌شود. در تسلط ضمنی گر چه آلترناتیو A_k بر A_e به صورت ریاضی ودقیق ترجیح ندارد، اما تصمیم‌گیرنده با اطمینان بالایی A_k را نسبت به A_e ترجیح می‌دهد. در این روش گزینه‌های مسلط و ضعیف یا غالب و مغلوب شناسایی شده وسپس گزینه‌های ضعیف و مغلوب حذف م شوند. در این روش انتخاب‌ها به صورت زوجی با

---

[1]. Elimination et Choice Translation Reality (ELECTRE)
[2]. Benayoun

یکدیگر مقایسه می‌شوند (مثلاً برتری A_k بر A_e) ابتدا وزن معیارها مرجح محاسبه شده که باید از یک عدد خاص (آستانه موافقت) بزرگ‌تر باشد و سپس میزان ضعیف معیارهای ضعیف نیز محاسبه شده و چنانچه از یک عدد خاص(آستانه مخالفت) کمتر باشد در این صورت نتیجه می گیریم که گزینه A_k بر A_e مسلط است. قدم‌های این روش در زیر مورد بحث واقع می شوند.

۳-۳-۲-۱. گام اول: بدون بعد کردن ماتریس تصمیم

در این گام عناصر ماتریس را بدون مقیاس نموده و یا آنها نرمال سازی می شوند. اگر x_{ij} عملکرد گزینه iام روی معیار j باشد مقدار نرمال شده r_{ij} به صورت زیر حاصل می‌شود.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^{\,2}}}$$

در این حالت ماتریس تصمیم بدون مقیاس (نرمال) به صورت زیر می‌گردد:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & . & . & r_{in} \\ r_{21} & r_{22} & . & . & r_{2n} \\ r_{m1} & r_{m2} & . & . & r_{mn} \end{bmatrix}$$

۳-۳-۲-۲. گام دوم: تشکیل ماتریس وزن دار نرمال شده

این ماتریس از حاصلضرب ستون‌های ماتریس تصمیم بدون مقیاس (R) در ماتریس وزن (W) حاصل می‌شود:

$$V = R.W \Rightarrow \begin{bmatrix} v_{11} & . & . & v_{ij} & . & v_{1n} \\ v_{i1} & . & . & v_{ij} & . & v_{in} \\ v_{m1} & . & . & v_{mj} & . & v_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & . & w_i r_{ij} & . & w_n v_{in} \\ w_i r_{i1} & . & w_i r_{ij} & . & w_i v_{in} \\ w_1 r_{m1} & . & w_i r_{mj} & . & w_n v_{mn} \end{bmatrix}$$

$$w = \begin{bmatrix} w_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & w_2 & 0 & 0 & 0 \\ . & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & w_n \end{bmatrix}$$

۳-۳-۲-۳. گام سوم: تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف

برای هر زوج گزینه $(k,e=1,2,...,m,k\neq e)e,k$ مجموعه معیارها بـه دوزیـر مجموعـه موافق و مخالف تقسیم می شوند. مجموعه موافق C_{ke} مجموعه ای از معیارهاست که در آنها A_k نسبت به A_e ترجیح دارد و دیگری مجموعه مکمل که مجموعه مخـالف (D_{ke}) نامیـده می‌شود.

$$C_{ke} = \{j \mid x_{kj} \geq x_{ej}\}$$
$$D_{ke} = \{j \mid x_{kj} < x_{ej}\} = I - C_{ke}$$

۳-۳-۲-۴.گام چهارم: تشکیل ماتریس توافق

برای تشکیل ماتریس توافق باید عناصر آن‌را که شاخص توافق نامیـده مـی‌شـوند، محاسـبه نمود. شاخص توافق برابر است با مجموع وزن معیارهایی که در مجموعـه موافـق آمـده‌انـد. بنابراین شاخص توافق (C_{ke}) که بین A_k، A_e می‌باشد به قرار زیر است.

$$C_{ke} = \frac{\sum_{j \in C_k} w_j}{\sum_{j=1} w_j}$$

برای مجموعه وزن‌های نرمال شده چون $\sum_{j=1}^{n} wj = 1$ است روشن است که $0 \le C_{ke} \le 1$ است مقدار بیشتر C_{ke} بیانگر آن است که A_k بر A_e ترجیح بیشتری دارد که مورد رضایت بیشتر تصمیم گیرنده است. با محاسبه شاخص توافق برای همه زوج گزینه‌ها $(C_{ke}, k, e=1,2,\ldots,m)$, $k \neq e$ می‌توان ماتریس توافق را که یک ماتریس $m \times n$ است تشکیل داد.

$$C = \begin{bmatrix} - & C_{12} & C_{13} & . & C_{1m} \\ C_{21} & - & C_{23} & . & C_{2m} \\ C_{31} & C_{32} & - & . & . \\ . & . & . & . & . \\ C_{m1} & C_{m2} & . & & - \end{bmatrix}$$

۳-۳-۲-۵. گام پنجم: تشکیل ماتریس مخالف

عناصر این ماتریس شاخص عدم توافق یا مخالف نامیده می‌شود که بیانگر عدم ترجیح بعضی انتخاب‌ها (A_k نسبت A_e) است که به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$d_{ke} = \frac{\max_{j \in D_{ke}} \left| V_{kj} - V_{ej} \right|}{\max_{j \in J} \left| V_{ki} - V_{ej} \right|}$$

واضح است که $0 \le d_{ke} \le 1$ است و مقادیر بالای d_{ke} نشانگر این مطلب است که A_k نسبت به A_e عدم رضایت بیشتری دارد و مقادیر پایین‌تر d_{ke} نشانگر رضایت و ترجیح بیشتر A_k نسبت به A_e می‌باشد. این شاخص‌ها ماتریس مخالف D_x راکه یک ماتریس $m \times m$ است، تشکیل می‌دهند.

$$D_2=\begin{bmatrix} - & d_{12} & . & . & . & d_{1m} \\ d_{21} & - & . & . & . & d_{2m} \\ d_{31} & d_{32} & . & . & . & d_{3m} \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & 0 & . \\ d_{m1} & d_{m2} & . & . & d_{m(m-1)} & - \end{bmatrix}$$

لازم به تذکر است که اطلاعات موجود در ماتریس توافق تفاوت‌های عمدهای با اطلاعات موجود در ماتریس مخالف دارد و در واقع این اطلاعات مکمل یکدیگرند. تفاوت میان وزنها به وسیله ماتریس توافق حاصل می‌شود و حال آنکه تفاوت میان مقادیر مشخص شده به وسیله ماتریس مخالف بدست می‌آید.

۳-۳-۲-۶. گام ششم: تشکیل ماتریس تسلط موافق

در این گام مقدار معینی برای C_{ke} مشخص می‌گردد که آنرا آستانه موافقت $(\overline{C})$ گویند. اگر C_{ke} بزرگ‌تر از $(\overline{C})$ باشد برتری A_k بر A_e قابل قبول است و الا A_k بر A_e ترجیح ندارد. تعیین مقدار آستانه موافقت $(\overline{C})$ به تصمیم گیرنده بستگی داردکه به عنوان مثال می‌تواند میانگین شاخص‌های توافق باشد.

$$\overline{C}=\sum_{\substack{k=1\\k\neq e}}^{m}\sum_{\substack{c=1\\e\neq k}}^{m}\frac{C_{ke}}{m(m-1)}$$

ماتریس تسلط موافق (F) با توجه به مقدار آستانه موافقت تشکیل می‌گردد که اعضای براساس روابط زیر مشخص می گردند.

$$F_{ke}=\begin{cases}1 & C_{ke}\geq\overline{C}\\ 0 & C_{ke}<C\end{cases}$$

در نتیجه هر عنصری از F که ۱ باشد تسلط آلترناتیو مربوطه را نسبت به دیگری نشان می‌دهد.

۳-۳-۲-۷. گام هفتم: تشکیل ماتریس تسلط مخالف

ماتریس تسلط مخالف (G) مانند ماتریس تسلط موافق تشکیل می‌گردد. در این قدم ابتدا باید استانه مخالفت $(\bar{d})$ توسط تصمیم گیرنده بیان شود که می‌تواند به عنوان مثال میانگین شاخص‌های مخالفت باشد.

$$\bar{d} = \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq e}}^{m} \sum_{\substack{e=1 \\ k\neq e}}^{m} \frac{d_{ke}}{m(m-1)}$$

چنانچه d_{ke} از $\bar{d}$ کمتر باشد مخالفت k بر e از حد مورد نظر کمتر است و قابل صرف نظر کردن است اما اگر d_{ke} از $\bar{d}$ بزرگ‌تر باشد میزان مخالفت زیاد بوده و قابل صرف‌نظر نیست. بنابراین ماتریس تسلط مخالفت (G) به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$G_{ke} = \begin{cases} \phi & d_{ke} > \bar{d} \\ 1 & d_{ke} \leq \bar{d} \end{cases}$$

۳-۳-۲-۸. گام هشتم: تشکیل ماتریس تسلط نهایی

ماتریس تسلط نهایی (E) از ضرب تک تک درایه‌های ماتریس تسلط موافق (F) در ماتریس تسلط مخالف (G) حاصل می‌شود و به صورت مقابل نشان داده می‌شود:

$$F_{ke} = F_{ke}.G_{ke}$$

۳-۳-۲-۹. گام نهم: حذف انتخاب‌هایی که رضایت کمتری دارند

ماتریس تسلط نهایی (E) ترجیحات جزئی انتخاب‌ها را بیان می کند به طور مثال اگر مقدار E_{ke} برابر یک باشد، بدین معناست که برتری A_k نسبت به A_e در هر سه حالت موافق و مخالف قابل قبول است. یعنی برتری آن از حد آستانه موافقت بیشتر بوده و مخالفت و یا ضعف آن نیز از حد آستانه مخالفت کمتر است، لیکن هنوز A_k شانس مسلط شدن توسط انتخاب‌های دیگر را دارد. لذا شرط اینکه A_k به تمام انتخاب‌ها تسلط داشته باشد این است که:

$$\forall_e . e \neq k; e_{he} = 1$$
$$\forall_i , i \neq k; e_{ik} = 0$$

البته وجود چنین شرطی خصوصاً در گزینه‌های زیاد نادر است، اما بسادگی می‌توان گزینه‌های موثر را از ماتریس E تشخیص داد. بدین طریق که هر ستونی از ماتریس E را که حداقل دارای یک عنصر برابر با ۱ باشد، می‌توان حذف نمود زیرا آن ستون تحت تسلط ردیف یا ردیف‌هایی می‌باشد.

۳-۳-۳. فرآیندتحلیل سلسله مراتبی[1]

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی توسط توماس ساعتی در سال ۱۹۸۰ ارائه گردید در این روش مسائل پیچیده تجزیه شده و به صورت گرافیکی در قالب یک سلسله مراتبی بیان می شوند. سلسله مراتبی ابزار خوبی برای تصمیم گیرندگان است که ضمن نگرش کلی به مساله از جزئیات غافل نمی شوند. این تکنیک می‌تواند هم عوامل کمی و هم عوامل کیفی را به صورت سیستماتیک در مدل تصمیم‌گیری وارد کند. این روش براساس مقایسات زوجی بنا نهاده شده است، به گونه‌ای که با استفاده از مقیاس‌هایی که توسط ساعتی پیشنهاد شده

[1]. Analytical Hierarchy Process (AHP)

است کلیه معیارها کمی گردیده و با کمک تکنیک‌های ارائه شده وزن معیارها و انتخاب‌ها محاسبه می‌گردد. به طور کلی برای هر مساله به کمک تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سه قدم اصلی زیر باید انجام شوند (قدسی پور فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ۱۳۸۸).

۱ـ ساختن سلسله مراتبی

۲ـ محاسبه وزنها

۳ـ محاسبه نرخ سازگاری

۳-۳-۳-۱. ساختن سلسله مراتبی

سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مساله پیچیده واقعی می‌باشد که در راس آن هدف کلی مساله و در سطح بعدی معیارها و گزینه‌ها قرار دارند. اگرچه یک قاعده قطعی برای رسم سلسله مراتبی وجود ندارد، اما یک سری قواعد کلی در این زمینه بیان شده است. برای مثال دایر و فومن معتقدند که سلسله مراتبی ممکن است به یکی از صورت‌های زیر باشد:

هدف- معیارها- زیر معیارها- گزینه‌ها

هدف- معیارها- عوامل- زیر عوامل- گزینه‌ها

در یک نگاه کلی می‌توان گفت که روش ساختن یک سلسله مراتبی به نوع تصمیمی که باید اتخاذ شده بستگی دارد. به طور مثال، اگر تصمیم مورد نظر انتخاب یک گزینه باشد، می‌توان از گزینه‌ها شروع کرده و آنها را در پایین‌ترین سطح نشان داد و در سطح بعدی معیارهایی قرار می‌گیرند که برای انتخاب گزینه‌ها مورد نظر می‌باشند.

گاهی معیارها نیز باید به صورت جزیی‌تر مورد تجزیه و تحلیل واقع شوند که در این‌گونه موارد یک سطح دیگر که شامل زیر معیارها می‌شود به سلسله مراتبی اضافه می‌گردد. در یک سلسله مراتب محدودیتی برای تعداد سطوح وجود ندارد. لذا هر گاه که عناصر یک سطح را نتوان با عناصر سطوح بالاتر مقایسه نمود، ممکن است یک سطح دیگر سلسله مراتبی اضافه شده تا سلسله مراتبی تکمیل شود.

۳-۳-۳-۲. محاسبه وزن‌ها

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد، که این وزن‌ها را وزن نسبی گویند. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه بدست می‌آید که وزن مطلق نامیده می‌شود. کلیه مقیاس‌ها به صورت زوجی بوده و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌دهد. با استفاده از همین ماتریس وزن نسبی، عناصر بدست می آید به طور کلی یک ماتریس مقایسه زوجی به صورت زیر نشان داده می‌شود که در آن a_{ij} ترجیح عنصر iام نسبت به عنصر jام است.

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nn} \end{bmatrix}$$

در این مقایسه‌ها تصمیم گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه‌ای که اگر عنصر iبا عنصر j مقایسه شود، تصمیم گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالا زیر است که به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده اند که در زیر آمده است.

۹: کاملاً مرجح یا کاملا مهم‌تر و یا کاملا مطلوب‌تر

۷: ترجیح یا اهمیت یا مطلوب قوی

۵: ترجیح یا اهمیت یا مطلوب خیلی قوی

۳: کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر

۱: ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان

در این محاسبه در ابتدا برای بدست آوردن اهمیت معیارها و زیر معیارها، کلیه معیارها و زیر معیارها توسط ماتریس قیاس زوجی با یکدیگر مقایسه می‌شوند، سپس با توجه به سازگاری و یا ناسازگاری ماتریس که بعداً در مورد آن توضیح داده می‌شود از روش‌های مختلفی اهمیت تک تک معیارها و زیر معیارها به صورت نرمالیزه بدست خواهد آمد. مثلا اگر در سلسله مراتبی ۵ معیار اصلی وجود داشته باشد و ۴ معیار اصلی هر کدام دارای ۳ زیر معیار باشند، برای بدست آوردن اهمیت معیارها و زیر معیارها باید ۱ ماتریس ۵×۵ برای معیارهای اصلی و ۴ ماتریس ۳×۳ برای زیر معیارها تشکیل داد.

در گام بعدی کلیه گزینه‌ها توسط ماتریس مقایسه زوجی نسبت به عناصر سطوح بالایی خود که می‌تواند زیر معیار و یا مستقیما یک معیار باشد سنجیده می‌شوند. سپس با توجه به سازگاری و یا ناسازگاری ماتریس‌ها، وزن هر کدام از گزینه‌ها برای هر کدام ازمعیارها یا زیر معیارها بدست می‌آید. در مثال قبلی برای بدست آوردن این وزن باید (۱+۴×۳) یعنی ۱۳ عدد ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شود که تعداد سطر و ستون آن برابر تعدادگزینه‌ها خواهد بود.

آخرین گام در این مرحله محاسبه وزن نهایی هر گزینه است که از حاصلضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها بدست می‌آید.

۳-۳-۳-۳. محاسبه نرخ ناسازگاری

یکی از مزایای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کنترل سازگاری سیستم است. به عبارت دیگر همواره در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان میزان سازگاری تصمیم را محاسبه نمود و نسبت به خوب و بد بودن و یا قابل قبول و مردود بودن آن قضاوت کرد.

مثلا اگر A دو برابر B اهمیت داشته باشد و B سه برابر C مهم باشد، چنانچه A شش برابر C اهمیت داشته باشد این قضاوت را سازگار گویند. البته در عمل اینگونه نیست که تصمیمات و قضاوت‌های انسان همواره سازگار باشد. به عنوان مثال لزوماً نمی‌توان گفت A شش برابر C اهمیت داشته باشد و ممکن است کمتر یا بیشتراز شش برابر اهمیت داشته باشد که این قضاوت را ناسازگار گویند.

در حالت کلی می‌توان گفت که میزان قابل قبول ناسازگاری یک سیستم یا ماتریس بستگی به تصمیم گیرنده دا، اما ساعتی، عدد ۰/۱ را به عنوان حد قابل قبول ارایه می نماید و معتقد است چنانچه ناسازگاری بیشتر از ۰/۱ باشد بهتر است در قضاوت‌ها تجدید نظر گردد. لذا ابتدا ماتریس سازگار تعریف گشته و مقدار ویژه آن محاسبه می‌شود و با توجه به چندین قضیه به محاسبه میزان ناسازگاری در یک ماتریس و سیستم پرداخته می‌شود که اگر این میزان از ۰/۱ بیشتر باشد دوباره مقایسه ها انجام می‌شود.

۳-۳-۴. روش شباهت به گزینه ایده‌آل[1]

این روش اولین بار توسط یون و هوانگ[2] ارائه شد که مورد استقبال محقیقن و کاربران مختلف واقع گردید. در این روش فاصله یک گزینه از نقطه ایده‌آل و از نقطه ضد ایده‌آل

---

[1]. Technique for Order Perfereince by Asimilarily to Ideal Solution (TOPSIS)
[2]. Yoon & Hwang

درنظر گرفته می‌شود بدان معنی که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه حل ایده‌ال بوده و درعین حال دارای دورترین فاصله از راه حل ضد ایده‌آل باشد.

چنانچه ملاحظه می‌شود، در تعریف این روش از دو مفهوم حل ایده‌ال و فاصله از حل ایده‌ال استفاده شده است که درزیر به تبیین آن پرداخته می‌شود.

تعریف حل ایده‌آل

حل ایده‌ال چنانچه از اسم آن پیداست، راه حلی است که از هر جهت بهترین باشد. در عمل چنین چیزی وجود ندارد، اما سعی می‌کنیم به آن نزدیک شویم. به عنوان مثال، اگر n معیار و m گزینه داشته باشیم، حل ایده‌ال آن گزینه‌ای است که روی هر معیار بهترین عملکرد را داشته باشد و برعکس آن حل ضد ایده‌آل است. درتعیین حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل کاملاً خطی برخورد می‌شود و هر چه مقدارعملکرد بیشتر شود، مطلوب‌تر خواهد بود. البته در برخی مواقع این سیاست عمل نمی‌شود، مثلا در برنامه‌ریزی آرمانی، ابتدا برای هر آرمان یک هدف تعریف شده و فاصله از آن حداقل می‌گردد.

فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل

قبل از تشریح مطلب لازم است که فاصله دو نقطه در یک فضای n بعدی بیان شود.

$$x_1 = (x'_1, x'_2, ..., x'_n) \qquad x_2 = (x''_1, x''_2, ..., x''_n)$$

فاصله دو نقطه:

$$d_p = \left[\sum_{j=1}^{n} \left(w_i^p (x'_i - x''_i)^p \right) \right]^{\frac{1}{p}}$$

p : می‌تواند مقادیر مختلف از یک تا بی نهایت را قبول کند.

W : بیانگر مقیاس و وزن هر کدام از ابعاد در فضای n بعدی است.

برای فاصله از حل ایده‌آل، یک فضای n بعدی که نشان دهنده n معیار تصمیم‌گیری است فرض می‌شود و با توجه به فرمول فوق فاصله تمام گزینه‌ها، از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل سنجید می‌شود که این دو حل نیز نقطه ای تعریف شده در این فضای n بعدی می‌باشند.

برای ارزیابی و ربته‌بندی یک گزینه، نمی‌توان گفت که هر چه به ایده‌آل نزدیک‌تر باشد یا هر چه از ضد ایده‌آل دورتر باشد، بهتراست. در واقع معیار ارزیابی و رتبه بندی گزینه‌ها از رابطه زیر بدست می آید.

$$c = \frac{\text{فاصله از حل ایده ال یا ضد ایده ال}}{\text{مجموع فوصال از حل ایده ال و ضد ایده ال}}$$

اگر n معیار و m گزینه داشته باشیم به طوری که ماتریس تصمیم به صورت زیر باشد:

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & . & x_{1j} & . & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & . & x_{2j} & . & x_{2n} \\ x_{i1} & x_{i2} & . & x_{ij} & . & x_{in} \\ x_{m1} & x_{mj} & . & x_{mj} & . & x_{mn} \end{bmatrix}$$

که در آن:

x_{ij}: عملکرد گزینه iام در رابطه با معیار jام باشد.

$$i = 1,2,...,m \qquad j = 1,2,...,n$$

مراحل روش به صورت زیر است.

۳-۳-۴-۱. گام اول: بی بعد کردن ماتریس تصمیم

روش‌های مختلفی برای بی بعد کردن ماتریس تصمیم وجود دارد که عموما از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} xij^2}} \qquad j = 1,2,..., n$$

۳-۳-۴-۲. گام دوم: بدست آوردن ماتریس تصمیم وزن دار

بردار وزن که به صورت $w=(w_1,w_2,\ldots,w_n)$ می‌باشد را در ماتریس تصمیم بی مقیاس شده ضرب می‌شود تا ماتریس بی مقیاس شده وزن دار بدست آید با فرض r_{ij} . $v_{ij}=w_j$ این ماتریس عبارت خواهد بود از:

$$D = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & . & v_{ij} & . & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & . & v_{2j} & . & v_{2n} \\ . & . & . & v_{ij} & . & v_{in} \\ v_{i1} & v_{i2} & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ v_{m1} & v_{m2} & . & v_{mj} & . & v_{mn} \end{bmatrix}$$

۳-۳-۴-۳. گام سوم: مشخص کردن حدایده‌آل و ضد ایده‌آل

اگرحل ایده‌آل با A^* و حل ضد ایده‌آل با A^- ونیز مجموعه معیارهای مثبت با J و مجموعه معیارهای منفی با J^- نشان داده شود آنگاه:

$$A^* = \left\{(\max v_{ij} \mid j \in J),(\min V_{ij} \mid j \in J^-)\right\}, i = 1,2,...,m$$

$$A^- = \left\{(\min V_{ij} \mid j \in I),(\max V_{ij} \mid j \in J^-\right\}, i = 1,2,...,n$$

انتخاب‌هایی که در A^* و A^- قرار می‌گیرند، به ترتیب نشان دهنده گزینه‌های کاملاً بهتر و کاملا بدتر هستند.

۳-۳-۴-۴. گام چهارم: محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل

اگرفاصله از حل ایده‌آل یا S^*_I و از حل ضد ایده‌آل با S^-_I نشان داده شود آنگاه:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^*\right)^2} \quad i = 1,2,...,n$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^-\right)^2} \quad i = 1,2,...,n$$

۳-۳-۴-۵. گام پنجم: تعیین معیار نهایی رتبه بندی

معیار نهایی جهت رتبه بندی گزینه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}$$

بدین ترتیب گزینه‌ای که دارای بیشترین C_I^* است، دارای رتبه اول وگزینه‌ای که دارای کمترین C_I^* است، حائز رتبه آخر خواهد شد.

در سال‌های بعد با مطالعاتی که انجام شد این روش، پیشرفت بیشتری کرد. بطوری‌که در سال ۱۹۸۷ مدلی ارائه گردید که ۵ قدم فوق الذکر را در ۳ قدم خلاصه کرد و همچنین این امکان را به مدل داد که اگر مساله دارای معیارها و زیرمعیارهای می‌باشد، مساله در تمام سطوح حل شده و یک جواب نهایی بدهد.

۳-۳-۴-۶. گام اول اصلاحی: حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل

حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل مانند آنچه گفته شد، مشخص می‌شود. به طوری‌که حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل معیار iام به ترتیب با z_i^-, z_i^+ نشان داده می‌شود.

$$z_i^+ = \{(\max x_{ij} \mid j \in I), (\min x_{ij} \mid j \in \bar{I})\}$$
$$Z_I^1 = \{(\min x_{ij} \mid j \in J), (\min x_{ij} \mid j \in \bar{J})\}$$

البته در شرایطی می‌توان این حدود برای هر معیار از طرف شخص کاربر پیشنهاد شود، اما باید دقت کرد که این حدود تعریفی از دو حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل فوق به ترتیب مطلوب‌تر و نامطلوب‌تر باشد.

۳-۳-۴-۷. گام دوم اصلاحی: بی بعد کردن ماتریس تصمیم

در این گام برای بی بعد کردن ماتریس تصمیم از فرمولی استفاده می‌شود که ضمن نرمال سازی فاصله تمامی معیارهای گزینه‌ها را از حد ایده‌آل و یا ضد ایده‌آل بدست می آورد. برای این کار می‌توان از یکی از دو فرمول زیر استفاده کرد.

$$z_{ij} = \frac{z_i^+ - x_{ij}}{z_i^+ - z_i^-}(I) \quad \text{یا} \qquad z_{ij} = \frac{x_{ij} - z_i^-}{z_i^+ - z_i^-}(II)$$

۳-۳-۴-۸. گام سوم اصلاحی: اثر دادن وزن معیارها و تعیین معیار نهایی رتبه بندی

در این گام با توجه به گام قبلی فاصله از دو حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل بدست آمده است. لذا با استفاده از فرمول زیر می‌توان هم اثر وزن معیارها را منظور کرد و هم معیار نهایی رتبه بندی را بدست آورد.

$$L_j = \left[\left(\sum w_i z_{ij}^p\right)\right]^{1/p}$$

چنانچه در نرمال کردن ماتریس از فرمول (I) استفاده شده باشد هر چه L_j کمتر باشد، گزینه به حل ایده‌آل نزدیک‌تر است. چنانچه از فرمول(II) استفاده شده باشد، هر چه L_j بیشتر باشد گزینه از حل ایده‌آل دورتر خواهد بود.

۳-۳-۴-۹. گام چهارم اصلاحی: رتبه بندی در سطح های مختلف

چنانچه مساله دارای یکسری معیار و زیر معیار باشد، می‌توان با استفاده از فرمولی مشابه به گام قبلی، جواب‌های سطح‌های پایینی را به سطوح بالایی تبدیل کرد تا در آخر به نمره نهایی در بالاترین سطح رسید. لذا برای سطح دوم که سطح بالایی سطح اول که زیر معیارهای پایه هستند از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$S_j = \left[\left(\sum a_k L_{kj}^{\ p}\right)\right]^{1/p} \qquad k = 1,2,...,q$$

S_j : معیار رتبه بندی در سطح دوم که مانند L_j در سطح اول اگر از فرمول (I) استفاده شده باشد هر چه S_j کمتر باشد گزینه به حل ایده‌آل نزدیک‌تر است و برعکس.

K : تعداد معیارهای درسطح دوم که تعداد q عدد می‌باشند.

A_k : وزن معیارهای سطح دوم

پارامتر P نیز اهمیت حداکثر انحراف L_{kj} را نشان می دهد،هر چه P بزرگ‌تر شود، انحرافات بزرگ‌تر، اهمیت بیشتر ونقش مه تری در اندازه S_j پیدا می‌کنند تا جایی که اگر P بینهایت شود آنگاه:

$$S_j = \text{Max } L_{kj}$$

چنانچه سطح سومی نیز وجود داشته باشد شبیه چنین فرمولی برای آن سطح نوشته می‌شود که:

$$F_j = \left[\left(\sum b_r s_{rj}^{p}\right)\right]^{1/p} \qquad r =,1,2,...., y$$

به همین ترتیب برای سطوح بالاتر تا آخرین سطح

خلاصه

در این فصل با فکر سیستمی آشنا شده و به معرفی مهندسی سیستم‌ها پرداخته شد. در ادامه گام‌های تفکر ترکیبی برشمرده شد. سپس تفکر سیستمی و مهندسی سیستم‌ها به طور خاص برای رشته مهندسی عمران ذکر شد. برای رسیدن به تفکر سیستمی باید سوالاتی جواب داده شود، لذا سوالات و تعاریف اصلی مهندسی سیستم‌های عمران مطرح شد. البته استفاده از تفکر سیستمی دارای مشکلاتی است که در ادامه به ذکر آنها پرداخته شد و در آخر مثالی از تخصیص بهینه جراثقال برای چند کارگاه حل شد تا چگونگی پاسخ به سوالات اصلی مهندسی سیستم‌ها در یک مساله مشخص شود.

از آنجا که تصمیم‌گیری جزء اصلی مهندسی سیستم‌ها می‌باشد، چگونگی و روش‌های مختلف تصمیم‌گیری بیان شد. در انتها ۴ نوع روش تصمیم‌گیری کاربردی و مهم وزن دهی ساده، روش تسلط تقریبی، روش شباهت به گزینه ایده آل و روش تحلیل سلسله مراتبی معرفی و مراحل آنها به طور کامل تبیین شد.

خودآزمایی

۱- فکر سیستمی را تعریف کنید؟

۲- معنای مهندسی سیستم چیست؟

۳- گام‌های تفکر ترکیبی کدامند؟

۴- مهندسی سیستم‌های عمران را تعریف کنید؟

۵- سوالات مهندسی سیستم‌ها کدامند؟

۶- تعاریف اصلی مهندسی سیستم‌ها چیست؟

۷- مشکلات عمومی مهندسی سیستم‌های عمران را نام ببری؟

۸- دو مدل موجود در روش‌های تصمیم گیری را نام برده و توضیح دهید؟

۹- از روش‌های تصمیم گیری روش وزن دهی ساده را بیان کنید؟

۱۰- از روش‌های تصمیم گیری روش تسلط تقریبی را بیان کنید؟

۱۱- گام‌های روش تحلیل سلسله مراتبی را نام برده و مختصرا توضیح دهید؟

۱۲- گام‌های روش شباهت به گزینه ایده آل را نام برده و مختصرا توضیح دهید؟

فصل چهارم

انتخاب و بکارگیری ماشـــین آلات ساخت و مـــدیریتی و نگهداری ماشین آلات

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. مفهوم مدیریت ماشین آلات ساختمانی به عنوان یکی از اجزای اصلی کارهای مدیریت پروژه

۲. عوامل موثر در انتخاب ماشین آلات مانند بازده و عوامل موثر در افزایش آن

۳. هزینه‌های تهیه، بکارگیری و نگهداری ماشین آلات مانند هزینه‌های تملک، استهلاک، سرمایه، نرخ سود، سود اقساطی، مالیات دارایی، شماره گذاری و بیمه

۴. محاسبه ساعات کارکرد ماشین آلات، هزینه های تعمیرات و نگهداری، نیرویی کار و عمر اقتصادی ماشین آلات

۵. نحوه انتخاب صحیح ماشین آلات با توجه به شیوه اجرا و میزان و حجم عملیاتی که باید توسط ماشین آلات انجام شود.

۴-۱. عوامل موثر در انتخاب ماشین‌آلات

ماشین‌آلات عمرانی نقش بسیار مهمی در اجرای پروژه‌های عمرانی دارند و امروزه تقریباً هیچ پروژه عمرانی را نمی‌توان یافت که بدون استفاده از ماشین‌آلات قابل اجرا باشد. دلیل استفاده از ماشین‌آلات در پروژه‌های عمرانی، در اجرای صحیح کار با سرعت زیاد پیشرفت و با هزینه پایین نهفته است. علاوه بر این امروزه به کمک ماشین‌آلات می‌توان پروژه‌های بزرگ را در مدت زمان کمی اجرا کرد که پیش از این امکان پذیر نبود. همچنین برخی مشکلات اجرایی و مخاطرات مربوط، منجر به تولید ماشین های ویژه و سفارشی برای انجام برخی از عملیات های خاص شده است. بنابراین روند موجود در پروژه‌ها به سمت استفاده هر چه بیشتر از ماشین‌آلات در عملیات های اجرایی پیش می رود.

در این میان انتخاب ماشین‌آلات بخش مهمی از مراحل اولیه یک پروژه و از وظایف مدیران پروژه است. انتخاب نادرست ماشین‌آلات، پیامدهای ناخوشایندی مانند افزایش زمان و هزینه پروژه و کیفیت نامطلوب اجرای پروژه را در پی خواهد داشت. اما انتخاب صحیح ماشین‌آلات به پیشرفت و کیفیت پروژه و حداقل نمودن هزینه‌ها کمک شایانی خواهد نمود. روند انتخاب ماشین‌آلات برای هر نوع پروژه عمرانی به مواردی نظیر بازدهی (راندمان)، خصوصیات فنی زمین، هزینه‌های به کارگیری ماشین و سایر موارد ارتباط دارد. هدف از این بخش، ارایه شاخص های کیفی و کمی به منظور تعیین مناسب ماشین‌آلات برای انجام یک کار عمرانی می‌باشد.

از دیگر سو با توجه به حجم عظیم پروژه‌ها سه مقوله مدیریت، ماشین‌آلات و فنآوری اجرا، بیش از پیش پیشرفت کرده اند. در این میان با ازدیاد حجم پروژه‌ها، مقوله مدیریت دارای شاخه های گسترده‌ای شده است، زیرا هر کدام از بخش های مختلف پروژه احتیاج به تخصص ویژه و خاص خود دارد. مدیریت ماشین‌آلات عمرانی نیز از شاخه های علم مدیریت

است که در پروژه‌های عمرانی جایگاه ویژه خود را پیدا کرده است. یکی از قابلیت‌های علم مدیریت ماشین‌آلات این است که با توجه به نیازها، شرایط، خواسته‌ها، محدودیت ها، هزینه‌ها و سایر عوامل حاکم بر پروژه می‌تواند ما را به سمت انتخاب ماشین‌آلات مناسب برای انجام کارهای مختلف راهنمایی کند. انتخاب صحیح ماشین‌آلات علاوه بر اجرای صحیح پروژه، به ما کمک می‌کند تا مدیریت ساده ای نیز بر ماشین‌آلات پروژه و همچنین کل پروژه داشته و از سوی دیگر انتخاب نادرست ماشین‌آلات بر مشکلات ما خواهد افزود. برای انتخاب ماشین‌آلات مناسب، باید شناخت دقیق از عوامل موثر بر انتخاب ماشین‌آلات داشت و با توجه به آن عوامل و اطلاع صحیح از ماشین‌آلات موجود، ماشین‌آلات مورد نظر را انتخاب کرد (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، مدیریت بهره برداری ماشین‌آلات عمرانی: نشریه شماره ۴۴۹ ۱۳۸۸).

۴-۱-۱. بازدهی ماشین‌آلات

بازدهی ماشین‌آلات را می‌توان با روش علمی و یا با روش رایج آن تعریف نمود:

تعریف علمی بازدهی عبارت است با نسبت مقدار کار انجام شده توسط ماشین به مقدار کار قابل انجام توسط آن. با توجه به این تعریف، بازدهی همیشه عددی بین ۰ تا ۱ و در صورتی که با درصد نشان داده شود بین ۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد.

تعریف رایج : بازدهی برابر است با مقدار کار انجام شده توسط ماشین در واحد زمان. این تعریف، همان تعریف علمی‌توان است که نشان دهنده قدرت و توانایی ماشین در انجام مقدار کار مشخص در واحد زمان می‌باشد .این تعریف استفاده و رواج بیشتری درکارهای عمرانی دارد. زمانی که یکی از دست اندرکاران کارگاه های عمرانی این جمله را بیان می کند : "بازدهی ماشین الف بیشتر از ماشین ب است " منظور این است که ماشین الف توان و کارآیی بیشتری از ماشین ب برای انجام کاری مشخص و تعریف شده درزمان مشخص دارد.

بازدهی ماشین‌آلات به عوامل مختلفی مانند نـوع و سـاخت ماشـین، شـرایط فیزیکـی، اپراتورها و نحوه مدیریت کلی و هماهنگی بین عوامل کار، بستگی دارد .به ایـن ترتیـب، دو تعریف جدید دیگر نیز مطرح میشود:

بازدهی حداکثر: هرگاه بین کلیه عوامل کار، هماهنگی و همکاری کافی و کامل وجود داشته باشد و شرایط فیزیکی نیز آماده باشد، بازدهی ماشین‌آلات به حداکثر مقـدار ممکـن خود می‌رسد که اصطلاحاً آن را بازدهی حداکثر می گویند.

بازدهی عادی: در شرایط عادی به علت تأثیر عواملی از قبیل نقص در ایجاد هماهنگی و توقف‌های کوتاه و نظایر آن، بازدهی پایین‌تری حاصل می‌گردد کـه آن را بـازدهی عـادی می‌گویند.

با بررسی این دو تعریف می‌توان نتیجه گرفت که در واقع بازدهی علمی یک ماشین برابر است با نسبت بازدهی عادی به بازدهی حداکثر. همان طور که گفته شد، عوامل مختلفی در بازدهی ماشین‌آلات تأثیر دارند که یا به صورت آشکار و یا پنهان اثر خود را نشان می‌دهند . این عوامل عبارتند از:

۴-۱-۱-۱. تأثیر ارتفاع کارگاه

ارتفاع از عوامل مهم موثر بر بازدهی ماشین‌آلات است که به طور مسـتقیم بـر روی نیـروی محرکه هر ماشین تاثیر می گذارد. لذا می‌توان تأثیر ارتفاع کارگاه در بازدهی ماشین‌آلات را با دقت بیشتری بیان کرد. هرچه ارتفاع کارگاه بیشتر باشد، فشار هوا کاهش پیدا مـی‌کنـد . این مسئله تأثیر مستقیم بر روی نحوه کار موتورهای احتراقی می‌گذارد معمولاً سازنده های ماشین‌آلات، نمودارهای مربوط به کاهش قدرت موتور نسبت به ارتفاع از سطح دریا را ارائـه می کنند .

۴-۱-۱-۲. تأثیر درجه حرارت

درجه حرارت بر راندمان عملکرد موتورهای دیزلی و بنزینی به صورت مستقیم و بر راندمان موتورهای الکتریکی به صورت غیرمستقیم اثر می گذارد.

۴-۱-۱-۳. مقاومت در مقابل حرکت ماشین

سیستم حرکت ماشین‌آلات تاثیر به سزایی در راندمان آن دارد .انواع سیستم‌های حرکت ماشین‌آلات عبارتند از:

چرخ فولادی، چرخ لاستیکی، چرخ زنجیری و کابل.

هر کدام از سیستم‌های حرکتی مزایا، معایب و کاربرد خود را دارند، به طور مثال از سیستم حرکتی چرخ زنجیری برای محل هایی که مقاومت خاک آنها بسیار پایین بوده و امکان حرکت با چرخ های لاستیکی و فولادی وجود ندارد استفاده می‌شود .چرخ‌های لاستیکی برای محل‌هایی که خاک آنها چسبنده است مناسب می‌باشد. با توجه به این مطالب، عواملی که با سیستم حرکتی ماشین در ارتباطند و بر روی راندمان ماشین نیز مؤثرند را بررسی می کنیم. یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار در راندمان ماشین، مقاومت در برابر حرکت است .مقاومت در برابر حرکت به دو بخش تقسیم می‌شود.

مقاومت غلتش

مقاومت غلتشی عبارت است از نیروی مقاوم در برابر شروع حرکت ماشین که عامل ایجاد آن ناهمواری مسیر، عدم تراکم صحیح جاده، فرو رفتن ماشین در مسیر حرکت و نوع خاک سطح جاده است. در واقع مقاومت غلتشی برابر با نیروی کشش لازم برای شروع حرکت یک ماشین است.

مقاومت شیب

در سطوح شیب دار در اثر سربالایی‌ها و یا سرپایینی‌ها، مقاومت در برابر حرکت بیشتر می‌شود که این مقاومت اضافه، مقاومت شیب نامیده می‌شود .این مقاومت در سربالایی به صورت مثبت و در سرپایینی به صورت منفی عمل می‌کند .مقدار این نیرو از حاصل ضرب وزن ماشین در سینوس زاویه سطح شیب‌دار به افق به دست می‌آید که در زوایای کوچک می‌توان از تانژانت به جای سینوس استفاده کرد.

۴-۱-۱-۴. نیروی کشش ماشین‌آلات

نیروی کشش ماشین‌آلات عبارت است از نیروی کششی که در چرخ لاستیکی یا فولادی یا زنجیری هنگام حرکت استاندارد ماشین در آن وجود دارد .

۴-۱-۱-۵. تأثیر عوامل جوی

این عوامل عبارتند از باد، باران، برف، تابش آفتاب، درجه حرارت، فشار هوا و رطوبت که همگی در عملکرد ماشین و در نتیجه انتخاب آن مؤثرند. این عوامل همچنین در انجام وظیفه متصدیان و اپراتورها و مسئولین نیز تأثیر می‌گذارد، مسلماً کارکردن در هوای گرم یا سرد و شرجی یا خشک سخت‌تر از هوای عادی است. ضمن این که عامل گرما و سرما در روی نیروی انسانی و عملکرد آن نیز تأثیر می‌گذارد.

۴-۱-۱-۶. میزان مهارت نیروهای انسانی

مهارت نیروی انسانی که با ماشین‌آلات سر و کار دارند به طور واضحی بر عملکرد آن تأثیر خواهد داشت. یک اپراتور ماهر می‌تواند با مصرف زمان کمتر، مصرف انرژی کمتر خود و ماشین، کار بیشتری نسبت به یک راننده نیمه ماهر یا تازه کار انجام دهد. از طرفی گاهی

اوقات دیده می‌شود که یک فرد مثلاً یک راننده لودر در کار کردن با یک نوع لودر خاص توانایی و کارآیی بالاتری دارد و در کار کردن با یک نوع لودر دیگر آن مهارت را ندارد. این مسئله به دلایل مختلفی از قبیل عادت، آموزش و شرایط فیزیکی شخص بستگی دارد. بنابراین انتخاب نیروی انسانی مناسب بربازدهی ماشین‌آلات تاثیر آشکاری خواهد داشت.

۴-۱-۱-۷. مشخصات محل کار از نظر وجود خطرات و فضای کافی برای تحرک

گاهی اوقات یک لودر در یک فضای بسته مانند یک تونل با محدودیت حرکتی و امکان ریزش کار می‌کند، گاهی ممکن است در یک زمین بیابانی کار کند و گاهی ممکن است در یک جاده کوهستانی کنار یک دره عمیق کار کند. مسلماً محدودیت‌های حرکت و خطرات کار کردن در کنار دره یا جایی که امکان ریزش وجود دارد بر بازده کار اثرخواهد گذاشت.

۴-۱-۱-۸. مشخصات فنی و نوع کار

نوع کار نیز بر راندمان ماشین تأثیر گذار است. به عنوان مثال، عملیات حفاری در خاک سخت و خاک نرم و یا خاک چسبنده با سرعت‌های مختلف توسط یک ماشین انجام می‌شود .مسلماً راندمان حفاری با ماشین‌آلات حفاری در خاک سخت بسیار پایین‌تر است. گاهی اوقات عدم وجود تجربه در انجام بعضی کارها باعث کاهش راندمان می‌شود. به عنوان مثال وقتی برای اولین بار تجربه ساخت مترو در تهران انجام شد، به علت بی تجربگی، بی نظمی و شلوغی، راندمان کار تا حد زیادی پایین بود.

۴-۱-۲. مشخصات فنی پروژه

مشخصات فنی یک پروژه، به خودی خود اثر شایانی بر نوع ماشین‌آلات لازم بر آن پروژه می‌گذارد .به طور مثال یک پروژه راهسازی بسیار متفاوت از یک پروژه ساختمان سازی

است و طبعاً ماشین‌آلات لازم برای این دو پروژه نیز متفاوت است. در ادامه به توضیح اثرات مشخصات فنی پروژه بر نوع ماشی نآلات می پردازیم.

۴-۱-۳. نوع کار

انتخاب ماشین باید با توجه به نوع کار انجام شود. به طور مثال برای کار حفاری باید از ماشین‌هایی استفاده کرد که توانایی انجام کار حفاری را داشته باشد.

۴-۱-۴. حجم کار

نوع و تعداد ماشین‌ها باید متناسب با حجم کار باشد. به طور مثال برای عملیات خاکبرداری با حجم زیاد باید نوعی از لودر استفاده شود که توانایی جابجایی حجم بالایی از خاک را داشته باشد و یا باید تعداد لودرها را زیاد کرد.

۴-۱-۵. تکنولوژی به کار رفته برای انجام کار

تکنولوژی به کار رفته برای اجرای کار در انتخاب نوع ماشین تأثیر مهمی دارد. به طور مثال در صورتی نیاز به بتن ریزی، می‌توان از روش‌های مختلفی برای بتن ریزی استفاده کرد. در صورتی که روش بتن ریزی با پمپ انتخاب شود به پمپ احتیاج خواهیم داشت و در صورتی که بتن ریزی با باکت و جرثقیل انتخاب شود، به باکت و جرثقیل احتیاج خواهیم

۴-۱-۶. مدت زمان پروژه

مدت زمان پروژه، می‌تواند اثر مهمی بر روی انتخاب ماشین‌آلات داشته باشد. گاهی برای تسریع در اجرای پروژه لازم است که از دستگاه‌های خاصی استفاده شود که سرعت انجام

پروژه را بالا ببرد. مدت زمان بر روی تعداد ماشین‌آلات نیز تاثیر دارد، افزایش تعداد لودر و کامیون زمان انجام عملیات خاکی در یک محدوده زمانی کوتاه، امری طبیعی است.

۴-۱-۷. بودجه پروژه

هزینه‌های پروژه را می‌توان با انتخاب ماشین‌آلات مختلف تغییر داد. با توجه به محدودیت‌های مالی گاهی مجبور به استفاده از ماشین‌آلات خاصی می‌شویم، گاهی نیز به خاطر عدم محدودیت مالی می‌توان از ماشین‌آلات مختلفی استفاده کرد که سرعت و کیفیت را مطابق میل ما تغییر دهد.

۴-۱-۸. هزینه‌ها

هزینه‌های به کارگیری و استفاده و نگهداری ماشین‌آلات، عامل بسیار موثری در انتخاب آنها هستند که در بخش بعد به تفصیل به توضیح آنها می پردازیم.

۴-۲. هزینه‌های تهیه، به کارگیری و نگهداری ماشین‌آلات

در مباحث آنالیز اقتصادی یک ماشین ساختمانی در درجه اول در مورد تخمین مخارج مالکیت و مخارج عملکرد آن بحث شده و در ضمن عمر بهینه یک ماشین از نظر اقتصادی نیز تخمین زده می‌شود.

مخارج کارکرد و تملک ماشین‌آلات بر حسب مخارج ساعتی آن برآورد می‌شود. مخارج هزینه شده را می‌توان از تقسیم مخارج ساعتی ماشین بر کارکرد ساعتی آن تعیین نمود. رقم تخمینی برای مخارج کارکرد ماشین‌آلات به منظور استفاده در برآورد مبلغ مناقصه توسط پیمانکاران به کار می‌رود. البته محاسبه دقیق آن برای کنترل هزینه کارگاه و حسابداری پیمانکاری ضروری است.

از سوی دیگر آنالیز اقتصادی می‌تواند در مورد جابجایی و تعویض یک دستگاه ماشین به کار رفته و این هدف را دنبال کند که مدت زمانی را برای عمر ماشین تعیین نماید که سود حاصل از کار ماشین حداکثرباشد. همیشه بخشی از طول زمان تملک ماشین که بیشترین بهره را می‌دهد از عمر اقتصادی ماشین کمتر می‌باشد.

انتخاب مناسب‌ترین ماشین‌آلات، مساله‌ای است که پیمانکاران برای اجرای پروژه با آن مواجه‌اند. مخارجی که برای خرید ماشین‌آلات ساختمانی هزینه می‌شود، باید به عنوان سرمایه‌ای در نظر گرفته شود که با مقداری سود در مدت طول عمر مفید ماشین‌آلات بازگردانده شود. پیمانکار باید قادر باشد پول خرید ماشین‌آلات را از محل درآمد حاصل از به کارگیری آن تادیه کند. بنابراین اگر در ابتدا مشخص شود که درآمد حاصل از ماشین از مقدار سرمایه گذاری کمتر می‌شود،خریدچنین ماشینی، اقتصادی نیست.

پیمانکار هرگز نباید به دنبال خرید تمام انواع و اقسام ماشین‌آلات مورد نیاز پروژه باشد، ولی می‌تواند به وسیله خریداری ماشین‌آلاتی که در پروژه بیشتر مورداستفاده هستند، نیاز خود را برطرف نماید .از آنجا که اگر پروژه به اندازه کافی بزرگ و طولانی نباشد، نمی‌توان ماشین‌آلات را بعد از پایان پروژه به قیمت مناسب فروخت، لذا خرید ماشین در این مورد معقول نیست .آنالیز اقتصادی از این جهت کمک بسیار موثری در انتخاب نوع و روش به کارگیری ماشین‌آلات بوده و از سوی دیگر در تخمین قیمت پروژه‌ها برای کارفرمایان اهمیت فراوانی دارد (یزدانشناس مجموعه راهنمای تجزیه قیمت های واحد برای ماشین‌آلات و ابزارهای ساختمانی و راهسازی ۱۳۶۲).

۴-۲-۱. تامین ماشین‌آلات از طریق خریداری و محاسبه مخارج ساعتی تملک و بهره برداری

خرید ماشین‌آلات دارای چندین مزیت به شرح زیر است:

۱- در صورتی که ماشین به اندازه کافی مورد استفاده قرار گیرد، در دراز مدت نسبت به اجاره اقتصادی تر خواهد بود.

۲- دسترسی به ماشین در هنگام نیاز، سریع‌تر و آسان‌تر است.

۳- به دلیل تملک، صاحب ماشین‌آلات، آنها را در وضعیت مکانیکی بهتری نگهداری می‌کند.

خرید ماشین‌آلات معایب زیر را نیز دارد:

۱- خرید ماشین ممکن است در مواردی گران‌تر از اجاره تمام شود.

۲- سرمایه هزینه شده برای خرید ماشین‌آلات می‌تواند در قسمت‌های دیگری که دارای بازده بالاتری است صرف شود.

۳- تملک ماشین توسط پیمانکار ممکن است عامل بازدارنده‌ای برای بسنده کردن به استفاده از همان نوع ماشین‌آلات در مقایسه با دیگر ماشین‌آلات دارای بازده و قابلیت‌های بیشتر باشد.

۴- معمولاً تملک ماشین‌آلات باعث استفاده از آنها در مدتی بیشتر از عمر اقتصادیشان می‌شود. در این صورت هزینه کار به طور صعودی افزایش خواهد یافت.

اگر پیمانکار دارای نوعی ماشین باشد که راندمان آن از ماشین جدید و مورد نیاز پروژه، کمتر باشد و مطمئن باشد که می‌تواند ماشین جدید را در پروژه‌های آینده بکار گمارد، باید اقدام به خرید آن نماید. اگر چه هزینه‌ای بر او تحمیل می‌شود، ولی هزینه صرف شده را می‌تواند در دراز مدت مستهلک نموده و در پروژه صرفه‌جویی بیشتری نماید.

هزینه‌های کارکرد ماشین‌آلات مسلما در موفقیت کاری پیمانکاران نقش حیاتی دارد. هزینه ثابت مالکیت یک ماشین، چه دستگاه در حال کار باشد و چه بیکار، هزینه صرف شده‌ای محسوب می‌شود. بنابراین کاهش زمان بیکاری به حداقل ممکن، امری ضروری است. به همین جهت در صورت لزوم بهتر است که تجهیزات حتی با هزینه سر به سر (یعنی بدون سود) کار کنند، تا اینکه با بیکار ماندن دستگاه و افت قیمت آن و دیگر هزینه‌های

ثابت دچار ضرر شود. البته باید توجه داشت از طرف دیگر کار کردن تجهیزات با کمتر از قیمت تمام شده روش خوبی نیست .لذا اهمیت محاسبه هزینه تملک ماشین به خوبی روشن می‌شود. پیمانکار باید حتی الامکان سعی کند ماشین‌آلات استاندارد و متعارف را خریداری نماید؛ چراکه به جز مواردی که نوع ماشین‌آلات در قرارداد تعیین شده باشد، تحویل ماشین‌آلات استاندارد توسط کارخانجات سریع‌تر انجام می‌شود. همچنین امکان بکار گرفتن آنها در پروژه‌های مختلف بیشتر بوده و تهیه قطعات یدکی آنها راحت‌تر، سریع‌تر و ارزان‌تر است و در صورت عدم نیاز، بازار مناسب برای فروش آنها وجود دارد.

ماشین‌آلات ویژه، ماشین‌آلاتی هستند که توسط کارخانجات برای یک پروژه خاص یا عملیات ویژه ساخته می‌شوند .به عنوان نمونه می‌توان به ماشین حفاری TBM یا بیل هیدرولیکی با ظرفیت بسیار زیاد اشاره کرد که برای برداشتن مواد در معادن روباز به کار می‌رود. این دسته از ماشین‌ها عموماً کاربرد خاصی در یک پروژه داشته و برای همان پروژه ساخته می‌شوند .لذا امکان اجاره آنها ضعیف بوده و معمولاً از طریق خریداری به کار گرفته می‌شوند .در این ماشین‌ها بررسی اقتصادی با توجه به کاربرد یکباره و هزینه سنگین خریداری از اهمیت به سزایی برخوردار است. لذا پیمانکاران باید با توجه به محاسبات دقیق انواع هزینه‌های تملک، اقدام به پیشنهاد قیمت کنند.

در این بخش به بررسی اقتصادی خریداری ماشین‌آلات شامل سرمایه، هزینه‌های ساعتی، استهلاک و عمر مفید ماشین‌آلات پرداخته می‌شود تا دستیابی به انتخابی صحیح در رابطه با خرید یا اجاره ماشین‌آلات مقدوربوده و همچنین هزینه معادل استفاده از هر دستگاه ماشین قابل حصول گردد.

۴-۲-۲. هزینه‌های مالکیت و بهره برداری ماشین‌آلات

بهترین روش برای تخمین هزینه‌های مالکیت و بهره برداری توسط پیمانکار استفاده از اطلاعات دقیق ثبت شده از ماشین‌آلات قبلی است. اگرچه نمی‌توان اطمینان دقیق داشت که ماشین‌آلات مشابه دارای هزینه‌های مشابهی باشند، بخصوص اگر در کارهای مختلف و در زمان‌های مختلف بکار برده شده باشند. با این همه اگر بانک اطلاعاتی جامع، کامل و دقیقی از تجارب در اختیار باشد، می‌توان با دقت خوبی به تخمین این هزینه‌ها اقدام کرد.

عوامل نحوه تحویل ماشین‌آلات به پیمانکار، دشواری کار، تعداد ساعات مورد بهره برداری در سال، عمر مفید سالیانه ماشین، میزان مهارت اپراتور هر ماشین، نگهداری مناسب و تعمیر به موقع آن و وضعیت بازار فروش ماشین‌آلات دست دوم در زمان فروش آنها بر روی هزینه ماشین‌آلات تاثیر دارد. اما در حالت کلی هنگامی که ماشین‌آلات برای اولین بار خریداری می‌شوند، ارزیابی هزینه‌های آنها شامل دو بخش کلی تملک و بهره برداری می‌باشد.

۴-۲-۳. هزینه‌های تملک

۴-۲-۳-۱. هزینه استهلاک

استهلاک طبق تعریف، کاهش ارزش ماشین‌آلات به دلیل استفاده در کارگاه و یا گذشت زمان از تاریخ تولید ماشین. مکی باشد. پیمانکار باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی کند که استهلاک ماشین‌آلات را در طول عمر مفیدشان جبران نماید. قیمت کل یک دستگاه ماشین، شامل خرید، هزینه حمل و نقل آن و هزینه بارگیری و تخلیه می‌باشد. این ارزش کل از زمانی که ماشین تحویل گرفته شد به دلیل استفاده و گذشت زمان کاهش می‌یابد.

این کاهش، نشان دهنده بازگشت هزینه‌است و در حساب‌های دفتری و حسابداری بعنوان یک هزینه وارد شده و از دارایی‌های مشمول مالیات کاسته می‌شود.

تخمین نرخ استهلاک ماشین به منظور تعیین هزینه ساعتی کارکرد آن ضروری است. بنابراین با استفاده از فرمول‌های مختلف باید میزان استهلاک ساعتی محاسبه شود. به صورت خیلی ساده می‌توان استهلاک ساعتی را نسبت هزینه ماشین بر ساعات کاری مورد انتظار آن در نظر گرفت.

ارزش اسقاطی

ارزش اسقاطی ارزش یک ماشین پس از استهلاک کامل آن است که می‌تواند قیمت فروش واقعی یا ارزش آن برای پیمانکار هنگام اتمام عمر اقتصادی آن باشد .ارزش اسقاطی بسته به نوع ماشین، تنوع کاربرد آن در کارگاه های مختلف، وضعیت ظاهری و فنی ماشین و وضعیت بازار فروش ماشین‌آلات دست دوم و غیره متفاوت است که معمولاً بین ۵ تا ۲۰ درصد ارزش اولیه ماشین در نظر گرفته می‌شود.

۴-۲-۳-۲. روش‌های محاسبه استهلاک

روش‌های مختلفی برای محاسبه هزینه استهلاک به کار می‌رود که متداول‌ترین آنها عبارتند از:

۱- روش خط مستقیم

۲- روش دو برابر کردن

۳- روش تسهیم به نسبت معکوس

۴- روش وزارت امور اقتصادی و دارایی

۱- روش خط مستقیم

در این روش برای محاسبه استهلاک، فرض بر این است که ارزش ماشین‌آلات بطور یکنواخت از قیمت اولیه کاهش پیدا می کند. استهلاک ممکن است بر حسب کاهش ارزش خریداری در واحد زمان یا در واحد کار انجام شده محاسبه گردد .استهلاک بر حسب کاهش ارزش در واحد زمان از تقسیم قیمت اولیه ماشین منهای ارزش نهایی آن به عمر مفید ماشین بدست می آید (در ماشین های چرخ لاستیکی قیمت لاستیک ها از قیمت اولیه ماشین کم می‌شود). محاسبه استهلاک در واحد کار از تقسیم قیمت اولیه ماشین منهای ارزش نهایی آن به واحد کار انجام شده در طول عمر مفید آن بدست می‌آید .این روش بیشتر برای ماشین‌آلاتیمناسب است که عمرشان بر حسب میزان کار آنها تعیین می‌گردد . نمونه ای از این نوع ماشین‌آلات عبارتند از : موتور پمپ، سنگ شکن، تسمه نقاله و ماشین حفاری سنگ.

۲- روش دو برابر کردن

با استفاده از این روش می‌توان ارزش استهلاک را با ارزیابی عمر ماشین بر حسب سال بصورت میانگین درصدی از استهلاک سالانه حساب کرد .این درصد را باید دو برابر کرد و بر مبنای ۲۰۰ درصد حساب نمود. ارزش استهلاک در هر سال به وسیله ضرب کردن درصد استهلاک در ارزش اولیه ماشین بدست می‌آید .هنگام محاسبه استهلاک،اگر ارزش نهایی ماشین مطرح نباشد، در این صورت ارزش استهلاک نباید از یک حد متعادل ارزش نهایی پایین‌تر رود. هنگامی که جمع ارزش استهلاک از قیمت اولیه کسر شود، حاصل را ارزش باقیمانده می‌نامند.

۳- روش تسهیم به نسبت معکوس (روش مجموع ارقام سالهای عمر ماشین)

در این روش ابتدا ارقامی که نمودار هر سال عمر ماشین می‌باشد، باید با هم جمع گردند .به عنوان مثال اگر عمر یک ماشین ۵ سال باشد، مجموع ارقام آن برابر است با ۱۵ خواهد بـود. سپس برای تعیین استهلاک بعد از کسر ارزش نهایی از قیمت اولیه ماشین، حاصل را باید در نسبت‌های مربوطه ضرب نمود. به عبارت دیگر برای محاسبه استهلاک در هر سال استهلاک کل در نسبت استهلاک ضرب می‌شود.

۴- روش وزارت امور اقتصاد و دارایی

در ایران چنانکه در قـانون مالیـات هـای مسـتقیم مصـوب ۱۳۸۰ آمـده اسـت، اسـتهلاک ماشین‌آلات در زمره مخارج قابل قبول مالیاتی به حساب آمده و بر اساس جداول اسـتهلاک اعلام شده از سوی سازمان امور مالیاتی کشور به شرح زیر است:

۱- انواع خودرو بنزینی و دیزلی -کامیون و کامیونت دیزلـی تـا چهـار سـیلندر و تـا ۵ تـن ظرفیت ۲۵ درصد

۲- کامیون و انواع بارکش دیزلی از ۴ سیلندر به بالا و تا ۱۰ تن ظرفیت ۳۰ درصد

۳- کامیون، بارکش، تریلر و دامپتراک با هر ظرفیت ۳۵ درصد

۴- کلیه ماشین‌آلات ساختمانی، مکـانیکی، هیـدرولیکی، الکتریکـی، چـرخ لاسـتیکی و یـا زنجیری، همچنین جراثقال‌ها و ماشین‌های حفاری کارخانه‌های تهیه بتون و سنگ شکن‌ها و ماشین‌های پایه‌کوبی، دمپر، الواتور، میکسر، ویبراتور و مشابه ماشین‌آلات راه سازی (انواع بلدوزرها، گریدرها، غلطک‌ها، فنیشر، ماشـین‌هـای تهیـه اسـفالت، فیلرهـا و شـمع کـوب و کمپکتورها و غیره)، ماشین‌آلات مربوط به فرودگاه مانند ماشین‌های علامت گذار، برف روب و خشک کن و یدک کش و پله‌های متحرک و کمپرسورها و جک‌های هیـدرولیکی و غیـره ماشین‌آلات مربوط به بندرسازی (ماشین های بتن ریزی)

زیرآب، لوازم غواصی، اسکله های موقت و غیره ماشین‌آلات مربوط به سدسازی(ماشین حفر کانال و. ..) کلیه ماشین‌آلات شهرسازی و ابنیه سازی (اعم از ماشین بلوک زن ی، لوله‌گذار، ماشین های جذب کننده، جوش زنی لوله ها و سایر ماشین های مشابه) ۲۵ درصد

نحوه محاسبه استهلاک به این ترتیب است که در هر سال، بصورت نزولی درصدی از قیمت تمام شده ابتدای سال (ارزش دفتری)، به عنوان استهلاک آن سال محاسبه می‌شود. به این ترتیب چنانکه مشاهده می‌شود ارزش ماشین هیچ گاه به صفر نمی‌رسد.

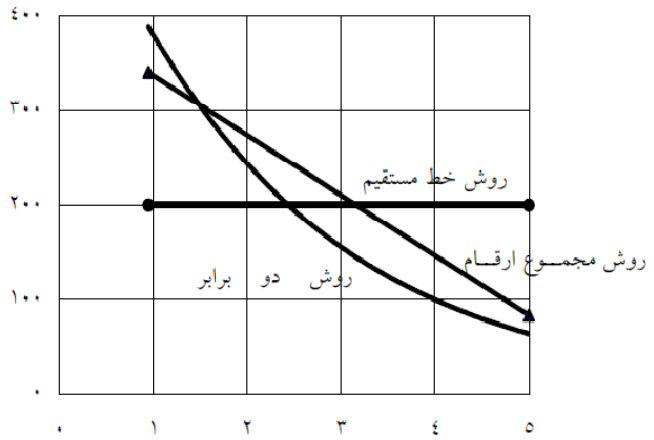
۴-۲-۳-۳. انتخاب روش مناسب برای محاسبه استهلاک

روش دو برابر کردن و مجموع ارقام سال‌های عمر برای مستهلک نمودن بیشتر ارزش ماشین در سال‌های اولیه عمر آن طراحی شده‌اند و استهلاک سریع را که مورد دلخواه صنعت است فراهم می‌نمایند که به شکل دقیق‌تری با کاهش عملی ارزش تجهیزات در بازارهای متعارف منطبق می‌باشند.

این روش‌ها در تبدیل به پایه ساعتی برای استفاده در محاسبات هزینه ساعتی کار، مشکلاتی ایجاد می کنند. استفاده از نرخ استهلاک متفاوت برای هر سال مشکل خواهد بود. اگر چندین ماشین با یک مدل یکسان ولی سال‌های کارکرد متفاوت، وجود داشته باشد، تلاش در جهت در نظر گرفتن هزینه‌های متفاوت برای آنها پیچیده بوده و قیمت گذاری دقیق کار را نا ممکن خواهد ساخت.

پیمانکار صرفنظر از روش مورد استفاده برای حسابداری خود، در محاسبه مالیات بر درآمد و گزارشات سالیانه باید از روش خط مستقیم استفاده نماید. در شکل منحنی‌های مربوط به این سه نوع برآورد استهلاک نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌گردد، در روش‌های دوم و سوم ازدیاد قیمت‌ها در سال‌های اول در مقایسه با سال‌های بعد کاملا رعایت شده است. از آنجا که در سال‌های اول عمر، مخارج نگهداری بسیار کمتر و

در عوض مقدار استهلاک به مراتب بیشتر است، لذا می‌توان استهلاک را خطی فرض نموده و مخارج را نیز در تمام عمر مفید یکسان در نظر گرفت .ارقام حاصله در این روش متوسط قابل قبول هستند که کار محاسبات را آسان می‌کنند.



نمودار شماره ۴-۱:

۴-۲-۳-۴. محاسبه استهلاک بر اساس ساعات کارکرد

پیمانکار می‌تواند استهلاک را بر اساس مجموع ساعات استفاده از ماشین، بدون توجه به زمان تقویمی محاسبه نماید .مثلا اگر بولدوزری را به قیمت ۲۵ میلیون خریداری می‌کند و انتظار کارکرد ۵ هزار ساعت را برای آن دارد، بایستی برای هر ساعت کار، ۵ هزار تومان بعنوان استهلاک در نظر بگیرد و در پایان سال ساعات کارکرد سالیانه را در ۵ هزار تومان ضرب نماید تا استهلاک سالانه بدست آید .اگر به میزان ۶۰۰ ساعت کار کرده باشد، استهلاک سالانه معادل ۳ میلیون و در صورتی که ۱۴۰۰ ساعت کار کرده باشد معادل ۷ میلیون خواهد شد.

۴-۲-۳-۵. محاسبه استهلاک بر اساس واحد کارکرد

در نظر بگیرید که برای یک معدن، یک بیل مکانیکی به قیمت ۱۰۰ میلیون تومان خریداری شده است و انتظار کارکرد ۲۰ هزار ساعت و بارگیری ۴ میلیون تن سنگ معدن در طول عمر مفید، برای آن متصور است. اگر شرایط کار مناسب باشد، این ماشین ۶ هزار ساعت در سال کار خواهد کرد. ولی ممکن است شرایطی پیش بیاید که ماشین کاملا بیکار بماند. در چنین شرایطی محاسبه استهلاک بر اساس ساعات کارکرد مناسب نخواهد بود و بجای آن می‌توان هزینه ۱۰۰ میلیون تومانی بیل را به تناژ کارکرد مورد انتظار(۴ میلیون تن) تقسیم نموده و رقم ۲۵ تومان برای هر تن را بعنوان استهلاک در نظر گرفت. بنابراین در هر سال این ماشین بر اساس تناژ بارگیری مستهلک خواهد شد. مواردی که باید در محاسبه استهلاک مدنظر قرار گیرند، شامل موارد زیر می‌باشند:

الف- لاستیک ها

معمولاً هزینه لاستیک را از قیمت خریداری ماشین کم می‌کنند و قیمت لاستیک را به عنوان هزینه‌های اجرایی در نظر

می‌گیرند. مزایا و معایب این روش در بخش‌های بعدی بررسی خواهد شد.

ب- هزینه‌های تعمیرات به عنوان سرمایه گذاری

تعمیرات تا جایی که منجر به افزایش غیر متعارف قیمت ماشین نشود، به عنوان هزینه‌های تملک در نظر گرفته می‌شود .اما تعمیرات اساسی مخصوصاً اگر در پایان دوره استهلاک انجام گیرد، به عنوان سرمایه گذاری کلی محسوب می‌شود که باید در چند سال مستهلک شود. به عنوان مثال اگر پیمانکاری برای تعمیر ماشین ۱۰۰ میلیون تومانی خود ۴۰ میلیون تومان در سال آخر جدول زمانی استهلاک ماشین، هزینه کند، مجبور خواهد شد این مخارج را به عنوان سرمایه گذاری اولیه فهرست نموده و جدول زمانی جدیدی برای استهلاک ماشین ترتیب دهد.

ج- تجهیزات کاملا مستهلک شده

اگر ماشینی بیش از مدت استهلاک آن نگهداری شود، استهلاک بیشتری برای آن پرداخت نمی‌گردد .به عبارت دیگر ارزش دفتری آن در حد قیمت اسقاطی باقی می‌ماند .در این حال هزینه ساعتی آن باید ثابت باقی بماند .بخشی از درآمدهای ناشی از ماشین که قبلا برای استهلاک کنار گذاشته شده بود، به عنوان سود نصیب پیمانکار می‌شود و به پیمانکار کمک می‌کند تا به کار خود ادامه دهد. با این حال این سود اضافی، به دلیل هزینه‌های تعمیرات و مدت زمان بیکاری زیاد، به راحتی می‌تواند تبدیل به ضرر و زیان گردد. به همین دلیل استفاده از ماشین‌آلات قدیمی مگر زمانی که در وضعیت خوبی نگهداری شده باشند کار صحیحی نیست.

د- استفاده کوتاه مدت

بسیاری از پیمانکاران،ماشین‌آلات را برای کارهای خاص خریداری می‌کنند و پس از اتمام کار، آنها را می‌فروشند .برخی دیگر از پیمانکاران قوانین داخلی خاصی برای تعویض ماشین‌آلات پس از مدت زمان مشخصی از کارکرد دارند تا به این طریق وقفه ای کاری را کاهش داده و اعتبار بکارگیری ماشین‌آلات به روز خود را حفظ نمایند. بنابراین تخمین هزینه‌ها بر اساس اختلاف قیمت خرید و فروش انجام می‌پذیرد.

بعنوان مثال پیمانکاری، تعدادی اسکریپر به قیمت هرکدام ۳۰۰ میلیون تومان برای استفاده در دو فصل، هر یک در حدود ۱۲۰۰ ساعت کار، خریداری می‌کند و پس از انقضای این مدت آنها را به قیمت یک سوم می‌فروشد .هر یک از این ماشین‌ها ۲۰۰ میلیون تومان مستهلک خواهد شد. بنابراین هزینه ساعتی استهلاک ۸۳۳۰۰ تومان می‌باشد که با استهلاک ساعتی ۳۰۰۰۰ تومان برای ۱۰هزار ساعت کار بدون در نظر گرفتن ارزش اسقاطی، قابل مقایسه است. بنابراین اگر مدت زمان کار، بسیار کوتاه باشد، اجاره ماشین‌آلات بسیار ارزان‌تر و نیز دارای ریسک کمتری خواهد بود.

ه- افزایش قیمت ها

پیمانکاران نیز مانند سایر مصرف نندگان ماشین‌آلات مدرن با مسائل مربوط به افـزایش قیمت‌ها دست به گریبان هستند. قیمت هر ماشین در طول عمر خـود در معـرض افـزایش است. بنابراین هزینه تعویض بسیار بیشتر از هزینه اولیه ماشین می‌باشد. این افزایش قیمت ماشین هم از افزایش عمومی قیمت‌ها و هم پیشرفت تجهیزات ناشی می‌شود.

گاهی خرید ماشین‌آلات جایگزین با استفاده از حسـاب اسـتهلاک ماشـین‌آلات موجـود مقدور نیست. بنابراین باید به سایر منابع مالی و یا وام‌های دریافتی اتکا نمود. این مشکل را تا حدودی می‌توان اینگونه حل نمود که برای ماشین هیچ‌گونه ارزش اسقاطی قائل نشویم .از آنجا که تقریبا همیشه مقداری ارزش اسقاطی وجود دارد (حتی اگر آهن قراضه باشد)، ایـن ارزش به اضافه هزینه مستهلک شده می‌تواند هزینه جایگزینی با همان اندازه و نوع را تامین نماید.

مانع دیگری که در مقابل تورم قیمت‌ها می‌توان ایجاد نمود، افـزایش میـزان اسـتهلاک بسته به افزایش قیمت ماشین است .بگونه‌ای که این هزینه مشابه هزینه استهلاک ماشـین جدید باشد .به عنوان مثال بولدزر ۲۰ میلیون تومانی با استهلاک ساعتی ۴ هزار تومان در ۵ هزار ساعت را در نظر بگیرید .اگر پس از دو سال قیمت ماشین‌آلات مشابه بـه ۲۳ میلیـون تومان از طرف کارخانه افزایش یابد، استهلاک در مقایسه با ماشین قدیمی به ۴۶۰۰ تومـان افزایش می‌یابد. این افزایش فقط برای ثبت داخلـی اسـت و نمـی‌تـوان آن را در گزارشـات مالیات بر درآمد مورد استفاده قرار داد. مزیت اینکار این است کـه تـا حـدودی بـه تعـویض ماشین با قیمت‌های افزایش یافته کمک می‌نماید .در نظر گرفتن هزینه‌های استهلاک جدید برای پوشش افزایش هزینه‌های تعویض ماشین‌آلات مخصوصاً برای شرکت‌هایی کـه عمـده درآمد خود را از محل اجاره ماشین‌آلات به دست می‌آورند، بسیار مهم است.

۴-۲-۴. هزینه سرمایه

هزینه سرمایه‌ای، هزینه‌ای است که در اثر مالکیت ماشین‌آلات صرفنظر از مقدار بهره‌گیری از آنها به وجود می‌آید. این هزینه که هزینه سرمایه‌گذاری نامیده می‌شود، شامل سود سرمایه، مالیات‌های مربوط به ماشین‌آلات، بیمه و اجاره پارکینگ (در ایام بیکاری) می‌باشد. نسبت ارقام فوق بین صاحبان مختلف و در محل‌های مختلف متفاوت است.

روش‌های متعددی برای تعیین سود متعلقه به پولی که بر روی ماشین‌آلات سرمایه‌گذاری می‌شود، موجود است. اگر خریدار حتی کل قیمت ماشین‌آلات را نقداً پرداخت نماید، باید سود پول را در سرمایه گذاری او منظور کرد. زیرا اگر خریدار پول خود را در کار دیگری و یا بانک سرمایه گذاری می‌کرد، سود مربوطه به او تعلق می‌گرفت.

بعضی از خریداران اگر قیمت کل ماشین‌آلات را نقداً پرداخت کرده باشند، یک نرخ سود برای خود در نظر می‌گیرند. در هر سال که ماشین مورد استفاده قرار می‌گیرد، صاحب سرمایه باید هزینه استهلاک را از درآمد خود کسر نماید .بنابراین سرمایه گذاری اولیه به میزان پولی که بدین نحو برای مالک ذخیره می‌شود، کاهش پیدا می‌کند. در هر صورت سود باید بر مبنای ارزش واقعی ماشین‌آلات به جای قیمت اولیه تعیین گردد .سود متوسط سالانه باید بر اساس ارزش متوسط ماشین‌آلات در طول عمر مفیدشان محاسبه گردد. این مقدار را می‌توان به وسیله جدولی تعیین کرد که مقدار آن برای ابتدای هر سال که ماشین‌آلات مورد استفاده قرار می‌گیرند، محاسبه شده است.

حداقل سه روش برای در نظر گرفتن سرمایه وجود دارد که عبارتند از :سرمایه گذاری اولیه، سرمایه گذاری کلی و سرمایه متوسط سالیانه.

۱- سرمایه گذاری اولیه

عبارتست از هزینه خالص و وام هایی که پیمانکار برای خرید ماشین‌آلات متقبل می‌شود .این سرمایه گذاری موجب بالاتر رفتن ترازنامه‌ها و افزایش فهرست دارایی ماشین‌آلات در ازای کاهش نقدینگی و یا افزایش دیون می‌شود.

۲- سرمایه گذاری کلی

هر چند ممکن است این مطلب منطقی به نظر نرسد، اما مرسوم است که سود پولی که بر ماشین‌آلات سرمایه گذاری می‌شود، به عنوان سرمایه به حساب بیاید. همچنین مالیات و بیمه خسارات نیز بر پایه ارزش ماشین محاسبه می‌شود. از آنجا که بخش معینی از سرمایه‌گذاری اولیه در هزینه‌های استهلاک مد نظر قرار می‌گیرند، سرمایه‌ای که این محاسبات بر روی آنها انجام می‌شود در گام‌های سالیانه باید کاهش داده شوند. برای سال اول، قیمت خرید مبنا قرار می‌گیرد و برای سال دوم قیمت خرید منهای استهلاک یک سال مبنا خواهد بود و به همین ترتیب الی آخر.

برای سهولت در محاسبات چنین هزینه‌هایی در طول عمر ماشین، استفاده از مفهوم سرمایه گذاری کلی مناسب‌تر است .این سرمایه با افزودن ارزش دارایی‌های ماشین‌آلات برای هر سال از عمر ماشین بدست می‌آید.

۳- سرمایه متوسط سالیانه

این عنوان رقم واقعی‌تری را بدست می‌دهد؛ چرا که میانگین هزینه خرید را در طول سال‌های عمر ماشین محاسبه می‌کند. این رقم از تقسیم سرمایه کلی بر تعداد سال‌ها بدست می‌آید.

۴-۲-۴-۱. نرخ سود

نرخ‌های سود می‌تواند بسته به نوع وام و درجه ریسک متغیر باشد. مقادیر صحیح نرخ سود را می‌توان با تقسیم سود پرداختی به مقدار وام و سپس ضرب در نسبت یک بر تعداد سالها (یا ۱۲ بر تعداد ماه‌ها) بدست آورد .به عنوان مثال اگر ۱۰۰ هزار تومان برای دو سال قرض گرفته شود و ۵ هزار تومان بعنوان سود پرداخت شود، نرخ سود ۲/۵ درصد و اگر مدت قرض ۴ ماه باشد در اینصورت نرخ سود ۱۵ درصد می‌شود.

برای هزینه‌های خرید ماشین‌آلات می‌توان سود منظور کرد، حتی اگر به صورت نقدی خریداری شده باشند .این سودبا استفاده از سرمایه گذاری متوسط سالیانه محاسبه می‌شود.البته این روش با روش‌های حسابداری چندان سازگار نیست ولی می‌توان به اشکال دیگری با این قضیه برخورد نمود.

یک راه، واگذاری این سود بر عهده خود ماشین است. محول نمودن سود وام‌های خرید ماشین‌آلات بر خود ماشین‌ها، دلیل منطقی دارد .هرچند محاسبه آن به صورت هزینه‌های بالاسری عمومی نیز منطقی به نظر می‌رسد .در نظر گرفتن این هزینه‌ها بعنوان مخارج ماشین باعث سادگی کار و تشخیص آسان منبع این هزینه‌ها می‌شود.

روش دوم، بدست آوردن هزینه سود ماشین های خرید نقدی، با همان نرخ سود یکسان با وام‌های اخذ شده برای اهداف کلی دیگر است. باید توجه داشت پولی که برای اهداف کلی وام گرفته می‌شود، یک آیتم کلی بالاسری است که مسئولیت آن بین قسمت‌های مختلف تقسیم می‌شود . معمولاً ارزش ماشین‌آلات تحت مالکیت، بسیار بیشتر از میزان وام‌های کلی است. مثلا اگر برای موجودی ۱۰۰ میلیون تومانی ماشین‌آلات یک شرکت، بدلیل ۲۰ میلیون وام کلی اخذ شده ۸ درصد سود در نظر گرفته شود، مبلغ سود ۸ میلیون تومان خواهد شد که ۶/۴ میلیون تومان بیشتر از سودی واقعی پرداخته شده برای وام کلی (۲۰ میلیون با نرخ ۸ درصد) است.

روش سوم، اختصاص یک نرخ سود(در حدود نرخ سود حساب‌های سپرده کوتاه مدت بانکی، مانند ۶ درصد) به هزینه‌های خرید ماشین‌آلات است، حتی اگر مالک ماشین‌آلات هیچ بهره وامی نیز پرداخت ننماید. ایده این است که پیمانکار می‌توانست نقدینگی خود را در صورت عدم خرید ماشین در جایی دیگر سرمایه گذاری کند، اما تنها سرمایه گذاری که پیمانکار می‌تواند انجام دهد، حساب‌های سرمایه‌گذاری کوتاه مدت است که آن هم سود اندکی عاید پیمانکار می‌کند..ماشین‌آلات پیمانکار چیزی نیست که خود را با پرداخت سود تنظیم نماید، بلکه با کار و تولید، هزینه‌های خود را تامین می‌کند .پیمانکار نباید سود وام‌های کلی خود را متوجه ماشین‌آلات نماید، در دنیای کاری پر رقابت امروز، چنین افزایش دلخواهی در هزینه‌ها ممکن است به معنی از دست دادن کار باشد .

۴-۲-۴-۲. سود اقساطی

نرخ سود در قراردادهای خرید اقساطی با تقسیم سود کل بر دیون کل بدست می‌آید .دیون کل رقمی است که شبیه سرمایه کل می‌باشد. مقدار کل سود با جمع کردن تمام قسط ا با هم و یا مجموع حاصلضرب هر کدام از قسط‌ها در تعداد آنها و تفاضل آن از مقدار کل وام به دست می‌آید.

فرض کنید از ۱۶ میلیون تومان پول خرید یک ماشین، ۱۲ میلیون تومان آن مربوط به وامی با بازپرداخت ۳۶ ماهه باشد. برای باز پرداخت این وام باید ۳۵ قسط ۳۹۳۳۳۰ تومانی و یک قسط ۳۹۳۴۵۰ تومانی پرداخت شود .جمع این مبلغ ۱۴۱۶۰۰۰۰ تومان است. تفاضل این عدد با ۱۲ میلیون تومان وام مبلغ کل سود و برابر با ۲۱۶۰۰۰۰ تومان خواهد بود .در این حالت دیون کل ۱۸/۵ میلیون تومان به دست می‌آید. با تقسیم ۲/۱۶ بر ۱۸/۵ به رقم ۰/۱۱۷ یا ۱۱/۷ درصد برای نرخ سود می‌رسیم.

برخی پیمانکاران علاقمندند که نرخ سود فاینانس را در هزینه کل خرید بدانند. اگر ماشین فوق دارای استهلاک ۵ سال باشد، سرمایه کل آن ۴۸ میلیون خواهد بود که با تقسیم ۲/۱۶ بر ان به نرخ سود ۴/۵ درصد برای ماشین دست خواهیم یافت .درک نرخ‌های سود برای یک پیمانکار ارزشمند خواهد بود و با داشتن چنین درکی او قادر خواهد بود مقادیر کلانی را با تشخیص صحیح خطاها یا تقلب‌های صورت گرفته در حساب ها حفظ کند.

۴-۲-۵. مالیات دارایی

پیمانکار باید مالیات و عوارض مختلفی را پرداخت نماید .در این مبحث منظور مالیات‌های دارایی است که بر ارزش برآورد شده تجهیزات تعلق می‌گیرد. در برخی کشورها مالیات ماشین‌آلات مشابه دارایی‌های حقیقی محاسبه می‌شود .این مالیات از ۲ تا ۴/۵ درصد ارزش برآورد شده ماشین متغیر است .ارزش برآورد شده ماشین ممکن است از فهرست اموال مستهلک شده توسط پیمانکار پیروی کند، ولی در حالت کلی، ارزش یک ماشین برای حداقل ۲۰ درصد هزینه آن تا زمانی که به نظر قابل کاربرد می‌رسد، برآورد می‌گردد. در برخی کشورها مانند ایران، تجهیزات ساختمانی مشمول مالیات دارایی‌های شرکت‌ها به شمار نمی‌آیند. اما چنانچه در طول سال شرکت مالک آنها با استفاده از آنها بتواند درآمدی کسب کند، درآمد حاصله مشمول مالیات خواهد بود. در این حالت مالیات بر درآمد پس از کسر مخارج و هزینه‌های قابل قبول و محاسبه سود ناخالص شرکت، محاسبه می‌شود .در محاسبه مخارج و هزینه‌های قابل قبول، استهلاک ماشین‌آلات جزو اقلام قابل قبول اداره مالیات به شمار می آید.

در ایران خریدار بابت خرید ماشین مالیات خرید و فروش می پردازد، ولی بابت استفاده از آن به عنوان ابزار و وسایل کار، مالیاتی نمی‌پردازد، بلکه مالیات بر درآمد شرکت در طول سال مالی محاسبه شده که مقدار آن ۲۵ درصد سود پس از کسر مخارج و هزینه‌ها می‌باشد.

۴-۲-۶. هزینه شماره گذاری

ماشین‌های راه ازی بایستی دارای پلاک باشند .هزینه پلاک برای ماشین های سبک نظیر سواری‌ها، وانت‌ها و جیپ‌ها رقم بسیارکمی ولی برای کامیون های سنگین رقم های بزرگ‌تری خواهد شد .در بسیاری از کشورها هزینه پلاک بر اساس وزن یا ظرفیت ماشین به آن تعلق می‌گیرد .هزینه پلاک، یک هزینه بالاسری است که در برآورد هزینه کارکرد کامیون به هزینه‌های دیگر اضافه می‌شود .در ایران بدلیل اینکه طبق ضوابط راهنمایی و رانندگی تردد ماشین‌آلات سنگین در جاده ها و معابر کشور ممنوع می‌باشد، لذا به این دسته از ماشین‌ها اساسا پلاک راهنمایی و رانندگی تعلق نمی‌گیرد .این ماشین‌ها باید با استفاده از کفی و تریلرهای مخصوص در بین کارگاه ها انتقال داده شوند.

۴-۲-۷. بیمه

ماشین‌آلات راه سازی معمولاً تحت عنوان بیمه کلی مسئولیت و خسارت پیمانکار قرار نمی‌گیرند و دارای بیمه‌های خاص با نرخ‌های بالاتر هستند. این مبلغ نیز یکی از مخارج مالکیت است که به هزینه خرید مربوط نمی‌شود .میزان این حق بیمه تحت تاثیر وزن، نوع و سابقه تصادفات و نیز مقدار کارکرد آن می‌باشد.

هزینه بیمه در برابر آتش سوزی، تصادفات، واژگونی و سرقت جز هزینه‌های مالکیت است که در ازای هر قطعه از ماشین به نسبت ارزش آن محاسبه می‌شود .برای پیمانکاران جزء با ماشین‌آلات کم این مقدار در حدود ۱ درصد از ارزش واقعی هر ماشین است .هر چه

پروژه‌ها بزرگ‌تر باشند، این هزینه کاهش می‌یابد. این موضوع بدلیل متوازن شدن موقعیت‌های پرخطرکاری با شرایط کاری ایمن‌تر در پروژه است. بالاترین نرخ برای پوشش بیمه ای حوادث ۱/۵ تا ۲ درصد است. این نرخ ها برای شرایط کاری پرخطر یا پیمانکارانی که در مدیریت، بی ملاحظه تشخیص داده شوند به کار برده می‌شوند .در ایران بیمه تحت عنوان ماشین‌آلات وجود ندارد، بلکه این بیمه تحت بیمه تجهیز کارگاه پوشش داده می‌شود.

۴-۲-۸. هزینه‌های انبار و نگهداری

بسیاری از پیمانکاران حداقل یک جایگاه در نزدیکی محل تعمیر خود برای تعدادی از قطعات یدکی و مصرفی دارند و بقیه موارد در محل دورتری نگهداری می‌شوند . معمولاً می‌توان این ماشین‌آلات را در نزدیکی محل کار نگه داشت تا به محل کار دیگر منتقل شوند.

تملک و نگهداری از محوطه انبار مشخصاً یکی از هزینه‌های بالاسری عمومی است؛ چرا که با خرید یا فروش ماشین‌آلات این امکان گسترش یا کاهش نمی‌یابد. با این حال اگر پیمانکاری بخواهد هزینه‌های انبار را برای هر یک از ماشین‌آلات جداگانه محاسبه نماید، می‌تواند با پیدا کردن هزینه سالیانه بازای هر متر مربع از محوطه انبار، سهم هر ماشین را به ازای مساحتی که اشغال می‌نماید بدست آورد .بعنوان مثال فرض کنید هزینه‌های سالیانه هر متر مربع از یک قطعه زمین که برای انباری استفاده می‌شود، شامل هزینه بهره، مالیات، نگهداری و نگهبان برابر ۲۰۰ تومان محاسبه شده باشد. یک اسکریپر بزرگ با ابعاد ۴ متر در ۱۵ متر، فضای ۶۰ متر مربع اشغال می‌کند و با در نظر گرفتن ۴۰ متر مربع بعنوان فضای مانور نیاز به ۱۰۰ متر مربع خواهد داشت. به این ترتیب هزینه سالیانه انبار برای این اسکریپر ۲۰هزار تومان خواهد بود.

۴-۳. ساعات کارکرد ماشین‌آلات

استهلاک سالانه و سایر هزینه‌های مالکیت ماشین‌آلات به یک رقم ساعتی به عنوان مبنایی برای محاسبه زمان کارکرد ماشین‌آلات تبدیل می‌شوند .در نگاه اول این مساله ممکن است ساده به نظر برسد .فقط لازم است که هزینه‌های سالانه را بر کل ساعات کار سالیانه و یا کل کارکرد تقسیم نمود .به عنوان مثال ماشینی که هزینه‌های ثابت سالانه آن۳/۶ میلیون تومان است و ۱۲۰۰ساعت کار کرده است، هزینه ثابت ۳ هزار تومان در ساعت را خواهد داشت یا اگر هزینه کل آن در طول عمر مفیدش ۱۸ میلیون و کل ساعات کارکرد آن ۶ هزار ساعت باشد، این رقم باز هم ۳ هزار تومان خواهد بود .اما تعیین ساعات کارکرد یک ماشین کار مشکلی است، چرا که تحت تاثیر فاکتورهای متغیری قرار می‌گیرد .در اینجا بحث را به مسائل پیمانکارانی که تنها یک شیفت کار می‌کنند و در معرض تاخیر ناشی از شرایط جوی، بدست آوردن کار جدید و در حال کار نگه داشتن ماشین‌آلات می‌باشند، محدود خواهیم نمود (توران مدیریت ماشین های راهسازی ۱۳۸۸). همچنین به طور عمده به ماشین‌آلات ردیف اول پیمانکار که در بیشتر اوقات مشغول کار می‌باشند پرداخته خواهد شد.

حداکثر به کارگیری: توصیه سازندگان ماشین‌آلات ۲ هزار ساعت کار سالیانه و ۵ سال عمر مفید می‌باشد .اما بیشتر کارهای ساختمانی در روزهای کاری ۸ ساعته و هفته‌های کاری ۵ روزه انجام می‌شود .به این ترتیب حداکثر کار صورت گرفته در سال حدود ۲۰۴۰ ساعت میباشد.

۴-۳-۱. شرایط بد جوی

آب و هوا اغلب ساخت و سازهای سنگین را دشوار و گاهی ناممکن می‌سازد .حداکثر ساعات کاری تحت تاثیر شرایط محل کار قرار دارد .کار در زمین‌های سنگی، شنی یا جاده‌های

ترابری مسطح تحت شرایط بد جوی می‌تواند ادامه پیدا کند. درحالی که همین شرایط، کار را در زمین‌های دارای خاک کشاورزی و رسی یا لجنی غیر ممکن می‌نماید .محدودیت زمانی می‌تواند کار در شرایط بسیار نامساعد را توجیه نماید. فقط به این امید که مقداری پیشرفت در کار حاصل شود.

نوع ماشین نیز بر زمان از دست رفته در شرایط جوی نامساعد موثر است .یک ماشین خاکبرداری که در حال کندن خاک مرطوب است، ممکن است توسط بارش متوقف نشود، مگر اینکه سیلاب ایجاد شود. با این وجود ماشین‌آلات چرخ زنجیری در زمین‌های باتلاقی به راحتی به حرکت ادامه می‌دهند. وسایل نقلیه نیمه پر می‌توانند به حرکت ادامه دهند .در حالی که ماشین‌های پر، در گل فرو می‌روند .در صورت فقدان اطلاعاتی که خلاف این را ثابت کند، برآورد کننده باید اجازه کاهش ۲۰ درصدی ساعات کار سالیانه را بخاطر شرایط جوی صادر کند .در ایران آماری برای این موضوع وجود ندارد، لذا از همین درصد متداول و مرسوم جهانی استفاده می‌شود.

۴-۳-۲. زمان بیکاری

ماشین‌آلات فقط زمانی می‌توانند کار کنند که کاری وجود داشته باشد. یعنی نه تنها کار در حالت کلی، بلکه برای ماشین خاص مورد نظر نیز بایست کار وجود داشته باشد.

برخی پیمانکاران برای پیدا کردن کار در تمام سال یا در تمام فصل های کاری دچار مشکلاتی می‌شوند و برخی نیز دوره‌های طولانی کار نامناسب یا بیکاری را سپری می‌نمایند . تفاوت‌ها مربوط به فعالیت‌های ساختمانی در آن ناحیه، تخصص‌های پیمانکار و تقاضا برای این تخصص‌ها و تا حدودی شانس پیمانکار در مناقصه و فروش خدمات می‌باشد .حتی زمانی که پیمانکار کاری در دست داشته باشد، ممکن است این کار برای تمامی ماشین های او فراهم نباشد .حتی ممکن است ماشین‌آلات خود را بیکار رها کند و با ماشین‌آلات اجاره

ای که در فیلد کاری متداول او نیستند کار کند .به عنوان میانگین کلی یک پیمانکـار توانـا می‌تواند امیدوار باشد که ماشین‌آلات رده اول او ۸۰ درصد مدت زمانی که آب و هوا اجـازه می‌دهد، درحال کار باشند.

۴-۳-۳. اوقات بیکاری ماشین‌ها

حتی زمانی که آب وهوا خوب و کار فراهم است، یک ماشین ممکن است به دلیـل نیـاز بـه تعمیر، یا کمبود مصالح، اعتصاب یا مسائل دیگر قادر به کار نباشد. بیشتر این زمان تعطیلی بعنوان زمان کاری در نظر گرفته خواهد شد (اگر ماشـین اجـاره ای باشـد، بایسـتی اجـاره پرداخت شود)، اما پیمانکار باید زمان از دست رفته را در محاسبه کاری که از ماشین بدست می‌آورد، مورد ملاحظه قرار دهد. چنین تعطیلی‌هایی علاوه بر تاخیر کوتاهی است که بـا در نظر گرفتن ساعات کاری ۴۵ یا ۵۰ دقیقه‌ای محاسبه می‌شود.

۴-۳-۴. خلاصه ساعت کاری

قاعده سرانگشتی برای ساعات کاری ماشین‌آلات سنگین اینست که ۲ هزار ساعت کار تـک شیفتی در نظر گرفته شود، ۲۰درصد به خاطر بدی آب و هوا از آن کـم شـود و دوبـاره ۲۰ درصد بدلیل کمبود کار و ۲۰ درصد نیز برای زمان از دست رفته در کار کم می‌شود کـه در نهایت زمان خالص ۱۰۲۴ یا بعبارتی ۱۰۰۰ ساعت باقی می‌ماند .این قاعده بـه سـه بیسـت مشهور است. این قاعده نیز ممکن است مانند سایر قواعد سرانگشتی دقیق نباشد، بنـابراین بهتر است پیمانکاران برمبنای اطلاعات و مستندات مربوط به کارهای قبلی خود نسـبت بـه اصلاح این عدد اقدام نمایند .اما قبل از اینکه برآورد کننده آن را رد کند باید شرایط خود را به دقت مطالعه نماید تا ببیند که آیا واقعاً شرایط بهتری موجود هسـت یـا کـاملاً نـامطلوب می‌باشند.

این قاعده در مورد معادن و جاهایی که ممکن است کار سه شیفته با هفت روز کاری در هفته صورت بگیرد و بالای ۸۶۰۰ ساعت کار ماشین‌آلات برنامه‌ریزی شده باشد،مناسب نیست.

زمان کارکرد: زمان را می‌توان به صورت تقسیمات ساعت و تقویم یا بر پایه ساعات کاری که نسبتی از این ترکیبات می‌باشد بیان نمود.

۴-۳-۴-۱. ساعات موثر

یک ساعت کاری می‌تواند ۶۰ دقیقه متداول یا به صورت یک ساعت موثر شامل ۵۰ دقیقه یا کمتر تعبیر شود .این تعریف خاص از ساعت امکان ملاحظه زمان‌های تلف شده در کار را فراهم می‌آورد. به عنوان مثال ماشینی که قادر به حرکت دادن ۲ متر مکعب خاک در دقیقه می‌باشد، دارای خروجی ۱۲۰ متر مکعب در ساعت خواهد بود .اما نمی‌توان از هیچ ماشینی انتظار داشت که در شرایط ثابت کار کند؛ چرا که وقفه هایی برای انجام تنظیمات و تعمیرات جزئی، تغییر موقعیت، مواجهه با موانع کندن خاک و غیره پیش می‌آید.

به عنوان مثال تولید واقعی ماشین که در ساعات کاری یک هفته متوسط گرفته می‌شود، شاید ۹۰ متر مکعب باشد که ۷۵ درصد خروجی حداکثر آن است و کارائی ۷۵ درصد نامیده می‌شود .به این معنی که ماشین با ظرفیت ۳ ساعت از ۴ ساعت کار می‌کند. متداول است که این کاهش در ظرفیت به جای کاهش درصد تولید با کاهش تعداد دقایق در یک ساعت کاری بیان شود .در این مثال ساعت کاری ۴۵ دقیقه خواهد بود .در محاسبات آنالیز، راندمان را ۷۰ % منظور می‌نمایند. بنابراین یک ساعت ۴۲ دقیقه‌ای بسیار متداول است.

۴-۳-۴-۲. روز و هفته کاری

یک روزکاری شامل تمامی ساعات کار در طول یک شبانه روز است که معمولاً ۸ ساعت می‌باشد. اما می‌تواند ۸/۵ یا ۱۰ ساعت نیز در اوقات فشار کاری باشد .یک هفته کاری در صنعت ساخت ۶ روز است و برای روزهای بیشتر اضافه کار تعلق می‌گیرد .در ایران بر اساس قانون کار مبنای کارکرد هفتگی برای پرسنل در استخدام باید ۴۴ ساعت باشد .البته این عدد می‌تواند به صورت ۲۲ روز کار و ۸ روز استراحت نیز در ماه توزیع گردد.

۴-۳-۴-۳. سال کاری

سال کاری می‌تواند مشابه سال تقویمی یا سال مالی باشد که از زمانی مناسب آغاز می‌شود . یک سال کاری ۸ ماهه به این معنی است که کار در طول ۴ ماه زمستان عملی تشخیص داده نشده است.

۴-۳-۴-۴. زمان کار

زمانی که از آغاز تا پایان کار به طول می انجامد، به زمان کار موسوم است .زمان تکمیل کار در قرارداد ذکر می‌شود و می‌تواند دارای جریمه دیرکرد باشد .این زمان برحسب ساعت، روز، هفته یا سال سنجیده می‌شود .تعداد روزهای کاری باید از تعداد روزهای تقویمی تمیز داده شود. زمان کار، کنترل خوبی بر میزان پیشرفت پروژه فراهم می‌کند .نمودارهای انجام کار در برابر درصد زمان مصرف شده، نشان دهنده پیشرفت کار بر طبق برنامه زمان بندی شده می‌باشد.

۴-۳-۵. اجاره ماشین‌آلات

انواع مختلفی از اجاره ماشین‌آلات وجود دارند. نوع خاصی از قراردادهای اجاره که در اینجا بررسی می‌شود، اجاره خصوصی است، به گونه‌ای که ماشینی تحت مالکیت یک پیمانکار، توزیع کننده یا موسسه اجاره ماشین‌آلات قرار دارد، به پیمانکاری که در مدت زمان انجام پرداخت، مثل ماشین‌آلات خود از آن استفاده می کند، اجاره داده می‌شود.

پیمانکاری که ماشین‌آلات خود را از کاری به کار دیگر منتقل می‌نماید و مراقبت کافی را به عمل می‌آورد، هزینه‌های عملیاتی کمتری در مقایسه با اجاره ماشین‌آلات خواهد داشت . اما برای کارهای کوتاه مدت که پس از اتمام کار استفاده قابل توجهی از ماشین‌آلات صورت نمی‌گیرد، اجاره ارزان‌تر است .پیمانکارانی که در نقاط مختلف کشور کار می‌کنند، در عوض تملک و انتقال ماشین‌آلات خود از نقطه‌ای به نقطه دیگر ترجیح می‌دهند آنها را اجاره نمایند.

در ایران نحوه اجاره ماشین‌آلات به این ترتیب است که اجاره دهندگان بخش خصوصی طی قرارداد اجاره ای که با پیمانکاران اصلی منعقد می‌کنند، تمام هزینه‌های جانبی ماشین‌آلات نظیر دستمزد راننده، تعمیرات، مالیات و بیمه را متقبل شده و تنها تهیه و تامین سوخت و روغن بر عهده پیمانکار می‌باشد . معمولاً قراردادهای اجاره بصورت ماهانه و بر اساس ساعت کارکرد مشخص بسته می‌شود برخی ماشین‌آلات پرکاربرد نظیر ماشین‌آلات راهسازی بر اساس ساعت کارکرد ۲۵۰ تا ۳۰۰ ساعت در ماه و برخی ماشین‌آلات با کارکرد کمتر مانند پمپ بتن بصورت مقطوع ماهانه اجاره داده می شوند. بنابراین در قراردادهای متداول اجاره در ایران صرفاً پرداخت اجاره ساعتی و هزینه سوخت و روغن بر عهده پیمانکاران می‌باشد .البته در برخی قراردادهای اجاره تا حداقل ساعت کارکرد ماهانه توافق

شده و مازاد آن بصورت ساعتی محاسبه می‌گردد (مرکزآمارایران نتـایج آمـارگیری از کرایـه ماشین آلات عمرانی ۱۳۸۲).

۴-۴. هزینه‌های بهره برداری ماشین‌آلات

مخارج بهره برداری از تجهیزات و ماشین‌آلات در بیشتر مواقع شامل موارد زیر خواهد بود:

سوخت: هزینه سوخت و جابجایی آن

روغن‌کاری: هزینه روغن، گریس، تجهیزات روغنکاری و کارگر

نگه‌داری و تعمیر: قطعات، پشتیبانی، تجهیزات کارگاه و نیروی انسانی

نیروی کار: اپراتور ماشین، کارگر تعویض روغن، کمک کار و ناظرین

۴-۴-۱. سوخت

هزینه سوخت با قدرت، نوع و شرایط موتور، نـوع و شـرایط تجهیـزات و نـوع کـار و درجـه سوخت فرق می‌کند. مصرف سوخت در ارتباط با اسب بخار و بار حمل شده بعداً شـرح داده خواهد شد. هزینه‌های سوخت بسته به قیمت نفت خام، فاصله از منبع، مقادیر تحویل شده، تقاضای فصلی و مالیات اعمالی متفاوت است. مقادیر تحویلی مـی‌توانـد بسـیار مهـم باشـد. هرچه مقادیر تحویلی بیشتر باشد، قطعاً پول کمتری برای سوخت پرداخت خواهـد شـد. در ایران رسم بر این است که در کارگاه‌های بزرگ، پیمانکار پمپ بنزین احداث کرده و شرکت نفت نیز در مقابل نسبت به برقراری سهمیه و تحویل آن در کارگاه اقدام می‌کند که قیمـت آن کمی بیشتر از قیمت مصوب است. در غیر این صورت پیمانکار خـود موظـف بـه خریـد سوخت و انتقال آن به کارگاه با تانکر است. البته در هزینه سوخت باید هزینه انتقال آن بـه جبهه‌های کاری با تانکرهای کوچک (وانت بار) را نیز در نظر گرفت.

۴-۴-۲. روغن‌کاری

هزینه‌های روغن‌کاری شامل قیمت روغن، هزینه مالکیت و بهره برداری از تجهیزات پخش کننده و هزینه نیروی کار می‌باشد.

۴-۴-۳. روغن

سازندگان تجهیزات توصیه می‌کنند که روغن موتور در فواصل زمانی منظم که می‌تواند از ۷۵ تا ۲۰۰ ساعت تغییر نماید، تعویض گردد. این فواصل زمانی را می‌توان در شرایط دشوار محیطی مانند گرد و خاک یا دمای زیاد کاهش داد. ظرفیت مخازن روغن بطور گسترده‌ای بسته به طرح و اندازه موتورها تغییر می‌نماید .در حالی که مصرف روغن در موتورهای جدید ناچیز است، در موتورهایی که رینگ پیستون دچار سایش جدی شده یا نشت روغن وجود دارد،مصرف روغن تا یک بیستم مصرف سوخت بالا می‌رود. با این حال در کارهایی که به طور مناسبی اداره می‌شوند، مصرف روغن از یک پنجاهم مصرف سوخت فراتر نخواهد رفت. تعویض روغن در پاییز بسیار حائز اهمیت است. هرگونه نشتی روغن باعث ورود گرد و خاک به داخل موتور می‌شود و لذا باید در اولین فرصت تعمیر شود.

مصرف گریس در ماشین‌آلات بسیار متفاوت است .بعنوان مثال تراکتور ۲۰ تنی مدل قدیم در هر ۵ ساعت ممکن است ۲ کیلوگرم گریس مصرف نماید .در حالی که ماشین مشابه با آب بندی مناسب تنها در هر هزار ساعت نیازمند تعویض گریس می‌باشند.

عموماً هزینه روغن و گریس یک سوم هزینه بنزین یا یک چهارم هزینه گازوئیل مصرفی است. مساله مهم در برآورد این هزینه‌ها این است که یک سیستم مناسب انتخاب و دنبال شود .پیمانکاری که در هر زمان از یک روش استفاده می‌کند قادر نخواهد بود بین کارهای متفاوت و نیز بین سال‌های مختلف مقایسه انجام دهد. باید توجه داشت که بیشترین هزینه

ناشی از روغن‌کاری، توقف‌هایی است که به واسطه روغن‌کاری نامناسب ایجاد می‌شود (خلدانی شیوه بهره برداری از ماشین‌های راهسازی ۱۳۸۷).

۴-۴-۴. هزینه‌های نگهداری و تعمیرات

بین نگهداری و تعمیرات هیچ مرز تعریف شده‌ای وجود ندارد. متداول این است که نگهداری شامل آیتم‌هایی نظیر تمیز کردن، بازدید، تنظیم، جایگزینی روتین قطعات و جوشکاری‌های موردی است، در حالی که تعمیرات شامل تنظیم و جایگزینی قطعات شکسته یا فرسوده می‌باشد. روغنکاری معمولاً یک آیتم نگهداری محسوب می‌شود و در مواردی اساسی ترین و مهم‌ترین آیتم نگهداری نیز می‌باشد.

بسیاری از پیمانکاران و شرکت‌های اجاره ماشین‌آلات تعمیرات را به دو طبقه کلی تعمیرات اصلی و تعمیرات جزئی تقسیم بندی می‌نمایند .طبقه اول به تعمیرات کارگاهی و طبقه دوم به تعمیرات سرپایی یا میدانی موسوم است .در قراردادهای اجاره‌ای معمولاً تعمیرات کارگاهی توسط مالک انجام می‌شود و سایر تعمیرات توسط پیمانکار صورت می‌گیرد .تعمیرات کلی شامل بازرسی دقیق و بازسازی دوباره کلیه قطعات مورد نیاز یک ماشین می‌شود.

درهرگونه طبقه بندی، مهم‌ترین مساله برای موفقیت یک پیمانکار نگهداری دقیق و تعمیرات بی درنگ است که باعث حفظ دارایی و تجهیزات پیمانکار می‌شود. اگر پیمانکار اطلاعات ثبت شده از تعمیرات ماشین‌آلات داشته باشد، می‌تواند برای برآورد مخارج آتی از آن استفاده نماید .اما اگر این اطلاعات وجود نداشته باشد، ورود تجهیزات جدید به کار، باید با استفاده از اطلاعات ثبت شده و ایده‌های دیگران انجام شود .البته این اطلاعات باید برای مطابقت با شرایط جدید اصلاح گردند .بسیاری از سازندگان برای هزینه‌های تعمیر غیر از لاستیک، ۶۰ تا ۱۰۰ درصد هزینه استهلاک را در طول عمر ماشین پیشنهاد می‌نمایند .

البته فاکتورهای زیادی در این حوزه وجود دارند که موارد ثبت شده تجربی می‌تواند هرگونه تخمینی را پشتیبانی کند. هزینه‌ها تحت تاثیر کیفیت ماشین، در دسترس بودن قطعات آن، استانداردهای روغن‌کاری، مهارت مکانیک‌ها، شرایط کاری، ساعات و سال‌های استفاده و کیفیت نظارت و اجرا می‌باشند (یزدانشناس مجموعه راهنمای تجزیه قیمت های واحد برای ماشین‌آلات و ابزارهای ساختمانی و راهسازی ۱۳۶۲).

۴-۴-۴-۱. هزینه انتهای دوره

هزینه‌های تعمیرات با افزایش عمر ماشین‌آلات افزوده می‌شود .مطلوب است که نرخ افزایش عملی در انتهای دوره عمر محتمل آن محاسبه شود تا تعیین گردد که آیا ادامه استفاده از ماشین اقتصادی است یا خیر.

۴-۴-۴-۲. لاستیک‌ها

لاستیک‌ها بخش مهمی از هزینه‌های قطعات مصرفی را به خود اختصاص می‌دهند و دارای ویژگی‌هایی هستند که گنجاندن آنها را در محاسبات دیگر هزینه، مشکل می نماید.

بررسی غیر سرمایه ای لاستیک ها

روش استاندارد این است که هزینه لاستیک‌ها را قبل از محاسبات استهلاک از قیمت ماشین نو کم می‌کنند .دلیل اصلی برای این کار بدست آوردن سریع‌ترین استهلاک ممکن است . دلیل این کار این است که لاستیک ها جزء فیزیکی ماشین نیستند و با سرعت بسیار بیشتری فرسوده می‌شوند. یک ماشین ممکن است قبل از اینکه کاملاً فرسوده شود، چندین بار لاستیک عوض کند .اگر لاستیک‌های اولیه جزء سرمایه محسوب شود، مالک ماشین علیرغم تعویض آنها همچنان هزینه‌های استهلاک آنها را کم نکرده است. این در حالی است

با وجود عدم پرداخت هزینه جایگزینی آنها، هنوز نتوانسته است کاهش مالیاتی را بر روی قیمت اولیه آنها در پی داشته باشد.

دلیل دیگر برای جدا کردن حساب لاستیک‌ها از ماشین حامل آنها فرسایش آنها با سرعت‌های مختلف و تاثیر پذیری آنها از شرایط متفاوت می‌باشد. در حالی که تاثیر خاک‌های سنگ و شنی و خاک‌های رسی بر روی قطعات مکانیکی ماشین چندان زیاد نیست، این شرایط بر روی فرسایش لاستیک‌ها تاثیر بسیاری دارد. سرمای شدید هزینه‌های تعمیر قطعات ماشین را افزایش می‌دهد، در حالی که ممکن است عمر لاستیک ها زیاد کند.

هزینه عملیاتی لاستیک ها

اصلی ترین هزینه اجرایی لاستیک جایگزینی آن است .هزینه واقعی تقسیم بر ساعات کار، هزینه ساعتی لاستیک را مشخص می‌کند. از آنجا که بسیاری لاستیک ها در اثر اتفاقات یا استفاده ناصحیح زودتر از موعد از رده خارج می شوند، باید عمر تعدادی لاستیک را میانگین‌گیری نمود تا رقم منصفانه‌ای برای عمر لاستیک بدست آید .تعمیرات و نگهداری لاستیک ها ۱۵ درصد هزینه تعویض آنها در نظر گرفته می‌شود.

۴-۴-۵. هزینه نیروی کار

علیرغم مکانیزه شدن کارها هزینه نیروی کار بخش مهمی از هزینه‌های کارهای ساختمانی سنگین میباشد .هزینه اپراتور اغلب از هزینه ماشین جدا می‌شود، چرا که از مکانی به مکان دیگر فرق می‌کند. اپراتور معمولاً بیشتر از تعداد ساعات کار، پول دریافت می‌کند . معمولاً حقوق اپراتور مطابق گزارش روزانه پرداخت می‌شود و بستگی به انجام کار یا بیکاری ندارد . در طول وقفه های کوتاه مدت میان کار نیز این پرداخت ها به اپراتور صورت می گیرد.

اگر پرداخت به اپراتور بر پایه دستمزدهای سالیانه صورت گیرد، باید برای بدست آوردن نرخ ساعتی دستمزد او به ساعات کارکرد ماشین تقسیم شود .برای پیدا کردن هزینه کلی نیروی کار باید مالیات و سایر اقلام بالاسری مانند بیمه نیز اضافه شود .هزینه‌هایی مانند بیمه بیکاری، مزایای جانبی، ذخیره بازنشستگی و مسافرت‌های خاص و پرداخت های زمان بیکاری نیز بایستی مدنظر قرار گیرد.

۴-۵. عمر اقتصادی ماشین‌آلات

صاحب ماشین‌آلات علاقمند به فراهم آوردن امکانات لازم، جهت ایجاد کمترین هزینه برای هر واحد تولید است .برای انجام این موضوع مالک باید از برنامه تعویض ماشین‌آلات مطلع باشد .اگر مالک آنها را زودتر تعویض نماید، باید مقداری ضرر بی مورد در سرمایه را متحمل شود .در مقابل اگر زیاد صبر کند از زمان بهره برداری اقتصادی ماشین‌آلات خواهد گذشت. به منظور تعیین بهترین زمان اقتصادی جهت تعویض ماشین‌آلات باید بایگانی کاملی از هزینه نگهداری و هزینه تعمیرات و زمان خرابی هر ماشین ایجاد شود. مالک باید هزینه‌های مربوط به مالکیت و بهره برداری از ماشین‌آلات و تاثیر ادامه کار بر روی این مخارج را مورد بررسی قرار دهد .مخارجی که باید مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

۴-۵-۱. هزینه استهلاک و تعویض

زمانی‌که تعویض ماشین‌آلات مورد بررسی قرار می‌گیرد، دانستن ارزش نهایی ماشین و هزینه تعویض آن با ماشین مشابه لازم می‌باشد. به علت افزایش قیمت متوسط ماشین‌آلات حدود ۵ درصد در سال‌های گذشته و احتمال ادامه آن در آینده، باید این افزایش در تجزیه و تحلیل استهلاک و تعویض در نظر گرفته شود .ارزش نهایی باید مقدار واقعی باشد که هنگام معامله برای تعویض ماشین‌آلات بتوان آن‌را فروخت.

۴-۵-۲. هزینه‌های سرمایه گذاری

برای بدست آوردن سرمایه‌گذاری یک نسبت درصد کلی که نماینده سرمایه گذاری مالیات‌ها و بیمه می‌باشد، در قیمت ماشین‌آلات ضرب می‌شود تا مخارج سالیانه برای اقلام فوق بدست آید.

۴-۵-۳. هزینه‌های نگهداری و تعمیر

به علت تغییرات زیاد در هزینه نگهداری و تعمیرات که به وضعیت کاری ماشین‌آلات وابسته است، داشتن یک بایگانی دقیق برای این نوع هزینه‌ها بسیار مهم می‌باشد.

۴-۵-۴. هزینه زمان بیکاری

زمان بیکاری عبارت از زمانی است که ماشین در اثر خرابی کار نمی‌کند، زمان بیکاری با سنوات خدمت ماشین رابطه مستقیم دارد. آمادگی عبارتست از زمانی است که ماشین مشغول تولید واقعی بوده یا آماده برای تولید می‌باشد و بر حسب درصد بیان می‌گردد. برای مثال اگر ماشینی ۵ درصد از زمان بیکار باشد، آمادگی کار آن ۹۵ درصد است.

نیروی تولید عبارت از مقیاس اندازه‌گیری توانایی تولید ماشین‌آلات در وضعیت معمولی است .اگر نیروی تولیدی ماشین در اثر استفاده از آن کاهش پیدا کند، تاثیر این کاهش باعث افزایش هزینه تولید و در نتیجه باعث افزایش هزینه ساعتی در صورت ادامه کار با ماشین می‌گردد.

۴-۵-۵. هزینه مطرودی (از کارافتادگی و اسقاطی)

سابقه ماشین‌آلات ساختمانی نشان می‌دهد که پیشرفت های مستمر در جهت استفاده از ظرفیت تولید باعث کاهش هزینه تولید گردیده است .استفاده از این پیشرفت‌ها که فقط با تعویض ماشین‌آلات قدیمی با ماشین‌آلات جدید عاید می‌شود، باعث کاهش تمایل به ادامه مصرف ماشین‌آلات قدیمی گردیده است .برای مثال اگر یک ماشین جدید بتواند هزینه تولید را ده درصد کاهش دهد، وقتی که با هزینه تولید ماشین موجود مقایسه می‌گردد، ملاحظه می‌شود که ماشین موجود باید ضرری بارزش ده درصد را متحمل شود. این مبلغ بعنوان ضرر مطرود شدن تعریف می‌شود .کوتاهی در استفاده از مزیت تقلیل هزینه تولید در اثر استفاده از ماشین‌آلات جدید باعث افزایش غیر ضروری هزینه تولید برای صاحب ماشین‌آلات قدیمی می‌گردد.

۴-۶. محاسبه مخارج ساعتی مالکیت و بهره برداری از ماشین‌آلات

برای بدست آوردن مخارج ساعتی، کل مخارج ثابت سالانه که شامل مخارج مالکیت، استهلاک، نگهداری و تعمیر و هزینه سرمایه گذاری است، به دست آورده، سپس مجموع آنها بر تعداد ساعات بهره‌گیری از ماشین در سال تقسیم می‌گردد. دستورالعمل‌های مختلفی برای محاسبه هزینه ساعتی ماشین‌آلات وجود دارد که در اینجا به بررسی آنها پرداخته نمی‌شود.

۴-۷. معیارهای موثر در تامین ماشین‌آلات

خرید یک ماشین جدید یا کار کرده مستلزم در نظر گرفتن نوع و حجم کار در دست انجام و مورد انتظار، قیمت و وجود مدل‌های مناسب به علاوه مهارت شخصی که ماشین را بکار خواهد برد و نیز وضعیت کاری و استراتژی سازمان می‌باشد.

۴-۷-۱. اندازه

بحث اندازه ماشین باید به درستی مورد توجه قرار گیرد. یک ماشین حفاری بزرگ بسیار گران‌تر و دارای هزینه‌های حمل و نقل بیشتری است و نیز به فضای کاری بیشتری نیاز دارد. البته در یک زمان مشخص قادر به حرکت دادن مواد بیشتر و کار کردن در زمین‌های سخت‌تر بوده و در صورت وجود فضا برای کار، هزینه کمتری بازای هر مترمکعب خاک کنده شده خواهد داشت. به دلیل حجم زیاد سوخت و روغن مورد استفاده و وزن قطعات، سرویس و نگهداری آن سخت‌تر است. در زمین‌های نرم به راحتی فرو می‌رود، ولی در زمین‌های سفت کمتر دچار مشکل می‌گردد.

در زمین‌های نرم و جاهایی که فضای کار محدود است و یا شرایط نامساعد دیگری برای کار کردن ماشین‌های بزرگ وجود دارد، یک ماشین کوچک‌تر نه تنها با هزینه کمتری بازای هر متر مکعب خاک کار می‌کند، بلکه می‌تواند حجم بیشتری را نیز جابجا نماید. ماشین بزرگ‌تر به نسبت، بازگشت سرمایه بیشتری به هنگام فروش به همراه دارد و در کل میتوان جمع بندی نمود که تمایل به استفاده از ماشین‌آلات بزرگ‌تر بیشتر است.

۴-۷-۲. انتخاب ماشین نو یا کار کرده به منظور خرید

برخی پیمانکاران موفق، فقط ماشین‌آلات نو خریداری می‌کنند، در حالی که برخی دیگر تنها تجهیزات کارکرده را می خرند. در مجموع یک ماشین نو، مشکلات مکانیکی کمتری به همراه دارد و خدمات پس از فروش بهتری را از طرف فروشنده دریافت خواهدکرد. البته هزینه خرید بسیار بالاتر و افت قیمت آن هنگام نیز فروش بیشتر است. ولی از طرفی ارزش تبلیغاتی و اعتباری برای شرکت پیمانکاری دارد.

خریدار ماشین کارکرده باید در مورد شرایط مکانیکی و قیمت‌های بازار اطلاع کافی در اختیار داشته باشد و منتظر حراجی‌ها و سایر فروش‌های اجباری باشد. ممکن است زمانی زیادی برای یافتن یک مدل خاص با قیمت خوب صرف شود. به طور متوسط هزینه تعمیرات بسیار بیشتر بوده و خدمات در مقایسه با ماشین جدید رضایت‌بخشی کمتری به دنبال خواهد داشت. خریداران با تجربه ماشین های دست دوم، اغلب پس از دریافت مقدار معتنابهی کار از این ماشین‌ها قادر به فروش آنها با بهره خوب می‌باشند.

۴-۷-۳. هزینه

پیمانکار باید هزینه خرید تجهیزات مورد نظر خود را به دو طریق نقد و اعتباری که برای خرید و به کارگیری ماشین کنار گذاشته شده و ارتباط بین هزینه مالکیت و عملکرد مالی ماشین، مورد ملاحظه قرار دهد. مخارج اولیه برای پیمانکاری که منابع مالی محدودی در اختیار دارد، آیتم مهمی محسوب می‌شود، ولی برای پیمانکاران بزرگ با بنیه مالی قوی در مقابل هزینه‌های طولانی مدت فاکتور چندان مهمی نیست.

۴-۸. روش‌های اجرا و انتخاب صحیح ناوگان ماشین‌آلات

۴-۸-۱. روش های اجرایی

با پیدایش ماشین‌آلات‌سنگین و روش‌های جدید انجام کـار، کـل زمـان لازم بـرای اجـرای پروژه‌های مهندسی راه و ساختمان به نحو چشم‌گیری کـاهش یافتـه اسـت. در کشـورهای دارای نرخ دستمزد بالای کارگر استفاده از ماشین‌آلات به سرعت و صر فه جویی اقتصـادی بیشتر منجر شده می‌گردد، اما در مکان هایی کـه نـرخ دسـتمزد پـایین اسـت، اسـتفاده از ماشین‌آلات سنگین تنها برای صرفه جویی در زمان توجیه پذیر است، البته در صـورتی کـه زمان ارزش سرمایه ای زیادی داشته باشد. با این حال انجـام برخـی کارهـا (صـرف نظـر از هزینه کار) بدون استفاده از ماشین‌آلات بزرگ ممکن نیست، اما برای کارهای کوچک هنوز هم روش‌های دستی در بسیاری موارد ارزان‌تر از به کار بردن تجهیـزات مکـانیکی سـنگین تمام می‌شود .قبل از انتخاب روش صحیح اجرا باید پروژه و عملیات تشکیل دهنده آن را به دقت مورد بررسی قرار داد. نیروی کار زیاد، درجه بالایی از مکانیزاسیون یا ترکیبی از نیروی کار و نیروی مکانیکی سه راه حلی هستند که باید مـورد توجـه قـرار گیرنـد. گسـتردگی و پیچیدگی کارهای منفرد و زمان محدود انجام پروژه‌های عمرانی اخیر افزایش چشـم‌گیـری یافته است. این وضعیت سبب شده تا توجـه مهندسـین بـر روی بررسـی جزئیـات تمـامی روش‌های اجرایی ممکن متمرکز گردد.

انتخاب روش اجرایی جزء ضروری برنامه‌ریزی یک پروژه‌ی عمرانـی محسـوب مـی‌شـود. روش‌های پایه‌ای عملیات ساختمانی بر اساس سال‌ها تجربه وبا استفاده از روش‌های سـنتی به وجود آمده‌اند. البته در برخی شرایط متناسب با موقعیت‌های ویژه تغییراتی در روش‌های اجرایی سنتی داده می‌شود و در مواقع ضـروری بـا قضـاوت مهندسـی معمـولاً روش‌هـای جدیدی ابداع می‌گردد.

ملاحظات اساسی در انتخاب روش‌های اجرایی و ماشین‌آلات، با توجه به ماهیت پروژه موجود متفاوت است. به عنوان مثال در کارهای پراکنده معمولاً چند کاره بودن تجهیزات امری ضروری است تا بدین ترتیب بتوان کارهای کوچک را بدون جابجایی زیاد ماشین‌آلات یا بیکاری بیش از حد آنها انجام داد (مساله ای که اغلب در مورد اقلام تخصصی وجود دارد). یک نمونه خوب بیل مکانیکی دوزری است که علاوه بر پاک‌سازی درختان سبک روی معدن قرضه و برداشتن مواد سطحی، می‌تواند با شکافتن مواد سخت، کار حفاری و بارگیری مواد را نیز انجام دهد. استفاده از چنین دستگاهی سبب پیوستگی عملیات، صرفه جویی در هزینه‌های حمل و نقل و صرفه جویی اقتصادی کلی می‌شود، هر چند که هر یک از این عملیات جداگانه را با ماشین‌آلات مخصوص می‌توان به شکل بهتر و با قیمت پایین‌تری انجام داد. یکی از هدف های مفید و قابل مطالعه در ساخت ماشین‌آلات می‌تواند ساخت دستگاه‌هایی با بدنه ثابت باشد که با اضافه کردن ادوات مختلف و نصب بر روی آن بتوان آن را به دستگاهی چند کاره تبدیل نمود. این روش در صورت به کارگیری، به نفع استفاده کنندگان از ماشین‌آلات با حداقل هزینه خواهد بود و بسیاری از عملیات را با یک دستگاه با بدنه ثابت که روی آن ادوات و ابزارهای متعددی قابل نصب و سوار شدن است می‌توان انجام داد. به عنوان مثال می‌توان به مینی لودرهای چندکاره اشاره نمود که با یک بدنه ثابت و استفاده از ابزارهای جانبی آن، عملیات مختلفی از قبیل برش آسفالت، حفاری، حمل خاک، تسطیح و یا کوبش را انجام می‌دهند. بعضی از سازندگان بزرگ ماشین‌آلات سنگین روندی خلاف این مطلب را تعقیب می‌نمایند و آن عبارت از ساختن ماشین‌هایی است که منحصراً یکی از عملیات خاکی را انجام خواهند داد. در مورد کارهای پراکنده باید به محدود کردن ابعاد ماشین‌آلات در جهت اقتصادی بودن حمل و نقل آنها نیز توجه کرد. در مقابل در پروژه‌های عظیم و ثابتی نظیر سد یا تونل می‌توان از تجهیزات بسیار تخصصی و در برخی

موارد نسبتاً سنگین نیز استفاده کرد. بنابراین پس از استفاده از این تجهیزات، چنانچه پروژه مناسب دیگری وجود نداشته باشد، می‌توان آنها را فروخت.

بسیاری از ماشین‌آلات نیز مانند سازه‌های دائمی، خود به فوندانسیون‌های خوب نیاز دارند. در صورت مناسب بودن محوطه ساختمانی از تجهیزات متحرک سنگین استفاده کرد، در غیر این صورت به تجهیزات سبک‌تر نیاز خواهد بود. در کارهایی نظیر پل سازی که به حایل موقت نیاز است، وزن ماشین‌آلات روی حایل موضوعی جدی است. ایمنی کار همواره از اهمیت درجه یک برخوردار است و ثبات دستگاه عاملی اساسی در انتخاب آن محسوب می‌شود .به عنوان مثال تجهیزات بار برداری متحرک معمولاً سنگین هستند و در طول‌های دسترسی بلند ظرفیت نسبتاً پایینی دارند. بنابراین آنها را باید در نزدیکی محل کار مستقر کرد. هنگام بلند کردن بار، مرکز ثقل به سمت جلو حرکت می‌کند و به این ترتیب فشارهای سنگینی به قسمت زیرین انتهای ماشین تحمیل می‌گردد.

با توجه به مطالب ذکر شده، انتخاب روش‌های مناسب اجرا بسته به ماهیت پروژه، نوع کار و حجم عملیات برای پروژه‌های مختلف متفاوت بوده و در هر مورد مدیر پروژه می‌بایست با بررسی شرایط پروژه روش مناسب را اتخاذ نماید (لروی پیوریفوی، بهبهانی و خاکی ماشین‌آلات ساختمانی و روش های اجرایی ۱۳۸۵).

۴-۸-۲. تعیین حجم عملیات و برنامه‌ریزی انجام عملیات

در صنعت ساخت و ساز کلمه تولید دارای معنای مشابهی با خروجی کار می‌باشد که در لغت به معنی میزان کار انجام شده در زمان مشخص است .تولید در عمل ممکن است از سه دیدگاه مورد توجه قرار گیرد:

۱- بر اساس نیاز کاری کل: به عنوان مثال اگر برنامه زمان‌بندی برای ۲۰۰ روز کار به منظور انتقال ۱۰۰۰۰۰۰ مترمکعب خاک تنظیم شده باشد، میزان تولید ماشین‌آلات پیمانکار باید ۵۰۰۰ متر مکعب در روز باشد.

۲- میزان تولید یک ماشین مشخص: برای تعیین تعداد ماشین‌آلات مورد نیاز در نظر گرفته شود. به عنوان مثال برای

جابجایی ۵۰۰۰ متر مکعب خاک در روز به ۱۰ اسکریپر با ظرفیت تولید ۵۰۰ متر مکعب بر روز نیاز می‌باشد.

۳- میزان تولید برای هزینه: این میزان باید بسیار دقیق بوده و نیازمند مشخص بودن ماشین‌آلات می‌باشد.

اندازه‌گیری حجم عملیات ممکن است بر حسب نیاز و شرایط موجود بر اساس موارد زیر محاسبه شود:

۴-۸-۲-۱. اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس حجم

لازم به ذکر است اکثر کارهای عملیات خاکی بر اساس حجم اندازه‌گیری می شوند .حجم محاسبه شده ممکن است در مورد خاک کنده نشده، کنده شده و یا متراکم شده باشد.

۴-۸-۲-۲. اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس وزن

در مورد معادن، وزن واحد اندازه گیری میزان عملیات انجام شده می‌باشد. محصولاتی از قبیل سنگدانه‌های مصرفی، سیمان و غیره نیز معمولاً بر اساس وزن اندازه گیری می‌شوند.

۴-۸-۲-۳. اندازه‌گیری عملیات انجام شده بر اساس سطح

در بسیاری مواقع وزن و حجم نمی‌توانند معیار خوبی برای ارزیابی کار انجام شده باشند. به عنوان مثال در بوته کنی و ریشه کنی زمین، زمان و هزینه پاکسازی در هر منطقه عملیاتی متفاوت است. از این رو بوته کنی و ریشه کنی معمولاً بر اساس اندازه سطح پاکسازی شده گزارش می‌شود .همچنین در مواردی که ضخامت عملیات مشخص و تعیین شده باشد از معیار سطح استفاده می‌شود. عملیات تراکم و تسطیح در این دسته قرار می گیرد.

۴-۸-۲-۴. اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس طول

در کارهایی از قبیل ایجاد زهکش‌ها و کانال‌ها که در طول وسیع ابعاد مقطع تغییر نمی‌کند، ممکن است حجم عملیات بر اساس میزان طول کار انجام شده مورد محاسبه قرار گیرد.

۴-۸-۳. ارتباط حجم عملیات با تعداد ماشین‌آلات

پس از محاسبه حجم عملیات، چگونگی برنامه یزی اجرایی پروژه‌ها با توجه به حجم پروژه و انتخاب صحیح ناوگان ماشین‌آلات شرح داده می‌شود. در هر پروژه ساخت یک سیستم با چهار قید هدف، هزینه، زمان و منابع اعمال می‌گردد .تمامی این قیود تابع یکدیگر هستند، زیرا تغییر در هر یک، سبب تغییر در دیگری می‌شود .در تمام مدت طول عمر پروژه، هزینه مهم‌ترین پارامتر می‌باشد. منابع معمولاً دارای محدودیت هستند. در یک پروژه عملیات خاکی که در آن هدف معمولاً برداشت خاک، جابجایی آن، ریختن و انجام عملیات روی خاک ریخته شده می‌باشد، مدیر پروژه می‌بایست برای منابع مورد نیاز در دراز مدت و کوتاه مدت برنامه‌ریزی کند تا منابع در موقع نیاز در دسترس قرار گیرند. معمولاً منابع به نیروی انسانی، تجهیزات و ماشین‌آلات و مصالح تقسیم می‌شوند. در بعضی پروژه‌ها مانند عملیات خاکی، ماشین‌آلات مهم‌ترین و پر هزینه ترین منابع موجود می‌باشند.

برای محاسبه و انتخاب ماشین‌آلات مورد نیاز در یک پروژه عملیات خاکی از نرخ تولید آنها استفاده می‌شود. در عمل همواره پیمانکاران در آماده و مهیا کردن ماشین‌آلات محدودیت دارند. کمبود این منابع اصلی می‌تواند نقش موثری در شروع، انجام و تکمیل فعالیت‌ها داشته و سبب افزایش مدت پروژه بیشتر از مدت پیش بینی شده گردد. بنابراین در یک پروژه هدف اصلی، حداقل کردن هزینه کلی عملیات می‌باشد. برای ایجاد تصویری صحیح از مساله می‌بایست ابتدا معلومات و مجهولات مساله را مشخص نمائیم.

معلومات مساله شامل حجم کلی عملیاتی پروژه، مدت زمانی که می‌بایست پروژه طی آن زمان به اتمام برسد، تعداد و مشخصات کلیه ناوگان‌هایی که می‌توان از آنها برای این پروژه استفاده نمود و همچنین میزان تولید و هزینه متناظر برای هر ناوگان می‌باشند. در مقابل قسمت مجهول برنامه‌ریزی دقیق، اجرای عملیات می‌باشد.

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های چشم‌گیری در رابطه با بررسی اندرکنش احجام و روش‌های اجرای پروژه‌ها با ماشین‌آلات

مرتبط و انتخاب بهینه آنها از لحاظ نوع، ظرفیت و تعداد صورت گرفته است. استفاده از دو روش برنامه‌ریزی خطی و سیستم‌های خبره از روش‌های مرسوم برای حل این مسئله می باشد.

۴-۸-۴. ارتباط ما بین زمان اجرای پروژه و ظرفیت ماشین‌آلات:

پس از برنامه‌ریزی دقیق قسمت‌های مختلف پروژه و زمان‌بندی فعالیت‌ها، می‌بایست منابع موجود در پروژه را نیز به گونه‌ای به فعالیت‌های مختلف پروژه تخصیص داد، تا امکان انجام آنها در مدت زمان برآورد شده و به صورتی کارآمد فراهم گردد. منابع مورد نیاز فعالیت‌ها را می‌توان تحت پنج عنوان نیروی انسانی، ماشین‌آلات، مصالح، پول و زمان تقسیم بندی کرد. میزان مواد مورد نیاز هر فعالیت با توجه به طبیعت آن متفاوت است. مصالح را باید به

گونه‌ای تخصیص داد که همه مصالح مورد نیاز هر یک از فعالیت‌های پروژه در زمان مناسب و به اندازه کافی، نه کمتر و نه بیشتر، در اختیار پروژه مورد نظر قرار داشته باشد. این امر مستلزم استفاده از سیستم ای سفارش دهی و انبارداری مناسب و کنترل دائمی عملکرد آنهاست. به رغم اینکه پول نیز یکی از منابع اساسی مورد نیاز فعالیت هاست، ولی نمی‌توان آن را به معنای خاص کلمه تخصیص داد. در واقع پول چیزی را نمی‌سازد، ولی با آن می‌توان سایر منابع مورد نیاز فعالیت ها را خریداری کرد. بدین ترتیب پول امکان تخصیص سایر منابع همچون نیروی انسانی و ماشین‌آلات را کنترل می‌کند .از طرفی زمان نیز منبعی است که تخصیص آن بصورت غیر مستقیم و از طریق تخصیص منابعی همچون نیروی انسانی و ماشین‌آلات صورت می‌گیرد.

بدین ترتیب تنها دو منبع از منابع پنج‌گانه، یعنی نیروی انسانی و ماشین‌آلات را می‌توان بدون واسطه و بطور مستقیم به هریک از فعالیت‌ها تخصیص داد. بعبارت دیگر نیروی انسانی و ماشین‌آلات را در مسائل تخصیص می‌توان به منزله متغیرهای مستقل منظور کرد. در حالی که پول، زمان و مصالح، نمایش‌گر متغیرهای واسطه‌ای می‌باشند که مقدار آنها تعیین‌کننده میزان کارآیی سیاست بکارگرفته شده برای تخصیص نیروی انسانی و ماشین‌آلات است. در حالت کلی تخصیص ماشین‌آلات و نیروی انسانی به فعالیت‌های مختلف پروژه باید به گونه‌ای باشد که همه اهداف مورد نظر را تأمین کند. به منزله مهم‌ترین اهداف در زمینه تخصیص نیروی انسانی و ماشین‌آلات می‌توان از کمینه سازی زمان یا هزینه انجام پروژه، محدود کردن زمان یا هزینه انجام پروژه و ثابت نگه داشتن منابع نام برد. مراحل مختلف یک پروژه اجرایی مستلزم حل مسائل تخصیص منابع متفاوتی است.

هدف از حل مسأله تخصیص منابع تعریف شده در ابتدای یک پروژه اجرایی با زمان تداوم طولانی معمولاً حداقل کردن هزینه اجرایی پروژه است، که در آن زمان تداوم پروژه به منزله یکی از قیود مسأله منظور شده است، در حالی که در این بخش مسأله تخصیص

مورد استفاده در انتهای پروژه یا در طول مدت اجرای آن، به دلیل تأخیرهای ایجاد شده در مراحل قبلی، با هدف کم کردن زمان اجرای پروژه و در عین حال ایجاد کمترین هزینه ممکن، تعریف و حل می‌شود.

بحثی که در بالا بیان شد در مورد تمامی پروژه‌های ساخت از جمله پروژه‌های عملیات خاکی صادق می‌باشد. در عملیات‌های خاکی، ماشین‌آلات بدون تردید مهم‌ترین منابع موجود می‌باشند و می‌بایست با دقت مورد ارزیابی قرار گیرند. برای انجام یک پروژه با احجام عملیاتی مشخص، تغییر در تعداد و ظرفیت ماشین‌آلات، هم روی هزینه(به سبب تغییر در تعداد موارد هزینه ساز) و هم روی زمان (به سبب تغییر در میزان تولید) اثر می‌گذارد. گاهی اوقات محدودیت در تعداد ماشین‌آلات وجود دارد و یا به دلایلی نیاز است تا هزینه‌های پروژه کمتر گردد. در چنین مواردی با کم شدن تولید ناوگان‌های ماشین‌آلات، مدت زمان فعالیت‌های پروژه افزایش خواهد یافت که ممکن است به افزایش زمان کل پروژه نیز بیانجامد و گاهی نیز منجر به افزایش میزان هزینه‌های پروژه و یا امکان جریمه شدن پیمانکار می‌گردد.

عکس این موضوع نیز صادق می‌باشد .در عمل موارد بسیاری وجود دارد که کوتاه کردن مدت پروژه را ضروری می سازد. برای مثال ممکن است روند ساخت به گونه‌ای باشد که با روند فعلی، امکان به اتمام رساندن پروژه در تاریخ مقرر فراهم نگردد و در نتیجه پیمانکار برای اجتناب از جریمه تأخیر، مدت را کاهش دهد. همچنین در بعضی موارد، پیمانکار برای اجتناب از هوای نامساعد در فصل سرما یا برای آزاد کردن ماشین‌آلات و نیروی انسانی، اقدام به کاهش مدت پروژه نماید که این کاهش مدت پروژه مطمئناً همراه با افزایش هزینه‌ها به سبب افزایش تعداد و ظرفیت ماشین‌آلات خواهد بود. بنابراین مدت و هزینه هر عملیات در پروژه‌های ساخت تا اندازه ای قابل تبدیل با یکدیگر می‌باشند که به نام موازنه هزینه و زمان شناخته می‌شود. پس هدف از این بخش طراحی ناوگان های بهینه برای عملیات مختلف

می‌باشد تا بتوان به اهداف پروژه که همان داشتن کمترین هزینـه و زمـان بـرای آن پـروژه است، دست یافت .معلومات و مجهولات مسأله را برای روشن شدن مسأله مرور می‌کنیم:

معلومات مسأله شامل احجام مشخص برای عملیات‌های پروژه و برنامه‌ریزی دقیق اجرای عملیات‌هاست. در حالی که ترکیب ناوگان‌های انجام دهنده این عملیات‌ها، زمـان و هزینـه عملیات‌ها، متناظر با ناوگان انتخاب شده، به عنوان مجهول در نظر گرفته می‌شوند.

در ارتباط با انتخاب ناوگان‌های مختلف ماشـین‌آلات و تـأثیر آنهـا روی زمـان و هزینـه پروژه‌های عملیات خاکی مطالعات بسیاری صورت گرفته که روش‌های طراحی گـروه کـار و تحلیـل آن از طریـق شـاخص هزینـه و اسـتفاده از شـبیه سـازی کـامپیوتری دو مـورد از پرکاربردترین این روش‌ها محسوب می‌گردد.

خلاصه

در این فصل ضرورت مدیریت ماشین آلات ساختمانی به عنوان یکی از اجزای اصلی کارهای مدیریت پروژه تذکر داده شد. سپس به عوامل موثر در انتخاب ماشـین آلات اشـاره شـد. از آنجا که بازده ماشین آلات مهم‌ترین این عوامل می باشد در ادامه انواع بازده و عوامل مـوثر در افزایش آن تعریف شد. سپس به بررسی هزینه‌های تهیه، بکارگیری و نگهـداری ماشـین آلات پرداخته شـد. هزینـه هـای تملک،سـرمایه، مالیـات دارایـی، شـماره گـذاری و بیمـه هزینه‌های عمده تملک و بهره برداری بودند که توضـیح داده شـدند. البتـه در هزینـه‌هـای تملک، استهلاک و چند روش برای محاسبه آن به عنوان مهم‌ترین هزینه تملک تبیین شد. در هزینه سرمایه نیز چگونگی محاسبه نرخ سود و سود اقساطی بیان شد.

مزیت محاسبه ساعات کارکرد ماشین آلات و چگونگی این محاسـبه بحـث شـد. سـپس موارد هزینه‌های بهره برداری گفته شده و در ادامه نیز هزینـه‌هـای تعمیـرات و نگهـداری و نیرویی کار تبیین گشت. در محاسبه هزینه‌ها، محاسبه عمر اقتصـادی ماشـین آلات بسـیار

مهم است که توضیح داده شد. در انتها نیز نحوه انتخاب صحیح ماشین آلات با توجه به شیوه اجرا و میزان و حجم عملیاتی که باید توسط ماشین آلات انجام شود، مورد بررسی قرار گرفت.

خودآزمایی

۱- ضرورت مدیریت ماشین آلات چیست؟

۲- عوامل موثر در انتخاب ماشین آلات کدامند؟

۳- عوامل موثر در بازدهی ماشین آلات کدامند؟

۴- هزینه‌های تهیه، بکارگیری و نگهداری ماشین آلات را ذکر کنید؟

۵- مزایا و معایب خرید ماشین آلات چیست؟

۶- روش‌های محاسبه استهلاک ماشین آلات چگونه است؟

۷- چگونگی محاسبه استهلاک ماشین آلات براساس ساعات کارکرد را توضیح دهید؟

۸- چگونگی محاسبه استهلاک ماشین آلات براساس واحد کارکرد را توضیح دهید؟

۹- ۳ روش محاسبه هزینه سرمایه چگونه است؟

۱۰- به جز هزینه تملک و سرمایه سایر هزینه‌های بهره برداری از ماشین آلات کدام است؟

۱۱- محاسبه ساعات کارکرد چه فایده ای دارد؟

۱۲- در ایران نحوه محاسبه اجرای ماشین آلات چگونه است؟

۱۳- تفاوت بین هزینه‌های تعمیرات و هری های نگهداری چیست؟

۱۴- مهم‌ترین هزینه قطعات مصرفی برای کدام قطعه است و چگونه محاسبه می‌شود؟

۱۵- هزینه نیروی کار در هزینه های ماشین آلات شامل چه مواردی است؟

۱۶- برای محاسبه عمر اقتصادی ماشین آلات چه مواردی را باید در نظر گرفت؟

۱۷- معیارهای موثر در تامین ماشین آلات کدامند؟

۱۸- سه دیدگاهی که با توجه به آن میزان تولید ماشین آلات را محاسبه می‌کنند کدامند؟

۱۹- اندازه‌گیری حجم عملیات ماشین آلات براساس چه مواردی محاسبه می‌شود؟

۲۰- ارتباط بین حجم عملیات و تعداد ماشین آلات را توضیح دهید؟

فصل پنجم

اصـــــول روش ســـــاخت سازه‌های بتنی و فــولادی و روش‌های نگهداری آنها

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می باشد:

۱. آشنایی با بتن و سازه‌های بتنی

۲. آشنایی با تکنولوژی بتن و انواع بتن مانند بتن با دوام زیاد، بتن سبک، بتن با نرمی بـالا و بتن با آرماتور غیر فولادی

۳. آشنایی با انواع عوامل خرابی و فرسودگی بتن و راه‌های ترمیم

۴. آشنایی با فولاد و سازه‌های فولادی

۵. آشنایی با روش‌های طراحی و توجیه استفاده از فولاد

۶. آشنایی با اشکالات و ضعفهای سازه‌های فولادی

۷. آشنایی با انواع اتصالات سازه‌های فولادی

۵-۱. سازه‌های بتنی

بتن و فولاد دو نوع مصالحی هستند که امروزه بیشتر از سایر مصالح در ساختمان انواع بناها از قبیل ساختمان پل‌ها،ساختمان سدها، ساختمان متروها، ساختمان فرودگاه‌ها و ساختمان بناهای مسکونی و اداری و غیره به کار برده می‌شوند. مسلما بدون این دو محصول پیشرفت جوامع بشری به شکل کنونی میسر نبود. با توجه به اهدافی که از ساخت یک بنا دنبال می‌شود، بتن و فولاد به تنهایی و یا به صورت مکمل کار برد پیدا می‌کنند. فولاد به لحاظ اینکه در شرایط به دقت کنترل شده‌ای تولید می‌شود و مشخصات و خواص آن از قبل تعیین و با آزمایشات متعددی کنترل می‌گردد، دارای کاربری آسان‌تری از بتن است. اما بتن در یک شرایط کاملا متفاوتی با توجه به پارامترهای مختلف از قبیل نوع سیمان، نوع مصالح و شرایط آب و هوایی تولید و استفاده می‌شود و عدم اطلاع کافی از خواص مواد تشکیل‌دهنده بتن و نحوه تولید و کاربرد آن می‌تواند ضایعات جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد.

بتن به طور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان آبی و سنگدانه های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان در شرایط محیطی خاصی به دست می آید و دارای ویژگی‌های خاص است.

اولین سؤالی که پیش می آید این است که چه رابطه‌ای بین مواد تشکیل دهنده بتن باید وجود داشته باشد تا یک بتن خوب به دست آید و اصولا بتن خوب دارای چه شرایط و ویژگی‌هایی است. رابطه بین اجزاء تشکیل دهنده بتن، در خواص فیزیکی و شیمیایی و همچنین نسبت اختلاط آنها با هم است. چه اگر مصالح یا آب و سیمانی با خواصی مناسب بتن با هم مخلوط گردند و در شرایط و محیطی مناسب به عمل آیند، یقینا بتن خوبی حاصل می‌شود. اصولا بتن خوب، بتنی است که دارای مقاومت فشاری دلخواه و رضایت

بخشی باشد. رسیدن به یک مقاومت فشاری دلخواه و رضایت بخش بدین معناست که سایر خواص بتن مانند مقاومت کششی، وزن مخصوص، مقاومت در برابر سایش، نفوذ ناپذیری، دوام، مقاومت دربرابر سولفات‌ها و... نیز همسو با مقاومت فشاری، بهبود یافته و متناسب می‌شوند. اگر چه شناخت مصالح مورد مصرف در ساخت بتن و همچنین خواص مختلف بتن کار آسانی نیست، اما سعی می‌شود به خواص عمومی مصالح و همچنین بتن پرداخته شود.

اینک بتن با گذشت بیش از ۱۷۰ سال از پیدایش سیمان پرتلند به صورت کنونی توسط یک بنّای لیدزی، دستخوش تحولات و پیشرفت‌های شگرفی شده است. در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت و سازهای فراوان سازه‌های بتنی چون ساختمان‌ها، پل‌ها، تونل‌ها، سدها، اسکله‌ها، راه‌ها و سایر سازه‌های خاص دیگر، این ماده را بسیار پر مصرف نموده است.

سازه بتنی، سازه‌ای است که در ساخت آن از بتن یا به طور معمول بتن آرمه (سیمان، شن، ماسه و فولاد به صورت میلگرد ساده یا آجدار) استفاده شده باشد. در ساختمان در صورت استفاده از بتن آرمه در قسمت ستون‌ها و شاه تیرها و پی، آن ساختمان یک سازه بتنی محسوب می‌شود (قالیبافیان و سلطانی عربشاهی اجرای ساختمانهای بتن آرمه ۱۳۸۳).

۵-۱-۱. مزایای سازه‌های بتنی

۱- ماده اصلی بتن که شن و ماسه می باشد ارزان و قابل دسترسی است.

۲- سازه‌های بتنی که مطابق با اصول آیین نامه ای طراحی و اجرا شده اند، در مقابل شرایط محیطی سخت، مقاوم‌تر از سازه‌های ساخته شده با مصالح دیگر هستند.

۳- به علت قابلیت شکل‌پذیری بالای بتن، امکان ساخت انواع سازه‌های بتنی نظیر پل، ستون و ... به اشکال مختلف میسر است.

۴- سازه‌های بتنی در مقابل حرارت زیاد ناشی از آتش سوزی بسیار مقاوم‌اند. آزمایشات نشان داده‌اند که در صورت ایجاد حرارتی معادل ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد برای یک نمونه بتن آرمه، حداقل یک ساعت طول می‌کشد تا دمای فولاد داخل بتن، که با یک لایه بتنی با ضخامت ۲,۵ سانتی متر پوشیده شده است، به ۵۰۰ درجه سانتی گراد برسد.

۵-۱-۲. تکنولوژی بتن

ضرورت تحقیق در خصوص مصالح ساختمانی بویژه بتن به عنوان عنصر شاخص در ساخت و ساز، از چند دهه گذشته در کانون توجه موسسه‌های تحقیقاتی در کشورهای مختلف بوده است. در کشور ما با توجه به حجم انبوه ساخت و سازها در بخش عمومی و در بخش خصوصی و همچنین سرمایه گذاری های عظیم برای ساخت فرا سازه‌ها، بخش بزرگ‌تر آنها را سازه‌های بتنی تشکیل می‌دهند. در کشورهای پیشرفته، امروزه بخش قابل ملاحظه ای از بتن‌های مصرفی را بتن‌های خاص تشکیل داده و با توجه به قابلیت های شگرف این مصالح ساختمانی، تحول‌های اساسی در تکنیک‌ها و روش‌های ساخت و سازه‌ها ایجاد شده است.

با توجه به پیشرفت علم و تکنولوژی در قرن اخیر، علم شناخت انواع بتن و خواص آنها نیز توسعه قابل ملاحظه ای داشته است، به نحوی که امروزه انواع مختلف بتن با مصالح مختلف تولید و استفاده می‌شود و هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود را داراست. هم اکنون انواع مختلفی از سیمان‌ها که حاوی پوزولان‌ها،خاکستر بادی، سرباره کوره های آهن گدازی، سولفورها، پلیمرها، الیاف‌های مختلف و افزودنی‌های متفاوتی هستند، تولید می شد. ضمن اینکه تولید انواع بتن نیز با استفاده از حرارت، بخار، اتوکلاو، تخلیه هوا، فشار هیدرولیکی، ویبره و قالب انجام می‌گیرد.

اینک حدود سه تا چهار دهه است که کاربرد این ماده ارزشمند در شرایط ویژه و خاص مورد توجه کاربران آن گشته است. اکنون کاملاً مشخص شده است که توجه به مقاومت تنها به عنوان یک معیار برای طرح بتن برای محیط‌های مختلف و کاربری‌های متفاوت نمی‌تواند جواب‌گوی مشکلاتی باشد که در درازمدت در سازه‌های بتنی ایجاد می‌گردد. چند سالی است که مسأله پایایی و دوام بتن در محیط های مختلف و به ویژه خورنده برای بتن و بتن مسلح مورد توجه خاص قرار گرفته است. مشاهده خرابی هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشورهای در حال توسعه، افکار را به سمت طرح بتن‌هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در پاره‌ای از کشورها مشخصات و دستورالعمل‌ها واستانداردهایی نیز برای طرح بتن با عملکرد بالا تهیه شده و طراحان و مجریان در بعضی از این کشورهای پیشرفته ملزم به رعایت این دستورالعمل ها گشته‌اند (بروکس، نویل، رمضانیان پور و شاه نظری تکنولوژی بتن ۱۳۸۵).

در مواد تشکیل دهنده بتن نیز تحولات شگرفی حاصل شده است. استفاده از افزودنی‌های مختلف به عنوان ماده چهارم بتن، گسترش وسیعی یافته و در پاره ای از کشورها دیگر بتنی بدون استفاده از یک افزودنی در آن ساخته نمی‌شود. استفاده از سیمان‌های مختلف با خواص جدید و سیمان های مخلوط با مواد پوزولانی و نیز زائده های کارخانه های صنعتی روز به روز بیشتر شده و امید است که بتواند تحولی عظیم در صنعت بتن چه از نقطه نظر اقتصادی و چه از نظر دوام و نیز حفظ محیط زیست در قرن آینده بوجود آورد. در سازه‌های بتنی مسلح نیز جهت پرهیز از خوردگی آرماتور فولادی از مواد دیگری چون فولاد ضد زنگ و نیز مواد پلاستیکی و پلیمری (FRP) استفاده می‌شود که گسترش آن منوط به عملکرد آن در دراز مدت گشته است. با توجه به نیاز روز افزون به بتن‌های خاص که بتوانند عملکرد قابل و مناسبی در شرایط ویژه داشته باشند،سعی شده

است تا در این مقاله به پاره ای از این بتن ها اشاره گردد. کاربرد مواد افزودنی به ویژه فوق روان کننده ها و نیز مواد پوزولانی به ویژه دوده سیلیس در تولید بتن با مقاومت زیاد و با عملکرد خوب مختصراً آورده می‌شود. بتن های خیلی روان که تحولی در اجرا پدید آورده است و نیز بتن های با نرمی بالا برای تحمل ضربه و نیروهای ناشی از زلزله نیز از مواردی است که باید به آنها اشاره نمود. کوشش‌های فراوان برای مبارزه با مسأله خوردگی آرماتور در بتن و راه حل‌ها و ارائه مواد جدید نیز در اواخر سال‌های قرن بیستم پیشرفت شتابنده‌ای داشته است که به آنها اشاره خواهد شد.

۵-۱-۳. افزودنی های خاص در شرایط ویژه

برای ساخت بتن‌های ویژه در شرایط خاص نیاز به استفاده از افزودنی‌های مختلفی می‌باشد. پس از پیدایش مواد افزودنی حباب هواساز در سال‌های ۱۹۴۰ کاربرد این ماده در هوای سرد و در مناطقی که دمای هوا متناوباً به زیر صفر رفته و آب بتن یخ می‌زند، رونق بسیار یافت. این ماده امروز یکی از پر مصرف ترین افزودنی‌ها در مناطق سرد نظیر شمال آمریکا و کانادا و بعضی کشورهای اروپایی است.

ساخت افزودنی‌های فوق روان کننده که ابتدا نوع نفتالین فرمالدئید آن در سال‌های ۱۹۶۰ در ژاپن و سپس نوع ملامین آن بعداً در آلمان به بازار آمد، شاید نقطه عطفی بود که در صنعت افزودن ها در بتن پیش آمد. ابتدا این مواد برای کاستن آب و به دست آوردن کارایی ثابت به کار گرفته شد و چند سال بعد با پیدایش بتن های با مقاومت زیاد نقش این افزودنی اهمیت بیشتری یافت. امروزه بتن‌های مختلفی برای منظور ها و خواص ویژه و نیز به منظور مصرف در شرایط خاص با این مواد ساخته می‌شود که ازمیان آنها به ساخت بتن‌های با مقاومت زیاد، بتن های با دوام زیاد، بتن های با مواد پوزولانی زیاد (سرباره

کوره‌های آهن گدازی و خاکستر بادی) بتن‌های با کارایی بالا، بتن‌های با الیاف و بتن‌های زیر آب و ضد شسته شدن می‌توان اشاره نمود.

بتن‌های با کارآیی بسیار زیاد که چند سالی است از پیدایش آن در جهان و برای اولین بار در ژاپن نمی گذرد، تحول جدیدی در صنعت ساخت و ساز بتنی ایجاد کرده است. این بتن که نیاز به لرزاندن نداشته و خود به خود متراکم می گردد، مشکل لرزاندن در قالب‌های با آرماتور انبوه و محل‌های مشکل برای ایجاد تراکم را حل نموده است. این بتن علیرغم کارایی بسیار زیاد خطر جدایی سنگدانه‌ها و خمیر بتن را نداشته و ضمن ثابت بودن کارایی و اسلامپ تامدتی طولانی می‌تواند بتنی با مقاومت زیاد و دوام و پایاپی مناسب ایجاد کند. در طرح اختلاط این بتن باید نسبت‌های خاصی را رعایت نمود. به عنوان مثال شن حدود ۵۰ درصد حجم مواد جامد بتن را تشکیل داده و ماسه حدود ۴۰ درصد حجم ملات انتخاب می‌شود. نسبت آب به مواد ریزدانه و پودری بر اساس خواص مواد ریز بین ۰/۹ تا ۱ می باشد. با روش آزمون و خطا نسبت دقیق آب به سیمان و مقدار ماده فوق روان کننده مخصوص برای مصالح مختلف تعیین می گردد. از این بتن با استفاده از افزودنی دیگری که گرانروی بتن را می افزاید در زیر آب استفاده شده است.

۵-۲. انواع بتن

۵-۲-۱. بتن های با عملکرد و دوام زیاد

از آنجا که رسیدن به مقاومت بالا در بتن از اهداف دست اندرکاران کارهای بتنی در دو دهه اخیر بوده است، ابتدا این نوع بتن با مقاومت بیش از ۵۰ مگا پاسکال ساخته شد. با پایین آوردن نسبت آب به سیمان تا حد ۰/۳ رسیدن به چنین مقاومت‌هایی بسیار آسان است. برای ساخت بتن‌هایی با مقاومت بیشتر و در حد ۱۱۰-۸۰ مگا پاسکال و برای تقویت ناحیه

فصل مشترک سنگدانه درشت و خمیر سیمان مواد سیلیسی فعال و غیر بلوری به نـام دوده سیلیس به کار گرفته شد. همزمان سنگدانه‌هایی با مقاومت بیشتر و با دانه بندی مناسب تر و با کنترل حداکثر اندازه سنگدانه در این مخلوط‌ها به کار رفت.

از آنجا که در کاربرد این بتن گاه مقادیر بالایی سیمان و بیش از ۴۰۰ کیلـوگرم (حتـی تا ۵۰۰ کیلوگرم) مصرف می شد، علاوه بر گرانی این بتن، ترک هایی نیز حین سـاخت بـه دلیل جمع شدگی پلاستیکی و ناشی از خشک شدن بیشتر ایـن بـتن‌هـا و نیـز تـرک‌هـای حرارتی بوجود آمد. همچنین با افزایش این مقاومت تردی و شـکنندگی بـتن نیـز افـزایش یافت. چنین بتنی نمی توانست در شرایط محیطی سخت و محیطای خورنده به علت وجود ترک‌های زیاد دوام قابل قبولی داشته باشد.

به منظور افزایش دوام حین افزایش مقاومت ضمن کاربرد دوده سیلیس و کم کردن آب و مصرف فوق روان کننده، مقدار سیمان کاهش یافته و در عـوض مـواد پـوزولانی همچـون دوده سیلیس، خاکستر بادی، سرباره کوره های آهن گدازی، خاکستر پوسته برنج و بالاخره پوزولان های طبیعی به صـورت مـواد ریزدانـه جـایگزین آن گردیـد. امـروز شـاهد سـاخت بتن‌هایی بـا دوام کـه نفوذپـذیری کمـی دارنـد و در مقابـل حمـلات شـیمیایی کلرورهـا و سولفات‌ها و گاز کربنیک و بعضاً واکنش قلیایی پایدارتر می باشند، هستیم.

برای مصرف این بتن در سازه‌های بلند و رفـع نقیصـه شـکنندگی در پـاره ای مـوارد از الیاف‌های کوتاه استفاده شده تا بدین وسیله نرمی این بتن ها افزایش یابد. از مزایای عمـده این بتن‌ها کاهش وزن ساختمان ها به علت کم کردن ابعاد ستون ها، صرفه جویی در میزان بتن و فولاد، کوتاه شدن دوران ساخت، تغییر شکل های وابسته به زمـان کمتـر و پایـایی و داوم بیشتر آنها می باشد.

به منظور کاستن وزن سازه‌های بتنی که با بتن با مقاومت زیاد ساخته مـی‌شـوند، چنـد سالی است که با مصرف بخشی از سنگدانه‌های سبک در آن، بـتن‌هـای سـبک‌تـری تولیـد

نموده‌اند. امروزه بتن‌هایی با وزن مخصوص ۲ تن بر متر مکعب و مقاومت‌های ۸۰-۶۰ مگا پاسکال در بعضی پروژه‌ها به کار رفته است. به علت دوام قابل قبولی که این بتن‌ها در آزمایشات متعدد از خود نشان داده‌اند، مصرف آنها در چند سازه بتنی دریایی در محیط‌های خورنده در کشورهای نروژ، کانادا، ژاپن، آمریکا و استرالیا گزارش شده است.

در کشور ما نیز اخیراً با تولید دوده سیلیس در کارخانه های داخلی کاربرد این ماده در بتن آغاز گشته است. در چند پروژه در جنوب کشور که به علت داشتن آب و هوای گرم و محیطی خورنده برای بتن و نیز فولاد از سخت ترین شرایط محیطی برای بتن است، بتن با سیمان دارای حدود ۷ تا ۱۰ در صد میکرو سیلیس به عنوان جایگزین سیمان استفاده شده است. بایستی توجه داشت که به علت عدم آب انداختگی این بتن و واکنش‌های سریع و گرمای محیط خطر ایجاد ترک‌های پلاستیک در ساعات اولیه و سپس ترک‌های ناشی از خشک شدن و حرارتی در این بتن‌ها زیاد بوده و در صورت عدم کنترل و دقت و عمل آوری سریع و مناسب علیرغم مقاومت زیاد وجود ترک در این بتن‌ها سبب افزایش نفوذ پذیری آنها گشته و در نتیجه املاح و مواد خورنده به داخل بتن و خوردگی آرماتور خرابی بتن تشدید می‌گردد. در پاره‌ای از تونل‌های انتقال آب و نیز تونل سدها نیز از این ماده در طرح اختلاط بتن برای بتن پاشی پوشش استفاده شده است. پیوستگی خوب این بتن و کم شدن مصالح بازگشتی و مقاومت و دوام خوب از خصوصیات آن درپوشش تونل‌ها است. مصرف میکرو سیلیس در بتن سبب افزایش مقاومت سایشی و فرسایشی بتن می‌گردد (فامیلی و صفری زنجانی تکنولوژی بتن ۱۳۸۵).

۵-۲-۲. بتن های با نرمی بالا

امروزه کاربرد بتن با نرمی بالاتر که بتواند تغییر شکل‌های زیاد را بدون شکست تحمل نماید، مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات در خصوص تأمین نرمی لازم در بتن با

الیاف‌های مختلف و حتی حذف آرماتور در حال انجام می‌باشد. هدف از کاربرد الیاف در بتن افزایش مقاومت کششی، کنترل گسترش ترک‌ها و افزایش طاقت بتن می‌باشد تا قطعه بتنی بتواند در مقابل بارهای وارده در یک مقطع ترک خورده تغییر شکل‌های زیادی را پس از نقطه حداکثر تنش تحمل نماید. بتن با الیاف مختلف در سال‌های اخیر در سازه‌های عمده‌ای چون روسازی راه‌ها و فرودگاه‌ها، پی‌های عظیم با تغییر شکل‌های زیاد و به ویژه در پوشش بتنی تون ها به کار رفته است. در ساخت پوشش تونل‌ها بتن الیافی با پاشیدن بر جداره شکل می پذیرد. اخیراً برای حذف ترک‌ها در پوشش تونل هایی که به صورت چند تکه پیش ساخته اجرا می‌شود از بتن بدون آرماتور و تنها الیاف استفاده شده و این نوع بتن سبب حذف ترک ها در حین عمل آوری و حمل و نقل قطعات و نصب آنها برای کامل کردن مقطع تونل های مترو شده است.

در نوع بسیار جدید بتن الیافی که می‌توان با آن به حداکثر نرمی در بتن رسید، از روش ریختن دوغاب روی الیاف استفاده می‌شود. در این روش ابتدا الیاف ریخته شده و سپس فضای بین آنها با ملات دوغابی پر می‌شود. میزان الیاف در این بتن حدود ۱۰ در صد می‌باشد که حدود ۱۰ برابر میزان الیاف در بتن های الیافی متداول است. با این مصالح می‌توان لایه‌های محافظی بدون ترک و تقریبا غیر قابل نفوذ ایجاد نمود. به علت نرمی زیاد این قطعات ظرفیت تغییر شکل پذیری این قطعات به میزان ظرفیت دال‌های فولادی می‌رسد. مقاومت فشاری این نوع بتن حدود ۱۱۰-۸۵ مگا پاسکال و مقاومت خمشی حدود ۴۵-۳۵ نیوتن بر مترمربع می باشد. از این قطعات می‌توان نه تنها به عنوان لایه‌های محافظ کوچک مناسب هستند، بلکه در باندهای فرودگاه در برابر ضربات نیز عملکرد خوبی نشان می‌دهند. در کارهای تعمیراتی دال‌ها می توان از آنها به عنوان لایه روی بتن قدیم و بدون درز و در زمان کوتاهی استفاده نمود(فامیلی و صفری زنجانی تکنولوژی بتن ۱۳۸۵).

۵-۲-۳. بتن با آرماتورهای غیر فولادی

در سال‌های اخیر استفاده محدودی از آرماتورهای غیر فلزی آغـاز گشـته اسـت، هـر چنـد تحقیقات بر روی کاربرد وسیع‌تر آنها و عملکرد دراز مدت این نوع آرماتورها ادامه دارد. ایـن آرماتورها که معروف به آرماتورهای با الیاف پلاسـتیکی (FRP) هسـتند از الیـاف مختلفـی چون الیاف شیشه‌ای (GFRP) الیاف آرامیدی (AFRP) والیـاف کربنـی (CFRP) در یـک رزین چسباننده تشکیل شده اند.

خاصیت عمده ایـن آرماتورهـا، مقاومـت در برابـر خـوردگی آنهاسـت کـه مـی‌توانـد در محیط‌های بسیار خورنده، دوام دراز مدتی داشته باشند. علاوه بر این مقاومت بالا، مقاومـت به خستگی بالا، ظرفیت بالای تغییـر شـکل ارتجـاعی، مقاومـت الکتریکـی زیـاد و هـدایت مغناطیسی پایین و کم این مواد از مزایای آنها شمرده می‌شود. البته این مواد معایبی چـون کرنش گسیختگی کم و شکننده بودن و خزش زیاد و تفاوت قابل ملاحظه ضـریب انبسـاط حرارتی آنها در مقایسه با بتن را به همراه دارند.

اخیراً از الیاف مختلف، شبکه‌هایی بافته شده و به صورت یـک شـبکه آرمـاتور در سـطح بتن برای کنترل ترک و کم کـردن عـرض آن و همچنـین در دیوارهـای نمـای بتنـی ازآن استفاده می‌کنند. تحقیقات روی کاربرد صفحات الیـافی بـه جـای صـفحات فـولادی بـرای تقویت قطعات خمشی و تیرها و دال‌ها به ویژه در پل‌ها ادامه دارد. این صفحات با رزی های اپوکسی به نواحی کششی از خارج اتصال داده می‌شود. کاربرد صفحات با الیاف کربنی برای این تقویت بیشتر رایج گشته و در چندین پل در ژاپن و در بعضی کشورهای اروپـایی از آن استفاده شده است.

۵-۲-۴. بتن سبک

یکی از معایب مهم ساختمان‌های بتنی وزن بسیار زیاد ساختمان می‌باشد که با میزان تخریب ساختمان در اثر زلزله نسبت مستقیم دارد. اگر بتوانیم تیغه‌های جدا کننده و پانل‌ها را از بتن سبک بسازیم، وزن ساختمان و در نتیجه آن تخریب ساختمان توسط زلزله مقدار زیادی کاهش می‌یابد. ولی کم بودن مقاومت بتن سبک عامل مهمی در محدود نمودن دامنه کاربرد این نوع بتن و بهره گیری از امتیازات آن بوده است. البته استفاده از میکروسیلیس در ساخت بتن سبک سبب شده است که مقاومت بتن سبک بالا رود و این محدودیت کاهش یابد.

۵-۲-۴-۱. تمایز بتن از نظر چگالی

الف- بتن معمولی: چگالی بتن معمولی در دامنه باریک ۲۲۰۰ تا ۲۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب قرار دارد، زیرا اکثر سنگ‌ها در وزن مخصوص تفاوت اندکی دارند

ب- بتن سنگین: از این بتن‌ها در ساختمان محافظ‌های بیولوژیکی بیشتر استفاده می‌شود، مانند ساختار آکتورهای هسته‌ای و پناهگاه‌های ضد هست ای که چگالی آن معمولاً بیشتر از ۲۲۰۰ تا ۲۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

ج- بتن سبک: مصرف بتن سبک اصولا تابعی از ملاحظات اقتصادی است ضمن اینکه استفاده از این بتن به عنوان مصالح ساختمانی دارای اهمیت بسیار زیادی است. این بتن دارای چگالی کمتر از ۲۲۰۰ تا ۲۶۰۰ کیلوگرم در متر مکعب می‌باشد. از آنجایی که دارای چگالی کمتر از بتن سنگین است، امتیاز قابل توجهی از نظر ایجاد بار وارده بر سازه دارد. چگالی بتن سبک تقریبا بین ۳۰۰ و ۱۸۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد که یکی از امتیازات مهم امکان استفاده از مقاطع کوچک‌تر و کاهش مربوطه در اندازه پی‌ها را فراهم می‌آورد. در ضمن قالب‌ها فشار کمتری را از حالت بتن معمولی تحمل می‌کنند و در کاهش

جابجایی کل وزن مصالح بدلیل افزایش تولید جایگاه ویژه‌ای داند. بتن‌های سبک کاربرد مختلفی دارند :

- بتن سبک باربر ساختمان
- بتن مصرفی در دیوارهای غیر باربر
- بتن عایق حرارتی

۵-۲-۴-۲. روش‌های کلی تولید بتن سبک

روش اول: از مصالح متخلخل سبک با وزن مخصوص ظاهری کم بجای سنگ‌دانه معمولی با چگالی ۶/۲، استفاده می‌کنند. انواع سبک دانه‌هایی که به عنوان مصالح در ساختار بتن سبک استفاده می‌شود :

الف- سبک دانه‌های طبیعی : مانند دیاتومه ها، سنگ پا، پوکه سنگ، خاکستر، توف که بجز دیاتومه ها بقیه آنها منشا آتشفشانی دارند.

ـ نکته :۱- این نوع سبک دانه‌ها معمولاً به دلیل کمبود و انحصار به بعضی از جاها، به میزان زیاد مصرف نمی‌شوند. اینگونه مصالح معمولاً از ایتالیا و آلمان صادر می‌شود.

ـ نکته : ۲- از انواعی پوکه معدنی سنگی که ساختمان داخلی آن ضعیف نباشد، بتن رضایت بخشی با وزن مخصوص ۷۰۰ تا ۱۴۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب تولید می‌شود که خاصیت عایق بودن آن خوب می‌باشد؛ اما جذب آب و جمع شدگی آن زیاد است. سنگ پا نیز دارای خاصیت مشابه است.

ب- سبک دانه های مصنوعی : این سبک دانه ها به چهار گروه تقسیم می شوند:

- گروه اول : با حرارت دادن و منبسط شدن خاک رس، سنگ رسی، سنگ لوح، سنگ رسی دیاتومه ای، پرلیت، اسیدین، ورمیکولیت بدست می‌آیند.

- گروه دوم : از سرد نمودن و منبسط شدن دوباره کوره آهن گدازی به طریقی مخصوص بدست می‌آید

- گروه سوم : جوش‌های صنعتی (سبکدانه های کلینکری) می‌باشند.

- گروه چهارم : مخلوطی از خاک رس با زباله خانگی و لجن فاضلاب پردازش شده را می‌توان به صورت گندوله در آورد تا با پختن در کوره تبدیل به سبک دانه شود. این روش هنوز به صورت تولید منظم در نیامده است.

روش دوم: بتن سبک تولید شده در این روش بر اساس ایجاد منافذ متعدد در داخل بتن یا ملات می‌باشد که این منافذ باید به وضوح از منافذ بسیار ریز بتن با حباب هوا متمایز باشد که بنام بتن اسفنجی، بتن منفذ دار و یا بتن گازی یا بتن هوادار شناخته می‌شوند.

روش سوم: در این روش تولید، سنگدانه‌های ریز از مخلوط بتن حذف می‌شوند، به طوری‌که منافذ متعددی بین ذرات بوجود می‌آید و عموما از سنگدانه‌های درشت با وزن معمولی استفاده می‌شود. این نوع بتن را بتن بدون سنگدانه ریز می‌نامند (فامیلی و صفری زنجانی تکنولوژی بتن ۱۳۸۵).

نکته : کاهش در وزن مخصوص در هر حالت به واسطه وجود منافذ یا در مصالح یا در ملات و یا در فضای بین ذرات درشت، موجب کاهش مقاومت بتن می‌شود.

۵-۳. فرسودگی بتن

علل مختلفی باعث فرسودگی و تخریب سازه‌های بتنی می‌شوند که همراه با علائم هشدار دهنده دیگری کار تعمیرات را الزامی می دارند (عقیلی اشکالات بتن: علل و علاج ۱۳۸۴). عمده این علت‌ها عبارتند از:

۵-۳-۱. نفوذ نمک‌ها

نمک‌های ته نشین شده که حاصل تبخیر و یا جریان آبهای دارای املاح می باشند و همچنین نمک‌هایی که توسط باد در خلل و فرج و ترک‌ها جمع می‌شوند، هنگام کریستالیزه شدن می‌توانند فشار مخربی به سازه‌ها وارد کنند که این عمل علاوه بر تسریع و تشدید زنگ زدگی و خوردگی آرماتورها به واسطه وجود نمک‌هاست. تر وخشک شدن متناوب نیز می تواند تمرکز نمک‌ها را شدت بخشد، زیرا آب دارای املاح، پس از تبخیر، املاح خود را به جا می گذارد.

۵-۳-۲. اشتباهات طراحی

به کارگیری استانداردهای نامناسب و مشخصات فنی غلط در رابطه با انتخاب مواد، روش‌های اجرایی و عملکرد خود سازه، می‌تواند به خرابی بتن منجر شود. به عنوان مثال استفاده از استانداردهای اروپایی و آمریکایی جهت اجرای پروژه‌هایی در مناطق خلیج فارس، جایی که آب و هوا و مواد و مصالح ساختمانی و مهارت افراد متفاوت با همه این عوامل در شمال اروپا و آمریکاست، باعث می‌شود تا دوام و پایایی سازه‌های بتنی در مناطق یاد شده کاهش یافته و در بهره برداری از سازه نیز با مسائل بسیار جدی مواجه گردیم.

۵-۳-۳. اشتباهات اجرایی

کم کاری‌ها، اشتباهات و نقص‌هایی که به هنگام اجرای پروژه‌ها رخ می‌دهد، ممکن است باعث گردد تا آسیب‌هایی چون پدیدهء لانه زنبوری، حفره‌های آب انداختگی، جداشدگی، ترک‌های جمع شدگی، فضاهای خالی اضافی یا بتن آلوده شده، به وجود آید که همگی آنها به مشکلات جدی می‌انجامند. این گونه نقص‌ها و اشکالات را می توان زاییدهء کارآئی،

درجهء فشردگی، سیستم عمل آوری، آب مخلوط آلوده، سنگدانه‌های آلوده و استفاده غلط از افزودنی‌ها به صورت فردی و یا گروهی دانست.

۵-۳-۴. حملات کلریدی

وجود کلرید آزاد در بتن می‌تواند به لایهء حفاظتی غیر فعالی که در اطراف آرماتورها قرار دارد، آسیب وارد نموده و آن را از بین ببرد. گفته می‌شود که خوردگی کلریدی وقتی حاصل می‌شود که مقدار کلرید موجود در بتن بیش از ۶/۰ کیلوگرم در هر متر مکعب بتن باشد. ولی این مقدار به کیفیت بتن نیز بستگی دارد. خوردگی آبله رویی حاصل از کلرید می‌تواند موضعی و عمیق باشد که این عمل در صورت وجود یک سطح بسیار کوچک آندی و یک سطح بسیار وسیع کاتدی به وقوع می پیوندد که خوردگی آن نیز با شدت بسیار صورت می‌گیرد.

۵-۳-۵. حملات سولفاتی

محلول نمک‌های سولفاتی از قبیل سولفات‌های سدیم و منیزیم به دو طریق می‌توانند بتن را مورد حمله و تخریب قرار دهند. در طریق اول یون سولفات ممکن است آلومینات سیمان را مورد حمله قرار داده و ضمن ترکیب، نمک‌های دوتایی تولید نماید که در آب محلول می‌باشند. وجود این گونه نمک‌ها در حضور هیدروکسید کلسیم، طبیعت کلوئیدی داشته که می‌تواند منبسط شده و با ازدیاد حجم، تخریب بتن را باعث گردد. طریق دومی که محلول‌های سولفاتی قادر به آسیب رسانی به بتن هستند عبارتست از: تبدیل هیدروکسید کلسیم به نمکهای محلول در آب مانند گچ و میرابلیت که باعث تجزیه و نرم شدن سطوح بتن می‌شود و عمل خلل و فرج دار شدن بتن به واسطه یک مایع حلال، به وقوع می پیوند.

۵-۳-۶. حریق

سه عامل اصلی وجود دارد که می‌توانند مقاومت بتن را در مقابل حرارت بالا تعیین کنند. این عوامل عبارتند از:

(الف) توانایی بتن در مقابله با گرما و همچنین عمل آب بندی، بدون اینکه ترک، ریختگی و نزول مقاومت حاصل گردد.

(ب) رسانایی بتن[1]

(ج) ظرفیت گرمایی بتن[2]

باید توجه داشت دو مکانیزم کاملاً متضاد انبساط و جمع شدگی مسؤول خرابی بتن در مقابل حرارت می‌باشند. در حالی که سیمان خالص به محض قرار گرفتن در مجاورت حرارت‌های بالا، انبساط حجم پیدا می‌کند، بتن در همین شرایط یعنی در معرض حرارت‌های (دمای) بالا، به جمع شدگی و انقباض تمایل نشان می‌دهد. چون حرارت باعث از دست دادن آب بتن می‌گردد، نهایتاً اینکه مقدار انقباض در نتیجه عمل خشک شدن از مقدار انبساط فراتر رفته و باعث می‌شود جمع شدگی حاصل شود و به دنبال آن ترک خوردگی و ریختگی بتن نیز به وجود می‌آید. به علاوه در درجه حرارت ۴۰۰ درجه سانتی گراد، هیدروکسید کلسیم آزاد بتن که در سیمان پر تلند هیدراته شده موجود است، آب خود را از دست داده و تشکیل اکسید کلسیم می‌دهد. سپس خنک شدن مجدد و در معرض رطوبت قرار گرفتن باعث می‌شود، تا از نو عمل هیدراته شدن حاصل شود که این عمل به علت انبساط حجمی موجب بروز تنش‌های مخرب می‌گردد. هچنین انبساط و

---

[1]. Conductivity
[2]. Heat Capacity

انقباض نا هماهنگ و متمایز[1] مواد تشکیل دهنده بتن مسلح مانند آرماتور، شن، ماسه و. .. می‌توانند در ازدیاد تنش‌های تخریبی نقش مؤثری داشته باشند.

۵-۳-۷. عمل یخ زدگی[2]

برای بتن‌های خیس، عمل یخ زدگی یک عامل تخریب می‌باشد، چون آب به هنگام یخ زدن ازدیاد حجم پیدا کرده و باعث تولید تنش‌های مخرب درونی شده و لذا بتن ترک می خورد. ترک‌ها و درزهایی که نتیجه یخ زدگی و ذوب متناوب می‌باشند، باعث پولکی شدن سطح بتن شده و موجب می‌شود بر اثر فرسایش، خرابی عمق بیشتری یابد. بنابراین عمل یخ زدگی بتن و میزان تخریب حاصله، بستگی به درجه تخلخل و نفوذپذیری بتن دارد که این موضوع علاوه بر تأثیر ترک‌ها و درزهاست.

۵-۳-۸. نمک‌های ذوب یخ[3]

اگر برای ذوب نمودن یخ بتن، از نمک‌های ذوب یخ استفاده شود، علاوه بر خرابی‌های حاصله از یخ زدگی، ممکن است همین نمک‌ها نیز باعث خرابی سطحی بتن گردند. چون باور آن است که خرابی‌های حاصل از نمک‌های ذوب یخ، در نتیجه یک عمل فیزیکی به وقوع می پیوندد، غلظت نمک‌ها، موجود بودن آبی که قابلیت یخ زدگی داشته باشد و در کل فشارهای هیدرولیکی و غشایی[4] نقش بسیار مهمی در دامنه و وسعت خرابی‌ها ایفا می‌کنند.

---

1. Differential Expansion and Contraction
2. Frost Action
3. De-Icing Salts
4. Osmotic

۵-۳-۹. عکس العمل قلیایی سنگدانه ها[1]

در این قسمت می‌توان از واکنش‌های "قلیایی- سیلیکا" و "قلیایی- کربنات‌ها" نام برد. عکس العمل قلیایی - سیلیکا عبارتست از: ژلی که از عکس العمل بین هیدروکسید پتاسیم و سیلیکای واکنش پذیر موجود در سنگدانه حاصل می‌شود. بر اثر جذب آب، این ژل انبساط پیدا کرده و با ایجاد تنش‌هایی منجر به تشکیل ترک‌های درونی در بتن می‌شود. واکنش قلیایی-کربنات، بین قلیاهای موجود در سیمان و گروه مشخصی از سنگ‌های آهکی که در شرایط مرطوب قرار می‌گیرند، به وقوع می‌پیوندد. در اینجا نیز انبساط حاصله باعث می‌شود تا ترک‌هایی ایجاد شود یا در مقاطع باریک خمیدگی‌هایی به وجود آید.

۵-۳-۱۰. کربناسیون

گاه لایه حفاظتی که در مجاورت آرماتور داخل بتن موجود است، در صورت کاهش PH بتن اطراف، به کلی آسیب دیده و از بین می‌رود. بنابراین نفوذ دی‌اکسیدکربن از هوا، عکس‌العملی را با بتن آلکالین ایجاد می‌نماید که حاصل آن کربنات خواهد بود و در نتیجه درجه PH بتن کاهش می یابد. همچنان که این عمل از سطح بتن شروع شده و به داخل بتن پیشروی می‌نماید؛ آرماتور بتن تحت تأثیر این عمل دچار خوردگی می‌گردد. علاوه بر خوردگی، دی اکسید کربن و بعضی اسیدهای موجود در آب دریا می‌توانند هیدروکسید کلسیم را در خود حل کرده و باعث فرسایش سطح بتن گردند.

---

[1]. Alkali-Aggregate Reaction

۵-۳-۱۱. علل دیگر

علل بسیار دیگری نیز باعث آسیب دیدگی و خرابی بتن می‌شوند که در سال‌های اخیر شناسایی شده‌اند. بعضی از این عوامل دارای مشخصات خاصی بوده و کاربرد بسیار موضعی دارند. مانند تأثیر مخرب چربی‌ها بر کف بتن کشتارگاه‌ها، مواد اولیه در کارخانه‌ها و کارگاه‌های تولیدی، آسیب حاصله از عوارض مخرب فاضلاب‌ها و مورد استفاده قرار دادن سازه‌هایی که برای منظورها و مقاصد دیگری ساخته شده باشند، نه آنچه که مورد بهره‌برداری است. مانند تبدیل ساختمان معمولی به سردخانه، محل شستشو، انباری، آشپزخانه، کتابخانه و غیره. با این همه اکثر آنها را می‌توان در گروه‌های ذیل طبقه بندی نمود:

(الف) ضربات و بارهای وارده (ناگهانی و غیره) در صورتی که موقع طراحی سازه برای این گونه بارگذاری‌ها پیش بینی‌های لازم صورت نگرفته باشد.

(ب) اثرات جوی و محیطی

(پ) اثرات نامطلوب مواد شیمیایی مخرب

۵-۴. عملیات ترمیمی

پس از اینکه عامل یا عوامل خرابی و فرسودگی سازه دقیقاً مشخص شد، مهندسین مسئول با در نظر گرفتن هزینه اقدامات لازم، عملیاتی را که برای استفاده و ادامه بهره برداری از سازه برای مدت مورد نظر ضروری است، به کارفرما ارائه می‌دهند. این عملیات ممکن است شامل خراب کردن و از بین بردن کامل سازه و ساخت مجدد آن باشد یا اینکه تعمیرات اساسی صورت گیرد و یا اینکه روش‌هایی اتخاذ شود تا پیشروی خرابی و فرسودگی را در سازه کاهش دهد. البته این امر یعنی کاستن از سرعت پیشرفت خرابی در سازه، در مواقعی

ضرورت می‌یابد که امکان تعمیرات اساسی پیشگیری کننده وجود نداشته باشد، مانند تخریبی که علت اصلی آن عکس العمل واکنش قلیایی- سیلیکا می‌باشد.

در هر حال اگر در مراحل تشخیص و ارائه راه حل، تعمیر سازه به عنوان تصمیم مقتضی، اتخاذ شده باشد، با در نظر گرفتن نوع سازه بتنی، طرق متعددی برای اجرای این تعمیرات موجود می‌باشد که اعم آنها عبارتند از:

(الف) جایگزین نمودن تمام یا قسمتی از المان‌های سازه

(ب) تزریق و تلقیح ترک‌ها

(پ) چسباندن المان‌های فلزی کمکی (مانند آرماتور، صفحات فلزی، بخیه و ...)

(ث) پوشش‌ها

از آنجا که با توجه به موقعیت و موضع مناطق تحت تعمیر سازه، ممکن است عمل تعمیر در شرایط کاملاً خشک، نیمه خشک، و داخل آب (مغروق) انجام گیرد، مطالبی که در پی خواهد آمد، شامل تمامی روش‌های مرتبط و معمول در صنعت بتن می‌باشد (امونز و اکبری مصور تعمیر و نگهداری بتن ۱۳۸۶).

۵-۴-۱. آماده سازی سطوح

قبل از انجام و اعمال سیستم تعمیری، سطوح بتن مادر (قدیم) بایستی کاملاً آماده گردد. از جمله اهداف اصلی آماده سازی سطوح را می‌توان موارد زیر ذکر نمود:

(الف) بر طرف نمودن تمامی تکه‌ها و قطعه‌های نا مناسب و نرم و جدا شده بتنی جهت ایجاد سطحی مناسب با مقاومت کافی.

(ب) تمیز نمودن تمامی سطوح از آلودگی‌ها (این آلودگی‌ها مانع از ایجاد چسبندگی لازم بین لایه تعمیری و بتن مادر می گردند)؛

(پ) آشکار نمودن و در دسترس قرار دادن طول و یا عمق آرماتورها برای تمیز کردن، تقویت، پوشش و...؛

(ت) ازدیاد درجه زبری سطوح بتنی جهت ایجاد سطح تماس بیشتر بین بتن مادر و لایه تعمیری و همچنین ازدیاد قفل و بست مکانیکی.

۵-۴-۱-۱. تمیز نمودن با اسید، شستن با اسید، اسید خراشی[1]

این روش، علاوه بر تمیز نمودن، درجه زبری سطح را نیز افزایش می‌دهد. با توجه به اهداف تعمیرات مورد نظر، اسید هیدروکلریک رقیق شده را روی سطح بتنی ریخته و سپس با برس زبر سطح مذکور را با شدت می سایند، تا زمانی که عمل ایجاد حباب متوقف گردد. پس از کاربرد اسید مذکور، سطوح بتنی سریعاً با آب شستشوی کامل داده شده، به طریقی که آب بر روی سطح جاری گردد و آلودگی‌های اسیدی را از بین ببرد. درجه زبری سطح بتن بستگی به قدرت اسید و عمل برس زدن دارد. از آنجا که اسید مذکور برای پوست ضرر دارد، لازم است که اقدامات ایمنی مناسبی جهت اجتناب از آلودگی به اسید و همچنین تهویه مناسب صورت گیرد. لازم به یادآوری است که علاوه بر اسید هیدروکلریک، اسید ارتوفسفریک نیز برای تمیز کردن سطوح بتنی به کار گرفته شده است.

۵-۴-۱-۲. برس زدن[2]

در نقاطی که قطعات و تکه های شل روی سطوح بتنی چسبیده است، استفاده از برس زدن جهت تمیز نمودن سطوح، از معمول‌ترین روش‌ها می‌باشد. مثلاً در مناطقی که جلبک‌ها و

---

[1]. Acid Etching
[2]. Wire Brushing

گیاهان دریایی روییده‌اند این روش به کار می‌رود. نقطه ضعف این روش، کند بودن آن می‌باشد و عملاً وقت زیادی جهت حصول نتایج مطلوب صرف می‌شود.

۵-۴-۱-۳. چکش زدن[1]

این روش در مواقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که علاوه بر برطرف نمودن تکه‌ها و قطعات شل، ایجاد زبری لازم بر روی سطوح از اهداف آماده سازی باشد.

۵-۴-۱-۴. سند بلاست و گریت بلاست[2] (شن و ساچمه پاشی)

این روش یکی از روش‌های بسیار مناسب است، چرا که علاوه بر تمیز نمودن سطوح بتنی، طریقه ایده‌آلی نیز جهت تمیز نمودن سطوح آرماتورها سایر فلزات از زنگ زدگی و سایر آلودگی‌ها به شمار می‌آید. این روش علاوه بر تمیز نمودن سطح، درجه زبری سطوح را نیز افزایش می‌دهد. بایستی توجه داشت که گرد خاک حاصله در این روش آن را بر جاهای بسته مناسب نمی سازد.

۵-۴-۱-۵. وترجت (آب فشاری) با مواد ساینده و بدون آن

این روش که وترجت با فشار بسیار بالا می‌باشد، می‌تواند به همراه مواد ساینده و همچنین بدون مواد ساینده از قبیل شن و ساچمه به کار گرفته شود. از امتیازات این روش آن است که بدون تولید گرد و خاک، سطوح بسیار تمیزی ایجاد می کند که علت این امر وجود آب می‌باشد. بایستی توجه داشت که در این روش رعایت موارد ایمنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

---

[1]. Jackhammering
[2]. Sand of Grit Blasting

۵-۴-۱-۶. روش‌های دیگر

علاوه بر روش‌هایی که شرح آنها گذشت، روش‌هایی نیز از قبیل جت آتش (فواره آتش)، عمل آوری توسط تفنگ‌های سوزنی، سائیدن، اسکراپر دستی و دستگاه‌های دوار برقی، موجود می‌باشد که بسته به شرایط محیط، سطح بتن تعمیری و انتظاراتی که از تعمیرات می رود، مورد استفاده واقع می شوند.

۵-۴-۲. طرق مختلف ترمیم

در این قسمت، روش‌های مختلف ترمیمی که در صنعت بتن معمول هستند، شرح داده م شوند. این روش‌ها شامل پر کردن ترک‌ها، جایگزین نمودن قسمت هایی از سازه که از دست رفته‌اند، اضافه نمودن قطعات جدیدی برای سازه موجود، اعمال حفاظ‌های سطحی و همچنین تعمیراتی است که صرفاً جنبه زیباسازی دارند.

۵-۴-۲-۱. تزریق ترک‌ها[1]

ترک های باریکی را می‌توان به طریقه تزریق رزین‌های اپوکسی پر نمود. در این روش، نقاط تزریق متناوباً با فواصل کوتاهی در طول ترک قرار داده شده و سپس سطح ترک کاملاً آب بند[2] می‌شود تا از فرار و نشست رزین در مدت تزریق جلوگیری گردد. روش تزریق به این صورت است که رزین از یک نقطه تزریق شده و سپس اطمینان حاصل می‌گردد که عمل تزریق تا نقطه بعدی کاملاً صورت گرفته و خلل و فرج‌های اطراف پر شده است. در این روش، مواد تزریقی به صورت مداوم (لاینقطع) به ترتیب از نقاط مختلف تزریق، پمپ

---

[1]. Crack Injection
[2]. Seal

می‌شود تا اطمینان حاصل گردد که علاوه بر مسیر اصلی ترک، کلیه خلل و فرج‌ها نیز کاملاً پر شده اند.

در صورتی که ابتدا و انتهای ترک در یک سطح (از جهت ارتفاع) نباشد، تزریق بایستی از پایین‌ترین نقطه آغاز و به بالاترین نقطه ختم گردد. همچنین برای حصول اطمینان از پر شدن مطلوب ترک از مواد تزریقی، از لوله‌های شفاف استفاده می‌شود.

۵-۴-۲-۲. قنداق کردن[1]

برای افزایش مقاومت بتن در مقابل عوامل مخرب و مزاحمی که باعث خرابی و خرد شدن آن می‌شود، می‌توانیم از مواردی از قبیل فلزات، لاستیک، پلاستیک و یا بتن با مقاومت بالا، جهت پوشش دادن سطح بتنی مورد نظر استفاده کنیم. عامل پوششی (حفاظتی) را می‌توان با استفاده از میخ، پیچ، پرچ، چسب، مواد و یا عمل ثقلی روی سطح بتن مورد نظر تثبیت نمود. معمول‌ترین بخش‌هایی که در آنها از سیستم قنداق کردن استفاده می‌شود، عبارتند از: تانک‌ها و مخازن، لوله ها، سرریزها، شمع‌ها و غیره که در معرض عوامل ساینده و یا خورنده قرار دارند.

۵-۴-۲-۳. بتن با سنگ‌دانه از پیش آکنده

در این روش، سنگ‌دانه‌هایی که از نظر دانه بندی دارای شکاف هستند در داخل حفره‌ها و یا کانال‌هایی قرار داده می‌شوند و سپس با استفاده از آب، این سنگدانه‌ها را کاملاً اشباع نمایند (در بعضی اوقات خود کانال و یا حفره از قبل پر از آب می‌باشد). سپس ملات و یا دوغاب از پایی ترین نقطه به وسیله پمپ وارد سیستم می‌شود، به گونه‌ای که آب موجود را جابجا می‌نماید. این روش برای محل‌هایی که در دسترس نیستند، مانند بتن‌های مغروق،

---

[1]. Jacketing

بسیار مناسب می‌باشد. در مواقعی این روش به همراه روش قنداق کردن نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این روش در موارد تعمیر شمع‌ها، پایه ها،ستون‌ها، دیوارهای حائل، (کف ستون) و تونل‌ها استفاده می‌گردد.

اگرچه چسبندگی خوب و جمع شدگی کم از جمله خصوصیات این روش می‌باشد، اما خلل و فرجهایی در داخل این بتن یافت می‌شود. با توجه به مهارت و تجهیزات فنی پیشرفته که از ضرورت‌های به کارگیری این روش می‌باشد؛ کار بایستی حتماً به وسیله یا تحت نظر پیمانکاران متخصص انجام گیرد.

۵-۴-۲-۴. لایه های سطحی

در این روش یک لایه یکنواخت از مواد تعمیری بر روی سطح گسترده‌ای از بتن اعمال می‌شود. این شیوه بیشتر در تعمیرات سطحی کف‌ها و محل‌های عبوری که از نظر سازه‌ای یعنی استحکام، دارای مقاومت کافی بوده ولی سطح بتن دچار فساد و خرابی و خردشدگی شده است، به کار می رود.

اعمال یک لایه نازک روی سطح را اغلب لایهء رویی می‌نامند که در این صورت ضخامت لایه کمتر از پنج سانتیمتر می‌باشد. همچنین لایه‌های تعمیری که ضخامت آنها بیش از ۵ سانتیمتر باشد، لایه منظم سطحی نامیده می شوند.

۵-۴-۲-۵. بتن پاشی[1]

به روش شاتکریت یا بتن پاشی، روش اعمال بتن یا ملات به طریقه هوایی یا پنوماتیک نیز اطلاق می‌گردد. در این روش بتن یا ملات با استفاده از فشار هوا به داخل حفره ها، کانال‌ها،

[1]. Shotcreting

قالب‌ها ... و سطوحی که بایستی تعمیر گردند، پرتاپ می‌شود. اگر اندازه سنگ‌دانه مخلوط کوچک‌تر از ۶ میلی‌متر باشد، روش را گانیت[1] می‌خوانند.

اصولاً روش بتن پاشی و یا شاتکریت به دو گروه «تر» و «خشک» تقسیم می‌شود. در روش «تر»، عمل مخلوط شدن آب، سیمان و سنگ‌دانه قبلاً مخلوط شده و سپس مواد مخلوط شده با فشار پرتاپ می گردند. ولی در روش «خشک»، پس از اینکه سیمان و سنگدانه مخلوط شدند، این مخلوط با فشار پرتاپ شده و در سر نازل (شیلنگ) آب به مخلوط اضافه می‌گردد. معمولاً این سیستم در جاهایی به کار گرفته می‌شود که سطح تعمیری وسیع بوده و عمق تعمیر در حدود ۱۰ سانتی‌متر باشد. همچنین در جاهایی که عمل آوری لایه تعمیری مشکل بوده و یا روش‌های عمل آوری معمول در صنعت بتن، اثر مطلوب را نداشته باشند، می‌توان از این سیستم بهره جست.

نکته مهم اینکه سطح نهایی تعمیرات صاف نبوده و بسته به اندازه سنگدانهء مخلوط، دارای زبری و ناهمواری است.

۵-۴-۲-۶. بخیه زنی[2]

این روش در موقعی به کار گرفته می‌شود که ترک‌های زیادی روی سطح بتن ظاهر شده و بایستی برای به دست آوردن و حفظ مقاومت سازه‌ای، آنها را مسدود کنیم. در این روش المان‌های "U" شکل با پایه‌های کوتاه در عرض ترک‌ها در درون حفره‌های تعبیه شده، قرار گرفته (مهاری) و سپس این حفره ها با ملات‌های روان یا دوغاب که خاصیت جمع شدگی ندارند، پر می‌شود. برای جلوگیری از تمرکز تنش‌ها، المان‌هایی با اندازه‌های متفاوت در جهات مختلف از نظر صفحه ترک‌ها، در نظر گرفته می‌شود. نکته‌ای که بایستی به هنگام به

---

[1]. Guniting
[2]. Sttching

کارگیری این روش در نظر داشت؛ آن است که هرچه ترک‌ها بیشتر سخت گردند، احتمال به وجود آمدن ترک در جاهای دیگر بیشتر می‌شود. چاره کار، آن است که یک لایه بتن مسطح بر روی محل‌هایی که بحرانی هستند، اعمال گردد.

۵-۴-۲-۷. تنیدن[1]

اگر در محل‌های مورد تعمیر، ترک‌ها در منطقه بسیار وسیعی ظاهر شده باشد، به طوری که بخیه زدن بسیار گسترده‌ای را ایجاب نماید، ممکن است راه حل تنیدن را مد نظر قرار داد. در روش تنیدن، میل‌گرد یا کابل‌هایی در منطقه بتن آسیب دیده، کارگذاری شده و سپس به آنها تنش‌های از پیش محاسبه شده را وارد کرده و در نهایت مهارشان می‌نماییم. در این روش بایستی دقت کافی مبذول گردد تا عمل تنیدگی باعث به وجود آمدن ترک‌هایی در مناطق دیگر نشود.

۵-۴-۲-۸. درزگیری[2]

در این روش، گسل یا ترک‌های باریک ایجاد شده در بتن[3] با ماده ای پر می‌شود که حالت پلاستیک دارد. از خصوصیات این مواد آن است که نه مثل ملات روان و دوغاب، جاری می‌شود و نه مثل ملات خشک، سفت می‌ماند، بلکه حالت پلاستیکی دارد. در صورتی که ترک‌هایی که بایستی پر شوند غیر فعال باشند، می‌توان از ملات ساخته شده از سیمان پر تلند و یا ملاتی که خاصیت انبساطی داشته باشد استفاده نمود. اما اگر ترک‌های مذکور فعال باشند، بایستی از مواد ارتجاعی که از خاصیت ارتجاعی برخوردار هستند استفاده گردد.

---

1. Stressing
2. Caulking
3. Rupture

در بعضی مواقع و با توجه به شرایط خاصی، ممکن است عمل درزگیری با فشار نیز انجام پذیرد.

۵-۴-۲-۹. پوشش[1]

در این روش نازکی به حالت مایع یا پلاستیک روی قسمت‌هایی از سطح بتن آسیب دیده و یا در معرض خرابی است اعمال می‌گردد. در موقع انتخاب پوشش مذکور، دقت کافی بایستی مبذول گردد تا لایه محافظ حاصله دارای مشخصات مورد نظر باشد. این پوشش را می‌توان با برس، غلتک و یا به طریقه پاشیدن (اسپری) اعمال نمود. پایداری این گونه پوشش‌ها، بسیار متفاوت است. این پوشش‌ها اغلب برای جلوگیری از نفوذ آب، محافظت در برابر عوامل مخرب شیمیایی و ایجاد پایداری و دوام بیشتر برای سطح بتن در مقابل آمد و شد زیاد و سنگین کاربرد داشته و یا ممکن است پوشش فقط جنبه ظاهری و زیبایی داشته باشد.

۵-۴-۲-۱۰. طریقه معمول مرمت قسمتهای خراب شده با استفاده از مواد شکل پذیر

در این روش پس از کندن و خارج کردن بتن نامرغوب (نامناسب و ناسالم)، قسمت‌های بر داشته شده را می‌توان با استفاده از ملات، بتن، سیمان معمولی و یا سایر موادی که برای تعمیرات تکه ای یا وصله پینه ای (PATCH)به کار می‌روند، جایگزین نمود. بایستی توجه داشت که این گونه مواد، شامل مواد الاستومری (ارتجاعی) نمی‌باشند. این روش یکی از روش‌های بسیار معمول در تعمیرات سازه‌های بتنی بوده و مناسب جاهایی است که عامل خرابی تکرار نشده و یا کاملاً از بین رفته باشد.

---

[1]. Coating

۵-۴-۲-۱۱. باروری توسط خلاء[1]

در این روش، معمولاً قسمت آسیب دیده به وسیله صفحه پولیتن پوشانده شده، سپس عمل خشک کردن سطح با استفاده از خلأ انجام پذیرفته و منافذ کاملاً مسدود می‌شوند. پس از اطمینان کامل از هوابند و آب بند بودن سیستم، موادی که قرار است بر روی سطوح و خلل و فرج آسیب دیده اعمال شود، مورد مصرف قرار می گیرند.

در این روش ادعا شده است که از طرفی به دلیل ایجاد خلأ در قسمت‌های اطراف منطقهء آسیب دیده و از طرف دیگر به دلیل اینکه رزین و یا سایر بارور کننده به توسط فشار اتمسفر درون منافذ و خلل و فرج تزریق می گردند، مواد بارور کننده به درون منافذ کاملاً نفوذ کرده و حتی ترک‌های مویی را نیز به واسطه عمل موئینگی پر می نماید، لذا پس از انجام باروری هیچ‌گونه حفره‌ای باقی نمی‌ماند. به عنوان مقایسه، باید توجه داشت که در سیستم باروری با فشار، ممکن است مواد، کاملاً منافذ و خلل و فرجها را پر نکند. تشکیل حفره‌های هوادار و یا وجود ذرات خاشاک و غیره از استحکام پوشش کاسته و در نتیجه رسیدن به یک پوشش کامل و بی نقص را تقریباً غیر ممکن می سازد.

۵-۴-۲-۱۲. روش‌های سطلی

در این روش سطل‌هایی را از مواد تعمیری پر کرده و بر روی نقاطی که باید تعمیر شود قرار می‌دهند. اگر این روش برای تعمیرات زیر آبی به کار گرفته شود، قسمتی از مواد تعمیری هر سطل به علت شسته شدن از بین رفته و در نتیجه حفره های لانه زنبوری در سیستم تعمیر شده به وجود می آید. جهت جلوگیری یا به حداقل رساندن حفره های لانه زنبوری، بایستی از مخلوطی با درجه چسبندگی بالا استفاده نمود. باید به خاطر داشت که این روش،

---

[1]. Vacuum Impregnation

مناسب مکان‌هایی است که به اندازه کافی وسیع بوده و عمل خالی کردن سطل دارای مـواد تعمیری، بدون آسیب رساندن به قالب امکان پذیر باشد.

۵-۴-۲-۱۳. روش قیفی

در این روش، لوله سخت و یا ارتجاعی به یک قیف که منبع تغذیه ای مواد تعمیـری اسـت، اتصال دارد. با اینکه در شروع عملیات، خروجی لوله بر روی کف قرار می گیرد، اما به تدریج که جریان مواد تعمیری ادامه می یابد، خروجی لوله پایین تـر از سـطح مـواد واقـع شـده و امکان تماس مواد را با آب که ممکن است در اطراف وجود داشته باشد، قطع کرده و یـا بـه حداقل می رساند. در این سیستم جریان مواد به طریقه ثقلی صورت می گیرد.

۵-۴-۲-۱۴. روش پمپ

این روش شباهت زیادی به روش قبلی دارد و فرق اساسی این دو روش در آن است کـه در این روش به جای استفاده از جریان ثقلی، از یک پمپ دارای فشار استفاده می‌شود که فشار آن را نیز می‌توان تغییر داد.

۵-۴-۲-۱۵. روش کیسه‌ای

این روش مشابه روش پیش آکنده می‌باشد. تفاوت این روش با روش مذکور در آن است که در این سیستم سنگدانه‌های درشت درون قالبی قرار داده شده و سپس فضاهای خالی بـین سنگدانه ها با تزریق ملات روان یا دوغاب پر می‌گردد.

انتخاب مواد و مصالح مصرفی در بهسازی سازه‌های بتنـی از اهمیـت ویـژه‌ای برخـوردار است. به همین دلیل در این بخش علاوه بر دوغاب، مـلات و بـتن سـاخته شـده از سـیمان معمولی، مواد جدید شیمیایی مناسبی که برای این منظور متداول گردیده شرح داده شـده

است. مواد و مصالحی که برای سازه‌های بتنی زیرآبی مورد نیاز است نیز مبسوط تر مورد بررسی قرار گرفته است.

۵-۴-۳. مواد تعمیری

در این بخش موادی که در تعمیرات بتنی معمول است، شرح داده شده اند.

۵-۴-۳-۱. بنونیت[1]

این ماده که از صخره و یا سنگ استخراج شده از خاکسترهای آتشفشانی است و دارای درصد بالایی از املاح (مینرال) رس است. بنتونیت در تماس با آب تا حدود ۳۰ برابر حجم اولیه خود آب جذب نموده و منبسط می‌گردد. محصول به دست آمده دارای شکل ژله مانند بوده و به صورت سد کننده نفوذ و گذر آب عمل می کند. از این ماده برای جلوگیری از نشت آب در زیر زمین‌های موجود، استخرها، مخازن آب، حوضچه ها، کانال‌های آبیاری، سدها و تأسیسات مشابه استفاده می‌شود. هنگام مصرف بنونیت می‌توان آن را به صورت خشک که در درون حفره ها و منافذ سطوح قرار داده می‌شود و یا به صورت ژل، به کار برد.

۵-۴-۳-۲. پوشش‌های قیری

این سیستم‌های پوششی عبارتند از: آسفالت و یا موادی چون قطران ذغال سنگ. این مواد در مواقع آب بند نمودن بتن و یا حفاظت آن در مقابل عوامل جوی به کار گرفته می‌شوند. از جمله مشخصات این مواد می‌توان ارزانی و شناخته شدن آن بین دست اندرکاران را نام برد. از خصوصیات دیگر این پوشش‌ها امکان تغییر ضخامت لایه اعمالی متناسب با عملکرد خواسته شده از سیستم است. از معایب این گونه پوشش‌ها می‌توان نیاز به تجدید متناوب،

---

[1]. Bentonite

متصاعد شدن بوی بد، کثیفی به هنگام اعمال لایه، خشک شدن و ترک خـوردن در مقابـل نور خورشید، حساسیت آنها نسبت به درجه حرارت محیط و آسیب پذیری و از بـین رفـتن این پوشش‌ها در با بعضی محلول‌ها از قبیل بنزین را، ذکر نمود.

۵-۴-۳-۳. بتن، ملات و دوغاب ساخته شده از سیمان پرتلند معمول

این سیستم‌ها که به عنوان مواد تعمیری در نظر گرفته می‌شوند، امتیازاتی از قبیـل: تغییـر حجم مشابه با بتن مادر، شباهت ظاهری، ارزانی نسبی در مقایسه با سـایر سیسـتم‌هـا و در دسترس بودن و موجود بودن دانش لازم در مورد خود سیستم‌ها را، دارا می‌باشند. در حالی که جایگزین کردن قسمت‌هایی از سازه و همچنین نقاطی که عمیقاً نیاز به تعمیر دارند، بـا بتن انجام می‌گیرد؛ ملات برای قسمت‌هایی مناسب اسـت کـه کمتـر از ۳۵ میلیمتـر عمـق دارند. باید توجه داشت که اندازه سنگ‌دانه بتن نیز می‌توانـد در انتخـاب سیسـتم تعمیـری دخالت داشته باشد. نلات سیمانی را می‌توان بـا دسـت، پمـپ و یـا جریـان ثقلـی بـر روی قسمت‌های تعمیری اعمال نمود. خصوصاً در نقاطی که عمق تعمیر زیاد نبوده و جریان روان و مداوم دوغاب مورد نیاز نباشد، بایستی از ملات استفاده نمود.

دوغاب برای جاهایی مصرف می‌شود که عمق تعمیر کم بـوده و یـا قسـمت‌هـای مـورد تعمیر قابل رؤیت نیستند. دوغاب را می‌توان با استتفاده از جریان ثقلـی و یـا پمـپ اعمـال نمود. بایستی توجه داشت که دوغاب به علت داشتن آب زیاد، پس از خشک شدن بـیش از ملات و یا بتن با دانه بندی خوب، جمع شدگی حاصل می‌کند. در مواردی کـه دوغـاب بـه عنوان سیستم تعمیـری مـد نظـر قـرار مـی‌گیـرد، بهتـر اسـت دوغـاب‌هـای انحصـاری بـا مشخصه‌های فنی خاص را مورد توجه و بررسی قرار داد.

۵-۴-۳-۴. درزگیری‌های ارتجاعی

از این مواد برای پر کردن ترک‌های زنده استفاده می‌گردد. از وظایف این گونه مواد آن است که از نفوذ آب، خاشاک و آلودگی‌ها جلوگیری کرده، انبساط و انقباض مداوم و مورد نظر از خود نشان داده و چسبندگی خوبی را به اطراف و لبه ترک‌ها داشته باشد. اساساً این گونه مواد شامل سیستم‌های گرم و سرد می‌باشند. اثرات جوی، حرارت‌های زیاد، دماهای پایین، عبور و مرور، اثرات محیطی، چسبندگی و خاصیت ارتجاعی این گونه مواد بایستی قبل از انتخاب، به طور دقیق و کامل مورد بررسی قرار گیرند.

۵-۴-۳-۵. رزینه

رزین‌های مصنوعی یا سینتتیکی[1] که در صنعت راه و ساختمان به کار گرفته می‌شوند، از تولیدات صنایع پتروشیمی می‌باشند. انواع این رزین ها بسیار زیاد و گسترده بوده ولی از جمله آنهایی که بیشتر در این صنعت معمول هستند، می‌توان اپوکسی‌ها (اپوکسیدها نیز گفته می شوند)، پلی استرها، پلی یورتان‌ها، اکریلیک ها، پلی وینیل استات‌ها و استیرن بوتادین‌ها، را نام برد. از آنجا که سه گروه آخری اساساً برای باروری و یا همراه سیمان پرتلند معمولی به کار گرفته م شوند، تنها به شرح سه گروه اولی یعنی اپوکسی‌ها، پلی استرها و پلی یورتان‌ها در این بخش می پردازیم.

اپوکسی‌ها

نام اپوکسی از این واقعیت منشأ می‌گیرد که مولکول‌های این سیستم از رزین‌ها، دارای کربن و اکسیژن هستند و به همین علت اپوکسیدها نامیده می شوند. اتم اکسیژن به دو اتم

---

[1]. Synthetic

کربن اتصال دارد که خود این اتم‌های کربن نیز به طرق دیگری به یکدیگر متصل هستند. بنابراین ساده ترین نوع اپوکسیدها، اکسید اتیلین می‌باشد که واکنش رزین‌های اپوکسی وابسته به نوع گروه های اکسید ایتلن می‌باشد. گروه‌های اپوکسید به خاطر داشتن ساختمان مولکولی خاص، دارای مشخصه عکس العمل بسیار بالایی بوده و در واقع می‌توانند با بیش از ۵۰ نوع نمونه شیمیایی مخلوط شده و سیستم‌های عمل آمده و سخت شده رزینی را ایجاد کنند. از انواع مواد عمل آورنده‌ای که بعضی از اوقات سخت کننده نیز گفته می‌شوند، می‌توان آمین‌ها، آمیدها، استرها، تریفلوریدبرن و غیره را نام برد.

باید توجه داشت که تفاوت در به کارگیری مواد عمل آورنده، با محصولات رزینی سخت شده خصوصیات مختلفی را ایجاد می‌نماید. لذا با توجه به عملکرد فیزیکی که از یک سیستم رزینی انتظار می‌رود، مواد عمل آورنده را بایستی طوری انتخاب کرد که انتظار مذکور حاصل گردد. با این حال رزین‌هایی که در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرن، هر کدام حاصل اختلاط و ترکیب چند سیستم می‌باشند که با نسبت‌های دقیق مخلوط و ترکیب شده‌اند. این امر از عهده یک عمل آورنده خارج بوده و معمولاً به این طریق فرمول دهندگان، عوامل اصلی تشکیل دهنده رزین‌ها را خریداری و با اطلاع کافی از خصوصیات عمل آورنده‌های مختلف، با دقت و توجه به سیستم رزین در عمل و پس از توزین و مخلوط نمودن دقیق نسبت‌های لازم از پایه و عمل آورندهء رزین‌ها، رزین مورد نظر را می سازند.

نکته قابل توجه این است که بعضی اوقات برای دسترسی به خصوصیاتی، ممکن است علاوه بر پایه و عمل آورنده رزینی، از موادی نیز به صورت پر کننده و تغییر دهنده، در ساخت اولیه رزین مورد نظر کمک گرفته شود. از سال ۱۹۴۰ که اپوکسی‌ها در صنعت راه و ساختمان به کار گرفته شدند، از آنها برای چسباندن قطعه های ساختمانی، تزریق ترک ها، پوشش ها، تعمیرات تکه ای، تحکیم پیچ ها، تحکیم پایهء ماشین‌آلات، به کارگیری در سطوح قابل سایش، اعمال در کارهای زیر آبی و به عنوان ماده چسباننده استفاده شده

است. دلایل عمده علاقه و موارد استفاده مهندسین از رزین های اپوکسی را، می‌توان به شرح زیر توصیف نمود:

(الف) دارا بودن ویسکوزیته (غلظت) پایین که نفوذ آن را آسان می سازد.

(ب) بسته به نوع عمل آمرنده و دمای محیط، رزین های اپوکسی در مدت زمان کوتاهی عمل آمده و سخت می شوند.

(پ) با توجه به اینکه سیستم اپوکسی رزین ها طوری فرمول بندی شده است که خالی از حلال می‌باشد، تغییرات در نحوه قرارگیری و ترتیب مجدد مولکول ها در زمان عمل آوری سیستم بسیار اندک بوده و جمع شدگی در موقع سفت شدن نیز در حد پایین می‌باشد. همچنین این سیستم‌ها به هنگام عمل آوری و ترکیبات داخلی، دچار واکنش‌های غیره منتظره نمی‌گردند.

(ت) دارا بودن قدرت چسباندن بسیار بالا.

با وجود امتیازات فوق الذکر اپوکسی‌ها، عوامل محدود کننده ای نیز وجود دارند که موقع انتخاب این سیستم‌ها بایستی دقیقاً مد نظر قرار گیرند. بعضی از این عوامل محدودکننده را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱- سطح بتن مادر بایستی مقاوم، تمیز و برای بیشتر سیستم‌های اپوکسی خشک باشد.

۲- حرارت حاصل از ترکیب و عمل آوری اپوکسی ها می‌تواند به خاطر اثر حرارت‌زای آنها، به طور فاحشی بالاتر از سیستم های تعمیری با سیمان معمولی باشد.

۳- با اینکه قدرت انقباض (جمع شدگی) سیستم‌های اپوکسی به گفتهء تولیدکنندگان آنها در حد ناچیزی می‌باشد، معذالک نمی‌توان از اثرات منفی آنها صرفنظر نمود. این موضوع خصوصاً وقتی با اثرت حاصل از حرارت ایجاد شده همراه باشد، ممکن است نتایج مخربی را به بار آورد.

۴- برای مصرف اپوکسی‌ها حداقل درجه حرارت محیط معمولاً ۵ درجه سانتیگراد قید می‌شود که بایستی کاملاً مراعات گردیده و ممکن است کنترل دوباره این موضوع ضرورت یابد. البته این محدودیت ها در صورتی است که انتظار داشته باشیم سیستم حداکثر مقاومت خود را در مدت زمان نسبتاً کوتاهی به دست آورد.

۵- اغلب سیستم های اپوکسی در مقابل رطوبت حساس می‌باشند. بنابراین هنگام استفاده از سیستم های اپوکسی، رطوبت و خیسی محیط، بایستی مورد توجه و مطالعه قرار گیرد.

۶- نسبت اجزا و همچنین اختلاط کامل اجزای سیستم های اپوکسی بایستی دقیقاً مورد کنترل و بررسی قرار گیرد. بایستی یادآور شد که اهمیت این مطلب در نظر افرادی که دائم با مواد سیمانی معمولی سر و کار دارند به قدری نیست که توجه دست اندکاران را آن گونه که شایسته است به خود معطوف دارد.

۷- مسأله ایمنی از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و بایستی حتماً در تمامی مراحل مراعات شود. باید توجه داشت که اجزای سیستم‌های اپوکسی در صورت تماس با پوست و یا استشمام بخار اپوکسی توسط افراد، ایجاد ناراحتی بسیار جدی می‌نماید. علاوه بر این بعضی از اجزا قابل احترق بوده که رعایت اصول و ملاحظات ایمنی را حتمی و ضروری می سازد. اماکنی که در آنها اقدام به مصرف آپوکسی می‌گردد، بایستی از تهویه مؤثر و مطلوبی برخوردار باشند. خصوصاً هنگامی که اپوکسی ها در فضایی محدود و سر بسته به کار گرفته می شوند.

۸- باید توجه داشت که بین مدول الاستیسیته (ضریب ارتجاعی) اپوکسی‌ها و ضریب ارتجاعی بتن مادر و همچنین بین ضریب انبساط حرارتی این دو، اختلاف فاحش و قابل تأملی وجود دارد که در صورت نیاز، انجام مقایسه و به کارگیری تمهیدات لازم ضروری است. اختلاف قابل ملاحظهء ضرایب فوق الذکر باعث تشکیل تنش‌های برشی در مرز بین

لایه اپوکسی و بتن قدیم گردیده و در صورت ازدیاد بیش از حد، باعث جدا شدگی دو سیستم از یکدیگر می‌شود.

پلی استرها

عمل گیرش و سخت شدن پلی استرها کاملاً با گیرش و سخت شدن اپوکسی‌ها تفاوت دارد. در مورد پلی استرها باید گفت که در صورت وجود کاتالیست‌ها، عمل و عکس‌العمل پلیمری بین نقاط مشابه در زنجیره‌های رزینی یکسان صورت می‌گیرد. بنابراین کنترل دقیق نسبت‌های اختلاط به آن اندازه که در مورد رزین‌های اپوکسی ضرورت دارد، حساس و بحرانی نیست. برای بهبود بخشیدن به قدرت عمل و عکس العمل ترکیبی و ویسکوزیته پلی استرها، معمولاً از حلال‌هایی مانند استیرن کمک گرفته می‌شود. هنگامی که یک سیستم رزینی دارای پرکننده باشد، معمولاً کاتالیست مربوطه به صورت پودر که به ماده پر کنندهء خنثی (از نظر ترکیب شدن) مخلوط شده، به کار گرفته می‌شود. نکتهء حائز اهمیت اینکه، نه نتها از نظر خواص مکانیکی پلی استرها و اپوکسی ها به هم شباهت دارند، بلکه موارد کاربرد آنها نیز به مشابه هم می‌باشد. با این همه تا آنجا که به تعمیرات بتنی مربوط می‌شود، تفاوت‌هایی بین این دو سیستم یعنی پلی استرها و اپوکسی‌ها وجود دارد که اهم آنها را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

۱- در مقایسه با اپوکسی ها، پلی استرها حداکثر مقاومت نهایی خود را در مدت زمان کمتری به دست می آورند.

۲- با توجه به مدت زمان عمل آوری کوتاه پلی استرها، اثرات اگزوترمی آنها بیش از اثرات اگزوترمی اپوکسی هاست. در نتیجه به هنگام مصرف پلی استرها باید ضخامت لایه های اجرایی کمتر از زمانی باشد که اپوکسی به کار گرفته می‌شود.

۳- حساسیت سیستم‌های پلی استری نسبت به رطوبت، بیشتر از حساسیت سیستم‌های اپوکسی در شرایط مرطوب می‌باشد.

۴- امکان حملات شیمیایی از طرف خمیر حاصل از سیمان پرتلند که آلکالین (قلیایی) است، در مورد سیستم‌های پلی استری بیشتر از سیستم‌های اپوکسی است.

۵- مقدار جمع شدگی سیستم‌های پلی استری حین عمل آوری بیشتر از مقدار همین نوع جمع شدگی در سیستم‌های اپوکسی است.

با توجه به امکان تأثیر حملات شیمیایی بر روی سیستم‌های پلی استری و اینکه این سیستم‌ها دارای حساسیت بیشتری (در مقایسه با اپوکسی ها) در مقابل رطوبت می‌باشند، نمی‌توان از این سیستم‌ها به عنوان پر کننده ترک‌ها بهره جست.

پلی یورتانها[1]

معمولاً از پلی یورتان‌ها در مواقعی استفاده می‌شود که نیاز به ماده فنری احساس شود. زیرا خاصیت ارتجاعی و انعطاف پذیری پلی یورتان‌ها بیش از سیستم‌های پلی استری و سیستم اپوکسی‌ها است. یکی از نمونه‌های پلی یورتان‌ها، به کارگیری آنها در داخل مخازن و جاهایی است که از سیستم، انتظار مقاومت بالایی در برابر تغییرات و اختلاف دما می رود. در مورد رطوبت باید توجه داشت که سیستم‌های پلی یورتانی، حساسیت بسیار زیادی نسبت به میزان رطوبت محیط داشته و به همین دلیل مصرف آنها در کارهای زیر آبی توصیه نمی‌شود.

[1]. Polyurethanes

۵-۴-۳-۶. بتن، ملات، و دوغابهای منبسط شونده

دلیل عمده استفاده از بتن، ملات و دوغاب‌های منبسط شونده آن است که بتوان بر مشکلات انقباض (جمع شدگی) که معمولاً در به کارگیری مواد با سیمان معمولی مشاهده می‌شود فائق آمد. مکانیزم عمل به نحوی است که باعث می‌شود مواد تعمیری به هنگام گیرش و سخت شدن (عمل آوری) انبساط پیدا کرده و با عمل انقباض مخالفت و آن را خنثی نماید.

۵-۴-۳-۷. بتن و ملات دارای الیاف مصنوعی

اساساً افزودن الیاف مصنوعی به بتن یا ملات به سه منظور اصلی افزایش مقاومت کششی، افزایش مقاومت خمشی و افزایش در مقابل ضربات ناگهانی صورت می‌گیرد.

به طور کلی دو گروه اصلی از الیاف مصنوعی وجود دارند که برای منظورهای فوق مورد استفاده قرار می گیرند. مدل‌های گروهی از این الیاف مصنوعی پایینتر از مدل‌های بتن یا ملات می‌باشد؛ مانند نایلون و پلی پروپیلن[1]. در حالی‌که مدوهای گروه دوم بالاتر از مدولهای بتن یا ملات هستند؛ مانند شیشه، استیل و کربن. از بتن یا ملات مسلح به الیاف مصنوعی به طور موفقیت آمیزی به عنوان لایه های نازک روکشی روی جاده ها، خیابان‌ها و باندهای فرودگاه استفاده شده است. همچنین از این سیستم می‌توان در مکان‌هایی که خلأزایی و فرسایش مشکلاتی را باعث شده است (مانند روی سرریزهای سدها) و سایر مراحل خاص کمک گرفت. روش‌هایی نیز ابداع شده است که با به کارگیری آنها می‌توان از مخلوط‌های واجد الیاف مصنوعی، در سیستم‌های بتن پاشی استفاده نمود.

اخیراً گزارش شده است که افزایش الیاف مصنوعی در سیستمهای باعث ازدیاد قدرت چسبندگی لایه‌های تعمیری به بتن مادر می‌گردد. البته سیستم‌های انحصاری نیز وجود

---

[1]. Polypropylene

دارند که برای تعمیرات بتن به کار می روند و در آنها علاوه بر پلیمرها، الیاف مصنوعی نیز دیده می‌شود. علیرغم موفقیتهایی که تا امروز به دست آمده، ممکن است پیشنهاد این سیستم به عنوان یک ماده تعمیری، ناپخته به نظر برسد چرا که مسأله دوام و پایداری آن در دراز مدت، در مرحله آزمون و بررسی و مطالعه قرار دارد. نکته ای که باید مورد توجه خاص قرار گیرد، نحوه مخلوط و پخش شدن الیاف مصنوعی در سیستم است. بارها مشاهده گردیده که به هنگام مخلوط نمودن الیاف با سایر مواد بتنی یا ملات (سیمان- سنگدانه- آب و...)، الیاف مصنوعی تمایل به جمع شدن در یک جا داشته یا در جهات مشخصی قرار می گیرند. که این امر توزیع برابر و یکنواخت الیاف را با اشکال مواجه می سازد.

۵-۴-۳-۸. لاتکس

در حال حاضر باور بر این است که بتن یا ملاتی که دارای افزودنی‌های لاتکسی می‌باشد، برای مرمت سازه‌های بتنی آسیب دیده بسیار مفید واقع می‌شود. اصطلاحاتی که برای این‌گونه مواد تعمیری به کار برده می‌شود، به شرح بتن لاتکسی، بتن اصلاح شده لاتکسی و اخیراً بتن اصلاح شده پلیمری است. توضیح ضروری این است که نباید سیستمهای یاد شده را با بتن پلیمری اشتباه نمود. چون در بتن پلیمری تنها عامل گیرش خود پلیمر می‌باشد در صورتی که در بتن اصلاح شده پلیمری، سیمان که دارای خاصیت چسبندگی و گیرش می‌باشد نیز به کار رفته است.

به طور کلی، در مقایسه با بتن و ملات ساخته شده از سیمان پرتلند معمولی، بتن و ملات اصلاح شده پلیمری دارای خواص و مشخصات ویژه ای می‌باشند. این مشخصات را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

(الف) در صورت نیاز می‌توان آن را به صورت لایه های نازک و لبه پری به کار برد.

(ب) از قدرت چسبندگی بیشتر به بتن مادری که دارای مقاومت و مرغوبیت کافی باشد، برخوردار است.

(پ) به علت اینکه این گونه مواد خود حالت نگهدارندهء آب دارند، عامل عمل آورنده و یا پوشش‌های عمل آورنده از اهمیت چندانی برخوردار نیستند، البته بایستی از خشک شدن در شرایط تابش مستقیم آفتاب و باد اجتناب گردد.

(ت) دارای مقاومت کششی بیشتری می‌باشند.

(ث) دارای حالت ارتجاعی و نرمش بیشتری می‌باشند.

(ج) از دوام و پایایی بهتری برخوردارند.

با اینکه قیمت بتن و ملات اصلاح شده پلیمری از قیمت بتن و ملات با سیمان معمولی، بیشتر است ولی آنها بسیار ارزانتر از مواد اپوکسی به شمار می آیند. باید توجه داشت که وقتی پلیمر به مخلوط بتن یا ملات افزوده می‌گردد، به کارگیری افزودنی‌های دیگر بایستی با دقت بیشتری صورت گیرد. چرا که ممکن است سازگاری لازم بین آنها موجود نبوده و اختلالاتی را شاهد باشیم. نکته قابل ذکر اینکه جا به جا کردن و پرداخت سطح نهایی بتن و ملات اصلاح شده پلیمری مشکل‌تر از مواردی است که در آنها از بتن و ملات با سیمان معمولی استفاده شده است.

از جمله پلیمرهای لاتکسی که در صنعت بتن کاربرد بیشتری دارند، می‌توان استیرن بوتادین، ساران، اکلریک و پلی وینیل استات را نام برد. این پلیمرها به صورت پودر و یا مایع به مخلوط بتن یا ملات اضافه می گردند. گفته می‌شود که نتایج بهینه موقعی حاصل می‌گردد که سیستم به مدت ۳-۱ روز به صورت خیس، عمل آمده و سپس در هوای آزاد قرار گیرد. صاحب‌نظران بر این عقیده هستند که حداقل بخشی از بهبود مکانیکی و پایایی یا دوام حاصل از به کارگیری این گونه سیستم‌ها، به دلیل کاستن از درجه تخلخلی است که در نتیجهء وجود پلیمر در سیستم پدید می‌آید. همچنین ادعا بر این است که یکی از

مهم‌ترین مشخصه‌های بتن یا ملات اصلاح شده پلیمری، بـه عنـوان دو مـادهء تعمیـری در سازه‌های بتنی، قدرت چسبندگی خوب آنها به بتن قدیم (مادر) می‌باشد.

۵-۴-۳-۹. سایر مواد پوششی

علاوه بر موادی که مانند بنتونیت، سیستم‌های قیری و رزینی به عنوان مادهء پوششی مورد استفاده قرار می‌گیرند، مواد دیگری نیز از قبیل روغـن، سـیلیکون‌هـا و سـیلان‌هـا موجـود می‌باشند.

۵-۴-۳-۱۰. سیمان‌های مخصوص

سیمان‌های مخصوصی از قبیل سیمان با آلومینای بالا و سیمان‌های فسفات منیزیوم وجـود دارند که می‌توان از آنها برای کارهای تعمیرات بتنی استفاده نمود. عمده‌ترین امتیازات ایـن سیمان‌ها، گیرش سریع و مقاومت بالای آنها در زمان کوتاه می‌باشد. همچنین این سیمان‌ها در مقابل بعضی از اسیدها، روغن‌ها و چربی ها، آب دریا، مواد شکری و سـولفات‌هـا از خـود مقاومت و پایایی بالایی نشان می‌دهند.

۵-۴-۳-۱۱. مواد تعمیری زیر آبی

به طور کلی می‌توان موادی را که برای تعمیرات زیر آبی به کار می‌روند، به دو گروه سیمانی و رزینی تقسیم نمود. با توجه به اندازه و وسعت محل تعمیر، ممکن است این طبقـه بنـدی به چند گروه دیگر از قبیل تعمیرات ترک‌ها و تعمیرات قطعه‌ای یا سطحی نیز تقسیم گردد. بررسی مدارک موجود نشان می‌دهد با وجود آن که از سیستم‌های رزینی هم برای تعمیر و تزریق ترک‌ها وهم برای تعمیرات سطحی استفاده شده است، سیسـتم‌هـای سـیمانی هنـوز برای تزریق ترک‌ها به کار گرفته نشده اند.

در میان سیستم‌های رزینی به نظر می رسد که اکثراً اپوکسی‌ها برای انجام تعمیرات بتنی زیر آبی مورد استفاده قرار گرفته اند و دلیل این امر را می‌توان عملکرد و ویژگی های بهتر سیستم های اپوکسی، در مقایسه با سایر سیتم های موجود دانست. از جلمه ویژگی‌های اپوکسی‌ها که باعث می‌گردد آنها برای تعمیرات زیر آبی مورد توجه و درخواست قرار گیرند، می‌توان مقاومت بالا، قدرت جمع شدگی کم در مقابل رطوبت را نام برد. از آنجا که شرح سیستم‌های رزینی در بخش رزین‌ها آمده است، فقط به شرح و بررسی کامل سیستم‌های سیمانی که برای تعمیرات بتنی در زیر آب به کار گرفته می شوند، می پردازیم.

مواد سیمانی برای تعمیرات زیر آبی

بر عکس دوغاب‌های رزینی، دوغاب‌های سیمانی کاملاً برای مهندسین و دست اندر کاران آشنا و شناخته شده می‌باشند. ماده چسباننده و گیرش دوغاب‌های سیمانی، سیمان پرتلند معمولی است که به دلیل در دسترس بودن، قیمت پایین، سهولت مصرف و همچنین به واسطهء شناخته شدن آن در صنعت بتن، ملات و دوغاب ساخته شده با سیمان پرتلند معمولی برای تعمیرات داخل آب چندان مناسب نیستند. دلایل آن و اقداماتی که می‌توان برای غلبه بر این نارسایی‌ها و همچنین سیستم‌های تعمیراتی ساخته شده با سیمان معمولی به کار برد، در این بخش به تفصیل شرح داده شده اند.

ویژگی‌های آب اندازی

پس از قرار گرفتن مخلوط بتن یا ملات، آب آن به خاطر پایین بودن وزن مخصوصش، از دانه ها جدا شده و نزدیک سطح جمع می‌گردد. این فرآیند که نوعی جداشدگی است به نام

آب انداختن[1] خوانده می‌شود. از آنجا که آب انداختن برای تعمیرات بتنی مخرب می‌باشد، بایستی آن را کنترل نمود. یک راه حل آن است که آب مخلوط را کم می کنیم که در این صورت روانی مخلوط تحت تأثیر قرار می‌گیرد. راه دیگر آن است که از افزودنی‌ها کمک گرفته شود.

ماده افزودنی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، بایستی طوری انتخاب شود که ضمن کم نمودن آب مورد نیاز مخلوط، روانی آن را حفظ نماید. برای این منظور از روان کننده‌ها استفاده می‌شود که به واسطهء وارد نمودن هوا به درون مخلوط، روانی مخلوط را بهبود می بخشد بدون آنکه نیازی به آب بیشتر باشد. همچنین می‌توان آب انداختن را با به کارگیری پودر آلومینیوم، یک ماده منبسط شونده، کلرید کلسیم (۱۲cac)، یک ماده شتاب دهنده با A۳C (تری کلسیم آلومینات) بالا و ذرات ریزتر سیمان کم نمود.

زمان گیرش طولانی

زمان لازم برای سخت شدن و گیرش مخلوط سیمان پرتلند معمولی، خصوصاً در حرارت‌های پایین بسیار طولانی بوده و حدود چند روز به طول می انجامد. گرچه ممکن است این خاصیت، موقع انجام تعمیرات، مزیتی به شمار آید، ولی پس از اینکه بتن در جای خود قرار گرفت این مزیت تبدیل به یک عیب می‌شود. از انجا که زمان گیرش به حرارت وابسته است، اهل فن دریافته اند که می‌توان با انجام اقداماتی حتی در دماهای زیر ۵۰ درجه سانتیگراد نیز به محض قرار دادن بتن، عمل گیرش آغاز گردد.

---

[1]. Bleeding

شسته شدن

اگر سیمان پرتلند معمولی در تماس با آب قرار گیرد (مثلاً آب دریا)، به علت تمایل آن برای مخلوط شدن با آب بیشتر، در آب پخش و در نتیجه مواد متشکله خود را از دست می دهد. از آنجا که در تعمیرات بتنی زیر آب، بایستی مواد تعمیری با آب تماس پیدا کرده و آن را جا به جا نماید، عمل شسته شدن می‌تواند اثرات منفی بسیار جدی بر جای بگذارد. جهت غلبه براین مشکل، از افزودنی‌هایی با مواد شیمیایی با بنیان سلولزی و یا پلی اتیلنی که به آب مخلوط اضافه می‌گردد، کمک گرفته می‌شود. در واقع ماده افزودنی، تولید محلول کلوئیدی می نماید که با تشکیل مانع یا پوسته ای با جریان الکتریکی، در روی سطح، از مخلوط شدن بیشتر آب جلوگیری می کند.

آسیب پذیری در مقابل مواد شیمیایی

گفته می‌شود که تری کلسیم آلومینات (A_3C) موجود در مخلوط سیمان پرتلند معمولی، در مقابل عوامل شیمیایی چون کلریدها و سولفات‌ها، آسیب پذیر می‌باشد. برای بهبود بخشیدن به مقاومت مخلوط سیمان پرتلند معمولی در قبال مواد شیمیایی موجود در آب، از افزودنی‌های آب گریز کمک گرفته می‌شود. رفتار این افزودنی‌ها مانند عمل آب بند کننده‌ها بوده و برای پایین آوردن نفوذ پذیری بتن به کار می روند. راه دیگر آن است که از سیمانی استفاده شود که دارای تری کلسیم آلومینات کمتری باشد.

روانی ضعیف

تا آنجا که به روانی یک مخلوط (بتن، ملات، دوغاب) مربوط می‌شود، به کارگیری روش‌ها و تجهیزات مورد نیاز از اهمیت شایانی برخوردار است. زیرا اعمالی چون هم زدن، جا به جا کردن، حمل و نقل و قرار دادن یک مخلوط بستگی به حد روانی یا کارآیی دارد.

هچنین به این نکته نیز باید توجه داشت که موقعیت مکانی محل تعمیر و قابل دسترس بودن آن، در میزان روانی و جریان مخلوط نقش تعیین کننده دارد.

یک روش برای بهبود بخشیدن به حد روانی، این است که موقع هم زدن مخلوط، آب بیشتری به آن اضافه گردد. اما این عمل نتایج منفی در پی خواهد داشت. بنابراین به نظر می‌رسد که راه حل در کمک گرفتن از روان کننده‌ها و سایر افزودنی‌هایی باشد که باعث کاهش آب مخلوط می‌گردد. با توجه به وظیفه آب موجود در مخلوط، فراهم آوردن روانی لازمه و نیز امکان انجام ترکیبات شیمیایی با دانه‌های سیمان، انتخاب روان کننده و سایر مواد کاهندهء آب باید به طریقی انجام پذیرد که به وظیفه دوم آب مخلوط یعنی فراهم آوردن امکان انجام ترکیبات سیمان در مخلوط نه تنها آسیب نرساند، بلکه آن را تسهیل نماید.

باور این است که روان کننده ها دارای خواصی هستند که باعث کاهش کشش سطحی آب مخلوط شده و با پخش نمودن ذرات سیمان در تمامی فاز، این ذرات توسط آب مخلوط کاملاً احاطه شده به نوبه خود باعث بهبود انجام ترکیبات شیمیایی در درون مخلوط می‌شوند.

جمع شدگی یا انقباض

موضوع انقباض یا جمع شدگی از خصوصیات بسیار مهم یک سیستم تعمیری است. اگر این جمع شدگی بیش از حد مجاز باشد، باعث ترک خوردگی، جدا شدن لایه تعمیری و در نتیجه کاهش استحمام و پایایی می‌گردد.

عمل جداشدن لایه تعمیری به دلیل ایجاد تنش‌های موجود در مرز بین لایه تعمیری و بتن قدیمی، که حاصل انقباض سیستم تعمیری است، بسیار بحرانی بوده و خستگی و گسیختگی‌های چسبندگی در طول مرز دو لایه را باعث می‌گردد. به طور کلی، بسته به

مقدار آب مخلوط، انقباض سیمان پرتلند معمولی بالاست. گفته می‌شود که این موضوع اساساً به دلیل کاهش حجم مخلوط به هنگام گیرش است.

برای فائق آمدن به این مشکلات، از افزودنی‌هایی کمک گرفته می‌شود که نه تنها باعث از بین رفتن انقباض (جمع شدگی) سیستم می‌گردند، بلکه انبساط کلی را نیز ایجاد می‌نمایند. بعضی از موارد منبسط شونده که در صنعت راه و ساختمان معمول هستند به قرار زیر می‌باشند:

(الف) پودر آلومینیوم متالیکی: در این سیستم عمل منبسط شدن به دلیل آزاد شدن گاز هیدروژن می‌باشد که خود حاصل عمل شیمیایی آلکالی روی آلومینیوم متالیکی است.

(ب) آهن متالیکی: در این سیستم عمل انبساط مربوط می‌شود به اکسیدی که حاصل عکس العمل شیمیایی یون‌های کلریدی در یک محیط قلیایی است که باعث خوردگی یا زنگ زدگی آهن شده و نتیجتاً حجم بیشتری را ایجاد می نماید.

(پ) سولفات کلسیم: در این سیستم انبساط حاصله در اثر تولید کلسیم سولفو آلومینات می‌باشد که از ترکیب شیمیایی سولفات کلسیم با تری کلسیم آلومینات به وجود می آید.

جدا شدن

جدا شدن در اصطلاح به عملی اطلاق می‌گردد که طی آن اجزای تشکیل دهندهء یک مخلوط از یکدیگر جدا می شوند. وقتی عمل جدا شدن به وقوع می‌پیوندد، ذرات سنگین‌تر تمایل به ته نشین شدن داشته و در نتیجه ذرات سبک‌تر در قسمت‌های بالا قرار می‌گیرند. در نتیجه به خاطر اینکه مخلوط حالت یکنواختی خود را از دست می‌دهد، ضعف‌هایی در سیستم ایجاد شده و باعث خرابی و گسیختگی نهایی آن می‌گردد. این مشکل معمولاً با استفاده از برخی مواد افزودنی قابل بر طرف شدن می‌باشند. مواد افزودنی باعث می شوند قدرت چسبندگی درون مخلوط افزایش یابد.

نفوذ آب دریا به سیستم تعمیری

در رابطه با مسأله نفوذ پذیری، دو مرحلهء کاملاً متمایز را می‌توان تعریف نمود:

یکی نفوذ پذیری لایه سخت شده که برای حفاظت از بتن مادر یا سازه زیرین به کار رفته است و دیگری میزان نفوذ آب دریا به درون مخلوط تازه سفت نشده.

در مورد مسأله دوم یعنی نفوذ آب دریا به درون مخلوط تازه باید گفت، مشکلات حاصله تا حدی به مشکلات شسته شدن، آب انداختن و جدا شدگی شباهت دارند که در مباحث قبلی به آنها اشاره شد. اما به دلیل آنکه نفوذ پذیری سازه‌های بتنی دریایی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. انواع مختلف آب بند کننده ها موجود می‌باشد که می‌توان با افزودن آنها به مخلوط تازه، نفوذ پذیری لایهء تعمیری سخت شده را کاهش داد.

چسبندگی به بتن قدیمی (بتن مادر)

یکی از وظایف مهم یک سیستم تعمیری، حفاظت از سطحی است که بر روی آن اعمال می‌شود. پر واضح است تا وقتی که چسبندگی لازم و کافی بین لایه تعمیری و بتن قدیمی وجود نداشته باشد، لایه تعمیری از انجام این وظیفه باز خواهد ماند. برای بهبود خاصیت جسبندگی مخلوط های ساخته شده از سیمان پر تلند معمولی، مولکول‌های آلی با زنجیره‌های طولانی، مانند استیرن بوتادین به سیستم افزوده می‌گردد. گفته می‌شود که این افزودنی‌های پلیمری، مقاومت چسبندگی و کششی مخلوط را بهبود می بخشند. استیرن و بوتادین را می‌توان به حالت تک مولکولی در آب مخلوط کرده، سپس با اضافه نمودن پخش کننده های مناسب آن را به طور معمولی به آب مخلوط افزود.

علیرغم ادعاهایی که توسط تولید کنندگان در رابطه با سیستم های تعمیری اصلاح شده با پلیمر می‌شود، تحقیقات انجام شده در این زمینه نسبتاً جوان بوده و اطلاعات کمی در مورد دوام و پایایی بتن‌های پلیمری در دراز مدت در دست می‌باشد.

۵-۴-۴. مقابله با خوردگی بتن

مسأله خوردگی فولاد در بتن از معضلات عمده کشورهای مختلف جهان است. این مسأله حتی در کشورهای پیشرفته همچون آمریکا، کانادا، ژاپن و بعضی کشورهای اروپایی هزینه‌های زیادی را برای تعمیر آنها به دنبال داشته است. به عنوان مثال درگزارش‌های اخیر بررسی پل‌ها در امریکا حدود ۱۴۰،۰۰۰ پل، مشکل داشته اند. این مسأله در کشورهای در حال توسعه و در کشورهای حاشیه خلیج فارس بسیار شدیدتر بوده و سازه‌های بتنی زیادی در زمانی نه چندان طولانی دچار خوردگی و خرابی گشته‌اند. بررسی‌ها در این مناطق نشان می‌دهد که در صورت انتخاب مصالح مناسب و اجرای آن توسط افراد کاردان و اعمال عمل آوری کافی ومناسب، بسیاری از مسائل بتن بر طرف خواهد گشت. به هرحال برای پیشگیری در سال‌های اخیر روش‌ها و موادی توصیه و به کار گرفته شده است که تا حدی جوابگوی مسأله بوده است. استفاده از آرماتورهای ضدزنگ و نیز آرماتورهای با الیاف پلاستیکیfrp یکی از این روش ها است که به علت گرانی آن هنوز کاملاً توسعه نیافته است. به علاوه عملکرد دراز مدت این مواد باید پس از تحقیقات روشن گردد. از روش‌های دیگر کاربرد حفاظت کاتدیک در بتن می‌باشد، با استفاده از جریان معکوس با آند قربانی شونده، می‌توان محافظت خوبی برای آرماتورها ایجاد نمود. با اینکه این روش نیاز به مراقبت دائم دارد ونسبتا پرخرج است، ولی روش مطمئنی می باشد.

برای محافظت آمارتور در مقابل خوردگی، چند سالی است که از آرماتور با پوشش اپوکسی استفاده می‌شود. تاریخچه مصرف این آرماتورها بویژه در محیط‌های خورنده نشان می‌دهد که در بعضی موارد این روش موفق و در پاره‌ای ناموفق بوده است. به هرحال اگر پوشش سالم بکار گرفته شو، با این روش می‌توان حدود ۱۰ تا ۱۵ سال خوردگی را عقب انداخت. استفاده از ممانعت کننده‌ها و بازدارنده‌های خوردگی بتن نیز به دو دهه اخیر

برمی‌گردد. مصرف بعضی از این مواد همچون نیترات کلسیم و نیترات سدیم جنبه تجارتی یافته است. به هر حال عملکرد این مواد در تاخیر انداختن خوردگی در تحقیقات آزمایشگاهی و نیز در محیط های واقعی مناسب بوده است. بازدارنده‌های دیگری از نوع آندی و کاتدی مورد آزمایش قرار گرفته اند، ولی به دلیل گرانی زیاد هنوز کاربرد صنعتی پیدا نکرده اند.

برای محافظت بیشتر آرماتور و کم کردن نفوذپذیری پوشش‌های مختلف سطحی نیز روی بتن آزمایش و به کار گرفته شده است. این پوشش‌ها که اغلب پایه سیمانی و یا رزینی دارند، با دقت روی سطح بتن اعمال می‌گردند. عملکرد دوام این پوشش به شرایط محیطی وابسته بوده و در بعضی محیط ها عمر کوتاهی داشته و نیاز به تجدید پوشش بوده است. روی هم رفته پوشش‌های با پایه سیمانی هم ارزان‌تر بوده و هم به علت سازگاری با بتن پایه پیوستگی و دوام بهتری در محیط‌های خورنده و گرم نشان می‌دهند (شی اسل و افشار خوردگی فولاد در بتن ۱۳۸۴).

با پیشرفت روزافرون انقلاب تکنولوژیک به ویژه در تولید بتن‌های خاص برای مناطق و شرایط خاص، می توان از این بتن‌ها در ساخت و سازهای آینده استفاده نمود. دانش استفاده صحیح از مصالح، اجرای مناسب و عمل آوری کافی می‌تواند به دوام بتن‌ها در مناطق خاص بیفزاید. تحقیقات گسترده و دامنه‌داری برای بررسی دوام بتن‌های خاص در شرایط ویژه و در دراز مدت بایستی برنامه‌ریزی و به صورت جهانی به اجرا گذاشته شود.

۵-۵. سازه‌های فولادی

فولاد به عنوان ماده‌ای با مشخصات خاص و منحصر بفرد، مدتهاست در ساخت ساختمان‌ها کاربرد دارد. قابلیت اجرای دقیق، رفتار سازه‌ای معین، نسبت مقاومت به وزن مناسب، در کنار امکان اجرای سریع سازه‌های فولادی همراه با جزئیات و ظرافت‌های معماری، فولاد را

به عنوان مصالحی منحصر و ارزان در پروژه‌های ساختمانی مطرح نموده است. اگر ضعف‌های محدود این ماده نظیر مقاومت کم در برابر خوردگی و عدم مقاومت در آتش سوزی‌های شدید به درستی مورد توجه و کنترل قرار گیرند، امکانات وسیعی در اختیار طراح قرار می‌دهد که در هیچ ماده دیگر قابل دستیابی نیست.

فولاد، آلیاژی از آهن و کربن است که کمتر از ۲ درصد کربن دارد. در فولاد ساختمانی عموماً در حدود ۳ درصد کربن و ناخالصی‌های دیگری مانند فسفر، سولفور، اکسیژن و نیتروژن و چند ماده دیگر موجود می باشد. ساخت فولاد شامل اکسیداسیون و جدانمودن عناصر اضافی و غیر ضروری موجود در محصول کوره بلند و اضافه کردن عناصر مورد نیاز برای تولید ترکیب دلخواه است. برای ساخت فولاد، از چهار روش اصلی استفاده می‌شود. این روش‌ها عبارتند از : روش کوره باز، روش دمیدن اکسیژن، روش کوره برقی، روش خلاء.

آنچه فولاد را به عنوان یک مصالح ساختمانی مناسب معرفی کرده می‌تواند شامل موارد زیر باشد :

- تغییر شکل در اثر بارگذاری و ایجاد تنش یکنواخت
- وجود خاصیت الاستیک و پلاستیک
- شکل پذیری
- خاصیت چکش خواری و تورق
- خاصیت خمش پذیری
- خاصیت فنری و جهندگی
- خاصیت چقرمگی
- خاصیت سختی استاتیکی و دینامیکی
- مقاومت نسبی بالا
- ضریب ارتجاعی بالا

- جوش پذیری
- همگن بودن
- امکان استفاده از ضایعات
- امکان تقویت مقاطع در صورت نیاز

۵-۵-۱. طراحی ساختمان‌های فولادی

انتخاب نوع مقطع، روش ساخت، روش بهره برداری و محل ساخت ساختمان، خصوصیات و ویژگی‌های متنوعی برای ساخت اسکلت باربر یک ساختمان بوجود می‌آورد. مزیت‌های هر سیستم سازه‌ای و مصالح مورد نیاز آن سیستم را در صورتی می‌توان بکار برد که خصوصیات و ویژگی‌های آن مصالح و سیستم‌ها در مرحله طراحی به حساب آورده شود. طراح باید در مورد هر یک از مصالح به درستی قضاوت کند. این موضوع بویژه در ساختمان‌هایی که اسکلت فولادی دارند، ضروری است. معیارهای سازه‌ای زیر اهمیت زیادی در طراحی کلی و ستون گذاری ساختمان دارد :

- نوع مقطع
- آرایش و روش قرار گیری مقاطع
- فواصل تکیه گاهی
- اندازه دهانه‌های سقف
- نوع مهاربندی

نوع سیستم صلب کننده

- محل قرارگیری سیستم صلب کننده (مشکسار مباحث نظری و عملی بتن و فولاد ۱۳۸۴)

۵-۵-۱-۱. طراحی با توجه به روش مهاربندی

تمام ساختمان‌ها باید برای مقاومت در برابر نیروی زلزله و باد و یا دیگر نیروهای افقی صلب شوند سیستم صلب کننده باید :

- نیروهای جانبی را به فونداسیون منتقل کند.
- تغییر مکان‌های افقی را محدود کند.

در ساختمان‌های بلند باید ملاحظات ویژه‌ای برای جلوگیری از ایجاد نوسانات ناشی از باد در نظر گرفته شود. بزرگی نیروهای افقی اعمال شده در اثر باد به عوامل زیر بستگی دارد:

- سرعت باد
- شکل آیرودینامیکی ساختمان
- وضعیت سطح نما
- روش‌های صلب کردن

یک قاب سازه ای فولادی را می توان به یکی از روش‌های زیر مهاربندی کرد :

- سیستم‌های قاب صلب
- سیستم‌های قاب بادبندی
- دیوارهای بتنی بصورت دیوارهای برشی یا هسته‌های بتنی

انتخاب روش صحیح مهاربندی، اهمیت عمده‌ای در طراحی سازه‌ای دارد و حتی ممکن است کل اندیشه طراحی یک ساختمان بلند مرتبه را تحت تاثیر قرار دهد. مهار بندی به وسیله اعضای بادبندی یا دیوارهای بتنی به صورت دیافراگم صلب، نقاط ثابتی را در ساختمان ایجاد می‌کند، به گونه‌ای که آزادی عمل در جانمایی و معماری داخل ساختمان را محدود می سازد.

۵-۵-۱-۲. طراحی با توجه به اجزای تشکیل دهنده فضاهای داخلی ساختمان

انتخاب سیستم مناسب برای اجزای داخلی ساختمان به عوامل مختلفی بستگی دارد. روش‌های زیر به طور رایج در ساخت سقف‌های متکی به تیرهای فولادی به کار می روند :

- دال بتنی درجا بر روی قالب مناسب
- دال بتنی پیش ساخته
- عرشه فولادی با بتن درجا

عملکرد مرکب بین دال بتنی و تیر فولادی که در هر سه روش امکان پذیر است، سبب اقتصادی شدن ساخت می گردد. مسئله حفاظت قسمت‌های فولادی سقف در برابر آتش سوزی باید در اجرای سقف در نظر گرفته شود. استفاده از سقف کاذب می‌تواند این کار را به خوبی انجام دهد. در سازه‌های اسکلت فلزی، معمولا" دیوارهای خارجی باربر نیستند، برای ساخت این دیوارها، بنابر شرایط موجود، از مصالح مختلف استفاده می‌شود.

۵-۵-۲. لزوم محافظت در برابر حریق، خوردگی و عایق بندی صوتی

اغلب اظهار می‌شود که هزینه لازم برای محافظت ساختمان‌های فلزی در برابر آتش سوزی و خوردگی و عایق بندی صوتی بسیار زیاد است، ولی استفاده از راه‌های معقول و مناسب برای هر ساختمان، با توجه به سیستم بکار رفته در آن، می‌تواند باعث کاهش این هزینه شود. ایجا یک سیستم محافظت در برابر آتش سوزی در تمام ساختمان‌های فلزی لازم و ضروری است. آنچه از اقتصادی در این مسئله حائز اهمیت است، استفاده از روش صحیح حفاظت اجزای فلزی است. اغلب المان‌های داخلی ساختمان مانند سقف و دیوارهای داخلی و خارجی آن بعنوان یک سیستم محافظت در برابر آتش‌سوزی در ساختمان قابل استفاده است. تیرها و ستون‌های فلزی می‌تواند به روش مناسب در بین این اجزا مدفون شود. در غیر اینصورت باید با روش مناسب اسکلت فولادی ساختمان محافظت شود.

از آنجایی که زنگ زدگی در قطعات داخلی ساختمان فولادی با توجه به رطوبت ناچیز موجود در هوا بعید به نظر می رسد، محافظت در برابر خوردگی برای این قطعات یک مشکل جدی محسوب نمی‌شود. بنابراین حفاظت در برابر خوردگی فقط برای قطعات بیرونی و اجزایی که در معرض رطوبت هوا قرار دارند لازم و ضروری است.

مشخصات صوتی یک ساختمان، بستگی به خواص اجزای داخلی آن دارد، مانند نوع سقف و سیستم دیوارهای جداکننده و تیغه ها. در این بین، سیستم اسکلت باربر ساختمان، نقش کمتری دارد و رفتار اسکلت یک ساختمان بتنی و فولادی، با یک سیستم فضاسازی داخلی مشابه، یکسان است.

۵-۵-۳. توجیه اقتصادی سازه‌های فولادی

در ارزیابی اقتصادی یک ساختمان فولادی، فقط در نظر گرفتن قیمت مصالح ساختمانی و نیروی انسانی کفایت نمی‌کند و بقیه عوامل موثر در این موضوع باید مورد بررسی قرار گیرد. موارد زیر در اقتصاد یک ساختمان موثر است (ولی نژاد جداول و استانداردهای فولاد: کلید فولاد ۱۳۸۸) :

- قیمت زمین : بدلیل کوچک بودن مقاطع عرضی در ساختمان‌های فولادی، فضای کمتری توسط اسکلت سازه اشغال شده و در مقایسه با سازه‌های بتنی، ساختمان‌های فلزی در پلان دارای سطح موثر بیشتری هستند. بنابراین هزینه زمین در هر متر مربع مفید ساختمان، در ساختمان‌های فلزی کمتر خواهد بود.

- مصالح در دسترس

- ارزش نهایی ساختمان : هرچه مدت زمان ساخت یک ساختمان کوتاه‌تر باشد، هزینه نهایی آن ساختمان کمتر خواهد بود. با توجه به روش‌های مختلف ساخت سازه، متوجه می‌شویم که در مقایسه با سایر روش‌ها، ساخت سازه‌های فلزی زمان کمتری صرف می کند.

- هزینه اسکلت اصلی سازه (سفت کاری)
- تاثیر نازک کاری
- تاثیر نصب تجهیرات و تاسیسات
- نحوه تاثیر این عوامل در بهره برداری بهینه از ساختمان
- هزینه ایجاد تغییرات داخلی و بهسازی در ساختمان
- هزینه تخریب (در ساختمان‌های با عمر کوتاه)

۵-۵-۴. بررسی میزان مصرف فولاد در ساختمانهای فلزی

در ساختمان‌های فلزی، هزینه با توجه به میزان مصرف فولاد در هر متر مربع مساحت کف (تصویر افقی) یا متر مکعب ساختمان محاسبه می‌شود. هزینه ساخت و میزان مصرف فولاد به عوامل زیر بستگی دارد :

- تعداد طبقات
- بار اعمال شده به طبقات (مرده و زنده)
- دهانه ها در اطراف ستون
- ضخامت سقف
- سیستم سازه ای (سیستم انتقال بارهای قائم و جانبی)

۵-۶. بررسی اشکالات و ضعف‌های اجرایی سازه‌های فولادی

ساختمان‌های فولادی بخش قابل توجهی از ساخت و ساز در ایران را تشکیل می‌دهد. لذا در این بخش وضعیت ساخت و ساز ساختمان های فولادی در کشور مختصرا مرور شده و یکسری علل ضعف اجرای این ساختمان ها بررسی شده و توصیه هایی جهت بهبود اجرا ارائه می‌گردد.

معایب و ضعف‌های ساختمان های فولادی موجود ضعف‌های عمده ساختمان‌های فولادی با توجه به نحوه طراحی و اجرای آنها در پی‌ها، ستون‌ها، تیرها، اتصالات تیرها به ستون‌ها، اتصال تیر به تیر اصلی، سیستم باربر جانبی، اعضای مهار بندی، اتصالات بادبندها، سیستم دیافراگم، کف دیوارها و تیغه‌های داخلی و راه پله می‌باشد (نایار، عالی، غیاثوند و رهگذر راهنمای جامع فولاد ۱۳۸۴).

۵-۶-۱. پی ها و شناژها

در ساختمان‌های فولادی به‌طورمعمول از پی های مستطیلی منفرد یا باسکولی و یا گاهی نواری استفاده می‌گردد که با شناژهای حداقلی به هم متصل می‌گردند. ابعاد این پی‌ها حتی گاهی برای بارهای ثقلی کفایت نمی‌کند و تنش حداکثر وارد به خاک بیش ازمقاومت مجاز خاک می‌باشد. در عمل به جز برای ساختمان‌های بزرگ هیچ گونه آزمایشی جهت تعیین مقاومت خاک صورت نمی‌گیرد و اغلب ابعاد پی‌ها بر اساس مقاومت فرضی ۲kg/cm۲ به دست می‌آید. این عدد به طور معمول به صورت محافظه کارانه انتخاب می‌شود، ولی برای ساختمان‌هایی که روی خاک‌های سست ساخته می‌شوند، دور از اطمینان خواهد بود.

ابعاد این پی‌ها در اثر وجود بار جانبی به‌طور معمول افزایش می‌یابد که در اجرای خیلی از ساختمان‌ها اعمال نمی‌شود. مشکل دیگری که در اجرای پی و شناژ ساختمان‌ها زیاد پیش می‌آید، شناژ هایی است که با مقطعی بزرگ‌تر وآرماتورهای بیشتر مثل یک تیر عمیق برای پی‌های کناری ساختمان نقش پی باسکولی را ایفا می‌کنند. ستون‌های موجود بر این پی‌ها با توجه به مجاورت زمین همسایه لنگر خمشی قابل توجهی به پی اعمال می‌کنند که به کمک پی نواری یا باسکولی تحمل می‌گردد. بعضی از طراحان در این زمینه از یک شناژ قوی استفاده می‌کنند که متاسفانه در عمل با همان شناژ حداقل اتصال بین پی‌ها (مقطع ۴۰در۴۰ و دارای ۴ آرماتور نمره‌ی ۱۴) اشتباه می‌شود. چنین مساله‌ای ممکن است برای

تحمل وضعیت اجتناب ناپذیر نیروهای به طرف بالا در پای یک ستون بعلت نیروهای موجود در اعضای مهار بندی پیش آید.

۵-۶-۲. اتصال ستون ها به پی ها

مسائل متعددی در اجرای اتصال ستون ها به پی ها پیش می آید. غالباً ابعاد و ضخامت صفحات زیر سری کافی نیست و گاهی تعداد پیچ‌های مهاری و قطر آنها کم می باشد و به طورمعمول از یک پیچ با جوش بالای آن استفاده می‌گردد. بعضی اوقات بدنبال سهل انگاری در استقرار صفحه ستون‌ها و یا جابجایی احتمالی صفحه در حین بتن ریزی پی صفحه ستون در محل صحیح خود قرار نمی‌گیرد و یکی از مشکلات عمده ساختمان‌های فولادی را به وجود می‌آورد.

برای ساختمان‌های ۴ طبقه یا بیشتر، باید ضخامت صفحات از ۲.۵ سانتی متر بیشتر باشد و یا اینکه از سخت کننده‌ها روی صفحه ستون برای افزایش مقاومت خمشی آن استفاده نمود. در عمل این ورق‌های تقویتی بدرستی بکار نمی روند و اغلب گیرداری ناخواسته‌ای را به صفحه ستون تحمیل می نماید.

نحوه اتصال ستون به صفحه ستون نیز بایستی مورد توجه بیشتری قرار گیرد. برای ساختمان‌های فولادی در امتداد بدون باد بندی یک اتصال گیردار در این موقعیت انتظار می‌رود، در صورتی که در اجرا ممکن است چنین اتصالی تامین نشود. عکس چنین وضعیتی برای امتداد باد بندی شده (اتصالات ساده تیر ها به ستون ها) مورد انتظار است.

۵-۶-۳. ستون ها

به ستون‌ها بعنوان عضو اصلی هر ساختمان بایستی توجه خاصی صورت گیرد. غالبا به دلیل سهولت اجرایی از دو پروفیل بهم چسبیده که تا حدی غیر اقتصادی است و یا با فاصله و به

کمک ورق‌های بست افقی استفاده می‌شود که گاهی فواصل و ابعاد ورق‌های بست بدرستی اجرا نمی‌شود.

برای ساختمان‌های بزرگ بلندتر از ۵ طبقه ستون‌ها به‌طورمعمول از ورق ساخته می‌شوند. در بیشتر موارد طول جوش مطابق با محاسبات و دستورالعمل‌های آیین نامه‌ای صورت نمی‌گیرد. به عنوان مثال طول جوش نشده از ورق ۲۰ سانتی متر یا بیشتر دیده می‌شود که بویژه برای ستون‌ها بسیار بحرانی خواهد بود. هر گونه خمیدگی و تابیدگی پروفیل‌های فولادی مورد استفاده در ستون‌های مرکب بایستی جلوگیری شود. برای ساختمان‌های ۵ طبقه یا بیشتر نیاز به اتصال ستون‌ها بر روی یکدیگر پیش می‌آید که وصله این ستون‌ها در خیلی موارد در محل مقطع بحرانی (نزدیکتر از طبقه) اتفاق می‌افتد. گاهی اوقات و اضافه برآن ابعاد و جوش این ورق های وصله نیز کافی نمی باشد.

در بعضی ساختمان های فولادی برای راحتی اجرا از یک یا دو ستون برای همه ستون‌ها استفاده می‌گردد، حال آنکه چنین مقطعی برای خیلی از ستون‌ها جواب‌گو نمی باشد. اشکال غیر مناسب از ترکیب سه پرو فیل و یا نا موزون بودن ابعاد ورق‌های تقویتی در مقایسه با ضخامت بال خود پروفیل‌ها و نیز استفاده از ورق در لبه بال‌های مقطع (به موازات جان) در اجرای بعضی ساختمان های فولادی دیده می‌شود.

۵-۶-۴. تیرها

در اکثر موارد از تیرهای لانه زنبوری در ساختمان‌های فولادی استفاده می‌شود. این تیرها در مقابل برش ضعیف هستند و در محل اعمال بارهای متمرکز مثل دو انتهای تیر بایستی جان را با ورق تقویتی پر نمود. لیکن با توجه به ایجاد نیروی برشی در تمام طول تیرها در سیستم قاب خمشی کاربرد تیرهای لانه زنبوری برای ساختمان‌های فلزی در مناطق زلزله خیز در راستای بدون باد بندی مناسب نمی باشد.

خیلی از تیرها در سیستم قاب صلب از مقاطع زوج با ورق‌های تقویتی بال‌ها در دو انتها تشکیل می‌شود. منتها این ورق‌ها با جوش منقطع و به طور معمول با ساق ضعیف به بال‌های تیر وصل می شوند. از آنجا که نیروهای کششی بزرگی در بال‌ها ناشی از خمش تیر در دو انتهای تیر توسط این ورق‌ها بایستی به ستون منتقل گردند، در طول و بعد جوش این ناحیه دقت خاصی نیاز است و غالبا ورق‌های تقویتی بال‌ها باید به صورت ممتد به بال‌ها جوش شوند. مشکل متداول دیگر در تیرهای ساختمان‌های فولادی طول نامناسب آنهاست. رواداری مجاز در انتهای تیر و در محل اتصال به ستون به‌طورمعمول حدود۱سانتی‌متر می باشد. لیکن در خیلی از ساختمان‌ها به علت ضعف کیفیت اجرایی این فاصله حتی به ۵ سانتی‌متر می‌رسد که خروج از محوریت زیاد و در نتیجه لنگر خمشی بزرگی را به نبشی نشیمن زیر تیر اعمال می‌نماید.

مهندسان ناظر بایستی مراقب باشند که این فاصله‌ها در حد مجاز باقی بماند ودر صورت لزوم درخواست تغییر تیر ویا حداقل از نشیمن تقویت شده (در صورتی‌که رواداری چندان از مقدار مجاز تجاوز نکرده باشد) استفاده بنمایند.

۵-۶-۵. اتصال تیر به ستون و تیر به تیر

شاید مشکل‌ترین قسمت از وظایف مهندس ناظر در کنترل کیفیت اجرایی یک ساختمان فولادی اطمینان از درستی اتصال تیر به ستون باشد، به ویژه در امتدادی که سیستم مهاربندی وجود ندارد و صرفا قاب خمشی قرار است در مقابل بارهای جانبی زلزله مقاومت نماید. در چنین حالتی اگر ستون‌های قوطی ساخته شده از ورق استفاده می‌شود، بایستی به نصب ورق‌های پیوستگی در داخل ستون قوطی ودر تراز ورق‌های زیر و روی تیرتوجه خاصی داشت. غالبا اجرای این ورق‌ها فراموش شده و یا در تراز صحیح خود صورت نمی‌گیرد. مطلب مهم دیگر جوش صحیح آن به داخل ۴ وجه ستون می‌باشد و متاسفانه در

عمل سه طرف جوش شده و در وجه چهارم به ورق‌های پیوستگی متصل نمی‌شود. برای رفع این مشکل می‌توان ورق وجه چهارم قوطی ستون را در یک طول مشخص یک متری به صورت منقطع اجرا نمود تا امکان جوشکاری ورق‌های پیوستگی به وجه چهارم نیز به وجود آید. در خیلی از ساختمان های فولادی برای ستون‌های واقع در قاب خمشی از مقطع زوج متشکل از دو نیم رخ IPE و ورق‌های تقویتی روی بال‌ها استفاده می‌گردد. در این حالت به هنگام اعمال کشش به ورق‌های تقویتی بال‌ها، براحتی این ورق خمیده شده و فلسفه اتصال گیردار زیر سوال می‌رود. برای رفع یا حداقل کاهش مشکل در چنین حالاتی می توان از جوشکاری ورق تقویت بال‌ها استفاده نمود که این جزئیات بایستی در نقشه‌های اجرایی سازه آمده باشد.

جوش شیاری اتصال ورق‌های فوقانی و تحتانی به ستون برای تامین اتصال گیردار نیز اهمیت زیادی دارد و در عمل نسبت به جزئیات آن مثل داشتن پخ ۴۵ درجه لبه ورق و شرایط جوش نفوذی سهل انگاری می‌شود. خیلی اوقات ورق فوقانی به صورت مستطیلی بکار می‌رود و لذا جوش شیاری از مقاومت کافی برخوردار نخواهد بود. برای رفع این مشکل بهتر است پهنای این ورق به صورت ذوزنقه ای در محل اتصال به ستون افزایش یابد.

نبشی‌های نشیمن زیر تیرها در خیلی موارد برای تحمل نیروهای تکیه گاهی کافی نیستند و لذا بایستی آنها با افزودن سخت کننده‌های مثلثی تقویت نمود. مشکل دیگر اتصال تیر به ستون در سیستم اتصال خورجینی (اگر چه در حال حاضر به ندرت به کار می رود) است که همواره تا حدی لنگر خمشی از تیر به ستون منتقل می‌شود، لیکن عملا ستون ها برای این لنگر اضافی محاسبه و طراحی نمی‌شوند.

۵-۶-۶. سیستم مقاوم جانبی در ساختمان های فولادی

تعداد قابل توجهی از ساختمان های فلزی موجود در کشور بکلی فاقد هر گونه سیستم باربر در برابر بارهای زلزله هستند در غالب انها بدون هیچ سیستم مهار بندی از قاب ساده یا قاب با اتصالات خورجینی استفاده شده است که صرفا برای تحمل بار های قائم طراحی شده‌اند. در حالت باد بندی شده نیز گاهی اوقات به صورت متقارن باد بندی نمی‌شود که موجب ایجاد کوپل پیچشی بزرگی در طبقات ساختمان می‌گردد. بعنوان یک مساله مهم حذف عنصر مقاوم در طبقه همکف به علت ورودی ساختمان سبب شکل‌گیری طبقه نرم و ضعیف در این طبقه است که باید حداکثر نیروی برشی ناشی از زلزله را تحمل نماید.

۵-۶-۷. مهاربندی

اشکالات متعددی در سیستم مهاربندی ساختمان‌های فولادی در حال اجرا دیده می‌شود. اتصال عضو باد بند به صورت خارج از مرکز با نصب ورق اتصال در لبه بال ستون و تیر اتصال این ورق به تنهایی به ستون یا تنها به تیر و نیز ضعف عضو مهاربند و ابعاد غیر کافی ورق های اتصال بادبند از موارد معمول می‌باشد که بایستی با هشیاری مهندس ناظر از آنها اجتناب گردد.

به طور معمول مقاطع زوج از ناودانی یا نبشی حتی جوابگوی شرط لازم لاغری اعضای فشاری نیز نیستند ودر صورت ارضا شرط لاغری شاید بتوان در طبقات فوقانی ساختمان که نیروهای ناشی از زلزله در بادبندها کاهش می‌یابد، از آنها استفاده نمود. مشکل دیگر اجرایی در این رابطه، عدم اتصال دو نیمرخ (ناودانی یا نبشی) به یکدیگر در طول اعضای بادبندی با مقاطع زوج می باشد که لازم است در فواصل مشخص با تسمه به یکدیگر وصل شوند.

در سیستم مهاربندی واگرا (ذوزنقه) علاوه بر توجه کافی به مشخصات لازم برای اعضای مهاربند، بایستی به محل اتصال این اعضا به تیر و مقاومت خود تیر دقت نمود. اغلب دیده می‌شود که برای تامین بازشو بزرگ‌تر، زاویه مهاربندها با افق زیاد شده و نه تنها از راندمان سیستم مقاوم جانبی در تحمل بارهای جانبی می‌کاهد، بلکه نیروی برشی بزرگ‌تری را به تیر پیوند تحمیل می نماید. درضمن بدین ترتیب تیر پیوند به صورت خمشی عمل خواهد نمود. در صورتی‌که بهتر است تحت نیروی برشی به محدوده تغییر شکل‌های غیر ارتجاعی وارد شده و انرژی زلزله را مستهلک نماید.

متأسفانه در خیلی از ساختمان‌های فولادی در حال اجرا با سیستم مهاربندی واگرا، از یک تیر لانه زنبوری بعنوان تیر پیوند استفاده می‌گردد که به هیچ وجه جواب‌گوی ضوابط طراحی در خصوص جاری شدن برش جان تیر پیوند نمی باشد.

۵-۶-۸. جوشکاری

یکی از مهم‌ترین موضوعات در هر ساختمان فولادی، کنترل جوش آن می‌باشد. جوش‌ها در همه بخش‌ها بایستی منطبق بر اطلاعات نقشه بوده و از لحاظ بعد و طول جوش و کنترل کیفیت لازم بررسی گردند. در این خصوص حتی ممکن است در یک ساختمان فولادی کوچک به انجام ازمایشات غیرمخرب NDT بر روی جوش نیاز باشد.

۵-۶-۹. سیستم سقف

در حال حاضر اغلب از سقف‌های تیرچه بلوک در ساختمان‌های فولادی استفاده می‌شود که در این صورت بایستی میلگردهای تیرچه‌ها به خوبی در بتن محصور گردند و پوشش بتن تامین گردد. درضمن در خیلی از ساختمان‌های فولادی که از مقاطع لانه زنبوری IPE ۱۸۰ استفاده می‌شود، ضخامت سقف سازهای معادل ۲۵ سانتی متر می باشد لایه بتنی و آرماتور

گذاری حرارتی به درستی روی پل های مزبور را نمی گیرد و دیافراگم صلب کف نمی‌تواند به خوبی عمل کند. در سقف‌های طاق ضربی که برای غالب ساختمان های قدیمی استفاده شده، بایستی از مهاربندی با میلگرد و ۵ سانتی‌متر بر روی سقف به منظور تامین صلبیت دیافراگم کف کمک گرفت که حتی به‌طورمعمول در نقشه های سازه ای فراموش می‌شود.

سقف‌های مرکب به خصوص درصورت اجرای مناسب، بهترین عملکرد صلب را می‌توانند از خود نشان دهند. موارد ضعف اجرایی این سقف‌ها بیشتر به قرارگیری اتصالات برشی و آرماتورگذاری دال بتنی آن مربوط می‌شود.

در اجرای تاسیسات مکانیکی و برقی طبقات بایستی حتی المقدور سعی شود تا ضخامت تمام شده کف کاهش یابد. بدین منظور می‌توان از روی هم شدن لوله ها جلوگیری نمود. مساله دیگر در این رابطه استفاده از پوکه معدنی سبک برای کف سازی طبقات و شیب بندی بام می‌باشد که در صورت سهل انگاری، مهندس ناظر ممکن است حتی از نخاله‌های ساختمانی استفاده گردد.

۵-۶-۱۰. دیوارهای داخلی و خارجی

مشکل اصلی اجرایی در خصوص دیوارها عدم اتصال مناسب آنها به اسکلت فلزی ساختمان می‌باشد؛ لذا احتمال خسارت آنها به هنگام زلزله زیاد است. برای جلوگیری از فرو ریختن این دیوارها می‌توان از پروفیل نبشی یا سپری به صورت قائم یا افقی در فواصل مشخص به عنوان مثال در هر ۵۰ سانتی‌متر استفاده نمود.

دیوار چینی با آجر فشاری به جای آجر مجوف سبک نیز نمونه دیگر اشتباهات اجرایی است و به‌طورمعمول از آجر فشاری بعلت وزن بیشتر آن فقط در دیوار چینی طبقه زیر زمین ساختمان استفاده می‌شود. بعضی اوقات در اجرا محل دیوارها و تیغه‌ها نسبت به آنچه

در نقشه‌ها آمده است، تغییر می‌کند. تاثیر تغییر بارگذاری تیرها در چنین مواردی بایستی توسط مهندس ناظر بررسی گردد.

۵-۶-۱۱. راه پله

از معایب معمول در اجرای راه پله فولادی، اشتباه در طول مناسب شمشیری پله می باشد که موجب شیب نامناسب پله و شرایط نامناسب ابعاد پاگرد می‌گردد. برای حل این مشکل گاهی از کف سازی زیاد در قسمت شیب‌دار پله استفاده می کنند که خطای بزرگی است و بار مرده زیادی را به تیرهای شمشیری پله و نیز به‌طور کلی به ساختمان تحمیل می‌نماید. در حالت غیر معمول پلکان در پلان (مثلا به صورت مثلثی یا ذوزنقه ای)، بایستی به تفاوت طول قسمت‌های دو تیر شمشیری پله توجه نمود. در صورت سهل انگاری در چنین مواردی مقطع عرضی راه پله کج اجرا شده و دوباره بار مرده قابل توجهی را به پله تحمیل می نماید.

۵-۷. انواع اتصالات در ساختمان‌های فلزی

جهت وصل کردن یک یا چند قطعه در ساختمان‌های فولادی نیاز به یک قطعه رابطی می باشد که دو قطعه بتوانند توسط جوش به هم متصل شوند. این قطعه رابط همان انواع اتصالات است (وثوقی فر مقاوم سازی لرزه ای اتصالات با سیستم های مختلط بتن و فولاد ۱۳۸۸).

انواع اتصالات در ساختمان‌های فلزی به شرح زیر است :

۱- انواع اتصالات تیر به ستون

۲- انواع اتصالات پای ستون

۳- اتصال دو تیرآهن به هم و تولید ستون یا تیر دوبل

۴- اتصالات بادبندها به ستون‌ها وتیرها

۵-۷-۱. انواع اتصالات تیربه ستون

اتصال تیر به ستون معمولاً به دو صورت است یا به صورت صلب و گیردار هستند ویا به صورت مفصلی اند. هر کدام از حالت‌های مذکور نیزچند قسمت دارند که شامل موارد زیر می باشد.

الف) اتصال صلب با جفت صفحه موازی

ب) اتصال صلب با جفت سپری

ج) اتصال صلب با صفحه انتهایی روی ستون

اتصالات صلب در مواردی به کار می‌روند که از جانب تیر یا ستون در سر گره‌ها ممان جذب شود. اتصال صلبی که امروزه در کشور اجراء می‌گردد و به صورت کامل اجراء نمی‌شود، اتصال صلب با جفت صفحه موازی است. در اتصال صلب باید جوش به صورتی باشد که قطعه کاملا گیردار باشد، جای هیچ گونه حرکتی وجود نداشته باشد و دور تا دور قطعه جوش شود.

اتصالات مفصلی هم معمولاً در همه ساختمان‌ها در یک طرف سازه بکار می‌روند که این اتصال بسیار ساده است وفقط جهت اتصال دو قطعه بکار می رود. در این اتصال تغییر شکل وجود دارد، در حالی که در اتصال مفصلی هیچ گونه تغییر شکلی نداریم. نحوه جوش دادن اتصالات مفصلی به این صورت است که(در مورد نبشی ها) فقط بر بالایی و پائینی جوش می‌شود و بقیه قسمت ها نباید جوش شود.

انواع اتصالات مفصلی رایج عبارتند از :

الف) اتصال ساده نشسته (نبشی نشیمن).

ب) اتصال به وسیله صفحه نشیمن ولچکی

ج) اتصال به وسیله صفحه نشیمن و صفحه برش‌گیر (تیغه).

آنچه که امروزه اجراء می‌شود اتصال ساده نشسته و اتصال با صفحه نشیمن ولچکی است.

اتصالات ساختمان ابوحامد به این صورت است که در جهت صلب اتصال با جفت صفحه موازی است ودر جهت مفصلی اتصال به وسیله نبشی نشیمن ولچکی انجام می‌شود.

خصوصیت اصلی اتصال مفصلی این است که زاویه بین تیر و ستون بتواند تغییر کند و خصوصیت اصلی اتصال صلب این است که زاویه بین تیر وستون نتواند تغییر کند.

در اتصال ساده نشسته- نبشی‌هایی که در بالا استفاده می‌شود، برای ایجاد تعادل است و نقش باربری ندارد و حداقل نمره آن نیز ۶ خواهد بود.

۵-۷-۲. انواع اتصالات پای ستون

اتصالات پای ستون نیز مانند سایر اتصالات هم صلب و هم مفصلی دارند که در اتصال صلب از سخت کننده استفاده شده و در اتصال مفصلی از نبشی‌ها ولچکی‌ها استفاده می‌شود. اتصال صلب را در جهتی می‌گذاریم که ممان داریم و اتصال مفصلی را نیز در جهتی می گذاریم که ممان نداریم. جوش اتصال پای ستون نیز باید شرایط دو اتصال صلب و مفصلی را تامین کند.

۵-۷-۳. اتصال دو تیرآهن به هم

برای تولید ستون دوبل یا تیر دوبل لازم است که دو تیرآهن را به هم توسط بست یا پلیت متصل کرد و نیز برای طویل کردن ستون‌ها نیز باید بین تیرآهن ها اتصال وجود داشته باشد(چون طول شاخه های تیرآهن۱۲ متر است).

۵-۷-۴. اتصالات بادبند ها به تیر و ستون‌ها

معمولاً بادبندها توسط یک صفحه فلزی که از قبل در محل تقاطع تیر به ستون جوش داده شده، به ستون‌ها وتیرها متصل می‌شوند. این صفحات که تحت فشار وکشش هستند، باید برای هر دو عامل طرح شوند وبادبندهایی که روی این صفحات قرار می‌گیرند، باید به طور کامل جوش داده شوند. چون بادبندها نمی‌توانند از روی هم عبور کنند، در وسط قطع شده و به صفحه وسط کاملا جوش داده می‌شوند. همانطور که قبلا ذکر شد بادبندهای این ساختمان ناودانی تک ودبل می باشد که بوسیله صفحات تقویت به تیر و ستون‌ها متصل شده‌اند.

خلاصه

در این فصل بتن و نکات ساخت و اجرای بتن و همچنین مزایا استفاده از سازه‌های بتنی ذکر شد. سپس به مباحث تکنولوژی بتن و انواع بتن های کاربردی پرداخته شد. بتن با دوام بالا، بتن با نرمی بالا، بتن با آرماتور غیر فولادی و بتن سبک از انواع بتن‌های پر کاربردی بود که چگونگی اجزا و ساخت آنها تبیین شد. عوامل خرابی و فرسودگی بتن به طور کامل شرح داده و سپس چگونگی عملیات ترمیمی بتن از آماده سازی بتن، طرق ترمیم و مواد تعمیری. توضیح داده شد.

در ادامه فولاد و مزایای استفاده از فولاد و سازه‌های فولادی بیان شد. انواع روش‌های طراحی سازه‌های فولاد و توجیه اقتصادی استفاده از سازه‌های فولادی توضیح داده شد. در انتها نیز اشکالات و ضعف‌های عمده اجرایی سازه‌های فولادی بررسی گردید. از آنجا که اتصالات یکی از مهم‌ترین نقش‌ها را در سازه‌های فولادی دارند، به بررسی اتصالات سازه‌های فولادی نیز پرداخته شد.

خودآزمایی

۱- مزایای استفاده از سازه‌های بتنی چیست؟

۲- تکنولوژی بتن را تعریف ذکنید؟

۳- بتن با دوام زیاد چه نوع بتنی است و چه مزایایی دارد؟

۴- بتن با نرمی بالا چه نوع بتنی است و چه مزایایی دارد؟

۵- مزایای استفاده از آرماتورهای غیر فولادی در بتن چیست؟

۶- بتن سبک چه نوع بتنی است و چه مزایایی دارد؟

۷- انواع روش‌های ساخت بتن سبک را نام برده و مختصرا توضیح دهید؟

۸- علل فرسودگی بتن را نام ببرید؟

۹- در عملیات ترمیمی چگونگی آماده سازی سطوح را توضیح دهید.

۱۰- طرق مختلف ترمیم سازه‌های بتنی را نام ببرید؟

۱۱- انواع مواد تعمیری که در ترمیم بتن به کار می رود کدامند؟

۱۲- چگونگی مقابله با خوردگی فولاد در بتن را توضیح دهید؟

۱۳- چرا فولاد مصالح مناسبی برای ساخت و ساز است؟

۱۴- انواع روش‌های طراحی سازه‌های فولادی را ذکر کنید؟

۱۵- توجیه اقتصادی استفاده از سازه‌های فولادی را نام ببرید؟

۱۶- اشکالات و ضعف های عمده اجرایی سازه‌های فولادی کدامند؟

۱۷- انواع اتصالات در سازه‌های فولادی را نام ببرید و مختصرا توضیح دهید؟

فهرست منابع و مراجع

۱- کلایم، رالف، ذکائی آشتیانی، محسن، هندبوک مدیریت پروژه، تهران، آدینه، ۱۳۸۹.

۲- کوک،کورتیس، محجوب،محمدابراهیم، مدیریت پروژه به اندازه، تهران، افرا، ۱۳۸۴.

۳- سبزه پرور، مجید، کنترل پروژه به روش گام به گام، تهران، خانیران، ۱۳۸۱.

۴- ترنر، کلایو، هاوکینز، آنا، دنیادیده علی، برنامه‌ریزی و مدیریت بودجه: نکات مهم اساسی در مورد برنامه‌ریزی مالی شرکت ها و مدیریت بودجه، تهران، اندیشه آریا، ۱۳۸۶.

۵- هیرکینز، گری، کاظمی نژاد، غزاله، مدیریت پروژه: ۲۴ درس برای کنترل انواع پروژه، تهران، آدینه، ۱۳۸۸.

۶- لطیفی، رستمی، سیدمحمدعلی، شیرازی رستمی غلامرضا، حاجی زاده رستمی فاطمه، بررسی و ارزیابی مزایا و معایب ۷- انواع روش‌های اجرای پروژه و مقایسه آنها، تهران، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۳.

۸- شکارچی، سلیمان، حسینعلی پور، سید مجتبی، ساختار و روش اجرای پروژه‌های BOT، تهران، اولین همایش مدیریت پروژه، خردادماه ۸۱.

9- B. Prieto. “BOT Projects at Risks”, PB Net Work, March 2000.

10- R. L. Hartje. “Design/Built at Risks”, Orange, California, PB NetWork, March 2000.

۱۱- اسکویی و صبحیه، محمد حسین، ویژگی‌های قرارداد کلید در دست در مدیریت پروژه‌های صنعتی، تهران، اولین همایش مدیریت پروژه، خرداد ماه ۸۱.

۱۲- نراقی، مهرداد، سیر تحول تامین مالی پروژه‌های نفت و گاز،تهران، اولین همایش مدیریت پروژه، خرداد ماه ۸۱.

۱۳- حکیمیان، علی محمد، بررسی ماهیت و ساختار جوینت ونچر، تهران، فصلنامه حوزه و دانشگاه، پائیز ۱۳۸۴.

۱۴- جکسون، مایکل، جاپلقیان، غلام و احمدوند،علی محمد، تفکر سیستمی: کل گرایی خلاق برای مدیران، جهان جام جم، ۱۳۸۸.

۱۵- ایزدبخش، حمیدرضا و رستمی بشمنی، مجید، مهندسی صنایع: مهندسی سیستم های اقتصادی اجتماعی مدیریت سیستم، تهران، کتاب دانشگاهی،۱۳۸۱.

۱۶- جی هینز استیون واصلانیف رشید، رویکرد تفکر سیستمی به برنامه‌ریزی و مدیریت استراتژیک، نشر نی، ۱۳۸۷.

۱۷- کارآموز، محمد، احمدی، آزاده و فلاحیف مهدیس، مهندسی سیستم، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۵.

۱۸- رضایی، علی، اصغرزاده، سید محمد و فتاحی اردکانی،محسن، روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفی: شبیه سازی برای مقایسه روش‌های انتخاب، دانشگاه تهران، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، اردیبهشت ۱۳۸۷.

۱۹- اصغرپورف محمدجواد، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، تهران، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.

۲۰- قدسی پور، حسن، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۸.

۲۱- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، مدیریت بهره برداری ماشین‌آلات عمرانی: نشریه شماره ۴۴۹، تهران، دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهوری، ۱۳۸۸.

۲۲- یزدانشناس، مصطفی، مجموعه راهنمای تجزیه قیمت های واحد برای ماشین‌آلات و ابزارهای ساختمانی و راهسازی، دفتر فنی سازمان برنامه و بودجه، نشریه شماره یک، آذرماه ۱۳۶۲.

۲۳- توران، علی، مدیریت ماشین های راهسازی، تهران، دنیای نو، ۱۳۸۸.

۲۴- مرکزآمارایران، نتایج آمارگیری از کرایه ماشین آلات عمرانی نیمه دوم ۱۳۸۱، تهران، مرکز آمار ایران، ۱۳۸۲

۲۵- خلدانی، آصف، شیوه بهره برداری از ماشین های راه‌سازی، تهران، آزاده، ۱۳۸۷.

۲۶- لروی پیوریفوی، رابرت، بهبهانی، حمید و خاکی،علی منصور، ماشین‌آلات ساختمانی و روش های اجرایی، تهران، انتشارات دانشگاه علم وصنعت ایران، ۱۳۸۵.

۲۷- قالیبافیان، مهدی و سلطانی عربشاهی، کامیار، اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، تهران، دهخدا، ۱۳۸۳.

۲۸- بروکس، جی.جی.، نویل آدام، رمضانیان پورف علی اکبر و شاه نظریف محمدرضا، تکنولوژی بتن، تهران، آذرنگ، ۱۳۸۵

فامیلی هرمز و صفری زنجانی مسعود، تکنولوژی بتن، همدان، مصفای الوند، ۱۳۸۵.

۲۹- عقیلی، جمال الدین، اشکالات بتن: علل و علاج، سیمای دانش، ۱۳۸۴.

۳۰- امونز پیتر. اچ و اکبریف رضا، مصور تعمیر و نگهداری بتن، تهران، ارکان دانش، ۱۳۸۶.

۳۱- شی اسل، پیتر و افشار، عبدالله، خوردگی فولاد در بتن، تهران، مرز دانش و سنجش، ۱۳۸۴.

۳۲- مشکسار، احمدعلی، مباحث نظری و عملی بتن و فولاد، شیراز، نوید شیراز، ۱۳۸۴.

۳۳- ولی نژاد، عبدالله، جداول و استانداردهای فولاد: کلید فولاد، تهران، طراح، ۱۳۸۸.

۳۴- نایار، آلوک، عالی، حجت الله،غیاثوند، حسن و رهگذر، محمدرضا، راهنمای جامع فولاد، تهران، جهان جام جم، ۱۳۸۴.

۳۵- وثوقی فر، حمیدرضا، مقاوم سازی لرزه ای اتصالات با سیستم های مختلط بتن و فولاد، قم، دانشگاه قم، ۱۳۸۸.