



تحلیل و طراحی سیستم

جلسه سوم

دکتر هادی سروری - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان

سیستم چیست

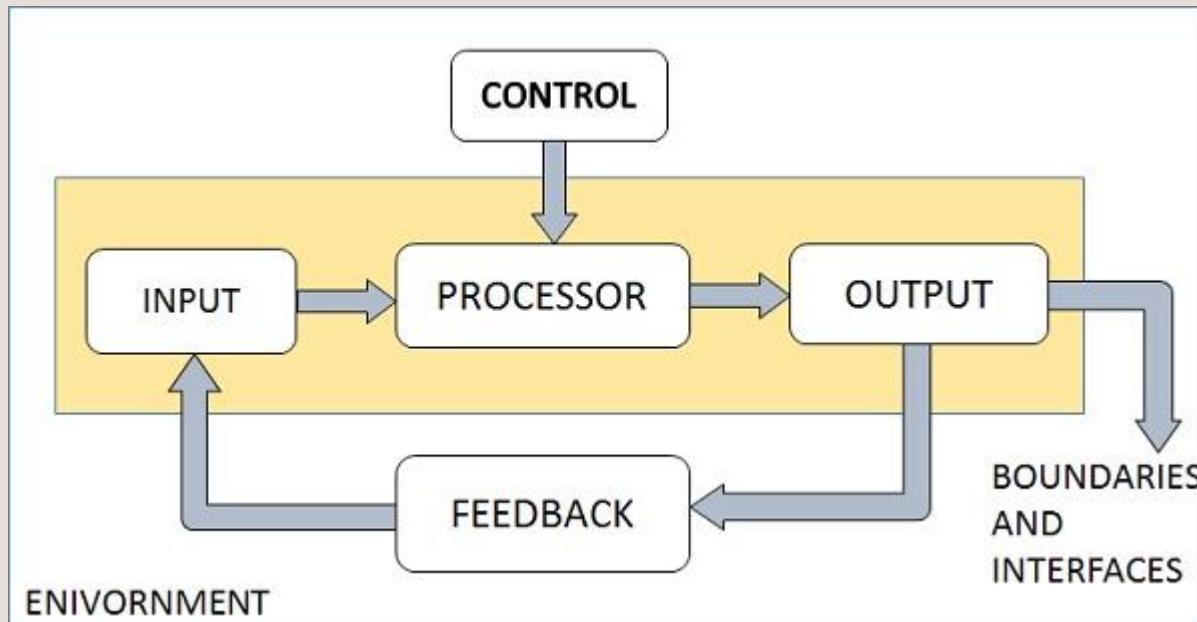
تعریف: مجموعه‌ای از اجزا به هم پیوسته که به علت وابستگی حاکم بر اجزای خود، کلیت جدیدی را پدید آورده‌اند. اجزای سیستم ضمن برخورداری از ارتباطات کنشی و واکنشی، از نظم و سازمان خاصی پیروی می‌نمایند و در جهت تحقق هدف‌های معینی که دلیل وجودی سیستم است فعالیت می‌کنند. اجزا سیستم عبارتند از:

انواع سیستم:

- سیستم اصلی / فرعی؛
- سیستم باز / بسته؛

ویژگی سیستم‌های باز:

کلیت و جامعیت (هم افزایی)؛ سلسله مراتب؛
همبستگی بین اعضا؛ تناسب بین اعضا؛ گردش دوار؛
گرایش به فنا؛ گرایش به تکامل؛



نگرش سیستمی



تجزیه و تحلیل سیستم

تعریف: شناخت جنبه های مختلف سیستم، چگونگی عملکرد اجزای تشکیل دهنده آن و نحوه و میزان ارتباط بین آنها به منظور دستیابی به مبنایی جهت طراحی و اجرای یک سیستم مناسبتر است؛



تجزیه و تحلیل به ما کمک می کند تا:

- **موقعیت کنونی سازمان** را درک کنیم؛
- از **جریان کار** مطلع شویم و مورد ارزیابی قرار دهیم؛
- برای **رفع نارسایی و مشکلات** بهترین راه حل را انتخاب و توصیه کنیم.

بنابراین **تجزیه و تحلیل سیستم** عبارت است از:

«بررسی سیستمهای فرعی یا زیر سیستمهای موجود در سازمان جهت کسب اطمینان از **مناسب بودن روشهای جاری** و ارزیابی **میزان اثر بخشی** آنها»

هدف: «ایجاد اصلاح و بهبود در وضع سازمان، از طریق یافتن رویه ها و روش های بهتر انجام کار است»



سیستم در یک سازمان

تعریف: سیستم مجموعه ای از روش های به هم پیوسته که با اجرای آنها بخشی از هدف های سازمانی محقق می شود. روش ها نیز مجموعه ای از شیوه های گوناگون انجام کار به شمار می آیند که می توان با استفاده از آن به هدف های نهایی سازمان دست یافت.

روش: رشته عملیات و مراحل که برای حصول کل یا بخشی از اهداف یک سیستم. مانند:

- روش استخدامی در سیستم پرسنلی؛
- روش انبارداری در سیستم تدارکاتی؛
- روش محاسبه قیمت تمام شده در سیستم حسابداری.

شیوه: تشریح جزئیات نحوه انجام دادن کار. مانند:

- حضور و غیاب دانشجویان با استفاده از لیست کامپیوتری؛
- شیوه تصحیح اوراق یک امتحان با توجه به نمره هر سوال.



ارتباط مدیریت با تجزیه و تحلیل سیستم

- مدیران موظفند همگام با آخرین تغییر و تحولاتی جهانی، تغییرات لازم را در سازمان خود به وجود آورند و از جدیدترین روش ها و شیوه های انجام کار، در اداره امور سازمان خود بهره گیرند؛
- هدف تمام سیستم ها بقاست، برای نیل به این هدف، سیستم ها چاره ای جز هماهنگ شدن با تغییرات و تحولات را ندارند؛
- شرایط محیط بر سیستم، تغییر و تحول است و وظیفه اساسی هر سیستم همگامی با تغییر و تلاش در جهت اعمال نفوذ بر تغییر است؛
- **ایجاد تغییر** به منظور بهبود سازمان یکی از مهمترین وظایف مدیران است؛



وظایف مدیران در جهت تغییر:

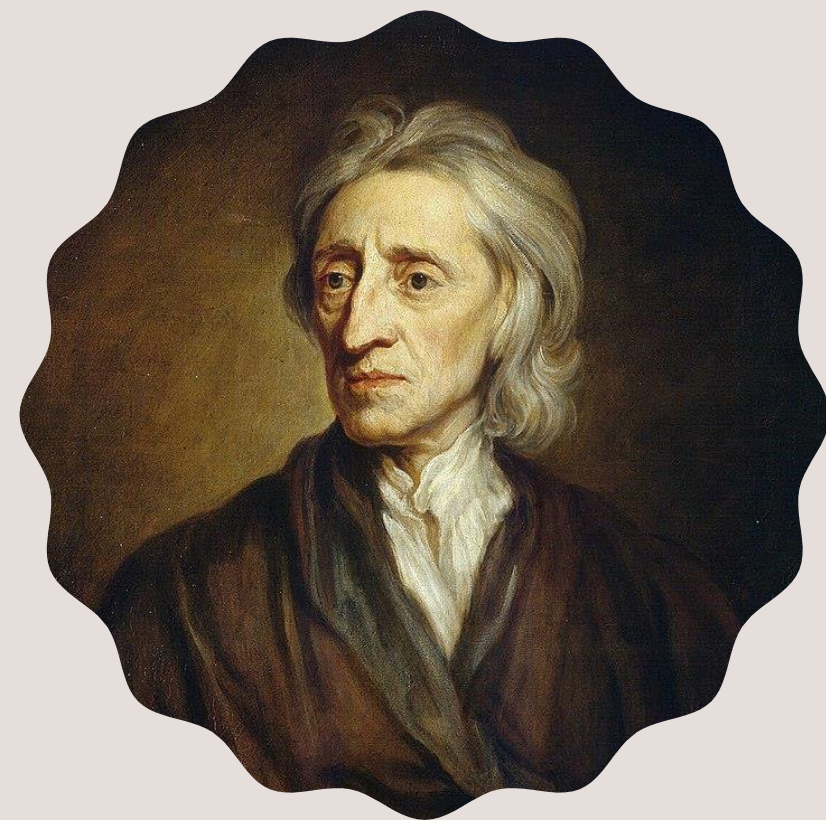
- باید موانع ایجاد تغییر را بردارند؛
- باید خود از عوامل ایجاد تغییر باشند؛
- باید ترکیب معقولی از منابع سازمان با توجه به کمبودها و محدودیت امکانات فراهم آورند.

در فرآیند تغییر: «تجزیه و تحلیل سیستم ها می تواند به عنوان ابزار مفیدی در دست مدیران عمل کند و پاسخگوی نیازهای آنی و آتی سازمانی در این زمینه باشد».

افراد مانعی برای تغییرات

جان لاک:

«ثبات از خواص اذهان تنگ است»



مدیر به تنهایی؟ یا با کمک کارشناسان؟



نظریه ۱: «مدیر باید به گونه ای کارکنان را آموزش دهد که هر یک خود را عامل تغییر بدانند»

(هوشمندانه ولی غیر عملی)

نظریه ۲: «افراد متخصص و مجرب به عنوان تحلیلگر سیستم، مدیریت را در انتخاب مناسبترین راه، برای رفع مشکلات و نقایص کمک کنند»

(استفاده از روش های علمی برای انتخاب و اجرای راهها و شیوه های بهتر)



- هر چه وسعت سازمان بیشتر باشد، وظایف متنوع تر و متعدد تر و در نتیجه نیروی انسانی آگاه تر مورد نیاز خواهد بود؛
- در سازمانهای کوچک و ساده شاید مدیر بتواند نقش تجزیه و تحلیل را بر عهده گیرد.

تحلیلگر از درون یا بیرون سازمان؟

نظریه ۱: «واحد تجزیه و تحلیل در داخل سازمان»

نظریه ۲: «دعوت از سازمان های تخصصی بیرون از سازمان»

(هر دو حالت ممکن ولی با مزایا و محدودیت هایی همراه است)



مزایای متخصصین خارج از سازمان:

- با مشکلات سازمان خو نگرفته اند بنابراین به مشکلات بهتر پی خواهند برد؛
- با تجربه و مهارتی که دارند دید علمی تری نسبت به سازمان دارند.

مزایای واحد درون سازمان:

- تجزیه و تحلیل کاری دائمی و مستمر است و بهتر است که واحدی در سازمان برای این منظور دایر شود؛
- کارکنان ممکن است مایل نباشند کارشان توسط افراد خارج از سازمان مورد نقد و بررسی قرار گیرد.

نتیجه: «نیاز به تجزیه و تحلیل به شدت احساس می شود، بنابراین باید با توجه به اوضاع و احوال سازمانی و امکانات در دسترس از خدمات متخصصین تجزیه و تحلیل سیستم ها به بهترین صورت ممکن استفاده گردد»

وظایف واحد تجزیه و تحلیل سیستم

مهم ترین وظایف واحد تجزیه و تحلیل سیستم ها (اگر در درون سازمان باشد) را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- بررسی و تجزیه و تحلیل ترکیب و ساخت سازمان به منظور ایجاد تشکیلات مناسب با نیازهای سازمان؛
- کوشش در هماهنگ ساختن سازمان با آخرین تغییرات و پیشرفت ها از طریق تجزیه و تحلیل مداوم و مستمر سیستم ها و روش ها موجود؛
- بررسی و تجزیه و تحلیل نمودار جریان کار، به منظور جلوگیری از تداخل و تکرار و حذف مراحل زائد کار.
- بررسی و تجزیه و تحلیل نحوه ی تقسیم کار، به منظور تقسیم منطقی و درست کار بین کارکنان؛
- تدوین دستورالعمل های کتبی و مدون با کسب نظرات مقامات مسئول سازمان؛
- استقرار مناسب ترین سیستم ها، روش ها و شیوه های انجام کار در سازمان؛
- تهیه اطلاعات دقیق و به هنگام برای مدیران و مقامات مسئول؛
- اعتلای روحیه تعاون و همکاری در بین کارکنان سازمان؛
- تلاش در جهت افزایش سطح کارایی و اثربخشی کل سازمان؛
- بررسی کنترل، طراحی و مدیریت فرم ها و اسناد مورد نیاز سازمان.



فواید تجزیه و تحلیل سیستم

مهم ترین فواید تجزیه و تحلیل سیستم عبارتند از:

- اقدامی مناسب برای بررسی مسایل و مشکلات سازمانی است؛
 - افزایش بهره وری سازمانی با استفاده از تجزیه و تحلیل سیستم با ساده کردن و بهسازی روش های کار و نه با افزایش سرعت کار اشخاص چراکه تا حد مشخصی می آن را افزایش داد؛
 - تجزیه و تحلیل سیستم ها را می توان ابزار عملی برای کمک به اتخاذ بهترین تصمیمات جهت رفع مشکلات پیچیده سازمانی دانست؛
 - می توان ساختار سازمانی مناسب تر، روش های اجرایی کارآمد و شیوه های عملیاتی پر ثمرتر به وجود آورد؛
 - می توان از نیرو و تلاش کارکنان بهترین استفاده را کرد و از دوباره کاری و ائتلاف مساعی نیروی انسانی جلوگیری نمود؛
 - باعث می شود تا میزان اشتباهات و خطاها کاسته شود و امر تحویل کالا و خدمات به مشتریان و کاربران سرعت یابد؛
- و یکی از مهمترین نتایج «**به دست آوردن اطلاعات دقیق و به هنگام**» از وضع موجود است.



تحلیلگر کیست؟

تعریف: «تحلیلگر فردی متخصص در زمینه تجزیه و تحلیل سیستم است که در این زمینه با استفاده از آموخته های علمی و شیوه های کاربردی، از صلاحیت لازم برای انجام دادن بررسی های همه جانبه در زمینه تجزیه و تحلیل برخوردار می باشد».

دو وظیفه اساسی تحلیلگر در مدد رسانی سازمان:

- **ارزیابی** (تحلیل کننده اعمال و روابط موجود در کار را بررسی می کند)؛
- **همیاری** (در این مرحله، پیشنهادهای خاصی را برای افزایش کارایی ارائه می دهد).



- تحلیل گر سیستم:
- ابتدا بررسی های لازم را انجام دهد؛
- سپس نتایج بررسی را مورد تجزیه و تحلیل دقیق قرار می دهد؛
- بعد از آن سیستمی را طرح ریزی می کند که دارای کارایی بیشتری باشد؛
- برای اجرا و استقرار سیستم همکاری می کند و توصیه های لازم را ارائه می دهد.

ویژگی های تحلیل گر سیستم

مهم ترین ویژگیهای تحلیلگر سیستم عبارتند از:

- تحلیل گر باید به کار تجزیه و تحلیل معتقد و علاقمند باشد؛
- تحلیل گر باید داری ذهنی پرسشگر باشد؛
- تحلیل گر موظف است اجزای سیستم را مرتبط با یکدیگر و به صورت یک کل هماهنگ و متحد ببیند؛
- تحلیل گر باید متوجه نقش مهم کارکنان سازمان باشد و با مسائل انسانی و رفتار کارکنان در سازمان آشنا باشد؛
- تحلیل گر بایستی با بررسی کافی و برخورد سیستمی، علت را از معلول ها تشخیص دهد؛
- تحلیل گر باید به ابعاد اخلاقی و جنبه های ارزشی نیز توجه داشته باشد؛
- و یکی از مهمترین آنها «**تحلیل گر باید صبور باشد**».



پرونده تجزیه و تحلیل





پایان جلسه سوم

موضوع جلسه آینده:
فرآیند تجزیه و تحلیل سیستم

چرخه تجزیه و تحلیل

مراحل که در یک دور تجزیه و تحلیل طی می شوند:

- شناخت کل سیستم و هدف هایی که دلیل وجودی آن سیستم به شمار می آیند؛
- بررسی و تشخیص مشکلاتی که سیستم را از نیل به هدف هایش باز می دارند؛
- انتخاب مهم ترین مشکل یا مشکلاتی که در وضع حاضر، مساله آفریده اند؛
- تعیین و تبیین حدود مشکل و تشریح آن؛
- تعیین عواملی که سبب بروز مشکل شده اند؛
- بررسی روش های گوناگون و راه کارهای متفاوت برای از بین بردن مشکل؛
- ارزیابی هر یک از روش ها و پیش بینی نتایج و تبعات حاصله از هر یک (از نظر هزینه، وقت، انرژی و میزان موثر بودن و...)
- انتخاب مناسب ترین روش؛
- پیگیری برای اجرا؛
- جرح و تعدیل روش و ایجاد اصلاحات مورد نیاز؛
- ارزشیابی مجدد روش؛
- استقرار نهایی روش نو؛
- استفاده موثر از مکانیسم بازخور و ایجاد اصلاحات و تغییرات لازم.



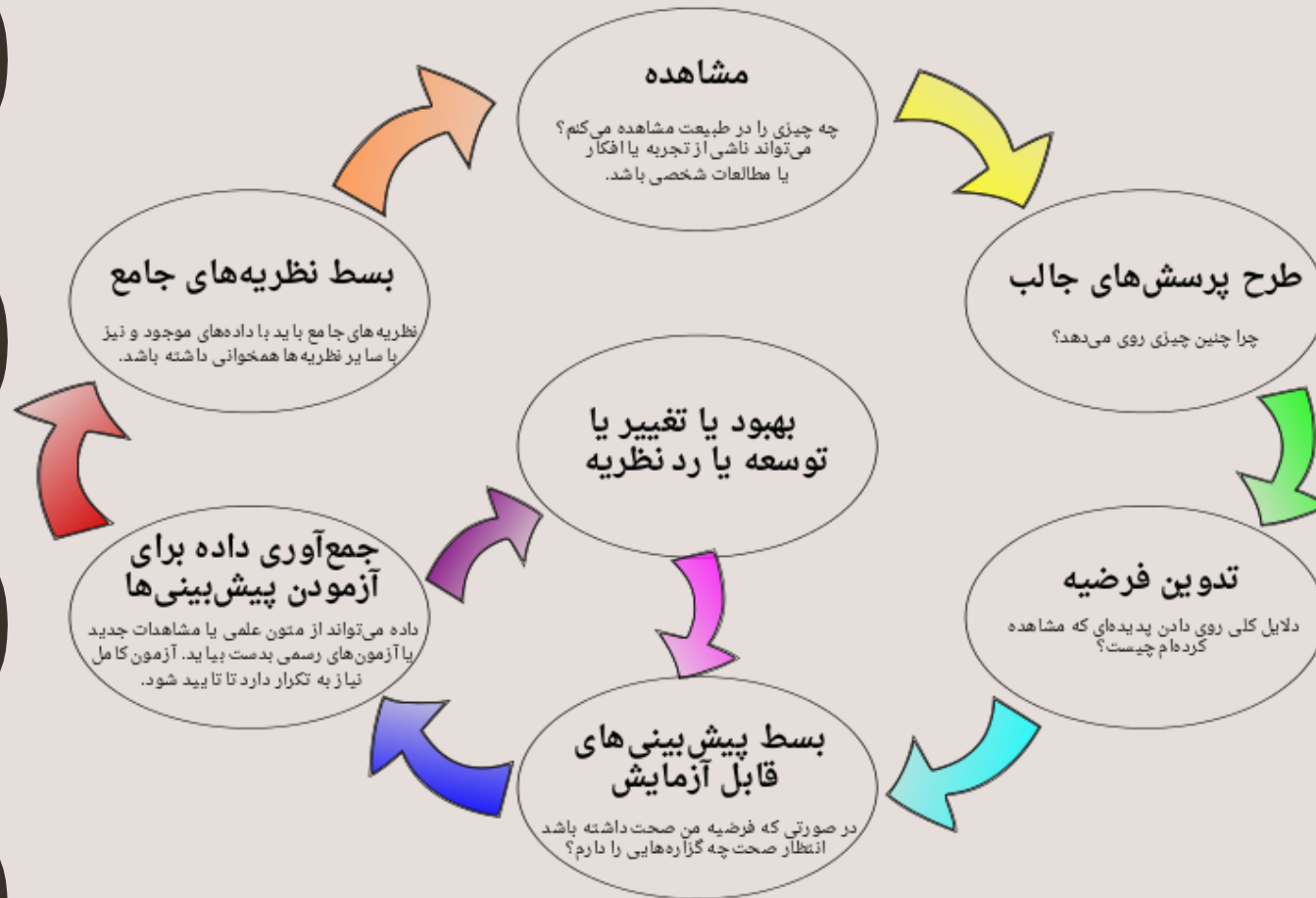
مراحل تجزیه و تحلیل سیستم

تعریف روش علمی:

پژوهش علمی کوشش نظام‌مندی برای پاسخ دادن به پرسش‌هاست و ساختار آن متکی بر یک نظام منطقی است که روش علمی نامیده می‌شود.

مراحل تجزیه و تحلیل سیستم (به روش علمی):

- توضیح و توجیه مشکل؛
- ایجاد فرضیه‌هایی درباره مشکل و علل ایجاد آن؛
- انتخاب فرضیه مهم؛
- جمع‌آوری اطلاعات درباره فرضیه مهم؛
- طبقه‌بندی اطلاعات به دست آمده؛
- تجزیه و تحلیل اطلاعات؛
- نتیجه‌گیری.



مراحل تجزیه و تحلیل سیستم

مرحله اول: شناخت مشکل و تبیین آن

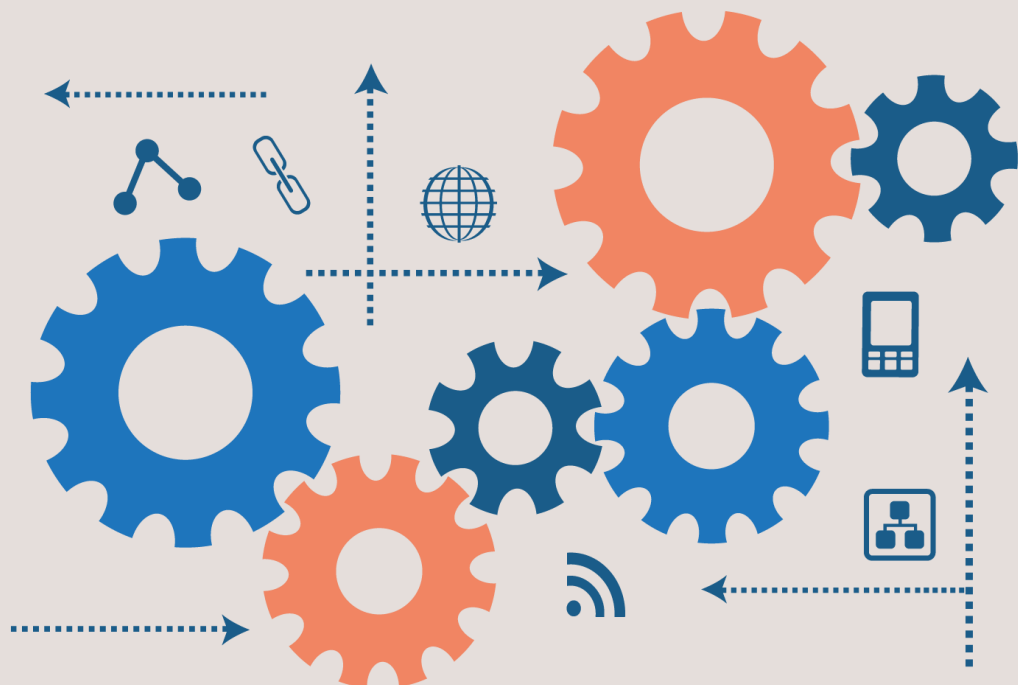
- مشکل یا مشکلات مربوطه ممکن است از سوی مدیران، مقامات مسئول سازمانی و یا شخص آنالیست شناسایی گردد.

مشکل مربوطه بایستی:

- به اندازه کافی اهمیت داشته باشد که وقت و هزینه را بتوان صرف آن کرد؛
- برای تشخیص مهم بودن مشکل باید ارتباط آن با هدف سازمان را بررسی کرد؛
- در شناخت مشکل باید دقت کرد علتها با معلول ها اشتباه نشوند.

مرحله دوم: ایجاد فرضیه

- پس از شناخت مشکل بایستی درباره عواملی که سبب بروز مشکل شده‌اند حدث زد و فرضیاتی را مطرح کرد و فرضیه اهم (مهمترین و محتمل‌ترین راه حل) را برگزید.



مراحل تجزیه و تحلیل سیستم

مرحله سوم: جمع آوری اطلاعات

- در این مرحله بایستی اطلاعاتی را پیرامون مشکل و راه حل‌های آن کسب کرد. هر چه صحت و دقت اطلاعات بیشتر باشد، احتمال شناخت واقعیت و دستیابی به راه حل مناسب برای مشکل بیشتر خواهد بود.



روشهای گردآوری اطلاعات عبارتند از:

- ۱- استفاده از کتابخانه؛
- ۲- کسب اطلاعات از اسناد و مدارک و بایگانی ها و آرشیوها؛
- ۳- مراجعه به جداول و نمودارهای سازمانی؛
- ۴- مشاهده؛
- ۵- تهیه و تنظیم پرسشنامه؛
- ۶- انجام مصاحبه.

روشهای گردآوری اطلاعات

۱- کتابخانه:

- قبل از استفاده از روشهای دیگر محقق باید از کتابخانه استفاده نماید تا از اقدامات تکراری جهت جمع آوری اطلاعات خودداری کند؛
- اطلاعات موجود در کتابخانه از طریق کتب، نشریات علمی و تخصصی، جراید روزمره، میکروفیلم، نوار و غیره جمع آوری می گردند.

۲- استفاده از اسناد و مدارک و بایگانی ها:

- آنالیز با مراجعه به اسناد، مدارک و پرونده های موجود در بایگانی ها و آرشیو ها اطلاعات زیادی درباره موضوع مورد نظر کسب می نماید.

۳- جداول و نمودارهای سازمانی:

- جداول، نمودارها، فرم ها و نمونه های موجود در سازمان منابعی برای اطلاعات مورد نیاز هستند که تحلیلگر برای شناخت هر چه بیشتر از آنها استفاده می کند.

روشهای گردآوری اطلاعات

۴- مشاهده:

- منظور از مشاهده ثبت و ضبط دقیق کلیه جوانب بروز حادثه و نیز رفتار و گفتار فرد یا افراد خاصی در حین وقوع حادثه است. مشاهده به دو طریق ذیل صورت می گیرد:

- ❖ مشاهده مستقیم: در این مشاهده آنالیست شخصاً به مشاهده نحوه انجام کار می پردازد و مشاهده شوندگان نیز از اینکه رفتار و کردارشان مورد مشاهده قرار گرفته است آگاهی دارند؛

- ❖ مشاهده غیر مستقیم: در این روش آنالیست بدون اینکه به افرادی که کارشان تحت بررسی است اطلاع دهد عملکرد آنها را مورد مشاهده قرار می دهد و اطلاعات مورد نیاز را جمع آوری می نماید.

ملاحظات که بایستی در مشاهده رعایت کرد:

- آنالیست بایستی از دخالت دادن نظرات شخصی در مشاهده بکاهد؛

- آنالیست باید مشاهدات خود را بطور منظم ثبت و ضبط کند؛

- برای جبران محدودیت حوزه دید توصیه می شود از چند آنالیست استفاده شود؛

- در صورت امکان از وسایلی همچون فیلم و ضبط صوت هم کمک گرفته می شود.



روشهای گردآوری اطلاعات

۵- پرسشنامه:

- پرسشنامه وسیله ای است که توسط آن تحلیل گر می تواند عقاید گروهی از افراد را به شکل یکنواختی ثبت کند.



انواع پرسشنامه عبارت است از:

- پرسشنامه آزاد (چند پرسش که در آن محدودیتی برای پاسخ در نظر گرفته نمی شود)؛
- پرسشنامه ثابت (در آن برای سوالات پاسخهای ثابت در نظر گرفته می شود).

ملاحظات که بایستی در تنظیم پرسشنامه رعایت نمود:

- در مقدمه پرسشنامه آنالیز خود را معرفی و هدف آن را شرح دهد؛
- تمهیدات کافی برای پاسخ دادن در نظر گرفته شود (مثلاً تمبر و پاکت و ...)
- چون تعدادی به پرسشنامه ها پاسخ نمی دهند به تعداد بیشتری پرسشنامه تحویل گردد؛
- از طرح سوالات گنگ و کلی بپرهیزد؛
- سوالات با درجه درک و فهم پاسخگو همخوانی داشته باشد.

روشهای گردآوری اطلاعات

۶- مصاحبه:

- عبارت است از یک گفت و شنود مستقیم و رودررو با فردی که قرار است درباره موضوع مورد نظر از وی اطلاعاتی کسب کنند.

انواع مصاحبه عبارت است از:

- مصاحبه آزاد (در آن یک هدف کلی برای مصاحبه تعیین و مصاحبه کننده محدود و مقید نیست و در صورت لزوم سوالات بیشتری می پرسد)؛
- مصاحبه منظم (مصاحبه ای سازمان داده شده است و طبق برنامه معینی جلسه مصاحبه اداره می شود).



مهمترین نکاتی که در مصاحبه بایستی رعایت شود:

- مصاحبه کننده بایستی از هر نوع پیش داوری و اعمال نظر شخصی در طول مصاحبه پرهیزد؛
- مصاحبه کردن هنری است که مصاحبه گر بایستی ویژگیهای لازم آن را داشته باشد؛
- مصاحبه گر سعی کند نقطه نظرات و نگرش هایش را در طی مصاحبه ابراز نکند؛
- چنانچه مطلبی خلاف میل مصاحبه گر گفته شد مخالفت خود را ابراز ندارد؛
- شرایط مصاحبه برای همه مصاحبه شوندگان یکسان باشد.

مراحل تجزیه و تحلیل سیستم

مرحله چهارم: طبقه بندی اطلاعات

- در این مرحله آنالیز داده‌های پراکنده را طبقه‌بندی نموده و به آنها نظم می‌بخشد تا معنی‌دار شوند. این اطلاعات به روشهای منطقی و عقلایی و با توجه به ماهیت و نوع آنها طبقه‌بندی و کدگذاری می‌شوند.

روشهای طبقه بندی اطلاعات عبارتند از:

- ۱- استفاده از جدول: جدول بندی یکی از روشهای طبقه بندی اطلاعات است که به آنالیز کمک می‌کند تا وجوه تشابه و همبستگی اطلاعات را که به کمک طبقه بندی منطقی به صورت ردیف ها و ستونهای افقی و عمودی در آمده است به چشم ببیند؛
- ۲- استفاده از نمودارها: نمودارها از وسایل ترسیمی طبقه بندی و نظم بخشی به اطلاعات هستند و آنالیز با استفاده از آنها می‌تواند اطلاعات را به صورتی تنظیم و منعکس کند که درک آن برای بیننده و خواننده گزارش آسان تر شود و با صرف وقت کوتاهی از پیام آن مطلع گردد.

روشهای طبقه بندی اطلاعات



محاسن نمودارها:

- مقایسه اطلاعات را آسان می کنند؛
- چون از علائم در آنها استفاده می شود از طولانی شدن کلام جلوگیری می کنند؛
- با کمک آنها بهتر میتوان روند تغییرات و تفاوت بین دو یا چند روند را مشاهده کرد.

برخی از مهمترین انواع نمودارها:

- خطی (برای نشان دادن ارتباط بین دو یا چند دسته اطلاعات بکار می رود. یکی از محورها برای اندازه گیری متغیر مستقل و محور دیگر برای اندازه گیری متغیر وابسته است)؛
- میله ای (برای نشان دادن اطلاعات از میله استفاده می شود و در آن ارتفاع میله یا ستون نمایانگر میزان فراوانی یک متغیر است)؛
- دایره ای (برای نشان دادن چگونگی تقسیم یک کل به اجزاء خود مناسب است)؛
- فضایی (این نمودارها نمایش سه بعدی اطلاعات هستند و در مواردی بکار می روند که بیش از دو متغیر موجود باشد)؛
- سازمانی (برای نشان دادن سلسله مراتب سازمان، قلمرو وظایف و مسئولیتها و ارتباط بین مشاغل و همچنین برای انعکاس چگونگی انجام کارها و نحوه استقرار منابع سازمانی و تسهیلات فیزیکی بکار می رود).

مراحل تجزیه و تحلیل سیستم

مرحله پنجم: تجزیه و تحلیل اطلاعات

در این مرحله تحلیلگر می‌کوشد تا ارتباط بین اطلاعات را کشف کند؛ معمولاً سوالاتی از قبیل سوالات ذیل درباره اطلاعات پرسیده می‌شود:



- ۱- چه فعالیتی انجام می‌شود؟
- ۲- چرا آن فعالیت انجام می‌شود؟
- ۳- آن فعالیت را چه کسی انجام می‌دهد؟
- ۴- آن فعالیت چگونه انجام می‌شود؟
- ۵- آن فعالیت در کجا انجام می‌شود؟
- ۶- آن فعالیت در چه زمانی انجام می‌شود؟

مراحل تجزیه و تحلیل سیستم

مرحله ششم: نتیجه گیری و ارائه راه حل

- در این مرحله آنالیز به تعبیر و تفسیر یافته های خویش پرداخته و چنانچه فرضیه های اولیه او تأیید گردند، او موفق به کشف علت شده است و اگر تأیید نشده باشند بایستی بدنبال راه حل های دیگری برای مشکل باشد.
- در مرحله ارائه راه حل تحلیل گر با کمک قدرت خلاقیت و ابتکار خویش و به مدد شناختی که نسبت به وضع موجود بدست آورده است پیشنهاداتی معقول و منطقی جهت رفع مشکلات و نقائص ارائه می دهد.

نکاتی که در زمینه ارائه راه حل باید مورد توجه باشد:

۱- همخوانی راه حل با برنامه های سازمان؛

۲- ارائه چند راه حل بجای یک راه حل؛

۳- مطابقت با قوانین و مقررات؛

۴- قابلیت اعمال؛

۵- تناسب بین هزینه اجرا و منافع حاصل از اجرای طرح؛

۶- مسئولیت اجرا.



مراحل تجزیه و تحلیل سیستم

مرحله هفتم: تهیه و تنظیم گزارش

- اقداماتی که تا این مرحله انجام گرفته اند توسط تحلیل گر در یک گزارش منظم تدوین و در دسترس مدیران و مقامات ذیربط قرار می گیرد.

مرحله هشتم: اجرا

- در این مرحله آنالیز طی برنامه ای پیش بینی های لازم را جهت اجرای پیشنهادات مصوب و پیاده کردن طرحهای جدید و ایجاد تغییر در نظام قدیم انجام دهد. مهمترین نکاتی که بایستی در مرحله اجرا انجام پذیرد:
- ❖ آنالیز طی برنامه ای از کادرهای ستادی و اجرایی نظر بخواهد و از آنها کمک بگیرد؛
- ❖ آنالیز بایستی جلسات توجیهی برای کلیه افراد که مسئولیت اجرای طرح را داشته و سایر کارکنانی که با طرح درگیر هستند تشکیل دهد؛
- ❖ اجرای برنامه آموزشی در خصوص نقائص روش موجود، لزوم طرح جدید، آشنایی با طرح جدید و غیره برای کلیه مسئولان اجرای طرح؛
- ❖ فراهم سازی ابزار و تسهیلات مورد نیاز؛
- ❖ کسب حمایت از سوی مدیریت و سرپرستی کارکنان.

مراحل تجزیه و تحلیل سیستم

مرحله نهم: آزمایش طرح جدید

- در این مرحله جهت کسب اطمینان از نتایج طرح، طرح در یک قلمرو محدود به مرحله اجرا گذاشته می شود تا محدودیتهای حین عمل مشخص و جرح و تعدیلهای لازم انجام پذیرد.

مرحله دهم: استقرار طرح جدید

- چنانچه نتایج حاصل از اجرای آزمایش طرح مثبت باشد و مدیران و مقامات مسئول ادامه اجرای آن را تصویب کنند طرح مربوطه در عمل پیاده و استقرار می یابد. روش های استقرار طرح عبارتند از:
- ❖ روشهای موازی یا همزمان (نظام جاری و نظام جدید بطور همزمان اجرا می شوند و این مرحله ادامه می یابد تا نسبت به کار آیی و قابلیت اجرای روش جدید اطمینان حاصل شود و سپس روش قدیم حذف گردد)؛
- ❖ روش تدریجی یا مرحله ای (در این روش طرح جدید به تدریج پیاده می شود و طرح جاری بتدریج کنار گذاشته می شود. بدین ترتیب قسمتی از کار بر اساس نظام قدیم که در حال کنار گذاشتن است انجام و بقیه کار بر عهده نظام جدید است)؛
- ❖ روش یکباره (در این روش نظام قدیم از تاریخ معینی کنار گذاشته شده و نظام جدید جایگزین آن می گردد. هزینه استقرار در این روش کمتر از روشهای دیگر است ولی ریسک آن بیشتر می باشد)؛
- ❖ روش آزمایشی (چنانچه اجرای سیستم پیشنهادی، استفاده از تکنیکهای جدید و تغییرات وسیعی را در سازمان ایجاب کند، سیستم جدید در یک بخش از سازمان بصورت آزمایشی اجرا و حین عمل نقائص آن برطرف و پس از تغییرات لازم در کل سازمان اجرا می گردد).

مراحل تجزیه و تحلیل سیستم

مرحله یازدهم: ارزیابی عملکرد

- پس از اینکه سیستم قدیم به سیستم جدید تبدیل شد، آنالیز بررسی دوباره ای از سیستم به عمل آورده و عملکرد آن را ارزیابی می نماید تا میزان موفقیت سیستم جدید را مشخص و تجدید نظرهای احتمالی را انجام دهد.



برخی از سوالاتی که در مرحله ارزیابی عملکرد قابل طرح هستند:

- ۱- آیا سیستم به نتایجی که از قبل پیش بینی شده اند رسیده است؟
- ۲- چه نتایج پیش بینی نشده ای از سیستم حاصل شده است؟
- ۳- آیا بهره وری افزایش یافته است؟
- ۴- آیا پیاده سازی سیستم جدید طبق برنامه زمان بندی شده انجام پذیرفته است؟
- ۵- آیا انجام کار با سیستم جدید با دشواریهایی مواجه شده است؟



پایان جلسه چهارم

موضوع جلسه آینده:
آشنایی با روشهای تحلیل سیستم

فصل ۱: مفاهیم پروژه، مدیریت پروژه و برنامه ریزی

۱-۱ مقدمه

پروژه یک مأموریت برای مدیر به شمار می آید تا در محدوده هدف، کیفیت، زمان و هزینه تعیین شده، محصول یا تأسیسات یگانه به وجود آورد. نقش مدیر پروژه، برنامه ریزی، سازماندهی و تلفیق منابع و فعالیت ها است تا به اهداف پروژه دست یابد. قبل از آنکه یک مدیر با فناوری ها و ابزار های برنامه ریزی و کنترل پروژه آشنا شود، ابتدا باید درک کامل از مفاهیم و مبانی پروژه و مدیریت داشته باشد. به عبارت دیگر، برای موفقیت یک مدیر فقط آگاهی از ابزار مدیریت کافی نیست، بلکه شناخت وظایف و رویکرد های جدید مدیریتی از عوامل مهم در موفقیت بودن در پروژه است. بر همین اساس در این فصل مفاهیم و مبانی پروژه، چرخه عمر پروژه، برنامه ریزی و مدیریت ارائه شده اند.

۱-۲ مفهوم و ویژگی های پروژه

پروژه در منابع و ادبیات موضوع، به صورت های متفاوت تعریف شده است. اما تعریفی که تمام ویژگی های پروژه را شامل شود به شرح زیر است:

پروژه ترتیبی^۱ از فعالیت های یگانه^۲، پیچیده^۳ و مرتبط^۴ است که دارای یک هدف اصلی^۵ یا منظور^۶ است و باید در مدت و بودجه معین و طبق مشخصات^۷ به اتمام برسد.

^۱. Sequence

^۲. Unique

^۳. Complex

^۴. Connected

^۵. Goal

^۶. Purpose

^۷. Specification

ترتیب فعالیت ها: یک پروژه شامل تعدادی فعالیت است که باید این فعالیت ها به ترتیب یا توالی مشخص انجام شوند. توالی فعالیت ها بر اساس نیاز های فنی یا اجرایی تعیین می شود. به عبارت دیگر، ورودی یک فعالیت یا فعالیت ها، خروجی یک فعالیت یا فعالیت های دیگر محسوب می شود. مانند فعالیت ساخت پی که پس از فعالیت نصب ورق های زیر ستون می باشد.

فعالیت های یگانه: دو پروژه تحت شرایط یکسان هرگز در گذشته انجام نشده است و هرگز در آینده انجام نخواهد شد. برای مثال حتی اگر هزاران ساختمان اداری باشند، کارفرمای مختلف، طراحی مختلف، محل مختلف و پیمانکاران مختلف داشته اند.

پیچیدگی فعالیت ها: فعالیت ها نسبتاً پیچیده می باشند. به عبارت دیگر، در آن ها سادگی وجود ندارد و نیاز به مهارت های خاص، ابتکار و قضاوت دارند.

پیچیدگی فعالیت ها: ارتباط بین فعالیت ها از آنجا ناشی می شود که خروجی یک فعالیت، ورودی فعالیت های دیگر است. هر چند به نظر همان مفهوم ترتیب فعالیت ها را دارد، اما تا حدی متفاوت است. برای مثال، نصب تأسیسات مانند لوله کشی پس از ساخت دیوار ها است. هر چند توالی وجود ندارد، اما ارتباط هست. اما فعالیت خرید آرماتور پس از فعالیت ساخت پی ها بدون ارتباط است.

یک هدف اصلی: برخلاف برنامه که از چند پروژه و یا هدف تشکیل می شود، پروژه یک هدف منفرد دارد.

زمان مشخص: پروژه باید در یک مدت معین که از طرف کارفرما تعیین شده است، به اتمام برسد.

بودجه محدود: منابع مانند نیروی انسانی، ماشین آلات، مصالح و مبلغ محدود است.

طبق مشخصات: کارفرما سطح معینی از کیفیت را برای پروژه انتظار دارد. بنابراین برای هر پروژه مشخصات فنی عمومی و خصوصی در نظر گرفته می شود.

برای آن که تفاوت کارهای عملیاتی و پروژهها بهتر شود، در این بخش چند مثال ارائه می شوند:

ساخت هتل: به طور حتم پروژه محسوب می شود، زیرا تمام ویژگیهای یک پروژه را دارد.

نقاشی یک ساختمان: ممکن است پروژه محسوب شود، اما تمام ویژگیهای یک پروژه را ندارد، زیرا ساده است و انجام نقاشی اطلاقها به ترتیب و توالی نیاز ندارد. احتمالاً بهتر است وظیفه^۱ و کار عملیاتی نامیده شود.

پرداخت حقوق کارکنان: مسلماً پروژه محسوب نمی شود، زیرا اکثر ویژگیهای یک پروژه را ندارد.

استاندارد^۲ «بدنه دانش مدیریت: (PMBOK)، پروژه را اینگونه تعریف می کند: «پروژه یک تلاش موقت است تا یک محصول، سرویس یا نتیجه یگانه ساخته و یا پدید آید.»

PMBOK سه ویژگی برای شناسایی پروژه ارائه می دهد:

- موقت بودن
- یگانه بودن محصول، سرویس یا نتایج
- پیشرفت جامع^۳

^۱. Task

^۲. PMBOK Guide, "A Guide the Project Management Body of Knowledge" third edition, 2004.

^۳ Progressive Elaboration

PMBOK می افزاید منظور از موقت بودن این است که هر پروژه شروع و پایانی دارد. منظور از پایان پروژه وقتی است که اهداف پروژه کسب می شود و یا در مواردی که روشن است اهداف تأمین نمی شوند و پروژه باید به اتمام برسد. مفهوم موقت، کوتاه بودن مدت پروژه نیست و گاهی بعضی پروژه ها سال ها به طور می انجامند. یگانه بودن پروژه مربوط به عناصر تکراری در پروژه ها نیست و حتی این تکرار پذیری، اصل بی همتا بودن پروژه را تحت تأثیر قرار نمی دهد. پیشرفت جامع یا تدریجی به این معنی است که اجرای پروژه گام به گام توسعه می یابد و به صورت تجمعی پیشرفت می کند. از طرف دیگر با ادامه پیشرفت پروژه، وظایفی که در ابتدا به صورت کلی تعریف شده اند، یا جزئیات بیشتر تعریف می شوند. استاندارد MPBOK تفاوت عمده پروژه و کار عملیاتی (منظور کارخانه ها می باشند) را تکرار پذیری کار عملیاتی و در مقابل، موقت و یگانه بودن پروژه ذکر می کند.

ضمن آن که خصوصیات مشترک آنها را به شرح زیر می داند:

- توسط کارکنان اجرا می شوند.
- توسط محدودیت منابع مقید می باشند.
- برنامه ریزی، اجرا و کنترل می شوند.

تفاوت عمده دیگر پروژه و عملیاتی این است که پروژه در محیط پیچیده با تغییرات ناگهانی قرار دارد، در حالی که عملیاتی در محیطی با تغییرات تدریجی است. از طرف دیگر، پس از اتمام پروژه، منابع به پروژه دیگر انتقال می یابند، اما در کار های عملیاتی، منابع پایدار می باشند.

۱-۳ چرخه - عمر فاصله پروژه

هر پروژه ای یک زمان یا مدت از قبل تعیین شده دارد. نقطه شروع آن وقتی است که ایده یا پنداشت توسط کارفرما مطرح می شود و نقطه پایانی آن زمانی است که اجرا به اتمام

رسیده است. فاصله زمانی بین شروع و تکمیل پروژه نشانه چرخه- عمر^۱ پروژه است. چرخه عمر پروژه به چندین فاز^۲ یا مرحله تقسیم می شود. بر مبنای نظری که در PMBOK اعلام شده است، تقسیم بندی چرخه عمر پروژه کمک می کند تا مدیران یا سازمان ها کنترل بهتری بر پروژه اعمال کنند. معمولاً چرخه- عمر پروژه به مراحل زیر تقسیم می شود:

فاز ۱: پنداشت^۳

فاز ۲: طراحی^۴

فاز ۳: اجرا^۵

فاز ۴: اتمام^۶

فاز پنداشت یا فکر

از آن جهت این فاز، پنداشت نامیده می شود، چون به هر حال هر پروژه ای از یک ایده شروع می شود. هر چند شاید بهتر است آن را طرح اولیه نامید. گاهی این مرحله به نام مطالعه امکان سنجی^۷ موسوم است. اما امکان سنجی، خروجی این فاز می باشد. در بعضی موارد نیز مرحله شکل گیری نام گذاری شده است. به هر حال، تصمیم گیری در مورد گزینه های مختلف انجام می شود و گزینه ای که نیاز های مورد نظر را تأمین کند، انتخاب می شود. اگر این گزینه تأیید شد، پروژه به مرحله بعدی انتقال می یابد. گاهی اوقات، فقط در همین مرحله به اتمام می رسد و هیچ گزینه ای انتخاب نمی شود و بنابراین چرخه- عمر پروژه در همین فاز به اتمام می رسد. در این فاز هزینه و مدت پروژه به صورت کلی تخمین زده می شوند.

¹. Life-cycle

². Phase

³. Concept

⁴. Design

⁵. Implementation

⁶. Termination

⁷. Feasibility study

فاز طراحی

این فاز به نام های فاز تعریف^۱ یا توسعه^۲ نیز موسوم است. منظور از فاز تعریف این است که آن گزینه انتخاب شده در فاز اول، به طور کامل تری تعریف می شود و اهداف به طور مشخص تر تعیین می شوند. سپس طراحی با جزئیات انجام می شود. در این مرحله زمانبندی و تعیین بودجه با جزئیات بیشتری تعیین می شود.

فاز اجرا

این فاز به اسامی مختلف مانند ساخت^۳ نیز موسوم است. پس از اتمام مرحله دوم، مجری یا پیمانکار پروژه توسط روش های مختلف مانند مناقصه انتخاب می شود. در این مرحله، پیمانکار از شرایط خصوصی پیمان، مشخصات فنی و کیفیت و نحوه پرداخت کارفرما به طور کامل آگاهی دارد و بر اساس خواسته های کارفرما، پروژه را اجرا می کند.

فار تکمیل پروژه

پس از آن که پروژه مطابق با اهداف از پیش تعیین شده به اتمام رسید، پروژه تمام شده محسوب می شود و به کارفرما تحویل داده می شود.

در جدول ۱-۱ مراحل چرخه عمر پروژه به صورت گویا ارائه شده است.

^۱. Definition

^۲. Development

^۳. Construction

جدول ۱-۱: مراحل پروژه

تکمیل	ساخت	طرحی	پنداشت
ورودی	ورودی	ورودی	ورودی
• گزارش تکمیل پروژه	• تأییدیه اجرای پروژه	• تأییدیه مرحله اول • طراحی	• بررسی نیاز و فرصت • هایی که از پروژه نصب می شود.
روند	روند	روند	روند
• انجام آزمایش ها • تهیه نقشه های ساخت ^۱	• عقد قرارداد • تدارکات منابع • اجرای فعالیت • کنترل پیشرفت پروژه	• تهیه نقشه ها و برنامه های پایه مانند بودجه بندی و زمانبندی • تهیه مشخصات فنی	• بررسی گزینه ها • مطالعه امکان سنجی • تحلیل هزینه - منفعت • شناسایی عوامل پروژه
خروجی	خروجی	خروجی	خروجی
• گزارش اتمام	• گواهی تکمیل	• برنامه پایه شامل زمانبندی و طراحی	• گزارش امکان سنجی
تأییدیه	تأییدیه	تأییدیه	تأییدیه
• تحویل پروژه توسط کارفرما	• آماده برای تحویل	• اجرای پروژه	• تصمیم گیری در ارسال یا ارسال نکردن به فاز بعدی

بر اساس PMBOK، نتیجه هر مرحله باید قابلیت تحویل به مرحله بعدی را داشته باشد و مرحله بعدی آغاز نمی شود، مگر آن که نتیجه مرحله قبل تأیید شده باشد. اما در بعضی پروژه ها مرحله بعدی قبل از تأییدیه نتایج مرحله قبلی، شروع می شود. به عبارت دیگر، مراحل روی هم قرار می گیرند. این فناوری فشردگی زمانبندی به حرکت سریع^۲ یا پیشبرد سریع موسوم است.

^۱. As-built

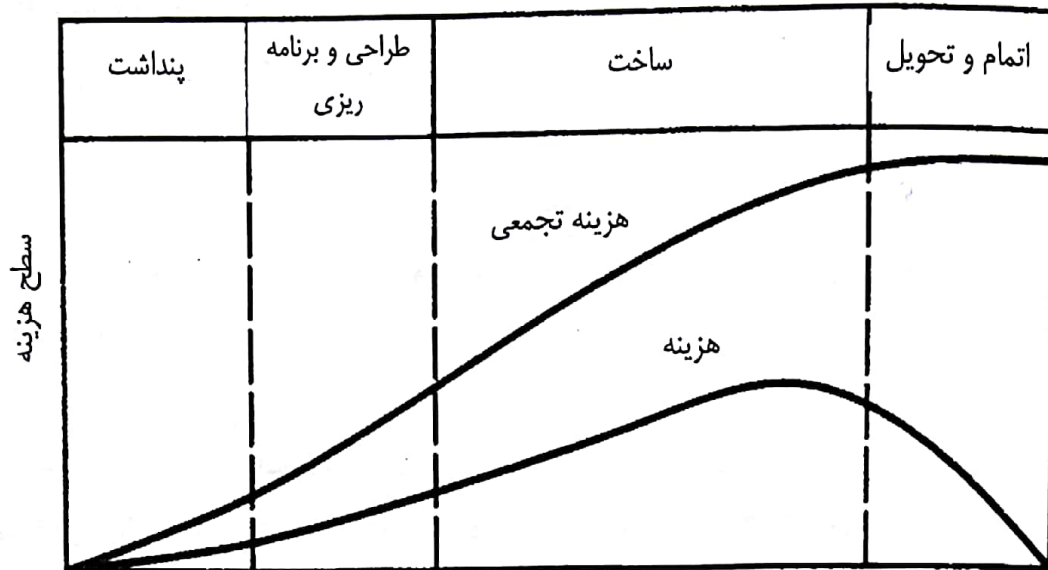
^۲. Fast tracking

۱-۴ خصوصیات چرخه عمر پروژه

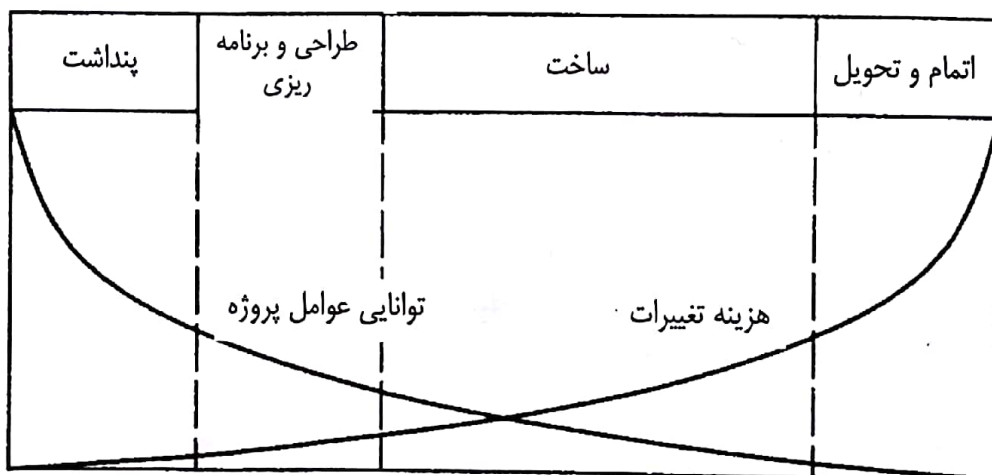
اکثر پروژه ها دارای چرخه عمر با خصوصیات مشابه هستند. این خصوصیات به شرح زیر است:

- در هنگام شروع پروژه، سطح هزینه در حد کم است، اما در فاصله میانی پروژه، هزینه به حداکثر می رسد و در مرحله پایانی، هزینه سریعاً افت می کند. به عبارت دیگر رفتار هزینه با زمان مشابه شکل "S" می باشد (شکل ۱-۱).
- در ابتدای پروژه، عدم قطعیت در سطح بالا می باشد، اما به مرور زمان و با پیشرفت پروژه، از عدم قطعیت پروژه کاسته می شود.
- در ابتدای پروژه، اثرگذاری عوامل پروژه^۱ در خصوصیات محصول نهایی پروژه و همچنین هزینه، بیشترین حد را دارد. اما با ادامه پروژه، این اثرگذاری کاهش می یابد. زیرا هر گونه تغییر در پروژه، با پیشرفت پروژه، هزینه بیشتری دارد که به طبع از آن اجتناب می شود (شکل ۱-۲).

^۱. Stakeholders



شکل ۱-۱: سطح هزینه در طول چرخه پروژه



شکل ۲-۱: اثرگذاری عوامل پروژه و هزینه تغییرات در طول پروژه

فصل ۲: مبانی زمانبندی و برآورد مدت و هزینه

۱-۲ مقدمه

زمانبندی، تبدیل برنامه عملی پروژه به جدول زمانی عملیات است و به عنوان پایه پایش و کنترل کردن پروژه استفاده می شود. زمانبندی یک وسیله گرافیکی است که نشان دهنده زمان های شروع و اتمام هر یک از عملیات ها و ارتباط بین آنها می باشد. برای تهیه زمانبندی، پروژه به بخش های کوچکتر تقسیم می شود و مدت هزینه هر یک از عملیات بر مبنای مقدار کار محاسبه می شود. زمانبندی توسط فردی با تجربه که آگاهی کامل از روند ساخت پروژه دارد، تهیه می شود و می تواند از نرم افزار های رایانه ای نیز بهره بگیرد. اما باید توجه داشت که نرم افزار ها شاید در خصوص ردیف کردن فعالیت ها، نگهداری در حافظه و تطابق اصلاحات کمک مؤثری باشد، اما نمی تواند فکر خلاق که ضرورت تولید یک زمانبندی است را داشته باشد. به طور کلی، زمانبندی همراه با بودجه بندی مهمترین ابزارهای مدیریتی محسوب می شود و بدون آنها، تکمیل پروژه در مدت و هزینه پیش بینی شده، امکان ندارد.

۲-۲ مبانی و مزایای زمانبندی

قبل از آنکه مبانی زمانبندی تشریح شود، ابتدا مزایای آن ذکر می شود.

مزایای زمانبندی به شرح زیر است:

- زمان شروع هر یک از فعالیت ها مشخص است، بنابراین قبل از شروع فعالیت ها می توان در مدت مناسب نسبت به تهیه منابع اقدام کرد.
- نشان دهنده ارتباط تمام وظایف، بسته های کار و عناصر کار است.
- امکان پایش و کنترل کردن پروژه فراهم می شود.

- مسیر بحرانی شناسایی می شود و در صورت تأخیر فعالیت ها در مسیر بحرانی، مدت پروژه به تأخیر می افتد.

- امکان تراز کردن و تخصیص منابع فراهم می شود.

- اثر تغییرات ناشی از خطا ها و یا شرایط هوا، قابل ارزیابی است و می توان برنامه را به صورت مناسب تغییر داد.

۲-۳ مراحل تهیه و برنامه زمانبندی

برای برنامه زمانبندی نیاز به یک سری مراحل است. دقت کردن در انجام صحیح مراحل باعث می شود که تغییرات کمتری در حین ساخت متوجه زمانبندی باشد. به عبارت دیگر، زمانبندی پروژه باید منطبق با واقعیت های ساخت باشد. مراحل تهیه کردن زمانبندی پروژه به شرح زیر است:

تعیین کردن فعالیت ها: شناسایی و فهرست کردن فعالیت های پروژه.

توالی سازی یا مرتب کردن فعالیت ها: شناسایی و مستند کردن ترتیب انجام فعالیت ها و ارتباط بین فعالیت ها.

برآورد مدت فعالیت ها: تخمین زدن مدت انجام هر یک از فعالیت ها.

تهیه زمانبندی: چیدمان فعالیت ها با توجه به توالی و ارتباط آنها، تحلیل زمان های رویداد ها و فعالیت ها و تعیین مدت پروژه.

از دیدگاه PMBOK، در مدیریت زمان پروژه، یک مرحله غیر از مراحل ذکر شده تحت عنوان تخمین نوع و مقدار منابع نیز وجود دارد. هر چند برآورد منابع در برآورد هزینه و بودجه فعالیت ها اهمیت بسزایی دارد، اما الزاماً در تهیه برنامه زمانبندی استفاده نمی شود. اما اشاره به یک نکته بسیار مهم ضروری است و آن در خصوص برآورد منابع است. وقتی که زمانبندی اولیه به اتمام رسید، باید بر اساس تخصیص منابع، آن زمانبندی مورد بازبینی قرار بگیرد. در صورت لزوم در زمانبندی اولیه باید بر اساس محدودیت منابع یا تراز کردن منابع، تغییراتی را اعمال کرد. این مبحث در فصل ۵ تشریح شده است. به هر حال، جزئیات مراحل تهیه زمانبندی به شرح زیر می باشد:

۲-۳-۱ تعیین فعالیت ها

منظور از تعیین فعالیت های زمانبندی، شناسایی و مستند کردن کار هایی است که طبق برنامه باید انجام شود. برای تعیین کردن فعالیت ها از ابزار ها و فناوری های متفاوت استفاده می شود. یک روش به نام تجزیه کردن^۱ است. بر اساس این روش، بسته های کار^۲ پروژه به اجزای کوچک تر به نام فعالیت ها^۳ به ساختار شکنی کار (WBS)^۴ موسوم است. ساختار شکنی کار به معنی تقسیم بندی پروژه به عناصر و اجزای کوچکتر است تا برنامه ریزی، اجرا و کنترل آسان تر انجام شود.

قبل از آنکه به جزئیات بیشتر WBS پرداخته شود، ابتدا روش دوم تعیین کردن فعالیت ها، موسوم به الگو برداری^۵ توضیح داده می شود. برای تهیه فهرست فعالیت ها می توان از پروژه های گذشته نیز استفاده کرد. الگو برداری باعث می شود که در وقت صرفه جویی شود و احتمال ریسک نادیده گرفتن بعضی از فعالیت ها نیز جلوگیری شود. این روش را نیز می توان برای WBS استفاده کرد و از اطلاعات پروژه های گذشته در WBS بهره گرفت.

^۱. Decomposition

^۲. Project work packages

^۳. Activities

^۴. Work Breakdown Structure

^۵. Template

اگر به بحث WBS برگردیم، موضوع مهم، سطح ساختار شکی پروژه است. به عبارت دیگر، تا چه حدی قرار است یک پروژه به فعالیت های کوچکتر تقسیم شود. هر چند نوع پروژه در این تصمیم گیری دخالت دارد، اما عوامل مؤثر در تصمیم گیری به شرح زیر می باشند:

- جزئیات کار
- حد ریسک
- حد کنترل
- دقت برآورد

اگر بخشی از پروژه دارای جزئیات زیاد است، باید تعداد بیشتری فعالیت انتخاب شود. بنابراین هر یک از فعالیت ها از جزئیات کمتری برخوردار شده و برآورد، اجرا و کنترل آسان تر می شود. WBS باید منعکس کننده سطح ریسک و (عدم قطعیت) باشد. وقتی که سطح ریسک بالا است باید WBS با تقسیم بندی بیشتری باشد تا اصلاحات بیشتری شامل شود و در نتیجه ریسک کاهش یابد. همین نکته اشاره شده در مورد ریسک، در خصوص کنترل نیز صادق است و اجزای کوچک تر، کنترل را راحت تر می کند. هر چه فعالیت ها کوچک تر باشند، دقت برآورد منابع و هزینه افزایش می یابد.

به هر حال، همان طور که ذکر شد، عوامل متعددی در تصمیم گیری حد شکستن پروژه دخالت دارند. اما وقتی که بحث راجع به شکستن می شود، منظور چه حدی می باشد. ممکن است سطح شکستن برای پروژه ای مفید باشد، اما برای پروژه های دیگر چندان مناسب نباشد. به طور کلی، بر مبنای سلسله مراتب، می توان پنج سطح در شکستن پروژه در نظر گرفت.

- سطح زیر پروژه
- سطح وظایف^۱
- سطح بسته کار
- سطح فعالیت
- سطح عملیاتی

^۱. Task

سطح زیر پروژه: پروژه را می توان به پروژه های کوچکتر تقسیم کرد. در مواردی از این سطح تقسیم بندی استفاده می شود که زیر پروژه ها مستقل از طراحی یا عملکرد و یا ساخت می باشند. برای مثال، قرار است پروژه ای شامل چندین مجتمع مسکونی، یک مدرسه و یک فروشگاه اجرا شوند. می توان مجتمع های مسکونی، مدرسه و فروشگاه، هر یک را یک زیر پروژه در نظر گرفت.

سطح وظایف: پروژه یا زیر پروژه را می توان به چندین وظیفه تقسیم کرد. هر وظیفه را می توان بدون تداخل با وظیفه دیگر انجام داد. هر وظیفه یک کار اصلی محسوب می شود و برای هر یک از وظایف می توان مدت، هزینه و منابع مشخصی را تعیین کرد. در مثالی که قبلاً تشریح شد، هر ساختمان را می توان به چند وظیفه اصلی شامل پی، روسازی و نازک کاری تقسیم کرد.

سطح بسته های کار: سطح وظایف را می توان به سطوح کوچک تر بسته های کار تقسیم کرد. هر بسته کار دارای خصوصیات اندازه گیری، تخصیص هزینه و قابلیت کنترل است. برای مثال پی ساختمان قابل تقسیم شدن به پی های منفرد و شناژ بندی است. همچنین روسازی به طبقه اول، دوم و سوم تقسیم می شود.

سطح فعالیت: اگر بسته کار به سطح کوچک تر تقسیم شود، اجزایی حاصل می شوند که مصرف کننده زمان، هزینه و منابع می باشند. این اجزای کوچک به فعالیت موسومند. برای مثال، پی شامل خاکبرداری، آرماتور بندی، بتن ریزی و عمل آوری است. هر طبقه نیز شامل فعالیت های اسکلت سازی، دیوار چینی و سقف سازی می باشد.

سطح عملیاتی: هر فعالیت را می توان به چندین عملیات تقسیم کرد. در واقع تقسیم فعالیت به عملیات به دلیل تغییر ماهیت در هر یک از عملیات است. در بسیاری از پروژه های عمرانی نیازی به کاهش سطح فعالیت ها به سطح عملیات نیست و تقسیم بندی بسته کار به فعالیت ها کفایت می کند. برای مثال بتن ریزی سقف به عنوان یک فعالیت در نظر گرفته می شود. این فعالیت را می توان به سطح عملیات مانند پمپاژ کردن بتن، متراکم کردن و پرداخت سطح بتن تقسیم کرد.

هرچند اگر سطح بتن ریزی وسیع باشد، گاهی اوقات تقسیم کردن آن به سطح عملیات ترجیح داده می شود.

به هر حال، معمولاً در پروژه های عمرانی، فعالیت ها به عنوان کوچکترین اجزای پروژه می باشند. یک فعالیت، کار منفردی است که دارای تاریخ شروع و اتمام است و انجام آن به زمان نیاز دارد. بنابراین، فعالیت ها مصرف کننده زمان هستند. به عنوان راهنمایی باید ذکر کرد که فعالیت نباید آنقدر کوچک باشد که زمانبندی را پیچیده و طولانی کند و نباید آنقدر بزرگ باشد که کنترل فعالیت را مشکل سازد. چنانچه کنترل پروژه به صورت روزانه انجام می شود، نباید مدت هر فعالیت بیشتر از چند روز باشد.

در زمانبندی، غیر از واژه فعالیت، از واژه دیگری به نام رویداد مهم^۱ نیز استفاده می شود. منظور از این واژه، یک مقطع زمانی در پروژه است که نشان از اهمیت جنبه ای از کار دارد. برای مثال، در آن مقطع قرار است کنترل انجام شود یا آزمایش خاصی صورت پذیرد و یا گزارش پیشرفت تهیه و ارائه شود. به هر حال، رویداد مهم، مجموعه ای از فعالیت ها است که قابلیت تحویل دادن باشد. گاهی غیر از زمانبندی فعالیت ها، زمانبندی رویداد های مهم نیز توصیه می شود.

۲-۳-۲ توالی یا مرتب کردن فعالیت ها

توالی سازی فعالیت ها شامل شناسایی و مستند کردن روابط منطقی فعالیت ها می باشد. هر چند انواع روابط فعالیت ها در بخش روش های زمانبندی تشریح شده است، اما در این قسمت اشاره به روابط منطقی می شود. انواع روابط به شرح زیر است:

^۱. Milestone.

رابطه قبلی^۱ و بعدی^۲: یک فعالیت باید پس از اتمام فعالیت قبلی، شروع شود. مانند ساخت ستون که پس از اتمام فعالیت پی سازی آغاز می شود.



ارتباط اجباری^۳: یک فعالیت باید پس از اتمام فعالیت قبلی آغاز شود و این ارتباط اجباری است. برای مثال نمی توان ساخت ستون را قبل از اتمام پی شروع کرد.

ارتباط احتیاطی^۴: ارتباطی است که توسط مدیر یا تیم پروژه ترجیح داده می شود. برای مثال مدیر پروژه تصمیم می گیرد که نصب پایه شمالی یک پل قبل از پایه جنوبی شروع شود.

به هر حال، مرتب کردن فعالیت ها باید منطقی، قابل قبول و امکان پذیر باشد. مرتب کردن فعالیت ها نیاز به درک صحیح از روش اجرا دارد. به همین دلیل، برای موفقیت روند، مسئول مرتب کردن فعالیت ها و زمانبندی باید چندین سال تجربه در صنعت ساخت داشته باشد و یا از نظریات خبرگان استفاده کند.

۲-۳-۳ برآورد مدت فعالیت ها

پس از اتمام مرحله تعیین کردن و متوالی سازی فعالیت ها، مرحله تخمین مدت فعالیت ها است. مدت فعالیت ها را می توان بر حسب ساعت، روز کاری، روز تقویمی هفته و یا ماه برآورد کرد. معمولاً تعیین مدت فعالیت در پروژه های عمرانی بر حسب روز کاری یا روز تقویمی است. در برآورد مدت فعالیت عوامل متعددی به شرح زیر دخالت دارند:

- ^۱. Predecessor
- ^۲. Successor
- ^۳. Mandatory
- ^۴. Discretionary

- نوع و مقدار کار
- شرایط قرارداد
- روش ساخت
- محدودیت زمان پروژه
- ترتیب و توالی فعالیت ها
- شرایط محیطی و اقلیمی
- تعداد شیفت کار
- نوع و مقدار منابع

به دلیل عوامل مؤثر در مدت فعالیت ها، نمی توان مدت را دقیق پیش بینی کرد و مدت فعالیت یک متغیر تصادفی محسوب می شود که با عدم قطعیت همراه است. برای تخمین مدت فعالیت ها از ابزار ها و تکنیک های متفاوت استفاده می شود که به طور خلاصه به شرح زیر می باشند:

قضاوت خبرگان^۱

در این روش از یک خبره در مورد فعالیت، نظر سنجی می شود. متخصص می تواند مهندسین مشاور، تکنسین و یا یک شخص خبره باشد. اگر چنین خبرگانی وجود نداشته باشند، برآورد مدت همراه با عدم قطعیت و ریسک بیشتر خواهد بود.

متشابه بودن^۲

منظور از متشابه بودن، استفاده از مدت واقعی فعالیت مشابهی است که قبلاً در پروژه های گذشته اجرا شده است. از این روش بیشتر در فاز اول پروژه استفاده می شود که هنوز در خصوص جزئیات پروژه، اطلاعاتی در دست نیست.

^۱. Expert judgment
^۲. Analogous

داده های تاریخی^۱ (اطلاعات گذشته)

از اطلاعات ثبت شده از فعالیت های انجام شده در پروژه های گذشته، استفاده می شود و پایه داده ها^۲ تهیه می شود. از آنجایی که نوع و مقدار منابع در فعالیت گذشته متفاوت از فعالیت تحت بررسی است، اما با استفاده از ابزار های آماری، می توان به تخمین قابل قبول دست یافت.

برآورد پارامتری^۳

بر اساس این روش نرخ تولید در مقدار کار ضرب و مدت فعالیت تخمین زده می شود. برای مثال ۱۰۰ متر مکعب بتن ریزی با نرخ تولید ۵۰ متر مکعب در روز به مدت $\left(\frac{100}{50}\right)$ ، یعنی ۲ روز نیاز دارد.

برآورد سه- نقطه ای^۴

دقت بر برآورد مدت را می توان با در نظر گرفتن ریسک افزایش داد. این روش بر اساس تعیین کردن سه زمان برای هر فعالیت به شرح زیر است:

- بیشترین احتمال^۵: وقتی که شرایط کار معمولی در نظر گرفته شود.

- خوش بینانه^۶: مدت بر اساس بهترین شرایط تخمین زده می شود.

- بد بینانه^۷: مدت بر اساس بدترین شرایط برآورد می شود.

^۱. Historical data

^۲. Database

^۳. Parametric

^۴. Three-point estimate

^۵. Most likely

^۶. Optimistic

^۷. Pessimistic

مدت فعالیت با میانگین گرفتن سه زمان محاسبه می شود. شرح روش در زمانبندی با روش «ارزیابی و بازبینی» فصل ۴ ارائه شده است.

روش دلفی^۱

در این روش از افراد یا گروه های مختلف نظر سنجی می شود. در واقع این افراد یا گروه ها هر یک از دیدگاه خود مدت فعالیت را حدس می زنند. سپس نظریات گروه بندی می شود و آن نتایجی که خارج از محدوده ای است که اکثر نتایج را شامل نمی شود، حذف می شوند. مجدداً تحلیل و نتایج حاصله برای آن گروه ها ارسال و نظر سنجی انجام می شود. چندین بار این عمل تکرار می شود تا نتیجه ای حاصل شود که اکثریت بر روی آن توافق دارند. بنابراین، آن نتیجه به عنوان مدت فعالیت در نظر گرفته می شود.

۲-۳-۴ زمانبندی

پس از اتمام مراحل فهرست کردن فعالیت، مرتب کردن فعالیت ها و برآورد مدت فعالیت ها، نوبت به تهیه زمانبندی است و عملیات زمانبندی در منابع و ادبیات موضوع به صورت های مختلف و یا بهتر می توان گفت متفاوت تعریف شده است. در این جا به دو تعریف بسنده می شود:

- توالی زمان فعالیت ها و رویداد ها که نشانه جدول زمانی عملیات است.
- جدول زمانی پروژه است که نشان می دهد چگونه وظایف و رویداد های مهم پروژه در طول مدت، برنامه ریزی شده اند.

^۱. Delphi technique

همچنین در خصوص زمانبندی کردن، تعاریف به شرح زیر قابل ذکر می باشند:

- تعیین کردن وقتی که یک سری فعالیت در رابطه با دیگر فعالیت ها، آغاز و تمام شوند و شامل در نظر گرفتن منابع موجود می باشد.
- زمانبندی کردن، سازماندهی و نظم دادن به مراحل زمانی فعالیت های مورد نیاز برای تکمیل نیاز های پروژه است.

به هر حال هر آنچه که مربوط به تعریف زمانبندی کردن می باشد، اما در واقع زمانبندی انعکاس برنامه عملیاتی پروژه به صورت جدول زمانی عملیات است. چنین برنامه یا جدول زمانی به عنوان پایه برای پایش و کنترل پروژه استفاده می شود. هم چنین برای بودجه بندی از زمانبندی به صورت گرافیکی مانند نمودار میله ای و نمودار شبکه ای بهره گرفته می شود که در فصول روش های زمانبندی به طور جامع تشریح شده اند.

۲-۴ برآورد هزینه و بودجه

برآورد بودجه پروژه مهمترین نقش را در روند مدیریت ایفا می کند. اگر دقت کافی در برآورد کردن هزینه ها و بودجه بندی بکار نرفته باشد، احتمال ریسک در پروژه افزایش می یابد. از طرف دیگر، بر کیفیت پروژه نیز اثرگذار است. با ید توجه داشت که ارتباط بین دقت در برآورد و کیفیت پروژه، خطی نیست، بلکه با کاهش اندک بودجه فعالیت ها، از کیفیت کار به میزان قابل توجهی کاسته می شود.

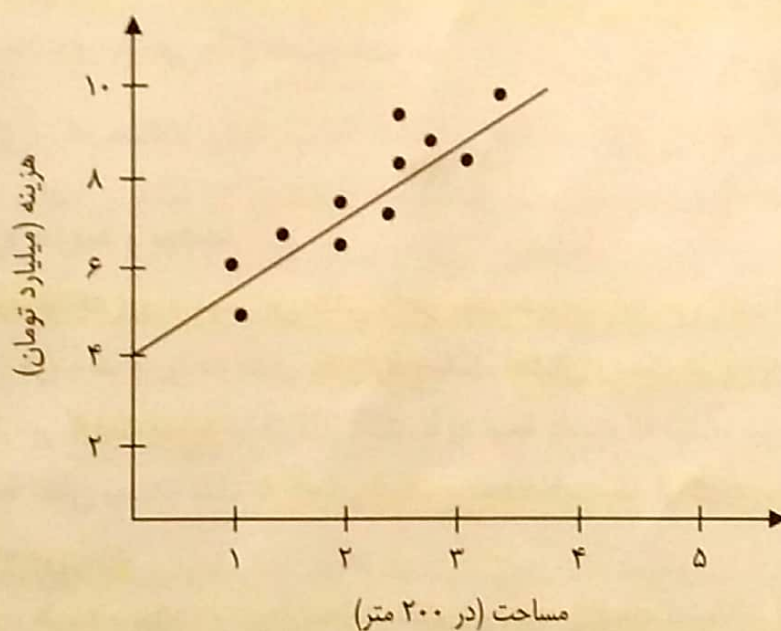
هر چند برآورد هزینه و بودجه بندی ارتباط مستقیم با زمانبندی پروژه ندارد، اما این روند از عناصر اصلی برنامه پروژه محسوب می شوند. به عبارت دیگر، زمانبندی و بودجه هر دو برنامه پایه را تشکیل می دهند که برای اندازه گیری پیشرفت و کنترل پروژه ضروری می باشند.

۲-۴-۱ انواع برآورد ها

برآورد هزینه پروژه تنوع زیادی دارد. هر یک در مرحله ای از پروژه استفاده می شود. جایگاه هر یک از برآورد ها در مراحل متفاوت پروژه در قسمت بعدی تشریح شده است. در این قسمت انواع برآورد ها شرح داده شده اند.

برآورد پارامتری^۱

در برآورد پارامتری از مدل ریاضی برای ارتباط دادن هزینه به یک یا چند متغیر یا پارامتر پروژه استفاده می شود. برای ایجاد چنین ارتباطی از داده های تاریخی با ابزار آماری استفاده می شود. برای مثال، قرار است یک مدرسه با ساختمان اسکلت بتن آرمه ساخته شود و از گذشته یک سری اطلاعات از ساختمان های مدرسه و زیر بنای آنها موجود است (شکل ۱-۲).



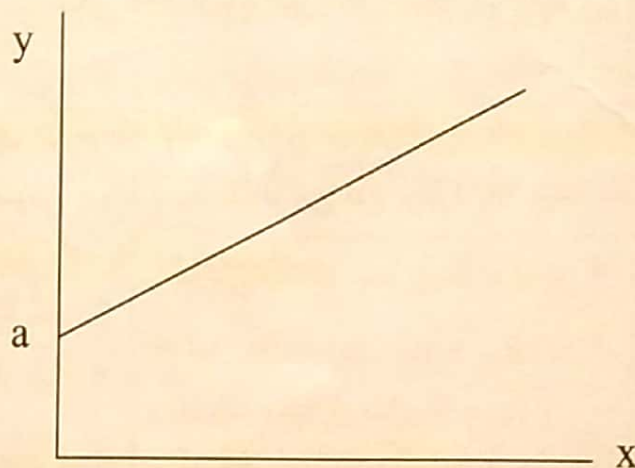
شکل ۱-۲: منحنی رابطه مساحت و هزینه

^۱. Parametric estimate

ممکن است رابطه بین هزینه و پارامترها خطی باشد (شکل ۲-۲). در این صورت منحنی از رابطه زیر تابعیت می‌کند.

$$Y = a + bx \quad (۱-۲)$$

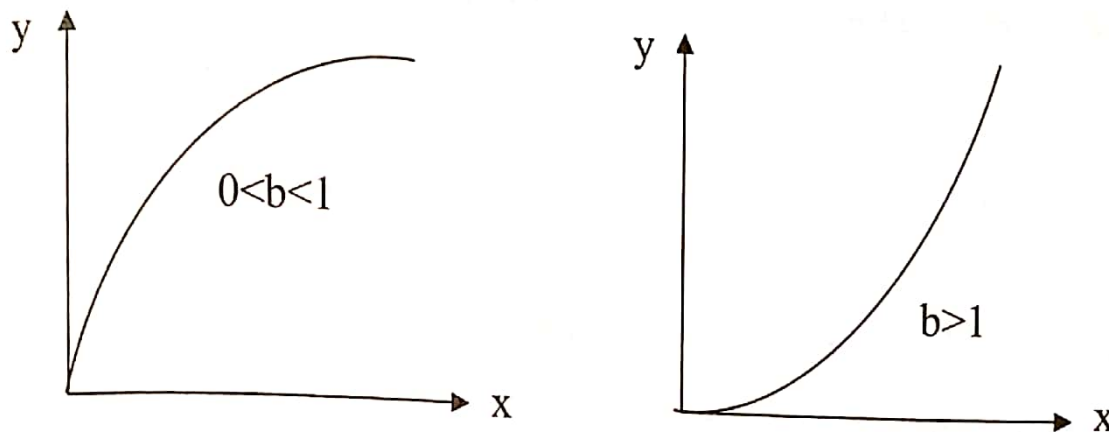
که در آن x ظرفیت و Y هزینه ساخت است. a و b ثابت‌هایی می‌باشند که بر اساس داده‌های آماری محاسبه می‌شوند.



شکل ۲-۲: ارتباط خطی هزینه و پارامتر

اما احتمال دارد که رابطه غیر خطی باشد (شکل ۳-۲). بنابراین از رابطه زیر محاسبه انجام می‌شود:

$$Y = ax^b \quad (۲-۲)$$



شکل ۲-۳: ارتباط غیر خطی هزینه و پارامتر

معمولاً برآورد پارامتری در مرحله اولیه پروژه یعنی مرحله تعریف پروژه استفاده می شود، زیرا اطلاعات کافی در خصوص پروژه وجود ندارد. این نوع برآورد به نسبت مقدار نیز موسوم است. دقت برآورد پارامتری بین ۳۰- تا ۵۰+ درصد است.

برآورد متشابه بودن^۲

در این برآورد از اطلاعات پروژه ای که قبلاً اجرا شده است و از نظر اندازه، پیچیدگی و هدف، مشابه پروژه مورد نظر است، استفاده می شود. کاربرد این روش مشابه برآورد پارامتری است و در مرحله اول پروژه به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی از پروژه استفاده می شود. دقت این نوع برآورد بین ۱۰- تا ۲۵- درصد است.

برآورد پایین به بالا^۳

در برآورد پایین به بالا، هزینه های آیتم های کار (یا فعالیت ها) به طور مستقل برآورد می شود. با جمع کردن هزینه فعالیت ها، هزینه کل پروژه محاسبه می گردد. کاربرد آن در زمانی است که

^۱. Order of magnitude
^۲. Analogical estimate
^۳. Bottom up estimate

اکثر طراحی پروژه به اتمام رسیده است و نقشه ها تهیه شده اند. دقت این برآورد ۵- تا ۱۵+ درصد است.

برآورد حتمی^۱ یا مهندسی

برآورد حتمی، وقتی انجام می شود که طراحی به اتمام رسیده و تمام نقشه ها همراه با مشخصات فنی کار ها آماده شده است. دقت این برآورد $\pm 3\%$ درصد است. هر چند برآورد حتمی خود یک نوع برآورد پایین به بالا محسوب می شود. به عبارت دیگر، با افزایش اطلاعات پروژه به طور عملی برآورد پایین به بالا انجام می شود. به تدریج دقت برآورد افزوده می شود. در جدول ۱-۲ مقایسه بین انواع برآورد ها ارائه شده است.

جدول ۱-۲: مقایسه بین انواع برآورد ها

نوع تخمین	مزایا	معایب
حتمی یا مهندسی (تجربی)	- جزئیات کار در نظر گرفته می شود. - بهترین برآورد پایه برای بودجه بندی و تغییرات در آینده محسوب می شود.	- نیاز به جزئیات زیاد دارد. - نیاز به مصرف زمان دارد.
پارامتری (آماري)	- آسان است. - با افزایش اطلاعات آماری، دقت آن افزایش می یابد.	- نیاز به تهیه نمودار رابطه دارد. - دقت برآورد تابع کمیت و کیفیت آمار دارد.
متشابه بودن (مقایسه ای)	- ساده است. - هزینه برآورد کم است. - هرچند تشابه پروژه گذشته با پروژه مورد نظر بیشتر باشد، دقت افزایش می یابد.	نیاز به اطلاعات مشابه دارد.

^۱. Estimate

در برآورد ها از نوع پارامتری و یا متشابه بودن، اگر از شرایط خاص محلی (تفاوت شرایط پروژه گذشته و پروژه کنونی)، مانند شاخص تورم و روش جدید ساخت استفاده شود، دقت برآورد افزایش می یابد.

۲-۴-۲ بودجه بندی

بودجه بندی^۱ که به نام های متفاوت مانند بودجه بندی هزینه^۲ و هزینه خط پایه^۳ نامیده می شود، در واقع جمع هزینه فعالیت ها یا بسته های کار در طول مدت پروژه است. بودجه بندی به عنوان یک پایه مالی، برای اندازه گیری پیشرفت و کنترل پروژه استفاده می شود. بنابراین (بودجه بندی) تخصیص هزینه در مدت زمان است. به عبارت دیگر، در هر مدت معینی از پروژه هزینه مشخص می شود. از بودجه بندی می توان منحنی مدت-هزینه (موسوم به منحنی S) را تهیه کرد.

۲-۴-۳ برآورد در مراحل متفاوت ساخت

در هر مرحله از پروژه، از یک نوع برآورد استفاده می شود. با گذشت پروژه از مراحل ابتدایی به مراحل بالا، با افزایش اطلاعات پروژه نوع برآورد تغییر می کند و دقت آن افزایش می یابد. مراحل متفاوت پروژه و نوع برآورد در هر مرحله به شرح زیر است:

الف- برآورد طرح) انواع برآورد ها در مراحل طرح به شرح زیر است. با افزایش اطلاعات پروژه، نوع برآورد تغییر می کند و به دقت برآورد افزوده می شود.

- برآورد پارامتر و یا برآورد متشابه بودن

^۱. Budgeting

^۲. Cost budgeting

^۳. Cost baseline

- برآورد مقدماتی^۱ برآورد نظری^۲
- برآورد پایین به بالا
- برآورد حتمی یا مهندسی

برآورد مقدماتی یا برآورد نظری، در مرحله ای انجام می شود که اهداف پروژه فناوری و مدت پروژه تعیین شده است و دقت آن بیشتر از برآورد پارامتری است.

ب- برآورد مناقصه: این برآورد توسط پیمانکار جهت شرکت در مناقصه انجام می شود. معمولاً پیمانکار بر اساس کمیت کارها و قیمت واحد هر کار برآورد خود را انجام می دهد. در قسمت بعدی شرح بیشتری ارائه شده است.

پ- برآورد کنترل پروژه: برای کنترل پروژه، از بودجه بندی که هزینه ها را در طول مدت پروژه نشان می دهد، استفاده می شود.

۲-۴-۴ برآورد برای مناقصه

دقت در برآورد برای برنده شدن در مناقصه بسیار حائز اهمیت است. اگر مقدار برآورد بیشتر از مقدار واقعی باشد، اقبال برنده شدن در مناقصه کاهش می یابد. چنانچه مقدار برآورد کمتر از مقدار واقعی باشد، احتمال ضرر کردن پیمانکار وجود دارد. فرض می شود که هزینه احتمالی^۱ پروژه ای برابر با C باشد و شرکت های مختلف با دقت $\pm A$ درصد، هزینه پروژه را برآورد کنند. بنابراین:

$$\text{محدودیت برآورد هزینه} = C \pm A\%$$

(۳-۲)

^۱. Preliminary estimate

^۲. Conceptual estimate

^۳. Likely cost

شرکت های پیمانکار برای شرکت در مناقصه، مبلغی را به عنوان سود^۱ M به برآورد هزینه اضافه می کنند.

$$M + \text{برآورد هزینه} = \text{مبلغ پیشنهادی} \quad (۴-۲)$$

معمولاً در مناقصه شرکتی برنده می شود که کمترین قیمت را پیشنهاد داده است. اگر فرض شود که کمترین قیمت به دلیل عدم دقت در برآورد است و برابر با A- باشد، بنابراین شرکت برنده، برآورد هزینه را طبق رابطه زیر انجام داده است.

$$M + C - A\% = \text{برآورد هزینه (مبلغ پیشنهادی)}$$

بنابراین شرکتی که در مناقصه برنده شده است، احتمال دارد که از انجام پروژه سودی را کسب نکند.

۲-۴-۵ روش های برآورد

برای برآورد هزینه فعالیت ها معمولاً از دو روش برآورد به شرح زیر استفاده می شود:

- برآورد جزئیات^۲ یا آنالیز بها
- قیمت واحد

برآورد جزئیات

برای برآورد جزئیات یا آنالیز بها از مراحل به شرح زیر استفاده می شود:

^۱. Mark-up

^۲. Detailed estimate

- تعیین کردن منابع مورد نیاز مانند نیروی انسانی، مصالح، ابزار و ماشین آلات برای یک واحد کار مانند یک متر مکعب بتن ریزی.
- تعیین هزینه هر یک از منابع برای یک واحد کار.
- ضرب کردن هزینه واحد به کل مقدار کار.

برآورد قیمت واحد

این برآورد به تعیین کردن مقدار^۱ نیز موسوم است. در این برآورد، ابتدا کمیت هر کار یا فعالیت از نقشه تعیین می شود و سپس با داشتن اطلاعات در خصوص مشخصات فنی فعالیت، می توان فهرست بهای قیمت کار را محاسبه کرد.

۲-۴-۶ رویکرد های بودجه بندی

گاهی اوقات برآورد هزینه و بودجه بندی از دیدگاه متفاوت بررسی می شود. تقسیم بندی رویکرد ها به دو گروه بالا به پایین^۲ و پایین به بالا از دیدگاه سطوح مختلف سازمان، یک نوع دیگر از گروه بندی روش ها است. هر چند شاید به نحوی بتوان برآورد پایین به بالا را مشابه آنچه در بخش گذشته تشریح شده دانست. اما به هر حال در اینجا از دیدگاه لایه های متفاوت سازمانی بررسی می شود.

بودجه بندی از بالا به پایین

در روش بالا به پایین، داده های ورودی برای تعیین بودجه یا تخمین هزینه از بالا ترین سطوح سازمان به سطوح پایین منتقل می شود. در سطح بالایی سازمان که شامل مدیران با تجربه است بودجه پروژه تعیین می شود و تجزیه بودجه بر اساس برآورد هزینه فعالیت ها توسط سطوح پایین انجام می شود.

^۱. Quantity surveying

^۲. Top-down budgeting

مزیت این روش است که حتی اگر برآورد هزینه فعالیت ها با خطا همراه باشد کل بودجه با دقت تخمین زده می شود. اما در این روش تجربه کافی و قضاوت دقیق مدیران در سطوح بالایی ضروری است.

بودجه بندی از پایین به بالا

در این رویکرد، ابتدا برآورد هزینه فعالیت ها انجام می شود و سپس برآورد کل هزینه پروژه توسط سطوح بالایی سازمان بررسی می شود تا فعالیتی نادیده گرفته نشده باشد. شاید این روش دقیق تر از رویکرد بالا به پایین باشد، اما احتمال نادیده گرفتن بعضی از فعالیت ها می باشد.

فصل ۳: روش های زمانبندی: روش نمودار گانت و روش مسیر بحرانی

۱-۳ مقدمه

برای زمانبندی کردن پروژه از روش های متنوع استفاده می شود که در این فصل، روش نمودار میله ای^۱ یا گانت^۲ و روش مسیر بحرانی^۳ تشریح شده است. هر یک از روش ها بسته به شرایط از مزیت برخوردارند. روش زمانبندی نمودار گانت از قدیمی ترین روش ها است. در سال ۱۳۹۰ میلادی، ابداع روش مسیر بحرانی باعث شد که مشکلات روش سنتی میله ای برطرف شود. بر همین اساس روش مسیر بحرانی مورد استقبال صنعت ساخت قرار گرفت. هر چند هنوز روش میله ای یا گانت به عنوان ابزار مهم زمانبندی محسوب می شود.

۲-۳ نمودار گانت یا میله ای

از نمودار میله ای یا گانت به طور وسیعی در صنعت استفاده می شود. در زمان جنگ جهانی اول هنری گانت^۳ این روش را ابداع کرد. دلیل کاربرد وسیع نمودار گانت حتی در صنعت امروز، سادگی در تهیه و آسانی درک آن است. نمودار میله ای مجموعه ای از فهرست فعالیت ها در ستون عمودی و نیز زمان ها در ستون افقی است. شروع و اتمام هر فعالیت، همچنین مدت فعالیت ها به آسانی قابل تشخیص می باشد. طول هر میله نشان دهنده مدت فعالیت است.

«نمودار گانت یک نمودار میله ای افقی است که فعالیت ها به صورت فهرست وار در محور عمودی و تاریخ ها یا مدت در طول محور افقی نمایش داده می شود.»

^۱. Bar chart

^۲. Gantt chart

^۳. Henry Gantt

۳-۲-۱ ترسیم نمودار

تهیه نمودار میله ای در چند مرحله ساده انجام می شود. در مرحله اول، فعالیت ها فهرست می گردد و مدت آنها تخمین زده می شود. در مرحله نهایی، ترتیب قرار گرفتن فعالیت ها مشخص شده و نمودار ترسیم می گردد.

معمولاً زمان های نشان داده شده در نمودار، معرف زودترین زمان شروع و زودترین زمان پایان هر فعالیت است. برای نشان دادن دیرترین زمان شروع و دیرترین زمان پایان از خط چین استفاده می شود. به عنوان یک قانون کلی، نباید نمودار میله ای بیش از ۱۰۰ فعالیت را نشان دهد، زیرا در غیر اینصورت استفاده از آن مشکل می شود. در شکل ۳-۱ یک نمودار میله ای به عنوان مثال نشان داده شده است.

فعالیت ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶
A						
B						
C						
D						

شکل ۳-۱: نمودار گانت

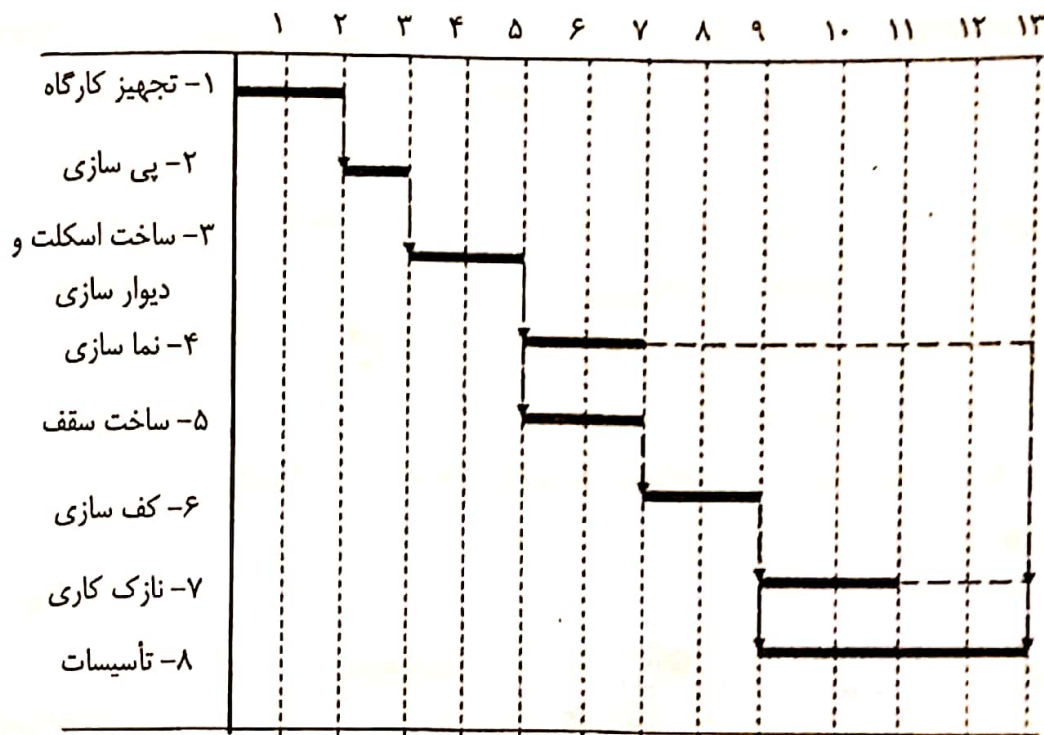
نمودار میله ای قادر نیست که اندرکنش فعالیت ها را نشان دهد، لذا در پروژه هایی که تعداد فعالیت ها چشمگیر است، این روش مؤثر نمی باشد.

استفاده از نمودار میله ای برای بعضی از پروژه ها مانند راه و خط لوله که پیمانکار باید زمانبندی را بر اساس شرایط هوا تنظیم کند، روش مؤثری است. برای مثال، وقتی که رطوبت خاک، عملیات تراکم را غیر مؤثر می کند، می توان ماشین آلات را به محلی که شرایط خاک مناسب است، منتقل کرد. تغییرات به دلیل شرایط هوا را نمی توان برنامه ریزی کرد و یا در زمانبندی نشان داد، اما نمودار میله ای نیاز به تنظیم مجدد ندارد، زیرا اطلاعات درباره رابطه بین فعالیت ها

و ترتیب بین آنها را نشان نمی دهد. بنابراین برای پروژه هایی که از تعدادی فعالیت تکراری تشکیل شده اند، روش نمودار میله ای از انعطاف بیشتری برخوردار است و نیاز به بازبینی برای تطابق با فعالیت های واقعی ندارد.

مهمترین عیب نمودار میله ای این است که وقتی رابطه و اندرکنش فعالیت ها در حد چشمگیر است، تهیه آن مشکل می باشد. معمولاً در تهیه نمودار میله ای، زمانبندی فعالیت ها از انتها به ابتدا انجام می شود. با دانستن مدت اتمام قرارداد، شخص مسئول زمانبندی، آخرین فعالیت را در طول مدت پروژه پخش می کند. بنابراین امکان دارد که زمان های شروع و پایان فعالیت ها به طور تقریبی ترسیم شود، بدون آنکه ترتیب واقعی قید ها و مدت ها در نظر گرفته شوند. به همین علت، پیمانکارانی که از نمودار میله ای استفاده می کنند، معمولاً در اتمام پروژه ها دچار تأخیر می شوند.

همان طور که ذکر شد، یکی از مهمترین معایب نمودار گانت، فقدان دقت در نشان دادن توالی یا ترتیب بین فعالیت ها است. برای حل این مشکل از خطوط ارتباطی یا پیکان ها برای نشان دادن ترتیب منطقی بین فعالیت ها استفاده می شود. بر همین اساس، بسیاری از نرم افزار ها از روش اشاره شده بهره می گیرند. در شکل ۲-۳ ساختمان پمپ بنزین به صورت نمودار شبکه میله ای نشان داده شده است.



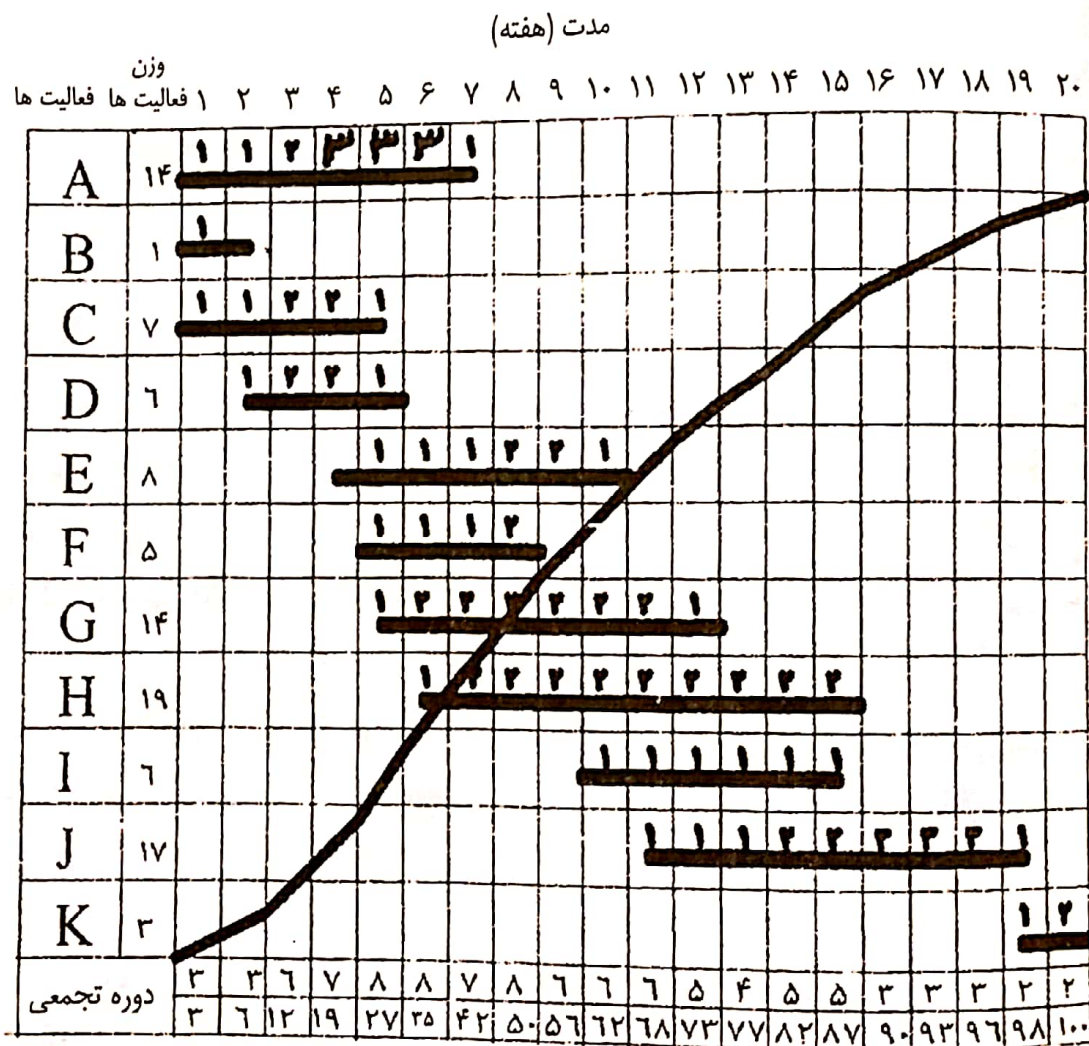
شکل ۲-۳: نمودار یا شبکه میله ای

۲-۲-۳ منحنی پیشرفت تجمعی پروژه

منحنی پیشرفت تجمعی یا «منحنی S» برای کنترل روند پیشرفت مفید است. منحنی S بر روی نمودار میله ای ترسیم می گردد تا ابزاری برای مدیر جهت اندازه گیری پیشرفت تجمعی باشد. منحنی S منعکس کننده تکمیل کار پیش بینی شده در هر زمان است. برای مقایسه، می توان کار واقعی به اتمام رسیده را با خط دیگری نشان داد. برای ترسیم منحنی S، وزن هر فعالیت نسبت به کل وزن پروژه محاسبه می شود. وزن دادن به فعالیت ها بر اساس معیارهای مختلف انجام می گیرد. معمولاً ارزش مالی و منابع انسانی (نقد-ساعت) بیشترین کاربرد را به عنوان پایه های وزنی دارند. پس از ترسیم گراف زمانبندی گانت و محاسبه فاکتور وزن برای هر یک از فعالیت ها، پیشرفت تجمعی را می توان محاسبه و ترسیم کرد. پیشرفت تجمعی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

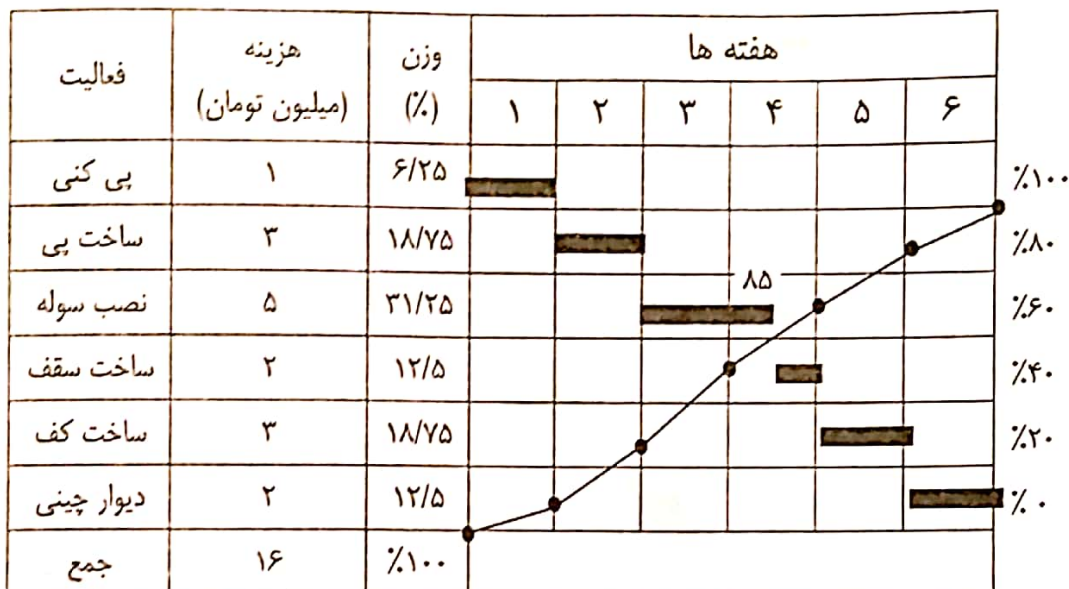
$$(۱-۳) \quad \text{پیشرفت تجمعی} = \sum_{i=1}^n (\text{پیشرفت فعالیت}) \times (\text{وزن})$$

منحنی به شکل S از خصوصیات هر پروژه ساخت است. منحنی S نشان می دهد که در ابتدای پروژه، پیشرفت به کندی انجام می شود و با انجام فعالیت های بیشتر، پیشرفت شتاب می گیرد و در اواخر مدت با کاهش فعالیت ها، مجدداً کند می شود. در شکل ۳-۳، منحنی پیشرفت تجمعی پروژه به عنوان مثال نشان داده شده است. در این مثال توزیع وزن فعالیت در طول مدت فعالیت، مساوی نیست.



شکل ۳-۳: منحنی پیشرفت تجمعی پروژه

در شکل ۳-۴، هزینه فعالیت ها ذکر شده است تا چگونگی محاسبه وزن ها و پیشرفت تجمعی بهتر درک شود.



شکل ۳-۴: منحنی پیشرفت تجمعی پروژه

در این مثال، عدد ۸۵ بر روی میله فعالیت نصب سوله به مفهوم هزینه نصب سوله در آخر هفته سوم برابر با ۸۵ درصد کل هزینه نصب است. برای بقیه فعالیت ها، آخر مدت فعالیت ها ۱۰۰ درصد هزینه صرف خواهد شد. معمولاً ۱۰۰ درصد در نمودار نوشته نمی شود. در محاسبه پیشرفت تجمعی، پیشرفت فعالیت با ۱۰۰ درصد، عدد ۱ منظور می شود.

پیشرفت تجمعی:

$$=(1 \times 6/25) = 6/25$$

آخر هفته اول

$$=(1 \times 6/25) + (1 \times 18/75) = 25$$

آخر هفته دوم

$$=(1 \times 6/25) + (1 \times 18/75) + (0.85 \times 31/25) = 51/56$$

آخر هفته سوم

$$=(1 \times 6/25) + (1 \times 18/75) + (1 \times 31/25) + (1 \times 12/5) = 68/75$$

آخر هفته چهارم

$$=68/75 + (1 \times 18/75) = 87/5$$

آخر هفته پنجم

$$=87/5 + 12/5 = 100$$

آخر هفته ششم

۳-۳ روش زمانبندی مسیر بحرانی

روش زمانبندی مسیر بحرانی (CPM)^۱ خود به دو روش به شرح زیر تقسیم می شود:

- روش فعالیت بر روی نمودار (AOA)^۲
- روش فعالیت در گره (AON)^۳

روش فعالیت بر روی نمودار به روش I-J و روش نمودار پیکان (ADM)^۴ نیز موسوم است. همچنین روش فعالیت در گره، به روش نمودار پیشین (PDM)^۵ نیز معروف است. هر چند هر دو روش، تقریباً اطلاعات مشابه ارائه می دهند، اما از نظر شکل متفاوت می باشند. از طرف دیگر، انعطاف پذیری روش AON از نظر نشان دادن انواع ارتباطات بیشتر از روش AOA است. این روش ها به شبکه^۶ نیز موسوم هستند. زیرا به هر حال نتیجه نهایی، ترسیم فعالیت های مرتبط است که تشکیل شبکه را می دهند و نمودار ترسیم شده به نمودار یا دیاگرام شبکه ای موسوم است.

در شکل ۳-۵ تفاوت دو روش نشان داده شده است.

^۱. Critical Path Method

^۲. Activity On Arrow

^۳. Activity On Node

^۴. Arrow Diagramming Method

^۵. Precedence Diagramming Method

^۶. Network

زمانبندی CPM باید منعکس کننده قیود^۱ عملی مانند ایمنی، جبهه های کاری و ساختار فعالیت ها باشد. برای مثال، اتمام ستون های سازه مقید کننده ساخت سقف است. ستون های فلزی قابل نصب نیستند مگر آنکه کارگاه مهیا باشد.

۳-۴-۳ تهیه شبکه زمانبندی

برای تهیه شبکه زمانبندی رعایت یک سری ضوابط گام به گام ضروری است. در غیر این صورت شبکه صحیح نخواهد بود و بهره گیری از آن در عمل با مشکل روبرو می شود. **مراحلی که برای تولید شبکه انجام می شود به شرح زیر است:**

گام ۱- ساختار شکنی پروژه

گام ۲- تعیین مدت فعالیت ها

گام ۳- ترسیم شبکه بر اساس رابطه منطقی فعالیت ها

گام ۴- شماره گذاری رویداد ها

گام ۵- محاسبه زمان رویداد ها

گام ۶- محاسبه زمان های فعالیت ها

گام ۷- مشخص کردن مسیر بحرانی

گام ۸- محاسبه شناور ها

گام ۱: ساختار شکنی پروژه

اولین گام در تهیه هر نوع زمانبندی، شکستن کل پروژه به فعالیت های مستقل است. هدف از این مرحله، تقسیم کردن پروژه به فعالیت های کوچک است تا پروژه قابل کنترل باشد. ضوابط مربوط به ساختار شکنی کار (WBS) در بخش های گذشته تشریح شده است.

^۱. Restraints

گام ۲: تعیین مدت فعالیت ها

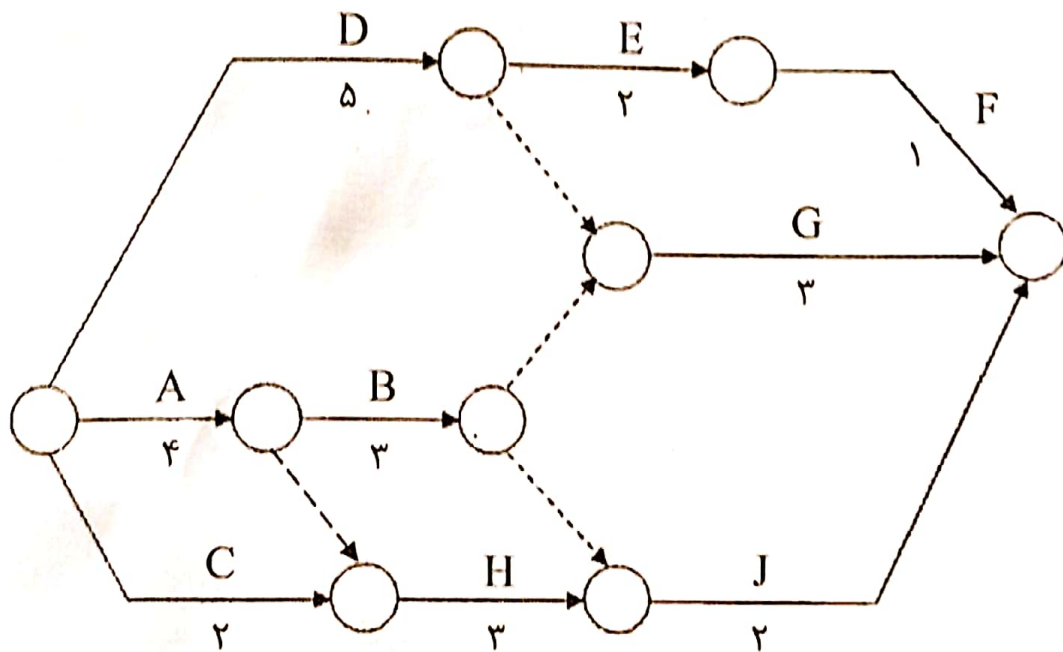
در بخش های گذشته، روش های محاسبه مدت فعالیت ها ارائه شد اما نکته مهمی که در این جا ضروری است اشاره شود، در مورد طول مدت فعالیت ها است. به طور کلی بهتر است که مدت فعالیت ها بیشتر از زمانی نباشد که پیشرفت پروژه بازبینی و کنترل می شود. برای مثال، مدت یک پروژه سه سال است و قرار است که هر ماه پیشرفت پروژه بررسی شود. بهتر است که مدت هیچ فعالیتی بیشتر از ۳۰ روز نباشد. اگر مدت فعالیتی بیش از ۳۰ روز است باید آن فعالیت را شکسته و به فعالیت های کوچکتر تقسیم کرد.

گام ۳: ترسیم شبکه

در این گام شبکه بر اساس روابط منطقی بین فعالیت ها ترسیم می شود. در هنگام مرتب کردن فعالیت ها، باید برای هر یک از فعالیت ها سؤال های زیر جواب داده شود:

- کدام فعالیت ها باید قبل از شروع این فعالیت، به اتمام برسند؟
- کدام فعالیت را می توان همزمان با این فعالیت انجام داد؟
- کدام فعالیت ها را نمی توان شروع کرد تا این فعالیت به اتمام برسد؟

برای مثال، یک پروژه شامل ۹ فعالیت است. برای هر فعالیت، فعالیت های قبلی و بعدی در جدول ۱-۳ ارائه شده است. فعالیت های A, B و C را می توان همزمان شروع کرد. فعالیت B پس از تکمیل A آغاز می شود. فعالیت G پس از اتمام B و D شروع می شود. فعالیت E پس از تکمیل D آغاز می شود و D قبل از E و F است. H پس از اتمام A و C آغاز می شود و G پس از اتمام B و D شروع می شود. پس از تکمیل B و H، فعالیت J آغاز می شود.

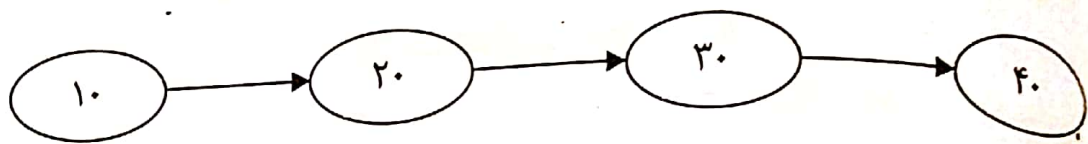


گام ۴: شماره گذاری رویداد ها

هر گره با یک نمره شناسایی می شود. یک شماره نباید بیشتر از یک بار مورد استفاده قرار گیرد. نمره گذاری گره ها، پس از به ترتیب قرار دادن تمام فعالیت های پروژه، انجام می شود. بی آنکه الزامی در کار باشد، معمولاً به گره I نمره ای کمتر از گره J داده می شود. زیرا بدین ترتیب تعیین موقعیت رویداد ها و فعالیت ها در دیاگرام آسانتر می شود. این روش همچنین از ایجاد مدار بسته^۱ جلوگیری می کند. مدار بسته زمانی حادث می شود که نحوه آرایش فعالیت ها به گونه ای باشد که یک فعالیت به فعالیت قبلی خود بازگشته و تشکیل دایره دهد.

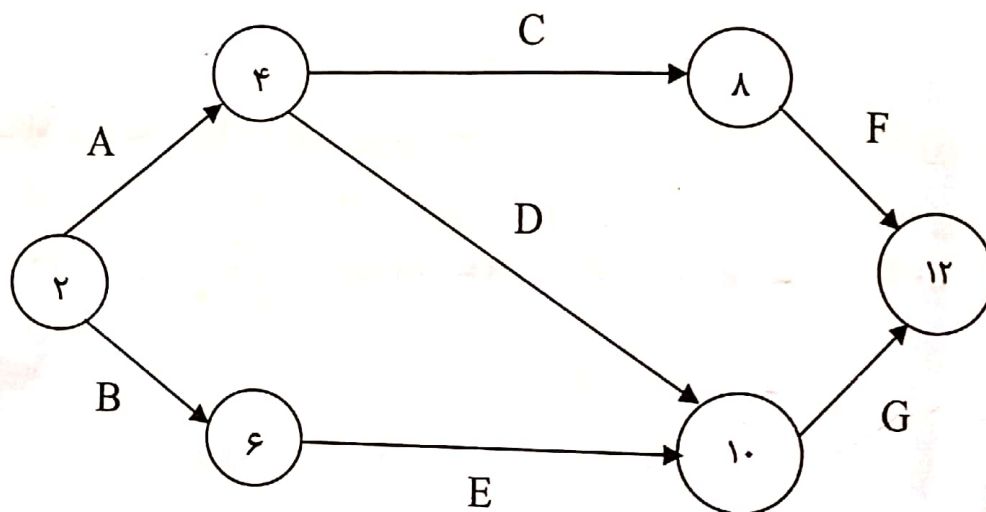
در هنگام نمره گذاری بهتر است از نمرات پشت سر هم استفاده نگردد و ترجیحاً نمرات از ضرایب ۲، ۳، ۵ یا ۱۰ باشند. بدین ترتیب، برای افزودن فعالیت های دیگر، نمره برای گره های جدید وجود خواهد داشت.

^۱. Close loop



روش شماره گذاری گره ها

برای شماره گذاری رویداد ها در یک شبکه، بهتر است که مقاطع فرضی در طول شبکه از چپ به راست فرض شود و نمره گذاری به ترتیب از بالا به پایین انجام شود. مانند آنچه که در شکل ۳-۱۲ نشان داده شده است.

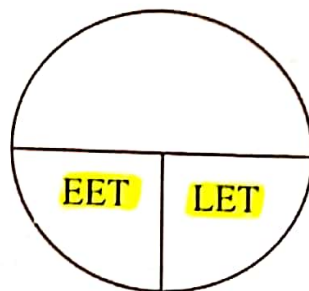


شکل ۳-۱۲: شماره گذاری گره ها در شبکه

گام ۵: محاسبه زمان رویداد ها

پس از ترسیم شبکه، هدف محاسبه مسیر بحرانی یا طولانی ترین مسیر شبکه می باشد. اما برای تبیین مسیر بحرانی، ابتدا باید زمان های هر رویداد و سپس زمان های هر فعالیت محاسبه شود.

هر رویداد دارای دو زمان است که شامل زمان زود رویداد (EET)^۱ و زمان دیر رویداد (LET)^۲ است. برای محاسبه این رویداد از الگوریتم عبور به جلو^۳ و عبور به عقب^۴ استفاده می شود. الگوریتم حل یک مسئله با یک روش تکرار پذیر گام به گام است. پس از محاسبه الگوریتم عبور به جلو، زمان زود رویداد بدست می آید که با تقسیم بندی دایره گره (رویداد) در سمت چپ نوشته می شود. همچنین پس از انجام الگوریتم عبور به عقب، زمان دیر رویداد بدست می آید که در سمت راست رویداد ثبت می شود.



در هنگام عبور به جلو EET اولین رویداد، صفر در نظر گرفته می شود و EET رویداد بعدی با اضافه کردن مدت فعالیت به آن محاسبه می شود. اگر بیش از یک فعالیت به رویداد منتهی شود، EET رویداد برابر با بیشترین مقدار بدست آمده از افزودن مدت فعالیت ها به EET رویداد قبلی است.

$$\text{(مدت فعالیت + EET رویداد قبلی)} = \text{(EET) زمان زود رویداد}$$

همیشه بیشترین مقدار انتخاب شود.

در شکل ۳-۱۳ یک مثال نشان داده شده است. در این شبکه، الگوریتم عبور به جلو انجام و زمان زود رویداد ها محاسبه شده است. برای مثال، زمان رویداد های ۱۲، ۲۲ و ۲۶ به شرح زیر محاسبه شده است.

$$\text{(EET) رویداد ۱۲: } 0+0=0$$

^۱. Early Event Time

^۲. Late Event Time

^۳. Forward pass

^۴. Backward pass

رویداد ۲۲ (EET): $۱۱+۵=۱۶$

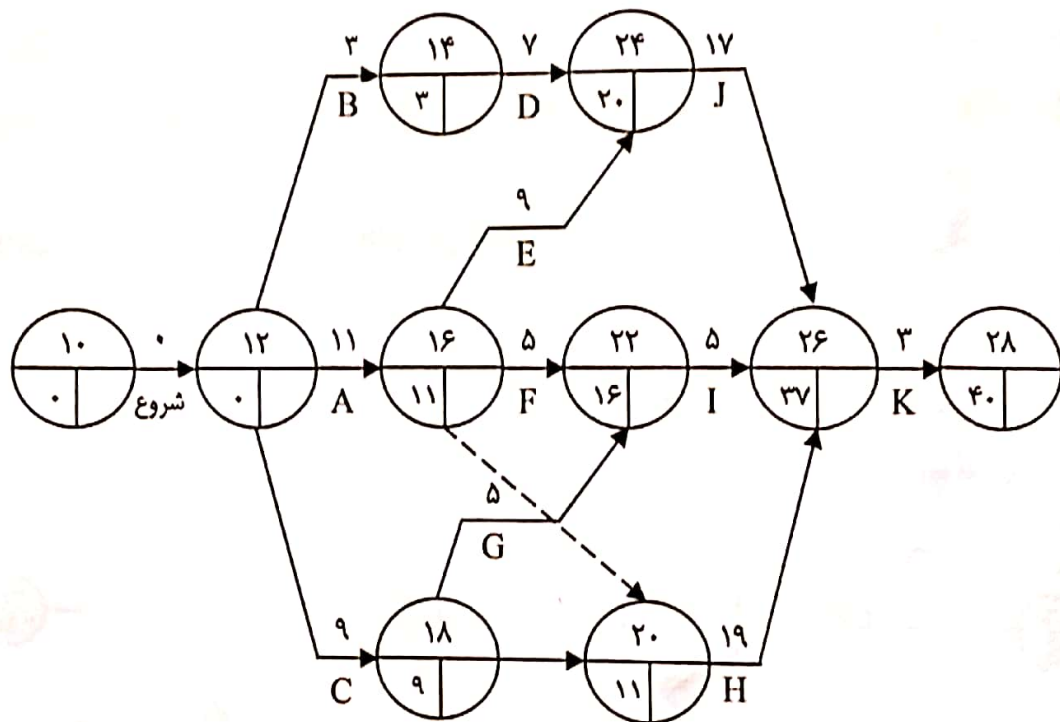
$$۹+۵=۱۴$$

بیشترین مقدار ۱۶ می باشد که به عنوان EET رویداد ۲۲ انتخاب می شود.

رویداد ۲۶ (EET): $۲۰+۱۷=۳۷$

$$۱۱+۱۹=۳۰$$

بیشترین مقدار ۳۷ می باشد که به عنوان EET رویداد ۲۶ انتخاب می شود.



شکل ۳-۱۳: محاسبات زمان زود رویداد ها

در الگوریتم عبور به عقب که از سمت راست به سمت چپ شبکه انجام می شود، زمان دیر رویداد (LET) محاسبه می شود. معمولاً آخرین رویداد شبکه دارای LET و EET مساوی است.

بقیه رویداد ها با کسر کردن مدت فعالیت از LET در انتهای پیکان فعالیت بدست می آید. اگر چندین فعالیت از آن رویداد خارج شوند، کمترین مقدار به عنوان LET رویداد محسوب می شود.

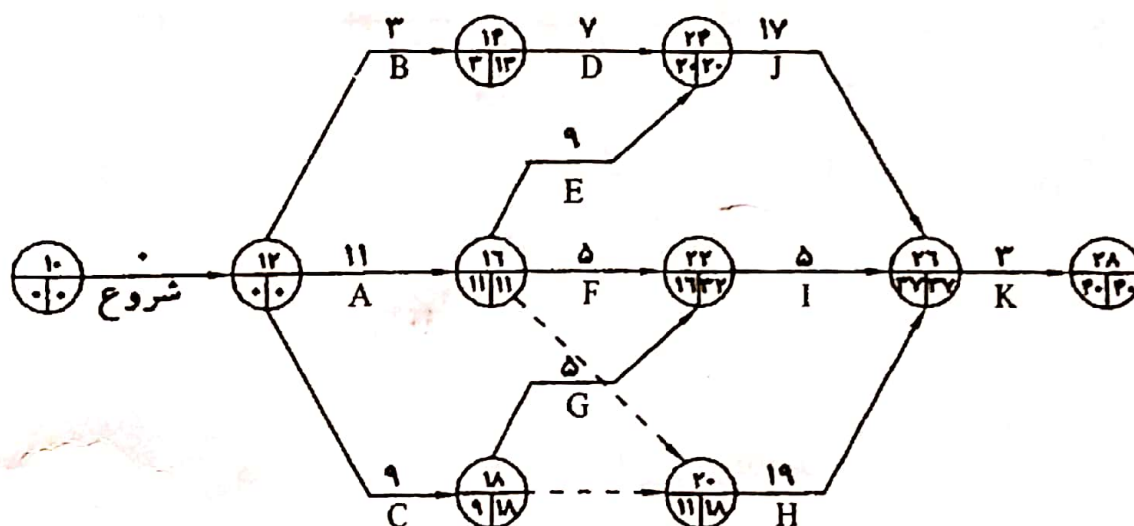
(مدت فعالیت - LET رویداد بعدی) = (LET) زمان دیر رویداد
همیشه کمترین مقدار انتخاب می شود.

شبکه ای که در شکل ۳-۱۳ نشان داده شده است، در شکل ۳-۱۴ با الگوریتم عبور از عقب تکمیل شده است. برای مثال LET رویداد ۱۶ به این صورت محاسبه می شود.

$$(LET) \text{ رویداد } ۱۶ = ۲۰ - ۹ = ۱۱$$

(مدت صفر به دلیل وجود فعالیت مجازی است) $۱۸ - ۰ = ۱۸$

بنابراین کمترین مقدار یعنی ۱۱ انتخاب می شود و در سمت راست گره ۱۶ ثبت می شود.



شکل ۳-۱۴: محاسبات زمان پایان دیر رویداد

گام ۶: محاسبه زمان های فعالیت ها

با تکمیل عبور به جلو و عبور به عقب و مشخص شدن زمان رویداد ها (EET و LET) زمان های فعالیت ها محاسبه می شود. هر فعالیت چهار زمان به شرح زیر دارد:

- **زمان شروع زود (EST)^۱:** زودترین زمانی است که یک فعالیت می تواند آغاز شود. با فرض آن که تمام فعالیت ها قبل از آن در زمان زود به اتمام رسیده اند. EST یک فعالیت مساوی با EET رویداد قبلی (گره i) است.

$$EST = EET_i$$

- **زمان شروع دیر (LST)^۲:** دیرترین زمانی است که یک فعالیت می تواند بدون تأخیر انداختن پروژه آغاز شود. برای محاسبه LST، مدت فعالیت از LET رویداد بعدی (گره j) کسر می شود.

$$LST = LET_j - d$$

برای مثال LST برای فعالیت F در شکل ۳-۱۴ برابر است با:

$$LST = LET_{22} - d = 32 - 5 = 27$$

- **زمان اتمام زود (EFT)^۳:** زودترین زمانی است که یک فعالیت می تواند به اتمام برسد. با فرض آن که فعالیت های قبلی در EST آغاز شده اند. EFT با افزودن مدت فعالیت به EST بدست می آید.

^۱. Early Start Time

^۲. Late Start time

^۳. Early Finish Time

برای مثال EFT برای فعالیت F در شکل برابر است با:

$$EFT = EST_F + d = 11 + 5 = 16$$

همین محاسبه را می توان از طریق EET رویداد محاسبه کرد:

$$EET = EET_{16} + d = 11 + 5 = 16$$

- **زمان اتمام دیر (LFT):** دیرترین زمان تکمیل یک فعالیت است بدون آن که در زمان تکمیل پروژه، تأخیری بوجود آید.

$$LFT = LET_j$$

خلاصه:

(EST)	زمان زود گره یا رویداد = زمان شروع زود
(EFT)	مدت فعالیت + زمان شروع زود = زمان اتمام زود
(LFT)	زمان دیر گره یا رویداد = زمان اتمام دیر
(LST)	مدت فعالیت - زمان اتمام دیر = زمان شروع دیر

نتایج محاسبات زمانی فعالیت های شبکه در شکل ۳-۱۴ در جدول ۳-۲ ارائه شده اند.

^۱. Late Finish Time

جدول ۳-۲: محاسبات زمان های فعالیت ها و شناور ها

گره I	گره J	مدت	فعالیت	EST	EFT	LST	LFT	FF	TF
۱۰	۱۲	۰	شروع	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۲	۱۴	۳	B	۰	۳	۱۰	۱۳	۰	۱۰
۱۲	۱۶	۱۱	A	۰	۱۱	۰	۱۱	۰	۰
۱۲	۱۸	۹	C	۰	۹	۹	۱۸	۰	۹
۱۴	۲۴	۷	D	۳	۱۰	۱۳	۲۰	۱۰	۱۰
۱۶	۲۰	۰	مجازی	۱۱	۱۱	۱۸	۱۸	۰	۷
۱۶	۲۴	۹	E	۱۱	۲۰	۱۱	۲۰	۰	۰
۱۶	۲۲	۵	F	۱۱	۱۶	۲۷	۳۲	۰	۱۶
۱۸	۲۰	۰	مجازی	۹	۹	۱۸	۱۸	۲	۹
۱۸	۲۲	۵	G	۹	۱۴	۲۷	۳۲	۲	۱۸
۲۰	۲۶	۱۹	H	۱۱	۳۰	۱۸	۳۷	۷	۷
۲۲	۲۶	۵	I	۱۶	۲۱	۳۲	۳۷	۱۶	۱۶
۲۴	۲۶	۱۷	J	۲۰	۳۷	۲۰	۳۷	۰	۰
۲۶	۲۸	۳	K	۳۷	۴۰	۳۷	۴۰	۰	۰

از طریق روش

$EFT_i - d - EFT_i$

$$TF = LFT - EFT_i$$

گام ۷: مشخص کردن مسیر بحرانی^۱

برای بعضی از فعالیت ها، زمان های شروع زود و دیر و اتمام زود و دیر یکسان خواهد بود. در این حالت، فعالیت ها بحرانی هستند و این فعالیت ها باید در زمان های تعیین شده به اتمام برسند تا پروژه بدون تأخیر تکمیل گردد. مسیری که فعالیت های بحرانی را شامل می گردد به نام مسیر بحرانی موسوم است.

$$FF = \text{حداقل} [EST_{(j)} - EFT_{(i)}]$$

^۱. Critical path

با مراجعه به جدول ۲-۲ و بررسی EST و LST فعالیت ها نشان می دهد که فعالیت های شروع، A, E, J و K بحرانی می باشند به عبارت دیگر، LST-EST این فعالیت ها برابر با صفر است و یا LFT-EFT برابر با صفر می باشد بنابراین فعالیت های اشاره شده در مسیر بحرانی قرار دارند معمولاً مسیر بحرانی با خط پر رنگ نشان داده می شود تا تمایز آن نسبت به مسیر های دیگر قابل تشخیص باشد. اهمیت مسیر بحرانی به شرح زیر است:

- طولانی ترین مسیر در شبکه است، اما احتمال دارد که شبکه ای دارای بیش از یک مسیر بحرانی باشد مجموع مدت فعالیت های بحرانی در طول مسیر بحرانی تعیین کننده مدت پروژه است.
- هر گونه تغییر در مدت یک فعالیت در مسیر بحرانی، بر مدت کل پروژه اثر گذار است.
- مدیر می تواند با جدا کردن مسیر بحرانی، توجه خود را به فعالیت های بحرانی متمرکز کند.

گام ۸: محاسبه شناور ها

فعالیت هایی که در مسیر بحرانی قرار دارند، می توان آنها را برای مدت معینی با تأخیر انجام داد، بدون آنکه به مدت پروژه افزوده شود. قابلیت انعطاف پذیری یک فعالیت از نظر افزایش زمان انجام آن فعالیت به شناور موسوم است. شناور اندازه گیری مدت زمان یک فعالیت است که می تواند با تأخیر انجام شود. هر چه شناور فعالیت بیشتر باشد، بحرانی بودن آن کمتر است. انواع شناور ها در شبکه زمانبندی در بخش بعدی شرح داده شده اند.

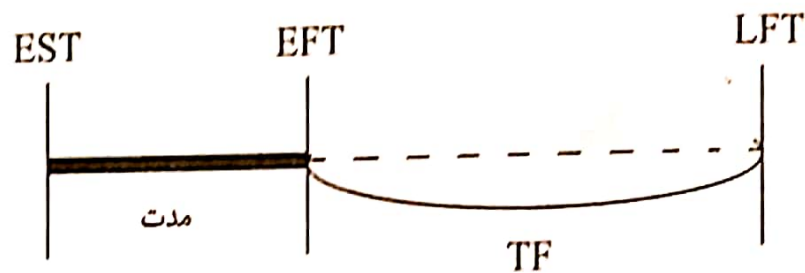
^۱. Float

۳-۴-۴ شناور ها

انواع شناور ها در شبکه زمانبندی به شرح زیر است:

۱) شناور کل یا شناور جمعی^۱: حداکثر واحد زمانی است که یک فعالیت می تواند با تأخیر انجام شود، بدون آنکه کل مدت پروژه افزایش یابد. مدت بین LFT و EFT شناور کل است که به صورت فرمول زیر نوشته می شود:

$$\begin{aligned} TF &= LFT - (EST + \text{مدت}) \\ &= LFT - EFT \\ &= \cancel{LST} - EST \quad \checkmark \end{aligned} \quad (۱-۳)$$



برای مثال، فعالیت C در شبکه شکل در نظر گرفته شود:

$$\begin{aligned} TF &= LFT_C - EFT_C \\ &= ۱۸ - ۹ = ۹ \text{ روز} \end{aligned}$$

^۱. Total Float = TF

پس می توان فعالیت C را با ۹ روز تأخیر انجام داد، بدون آن که روی کل مدت پروژه اثر بگذارد. احتمال دارد که استفاده از تمام شناور کل برای یک فعالیت شناور موجود فعالیت های بعدی را کاهش دهد، زیرا در یک مسیر، فعالیت ها در کل شناور شریک می باشند فرض می شود که ۱۶ روز شناور فعالیت F به آن اختصاص یابد، فعالیت بعدی که I هست به همان شروع زود ۱۶، در روز ۳۲ آغاز می شود بنابراین بدون شناور کل خواهد بود. محاسبه شناور کل تمام فعالیت های شبکه شکل ۳-۱۴ در جدول ۳-۲ ارائه شده اند.

شناور آزاد یا شناور فردی^۱: شناور آزاد یک فعالیت، مدت زمانی است که یک فعالیت می تواند با تأخیر انجام شود، بدون آنکه زمان شروع زود فعالیت بعدی را تحت تأثیر قرار دهد. به عبارت دیگر، نباید شناور موجود فعالیت بعدی را کاهش یابد.

ج فعالیت های بعدی i هستند:

$$FF_{(i)} = [EST_{(j)} - EFT_{(i)}] \quad (۲-۳)$$

برای مثال، فعالیت G در شبکه شکل در نظر گرفته می شود.

$$FF_{(G)} = [EST_{(I)} - EFT_{(G)}] \\ = ۱۶ - ۱۴ = ۲ \text{ روز}$$

برای انجام محاسبات، ابتدا از شبکه، فعالیت بعدی را مشخص کنید که در این مثال فعالیت I است. پس از جدول زمان ها، EST فعالیت بعدی (I) و EFT فعالیت مورد نظر (G) را تعیین و در فرمول جایگزین کنید. شناور آزاد شبکه شکل ۳-۱۴ در جدول ۳-۲ ارائه شده اند.

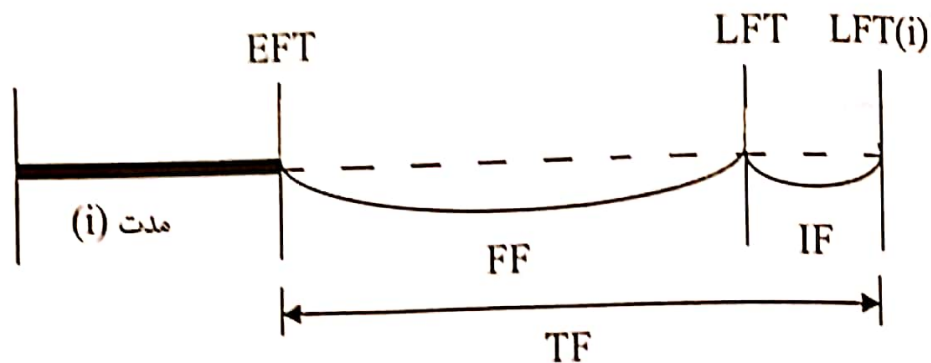
^۱. Free Float = FF

شناور تداخل کردن: مقداری از شناور کل است که اگر استفاده شود، با فعالیت بعدی تداخل می کند.

(۳-۳)

$$IF_{(i)} = TF_{(i)} - FF_{(i)}$$

Interference

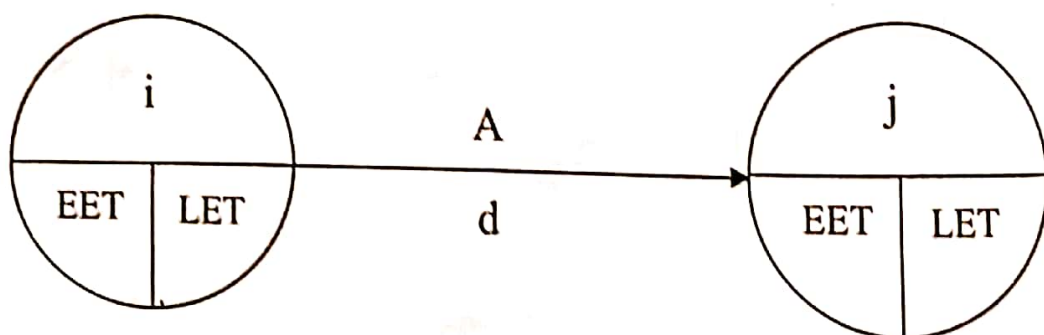


برای مثال فعالیت G در نظر گرفته می شود:

$$IF_{(G)} = TF_{(G)} - FF_{(G)}$$

$$= 18 - 2 = 16 \text{ روز}$$

مفهوم ۱۶ روز این است که اگر هر یک از روز ها از ۱۶ روز برای G مصرف شود، بر روی شناور فعالیت بعدی که I است، اثر گذار است. همچنین می توان شناور ها را از طریق زمان رویداد محاسبه کرد.



• کل شناور (TF)

$$\begin{aligned} TF &= LST - EST \\ LST &= LET_j - d \\ EST &= EET_i \\ TF &= LET_j - d - EET_i \end{aligned}$$

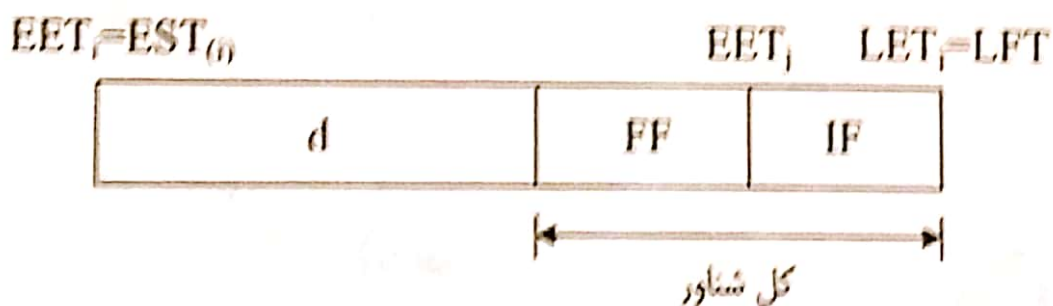
• شناور آزاد (FF)

$$\begin{aligned} FF &= EST_{(n)} - EET_{(n)} \\ &= EST_{(n)} - d - EET_{(n)} \\ EST_{(n)} &= EET_j \\ EST_{(n)} &= EET_i \\ FF &= EET_j - d - EET_i \end{aligned}$$

• شناور تداخلی (IF)

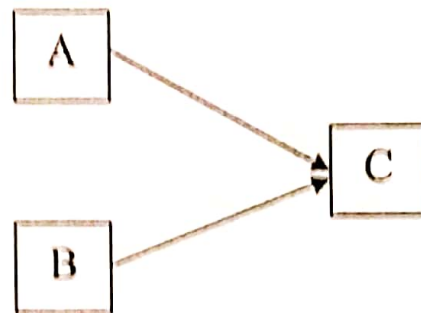
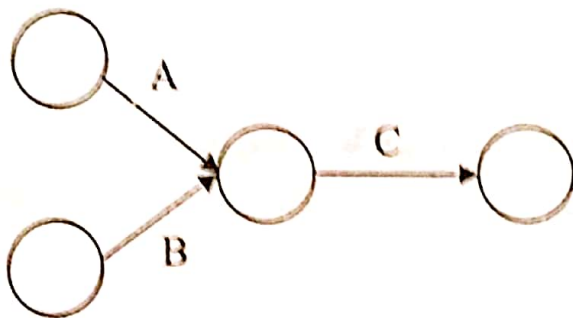
$$\begin{aligned} IF &= TF_{(n)} - FF_{(n)} \\ &= (LET_j - d - EET_i) - (EET_j - d - EET_i) \\ &= LET_j - EET_i \end{aligned}$$

در شکل زیر زمان رویداد ها و شناور ها به صورت گرافیکی نشان داده شده است.

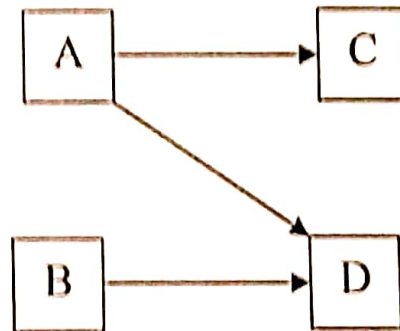
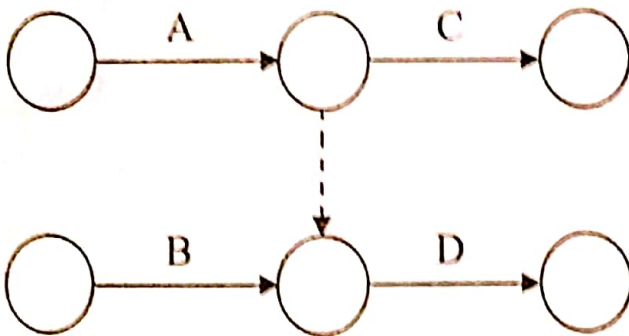




الف) فعالیت B تابع فعالیت A است

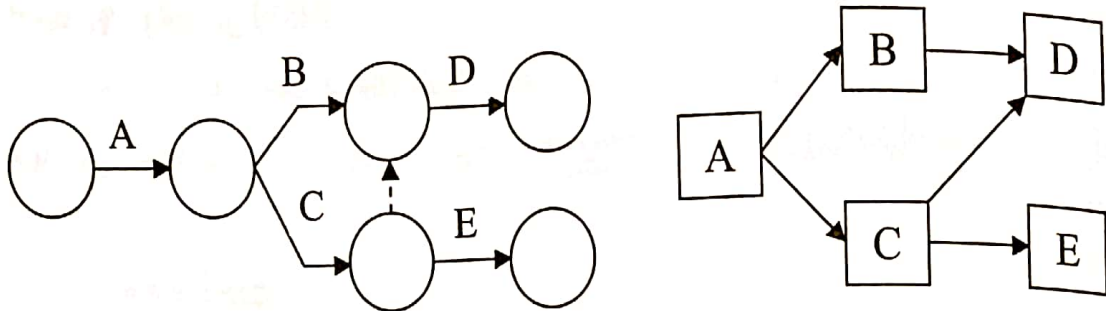


ب) فعالیت C تابع فعالیت های A و B است.



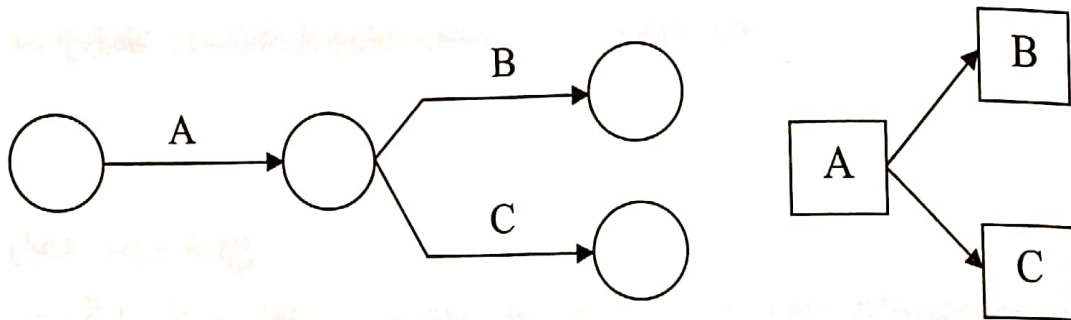
پ) فعالیت C تابع فعالیت A است اما فعالیت D تابع هر دو فعالیت A و B است.

شکل ۳-۱۸: مقایسه روش PDM با روش $I-J$

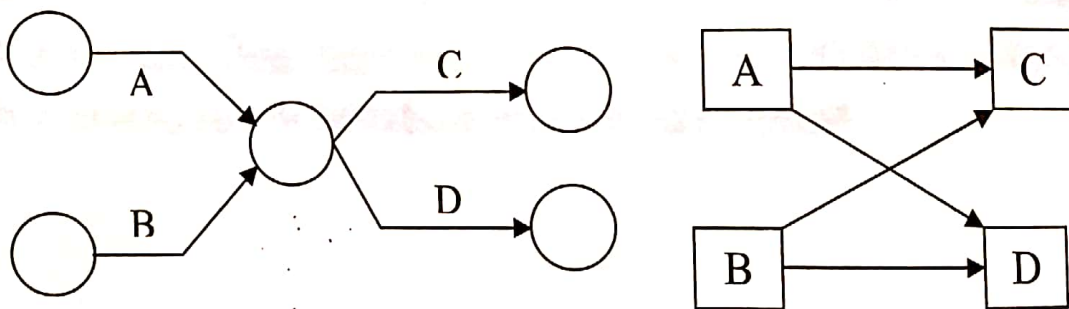


ت) فعالیت D تابع فعالیت های B و C می باشد

اما فعالیت E فقط تابع فعالیت C می باشد.



ث) فعالیت های B و C تابع فعالیت A می باشد.



ج) فعالیت های C و D تابع دو فعالیت A و B می باشد.

ادامه شکل ۳-۱۸: مقایسه روش PDM با روش $I-J$

۳-۵-۲ روابط در PDM

در روش I-J فقط از یک رابطه اتمام به شروع استفاده می شود، اما در روش PDM از چهار نوع ارتباط بهره گرفته می شود. چهار رابطه منطقی PDM به شرح زیر است:

- اتمام به شروع^۱
- شروع به شروع^۲
- اتمام به اتمام^۳
- شروع به اتمام^۴

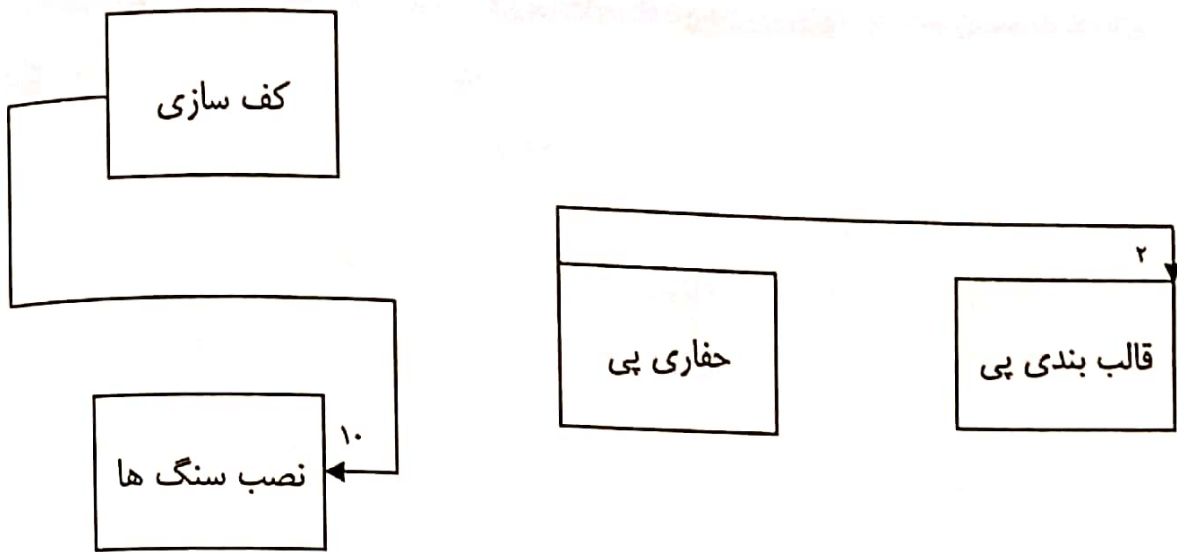
معمولاً چهار رابطه به طور خلاصه FF, SS, FS و SF نوشته می شوند. اگر در نمودار PDM فقط از رابطه FS استفاده گردد، شبکه مشابه روش I-J خواهد بود.

رابطه اتمام به شروع

رابطه FS نشان می دهد که فعالیت بعدی نمی تواند قبل از اتمام فعالیت قبلی آغاز شود و این رابطه را می توان به سه شکل با تأخیر صفر، با تأخیر مثبت و با تأخیر منفی نشان داد.

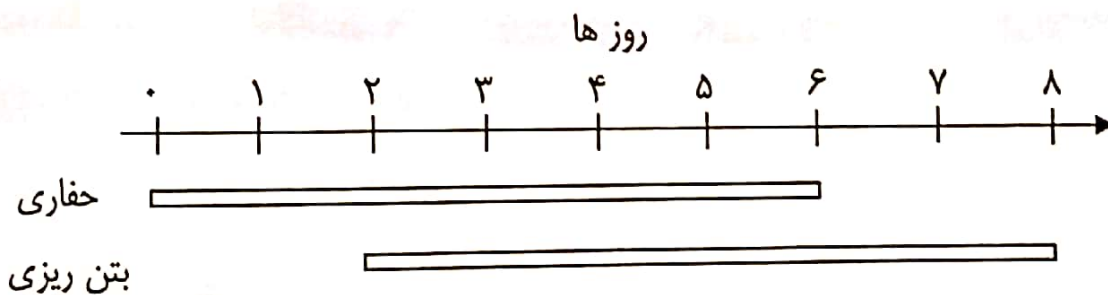
شکل ۳-۱۹، هر سه نوع تأخیر را نشان می دهد. معمولاً تأخیر مثبت در مواردی استفاده می شود که به عمل آوری یا کسب مقاومت مصالح نیاز است. تأخیر منفی در مواردی استفاده می گردد که اجازه داده می شود فعالیت بعدی قبل از اتمام فعالیت قبلی به اتمام برسد.

۱. Finish- to- Start
۲. Start- to- Start
۳. Finish- to- Finish
۴. Start- to- Finish

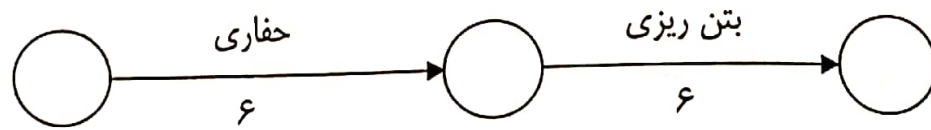


شکل ۳-۲۲: رابطه شروع به اتمام (SF)

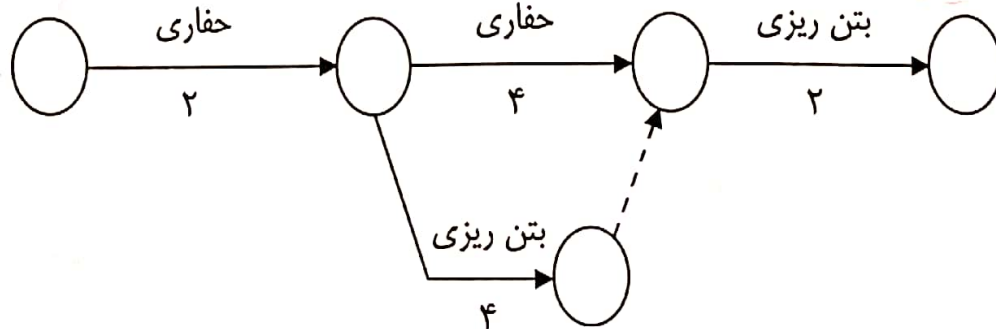
برای آن که قابلیت و انعطاف پذیری روش PDM بهتر مشخص شود، یک مثال ارائه می شود. قرار است که در یک محل حفاری و سپس بتن ریزی شود. حفاری و بتن ریزی هر کدام ۶ روز زمان لازم دارند، اما بتن ریزی پس از ۲ روز حفاری آغاز می شود. نمودار گانت یا میله ای این دو فعالیت به صورت زیر است.



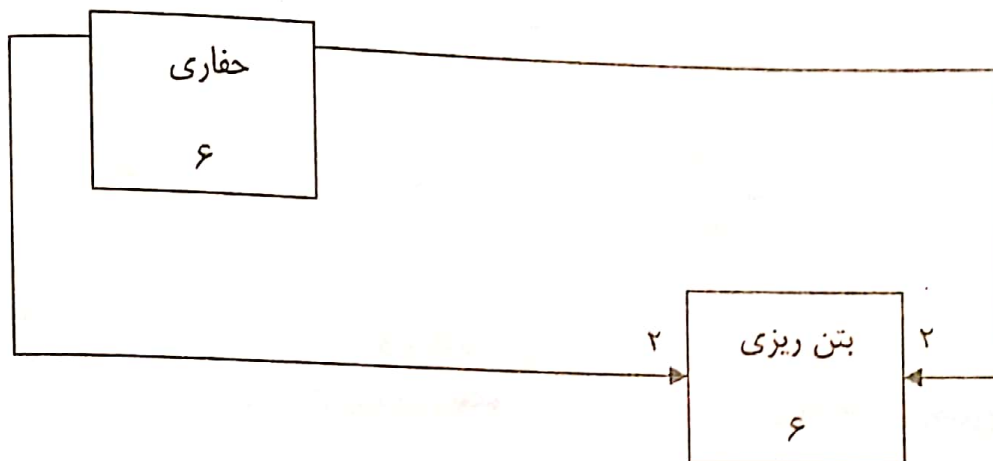
اکنون این دو فعالیت با روش I-J نشان داده می شوند.



اما همانطور که ملاحظه می شود، نمودار فوق نمی تواند واقعیت را منعکس کند. زیرا در نمودار، فعالیت بتن ریزی پس از اتمام حفاری آغاز شده است. در حالی که قرار بود بتن ریزی پس از ۲ روز حفاری آغاز شود. بنابراین مدت پروژه به جای ۸ روز به ۱۲ روز افزایش یافته است. برای آن که این نقص جبران شود، فعالیت های بتن ریزی و حفاری بر اساس مدت شکسته می شوند.



اکنون در نمودار رابطه صحیح نشان داده شده اند، اما نمودار بزرگتر و پیچیده تر شده است. در شکل زیر همین روابط با نمودار PDM نشان داده شده اند. ملاحظه می شود که نمودار گویا تر و درک آن آسان تر شده است.



برای شناخت بهتر از روابط و تأخیر ها در PDM، مثال ساخت یک پی تشریح می شود. فعالیت ها در ساخت این پی به شرح زیر است. ابعاد پی ۱۰۰×۱۰۰ متر است.

مدت (روز)	شرح	فعالیت
۴	حفاری	A
۲	بتن مگر	B
۵	آرماتور بندی و ساخت قفسه آرماتور	C
۱	انتقال آرماتور به محل پی	D
۳	قالب بندی و نصب آرماتور	E
۲	بتن ریزی	F

در شکل ۳-۲۳ شبکه ترسیم شده است. ID و D در گره راهنما، به ترتیب معرف فعالیت و مدت فعالیت است. شناور ها که در گره راهنما با S نشان داده شده است، در بخش بعدی شرح داده شده است.