

معرفی شبکهٔ Precedence Diagram
Method (PDM)
و امکانات آن در مقایسه با روش CPM در
طراحی شبکهٔ فعالیت‌های یک پروژه



در این فصل می‌خوانید:

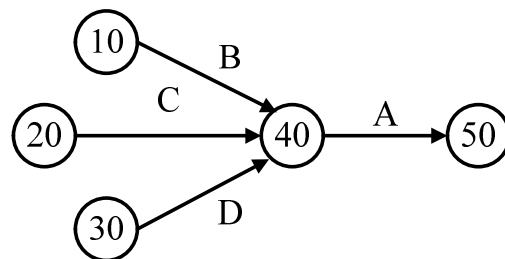
- معرفی شبکه PDM و امکانات آن
- خلاصه‌ای از قوانین انجام محاسبات Forward و Backward روی شبکه‌های CPM



معرفی شبکه PDM (Precedence Diagram Methode) و امکانات آن در مقایسه

با روش CPM در طراحی شبکه فعالیت‌های یک پروژه

اشکال اساسی که در شبکه‌های (Critical Path Method) CPM وجود دارد، در هنگام اجرای فعالیت‌های پروژه‌هاست. بدین معنی که در روش CPM، هر فعالیت وقتی می‌تواند شروع شود که تمام فعالیت‌های قبل از آن خاتمه یافته باشند. حال اگر درصدی از زمان انجام بعضی از فعالیت‌های قبلی در یک شبکه CPM انجام نشده باشد، نمی‌توانیم فعالیت یا فعالیت‌های بعد از آنها را شروع کنیم.



برای مثال در شکل فوق، فعالیت A وقتی می‌تواند شروع شود که اجرای فعالیت‌های B و C و D در آن کاملاً به اتمام رسیده باشند.

همان‌گونه که در شکل فوق مشاهده می‌شود، در زمان اجرای پروژه، که شبکه فعالیت‌های آن به روش CPM طراحی شده باشند، با مشکلات عدیده‌ای مواجه خواهیم شد.

لذا در ذیل به ذکر بعضی از موارد مهم از اشکالات موجود در روش CPM می‌پردازیم و در مقابل، امکانات و مزایایی که در روش PDM در مقایسه با روش CPM وجود دارد، مورد بررسی قرار خواهیم داد.

* مشکل فوق‌الذکر بیشتر در زمان Updating و اجرای شبکه‌های CPM پروژه می‌تواند رخ بدهد. بدین معنی که باید برای رفع چنین مشکلی ساختار طراحی شبکه CPM پروژه را براساس واقعیت‌های رخ داده تغییر دهیم، و چون این روند عملکرد فعالیت‌ها در زمان اجرا و سپس در زمان Updating شبکه CPM پروژه، بر روی تعداد قابل توجهی از فعالیت‌ها در حال انجام رخ می‌دهند، لذا در هر مرحله از Updating شبکه CPM پروژه، ضرورت پیدا می‌کند که شبکه CPM پروژه، برای فعالیت‌های ناتمام و فعالیت‌های شروع شده بعد از آنها، و همچنین فعالیت‌های شروع نشده، مورد بازنگری (Revise) اساسی قرار گیرد و در بیشتر



اوقات، حجم این بازنگری بر روی شبکه CPM پروژه به اندازه‌ای زیاد است که لازم می‌آید گروه طراحی، شبکه CPM پروژه را براساس رخدادهای به وقوع پیوسته مجدداً طراحی کنند.

* برای رفع چنین مشکل اساسی در شبکه‌های CPM پروژه‌ها، Revision جدید از روش CPM، به نام PDM (Precedence Diagram Methode) در اوایل دهه ۱۹۷۰ تدوین گردید، لذا این روش جایگزین روش قبلی شد.

* البته در روش CPM مشکلات دیگری علاوه بر مشکل اساسی فوق‌الذکر نیز وجود داشت، که از جمله آنها در زمان طراحی شبکه فعالیتها بود، که گروه طراحی نمی‌توانست با دست باز، نسبت به آن امکاناتی که در طراحی شبکه‌ها به روش PDM وجود دارد و ذیلاً به اختصار توضیح داده می‌شوند، عملیات طراحی شبکه فعالیتها پروژه را به روش CPM انجام دهد.

* همچنین در زمان طراحی شبکه فعالیتها یک پروژه به روش PDM، رخداد فعالیتها پروژه و کنار هم قرارگرفتن آنها، خیلی به واقعیت نزدیک‌تر است، نسبت به طراحی در روش CPM. و این نکته بسیار مهمی در سیستم برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌ها است. چه در زمان طراحی شبکه فعالیتها و چه در زمان Updating فعالیتها شبکه که فوقاً به آن اشاره شد.

* نکته قابل توجه دیگر اینکه، در طراحی شبکه فعالیتها یک پروژه به روش PDM، از Relationهای کمتری بین فعالیتها پروژه، نسبت به روش CPM، استفاده می‌شود. این امکان مهم در طراحی شبکه‌هایی با فعالیتها حجیم از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، که گروههای طراحی شبکه به روش CPM در چنین مواقعی با زحمات و گرفتاریهای فراوان، چه در زمان طراحی اولیه و چه در زمان Updatign (آن هم با توجه به توضیحاتی که فوقاً در رابطه با مشکلات Updating در روش CPM داده شد) مواجه بودند، که خوشبختانه با ایجاد روش نوین PDM به‌جای روش CPM، این مشکل تا حدود زیادی مرتفع شد.

* ضمناً باید توجه داشت که در شبکه‌های PDM هیچ‌گونه فعالیت Dummy بین فعالیتها تعریف نمی‌شود و این یکی از مزایای مهم در این روش از طراحی شبکه هست، در حالی که در شبکه‌های CPM، عموماً از فعالیتها Dummy برحسب ضرورت، برای برقراری ارتباط منطقی بین بعضی از فعالیتها استفاده می‌شود.

* یکی دیگر از مزایای روش PDM، نسبت به روش CPM، وجود امکانات گسترده در Modulating در زمان طراحی شبکه فعالیتها یک پروژه است. هرچند که این امکان، به‌صورت ضعیف‌تر و محدودتر در روش CPM وجود دارد.

* منظور از Modular نمودن یک شبکه، در واقع کلاس‌بندی نمودن (Classification) فعالیتها شبکه یک پروژه است. یک نوع از این کلاس‌بندیها که بیشتر مورد استفاده در سیستمهای کنترل پروژه قرار

می‌گیرد، روش درختی (Tree) است. نوع دیگر آن که کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش ماتریسی (Matrix) است. هدف از این نوع طبقه‌بندی‌ها در شبکه‌های فعالیتهای یک پروژه، در واقع سازماندهی (Organization) شبکه آن پروژه است که از جمله این نوع سازماندهی‌ها می‌توان به روشهای: WBS, OBS, RBS و CBS اشاره نمود.

* باید توجه داشت که ما از خصوصیت Modular نمودن شبکه‌های فعالیتهای یک پروژه، بیشترین استفاده را در زمان سازماندهی (Organization) شبکه‌های فعالیتهای پروژه، چه به روش WBS و چه به روشهای دیگر، بخصوص (Organization Breakdown Structure) OBS یا همان (Responsibility Breakdown Structure) RBS و نیز (Cost Breakdown Structure) CBS، و همچنین (Resource Breakdown Structure) RBS می‌نماییم.

* بدیهی است که با وجود سازماندهی نمودن شبکه‌های فعالیتهای یک پروژه، امکانات فراوانی در تهیه گزارشهای مدیریتی و کارشناسی براساس نیاز مدیریت ارشد پروژه را خواهیم داشت و این امکانات در روش PDM به‌طور وسیع و فراوان در دسترس گروه طراح شبکه‌های فعالیتهای وجود دارد. در حالی که سابق بر این، چنین امکانات گسترده‌ای در روش CPM وجود نداشت، و از این جهت گروه کنترل پروژه، ناتوان از پاسخگویی به درخواستهای متنوع در تهیه گزارشات کنترل پروژه، برای مدیریت ارشد پروژه بود.

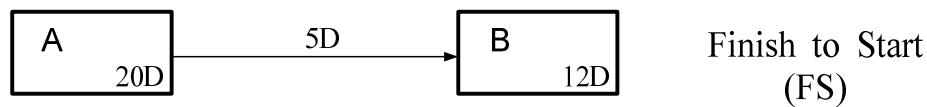
* در رابطه با روش PDM ممکن است این تصور پیش بیاید که روش محاسبات ریاضی رفت و برگشت (Forward and Backwad Path) روش شبکه PDM، به‌منظور تعیین زودترین و دیرترین تاریخهای شروع و خاتمه هر یک از فعالیتهای پروژه، و تاریخ پایان پروژه و نیز تعیین مسیر یا مسیرهای بحرانی، به چه صورت است؟ که در این رابطه باید گفت که روش محاسبات ریاضی رفت و برگشت روی شبکه‌های PDM، عیناً مانند روش CPM است، منتها با اندکی محاسبات و فرمولهای اضافه‌تر، که نسبت به فرمولهای روش CPM نیز کمی پیچیده‌تر است، که آن هم در رابطه با وجود Relation‌های زمانبر (Lags) برای چهار حالت مختلف بین فعالیتهای پروژه است، که این Relation‌ها، هم می‌توانند زمانهای مثبت داشته باشند و هم می‌توانند زمانهای منفی را قبول کنند. به عبارتی خلاصه‌تر می‌توان گفت که این Lag‌ها در اینجا می‌توانند هم اعداد مثبت و هم اعداد منفی و در بعضی از سیستمهای کامپیوتری کنترل پروژه، این Lag‌ها می‌توانند به‌صورت رقمهای درصدی تعریف شوند.

* نکته آخر اینکه از اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ تاکنون، طراحان نرم‌افزارهای کامپیوتری کنترل پروژه (چه روی Platform‌های PC و چه روی Platform‌های Main Frame)، بیشتر روش PDM را در طراحی شبکه‌های فعالیتهای پروژه‌ها، در تدوین Package‌های کنترل پروژه به‌کار برده‌اند و دلیل این امر هم با توجه به توضیحات مختصری که در فوق آمد، واضح است.

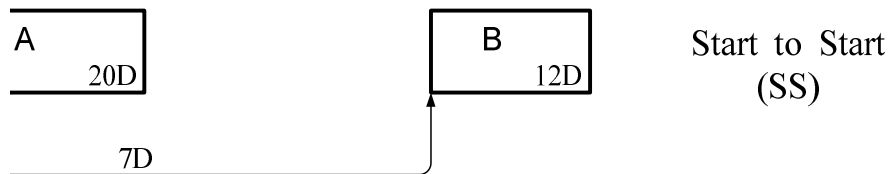
* حال در ذیل، به توضیحات مختصری در رابطه با معرفی روش PDM می‌پردازیم. بدین معنی که



رابطه بین دو فعالیت در این روش به چه صورتهایی می تواند باشد. البته توضیحات ذیل را باید در مقایسه با روش CPM، که در آن رابطه بین دو فعالیت (همان طوری که در قبل از این گفتیم) فقط یک حالت Finish to Start، آن هم فقط با تأخیر (Lag) صفر را شامل می شود، در نظر گرفته شوند. * در روش PDM همان گونه که قبل از این توضیح دادیم، می توانیم شبکه را با کمترین Relation، به گونه ای طراحی کنیم، که اگر فعالیت های B و C و D (که در شکل قبلی آمده بود) به طور کامل انجام یافته باشند، طوری فعالیت A را شروع کنیم، و این مورد در زمان اجرای پروژه بسیار اتفاق می افتد.

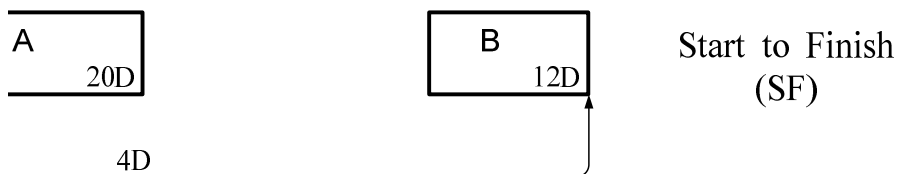


* در شکل فوق، فعالیت B می تواند پنج روز بعد از اتمام فعالیت A شروع شود.

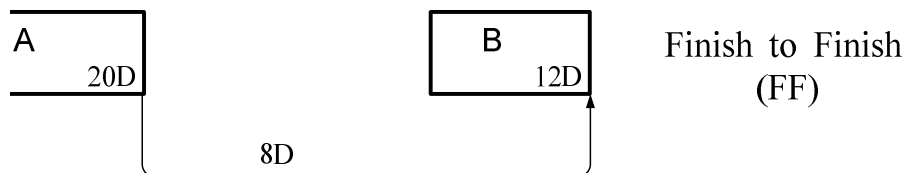


در شکل فوق، فعالیت B را زمانی شروع می کنیم که هفت روز از شروع فعالیت A گذشته باشد (در حالی که فعالیت A هنوز خاتمه نیافته است)

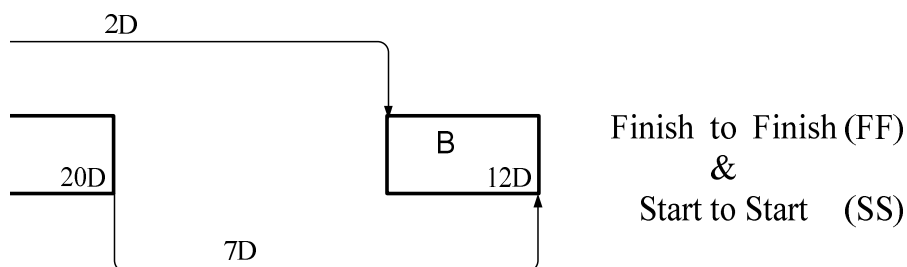
در شکل فوق، فعالیت B وقتی خاتمه می یابد که چهار روز از زمان شروع فعالیت A گذشته باشد، در حالی که فعالیت A هنوز خاتمه نیافته است.



در شکل فوق، فعالیت B وقتی خاتمه می یابد که هشت روز از زمان خاتمه فعالیت A گذشته باشد.



همان طوری که ملاحظه می شود چهار حالت فوق الذکر را در طراحی شبکه های PDM می توانیم مورد استفاده قرار دهیم، در حالی که در شبکه های CPM فقط یک حالت Finish-To-Start را آن هم با $Lag = 0$ که بین دو فعالیت وجود دارد در طراحی به کار بریم. برای همین منظور است که می گوییم در طراحی شبکه فعالیت های یک پروژه به روش PDM، با توجه به واقعیت های اجرایی که در عمل وجود دارند، گروه طراحی شبکه از امکانات و قدرت مانور گسترده ای، نسبت به روش CPM، برخوردار هست. همچنین در روابط بین دو فعالیت، یک حالت Compositional نیز در شبکه PDM وجود دارد، که به صورت ذیل است:



در شکل فوق، فعالیت B را دو روز بعد از زمان شروع فعالیت A می توانیم شروع کنیم، در حالی که همین فعالیت B را پنج روز بعد از زمان خاتمه فعالیت A، می توانیم خاتمه دهیم. باید توجه داشت که در طراحی شبکه فعالیت های یک پروژه PDM، ممکن است از تمام یا بعضی و یا ترکیبی از پنج نوع Relation فوق الذکر، که بین دو فعالیت می تواند وجود داشته باشد، استفاده کنیم. حال با توجه به توضیحات بسیار ساده و مختصر فوق، در مورد امکانات موجود در طراحی شبکه پروژه ها به روش PDM، درمی یابیم که در زمان اجرای یک پروژه، از میزان قدرت مانور بالایی در برنامه ریزی پروژه (برحسب تغییرات مکرری که در بیشتر پروژه ها عموماً در زمان اجرا به وجود می آید) برخورداریم.

در حالی که این قدرت مانور، در برنامه ریزی پروژه به روش CPM، یا اصلاً وجود ندارد و یا اگر هم وجود دارد، به سختی امکان پذیر است.

این قدرت مانور، هم زمان طراحی Plan اولیه پروژه، و هم در زمان Updating های مکرر پروژه، که شبکه آن قبلاً به روش PDM طراحی شده باشد، به خوبی و آشکارا وجود دارد.

آنچه بدیهی می نماید، این است که برتری امکانات فوق الذکر، در طراحی شبکه فعالیت های یک پروژه به روش PDM، در مقایسه با روش CPM، برای آنهایی که در عمل از سیستم برنامه ریزی و کنترل پروژه (چه به روش محاسبات دستی و چه با استفاده از Package های کامپیوتری برای انجام محاسبات) استفاده می کنند، بسیار قابل توجه و ملموس است.



خلاصه‌ای از قوانین انجام محاسبات Forward و Backward روی شبکه‌های CPM

منظور از محاسبه شبکه CPM چهار موضوع ذیل است:

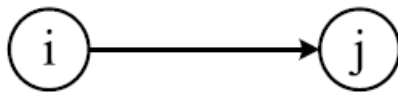
- ۱- مدت زمان اجرای پروژه چقدر است.
 - ۲- فعالیت‌های تعیین کننده زمان اتمام پروژه کدامند و به عبارتی مشخص می‌سازیم که مسیر یا مسیرهای بحرانی و نیز فعالیت‌های بحرانی کدامند.
 - ۳- آزادی زمان در شروع یا اتمام فعالیت‌های غیر بحرانی چقدر است. به عبارتی اولویت زمانی اجرای فعالیت‌های غیر بحرانی را با تعیین Float‌های آنها مشخص می‌کنیم.
 - ۴- زودترین و دیرترین زمان شروع و خاتمه هر فعالیت چه تاریخ‌هایی است. به عبارتی جدول زمان شروع و خاتمه هر فعالیت را تعیین می‌کنیم.
- بنابراین لحظه شروع پروژه را خاتمه روز صفر و یا به عبارت دیگر شروع روز اول مشخص می‌کنیم. همچنین برای تعیین زمان اتمام پروژه، می‌بایستی زمان‌های مربوط به پیدایش Node‌ها و نیز زمان انجام فعالیت‌ها را در نظر بگیریم.

قوانین موجود در محاسبه شبکه CPM

الف) قوانین مسیر پیش رو یا Forward Path

قانون اول

تعریف: زودترین زمان پیدایش یک Node یعنی EE (Earliest Event Time)، همان زودترین زمان شروع ES (Earliest Start Time)، فعالیت‌های منشعب از آن Node می‌باشد یعنی $EE_i = ES_{i,j}$.



قانون دوم

EF (Earliest Finish Time) زودترین زمان اتمام یک فعالیت برابر است با: مجموع زودترین زمان شروع فعالیت و زمان لازم جهت اجرای آن فعالیت یعنی:

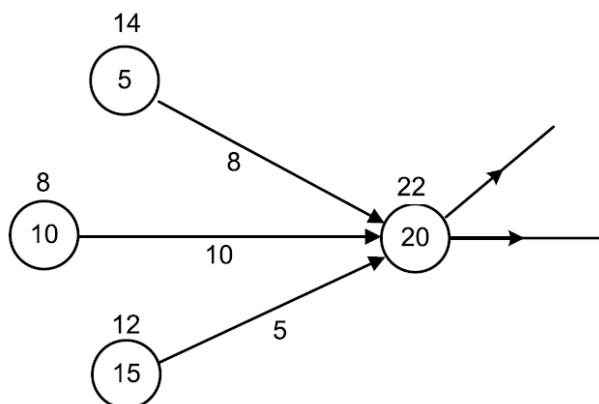
$$EF_{i,j} = ES_{i,j} + Dur_{i,j} = EE_i + Dur_{i,j}$$

قانون سوم

زودترین زمان پیدایش یک Node عبارت است از زودترین زمانی که همه فعالیت‌های منتهی شده به آن Node به اتمام برسند. یعنی:



معرفی شبکه PDM (Precedence Diagram Methode) و امکانات آن در مقایسه با...



$$EF_{i-j} = EE_i + DUR_{i-j}$$

$$EF_{5-20} = 14 + 8 = 22$$

$$EF_{10-20} = 8 + 10 = 18$$

$$EF_{15-20} = 12 + 5 = 17$$

$$EE_{20} = \text{Max} \{EF_{5-20}, EF_{10-20}, EF_{15-20}\} = 22$$

حال با توجه به اینکه زودترین زمان شروع اولیه Node شبکه را روز صفر مشخص نموده‌ایم، بنابراین می‌توان زودترین زمان‌های شروع و خاتمه فعالیت‌های بعدی و از روی آنها زمان پیدایش Node‌های شبکه CPM را تا آخرین Node آن تعیین نمود. یعنی زمان‌های: EE_i , ES_{i-j} , EF_{i-j} را برای تمام Node‌های شبکه تا این مرحله تعیین نمود.

با ادامه این عمل که به نام مسیر پیشرو یا Forward Path خوانده می‌شود، می‌توان زودترین زمان پیدایش آخرین Node شبکه و به عبارت دیگر زودترین زمان اتمام پروژه را مشخص نمود.

فقط فعالیت‌های بحرانی هستند که کنترل کننده زمان اجرای کل پروژه هستند.

در مورد سایر فعالیت‌های غیر بحرانی، آزادی عمل در زمان اجرای آنها وجود دارد. یکی از انواع این آزادی عمل، آزادی عمل آزاد یا همان Free Float هست.

FF مقدار زمانی است که زمان اجرای فعالیت مربوطه می‌تواند طولانی‌تر و یا اینکه به اندازه FF آن دیرتر از زودترین زمان شروع خود شروع شود، بدون اینکه در زودترین زمان به وجود آمدن Node بعدی فعالیت و به‌طور کلی هیچ یک از Node‌های شبکه تغییری دهد.

قانون چهارم

جهت محاسبه FF بایستی زودترین زمان اتمام فعالیت را از زودترین زمان پیدایش Node انتهایی آن فعالیت کاست. یعنی:

$$F.F_{i-j} = EE_j - EF_{i-j} = EE_j - (ES_{i-j} + DUR_{i-j})$$

از قبل داشتیم که: $EE_i = ES_{i-j}$

بنابراین: $EF_{i-j} = EE_i + DUR_{i-j}$

نکته ۱: اگر FF یک فعالیت غیر صفر باشد، آن فعالیت غیر بحرانی است.



نکته ۲: اگر FF یک فعالیت صفر باشد، آن فعالیت می‌تواند بحرانی باشد یا نباشد.

(ب) قوانین مسیر پسرو یا Backward Path

جهت تعیین مستقیم فعالیت‌های بحرانی، مسیر بحرانی و نیز اطلاعات بیشتری درباره فاکتور آزادی در زمان اجرای فعالیت‌ها بایستی با توجه به قوانین ذیل دیرترین زمان‌های مربوط به Nodeها و فعالیت‌های شبکه CPM را در نظر گرفت.

قانون اول

تعریف: دیرترین زمان پیدایش یک Node یعنی LE (Latest Event Time) دیرترین زمانی است که همه فعالیت‌های منتهی شده به آن Node می‌توانند تمام بشوند، بدون اینکه در طول زمان اجرای پروژه که از راه مسیر پیشرو حساب شده تغییری حاصل شود.

تعریف فوق مشخص می‌کند که دیرترین زمان پیدایش آخرین Node شبکه بایستی حتماً مساوی زودترین زمان پیدایش آن باشد. به عبارت دیگر درباره آخرین Node شبکه همیشه رابطه $EE=LE$ برقرار است.

قانون دوم

همچنین از تعریف بالا می‌توان دریافت که دیرترین زمان اتمام یک فعالیت یعنی LF برابر دیرترین زمان پیدایش Node انتهایی آن است. یعنی $LF_{i-j} = LE_j$ و بنابراین دیرترین زمان شروع این فعالیت یعنی LS از تفاضل دیرترین زمان اتمام و مدت زمان اجرای آن فعالیت به دست می‌آید. که در آن صورت فرمول آن به این صورت خواهد بود:

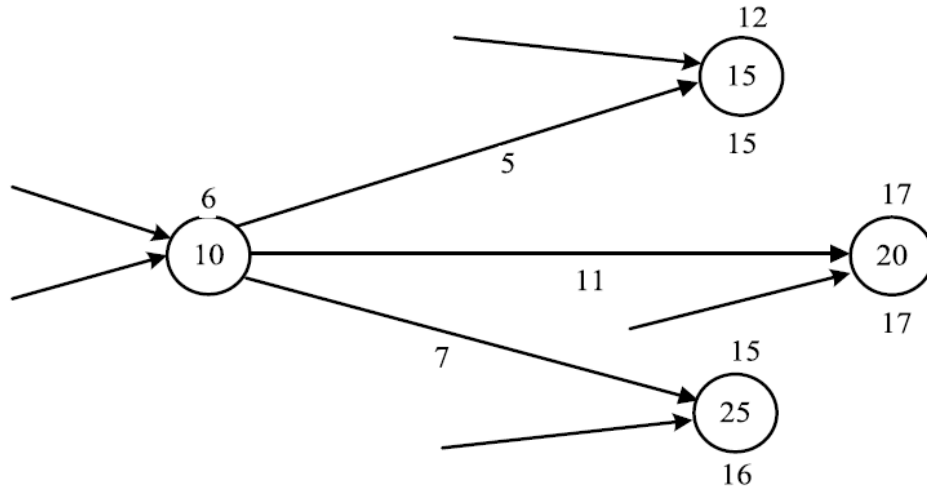
$$LS_{i-j} = LF_{i-j} - DUR_{i-j} = LE_j - DUR_{i-j}$$

قانون سوم

به طور کلی می‌توان گفت که دیرترین زمان به وجود آمدن یک Node عبارت است از کوچکترین عدد مربوط به دیرترین زمان‌های شروع فعالیت‌های منشعب از آن.



معرفی شبکه PDM (Precedence Diagram Methode) و امکانات آن در مقایسه با...



بنابراین با توجه به تعریف دو قانون دوم و سوم فوق‌الذکر محاسبات برای شکل فوق به صورت ذیل خواهد آمد:

$$LS_{10-15} = LE_{15} - DUR_{10-15} = 15 - 5 = 10$$

$$LS_{10-20} = LE_{20} - DUR_{10-20} = 11 - 7 = 6$$

$$LS_{10-25} = LE_{25} - DUR_{10-25} = 16 - 7 = 9$$

$$LE_{10} = \text{Min} \{LS_{10-15}, LS_{10-20}, LS_{10-25}\} = 6$$

بنابراین با توجه به روش به‌دست آوردن دیرترین زمان شروع فعالیت‌ها و نیز مشخص بودن دیرترین زمان پیدایش آخرین Node شبکه می‌توان زمان‌های LE_i , LS_{i-j} و LF_{i-j} را برای همه Node‌های شبکه از انتها به‌طرف اولین Node شبکه محاسبه نمود که حاصل این عمل را انجام محاسبات مسیر پسر و یا همان Backward Path روی شبکه CPM می‌خوانند.

قانون چهارم

تفاوت دیرترین و زودترین زمان پیدایش یک Node را آزادی عمل در ایجاد Node مربوطه یا Slack می‌نامند. همچنین ثابت می‌شود که فرمول ذیل برای همه Node‌ها همیشه برقرار است:

$$\text{Event slack (j)} = LE_j - EE_j = TFi-j - FFi-j$$

بنابراین با توجه به قوانین مطروحه در دو مسیر پیشرو و پسر، زودترین و دیرترین زمان شروع و