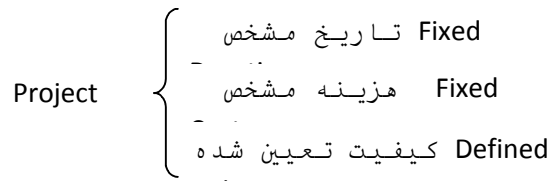


## تعریف پروژه :

جموعه ای از فعالیت ها که جهت دستیابی به منظور یا هدف خاصی صورت پذیرد. پروژه ها شامل فعالیت هایی هستند که در تاریخ های معین و با هزینه مشخص و با کیفیتی از پیش تعریف شده اجراء می شود.



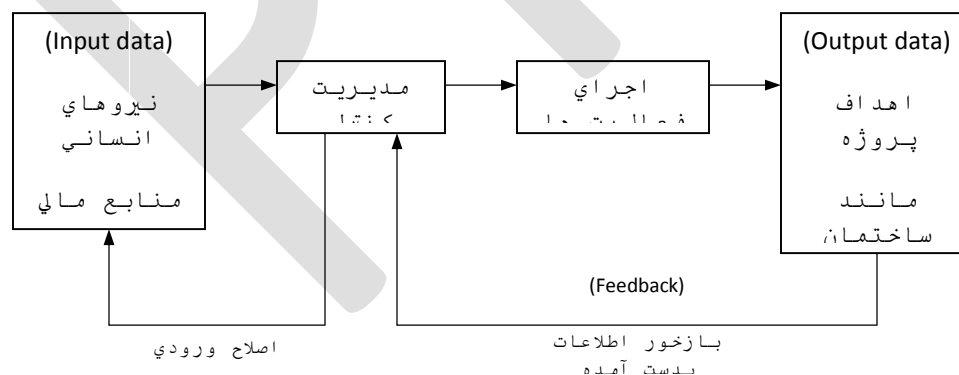
پروژه ها ممکن است شامل فعالیت هایی شوند که می بایست در بازه زمانی مشخصی صورت پذیرند. مانند تعمیرات اساسی واحد های پالایشگاهی و... . و بعضاً ممکن است یک بار توسط سازمان صورت پذیرد. مانند پروژه های عمرانی و ساختمانی و... .

## سازمان یک پروژه :

جهت دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده پروژه ، می بایست ، سازمان منطبق بر نیازهای پروژه تعریف گردد. این سازمان دارای منابع و امکانات لازم جهت اجرای پروژه می باشد. ( این منابع و امکانات به صورت ورودی به سازمان تزریق می گردد. )

سیاست ها و روش ها و برنامه های اجرای کار از جمله دیگر ورودی های سازمان تلقی می گردد. در نظر داشته باشید که امور مدیریت و کنترل نیز جهت تعیین و بررسی حسن اجرای داده های ورودی در سازمان تعریف می گردد. طبعاً خروجی سازمان یک پروژه ، اهداف از پیش تعیین شده جهت پروژه می باشد.

مراحل مختلف اجرای یک پروژه در غالب نمودار زیر می تواند بررسی شود :



در نظر داشته باشید ، جهت کنترل نحوه پیشرفت پروژه ، تعریف یک سیستم بازخور (feedback) مناسب می بایست در دستور کار قرار گیرد و ایجاد چنان سیستمی ضروری به نظر می رسد. در واقع با تشکیل سیستم این چنین مدیریت پروژه امکان تجزیه و تحلیل اطلاعات ، پیشرفت کارها و نحوه استفاده از منابع و امکانات و... را در اختیار داشته و نسبت به ایجاد تغییرات ، تصحیح و یا به سازی فرآیندها اقدام می شود.

## دوره های زمانی یک پروژه :

تقسیم بندی زمانی یک پروژه عموماً بستگی به نوع و طبیعت پروژه هایی که برنامه ریزی می شود دارد. به طور عام در یک پروژه ، چهار مرحله یا فاز مختلف قابل تعریف می باشد :

- ۱- فاز نظری
- ۲- فاز طراحی (فاز برنامه ریزی)
- ۳- فاز اجراء
- ۴- فاز پایانی ( نهایی)

**۱- فاز نظری :** در این بخش که به عنوان نقطه ی آغازی یک پروژه قلمداد می گردد، شامل خواسته یا هدف یک مجموعه یا سازمان می باشد. ممکن است پروژه در غالب یک نظریه به یک مجموعه ی سرمایه گذاری نیز ارائه گردد. به طور کلی این نظرات قبل از برنامه ریزی جهت اجراء می بایست از نظر امکان پذیری و اقتصادی بودن مورد مطالعه قرار گیرد. (FS) (Feasibility Study) در نظر داشته باشید فعالیت های اولیه طراحی در غالب جزئیات اجرائی پروژه قلمداد نمی گردد.

**۲- فاز طراحی (برنامه ریزی) :** در این مرحله امور مربوط به پروژه از نظر سازمان و تشکیلات با مرحله اول تشابه زیادی دارد ولیکن در این فاز به جزئیات پروژه و زیر فعالیت ها توجه خاصی می گردد. به این شکل که اطلاعات ما بین بخش های مختلف در حال رفت و آمد بوده و سعی می شود بر حسب گردش اطلاعات و نظرات اخذ گردیده ، پروژه در غالب جامع تری برنامه ریزی گردد. مراحل لازم جهت اجرای یک پروژه معمولاً شامل موارد زیر می باشد :

- ۱) بررسی گزارشات فاز یک
- ۲) تهیه نقشه های اولیه
- ۳) دریافت تاییدیه کارفرما
- ۴) تهیه نقشه های Detail
- ۵) انجام برنامه های لازم
- ۶) انجام سیاست های لازم در برگزاري پیمان
- ۷) اخذ تاییدیه کارفرما
- ۸) برنامه ریزی پروژه
- ۹) برگزاري مناقصه
- ۱۰) تهیه نقشه های اجرایی

**۳- فاز اجرائی :** پی از انجام فاز دوم پروژه تقریباً تمام فعالیت هایی که در عمل می بایست صورت پذیرد و مشخص شده و دیگر نیاز به تکرار آن ها نمی باشد، تمامی دستورالعمل های تعیین شده (Execution Plan) در این مرحله تایید و هدف تعیین و انطباق پیشرفت های حاصل شده نسبت به برنامه تعریف شده ، تعیین و دستیابی به کیفیت از پیش تعیین شده و... می باشد. در این فاز طبقاً سازمان پروژه انبساط بیشتری یافته و از نیروهای اجرائی بیشتری بهره مند می گردد و با توجه به ساخت و بازخور از پیش تعیین شده ، مدیریت اجرائی پروژه نیز اصلاح و یا به سازی فعالیت ها اقدام می نماید.

**۴- فاز پایانی :** در این مرحله که به عنوان یک زیر پروژه نیز می تواند اطلاق شود تمامی فعالیت ها طوری برنامه ریزی می گردد که بتوان پروژه را تحویل کارفرما نمود. بدیهی است که این مطلب تماماً به فعالیت های صورت گرفته در مرحله اجرائی بستگی دارد.

#### وظایف مدیر پروژه :

فعالیت اصلی مدیر پروژه عبارتند از ایجاد هماهنگی لازم در اجرای فعالیت ها برای کاربرد مناسب منابع و امکانات جهت دستیابی به هدف نهایی پروژه. در این مقطع ایجاد هماهنگی ما بین ورودی ها و محدودیت های موجود از قبیل منابع انسانی ، منابع مالی و محدودیت های زمانی و... بسیار حائز اهمیت می باشد.

### معرفی روش های موجود در برنامه ریزی :

از جمله ابتدایی ترین روش های برنامه ریزی می توان موارد زیر را نام برد :

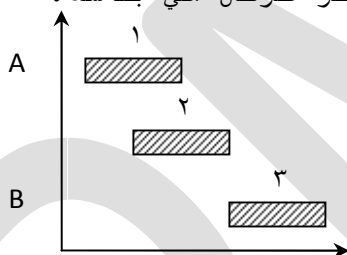
(۱) نمودار گانت (Gantt Chart)

(۲) روش مسیر بحرانی (CPM) (Critical Path Method)

(۳) روش ارزیابی و بازنگری پروژه ها (PERT) (Project Evaluation & Review Technique)

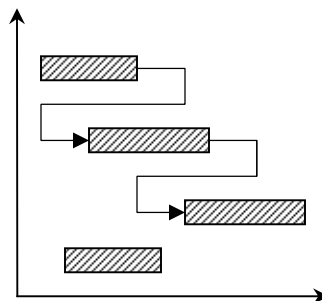
(۴) روش های گرافیکی ارزیابی و بازنگری پروژه ها (GERT) (Graphical Evaluation & Review Technique)

۱- نمودار گانت (Gantt Chart) : ابتدایی ترین نمودارهای در دسترس و تهیه شده توسط محققین جهت برنامه ریزی فعالیت های یک پروژه می باشد. نمودار گانت توسط هنری گانت و فردریک تیلور ایجاد گردید. نمودارهای فوق به صورت نمودارهای میله ای افقی تقسیم می گردد که هر یک از میله ها بیانگر یک فعالیت و مدت زمان هر یک از فعالیت ها می باشد. در نظر داشته باشید که در این نمودارها روابط تقدم و تأخر (پیش نیاز و پس نیاز) نیز قابل در نظر گرفتن می باشد.



از اشکالات عمده نمودارهای گانت عدم تفکیک صحیح و قابل دسترسی سریع در مورد زمان های انجام فعالیت ها و تقدم و تأخر فعالیت ها می باشد. از دیگر موارد ضعف این نمودارها این مطلب است که در صورتی که یک یا چند تا از فعالیت های پروژه با تأخیر انجام شود، به طور دقیق تأثیر این تأخیر در کل پروژه قابل درک نمی باشد.

۲- روش مسیر بحرانی (CPM) : در ادامه پس از استخراج نقاط ضعف و قوت نمودارهای گانت، محققین نسبت به ایجاد روش دقیق تری جهت برنامه ریزی پروژه ها اقدام نمودند. اصطلاحاً عنوان طولانی ترین مسیر غیر قابل کاهش رویدادها نام گرفت. این روش در ادامه روش تکنیک اصلی نام گذاری شد. (Major Sequence Technique) در ادامه این روش به عنوان روش مسیر بحرانی با ذکر بعضی تغییرات نام گذاری شد.



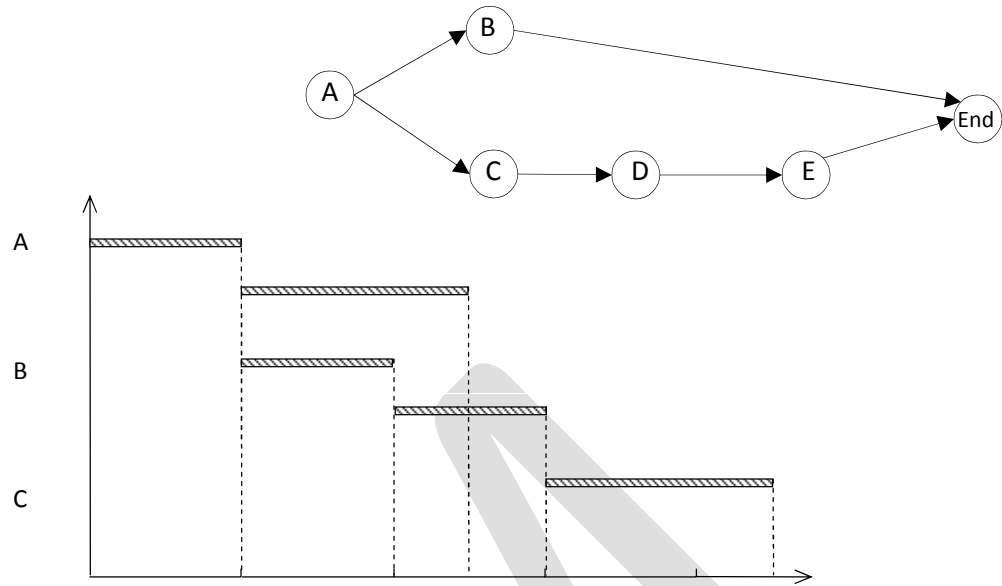
۳- روش ارزیابی و بازنگری پروژه ها (PERT) : این روش در ابتدای امر متکی بر رویدادهای کلیدی پروژة می باشد. به عبارتی با تعریف یک سری فعالیت ها در غالب milestone ها نسبت به کنترل شرایط پروژه اقدام می گردد. این فعالیت ها یا milestone ها دارای زمان های اتمام معین در پروژه می باشند.

۴- روش گرافیکی ارزیابی و بازنگری پروژه ها (GERT) : در ادامه علاوه بر روش های CPM و PERT با پروژه هایی روبرو هستیم که علاوه بر فعالیت های موجود، جنبه ی احتمالی داشته و از قبل قابل پیشبینی نمی باشند. که در این شرایط می بایست از ابزار GERT برای برنامه ریزی این سری از فعالیت ها استفاده نمود.

#### ترسیم یک شبکه ساده یا نمودار گانت :

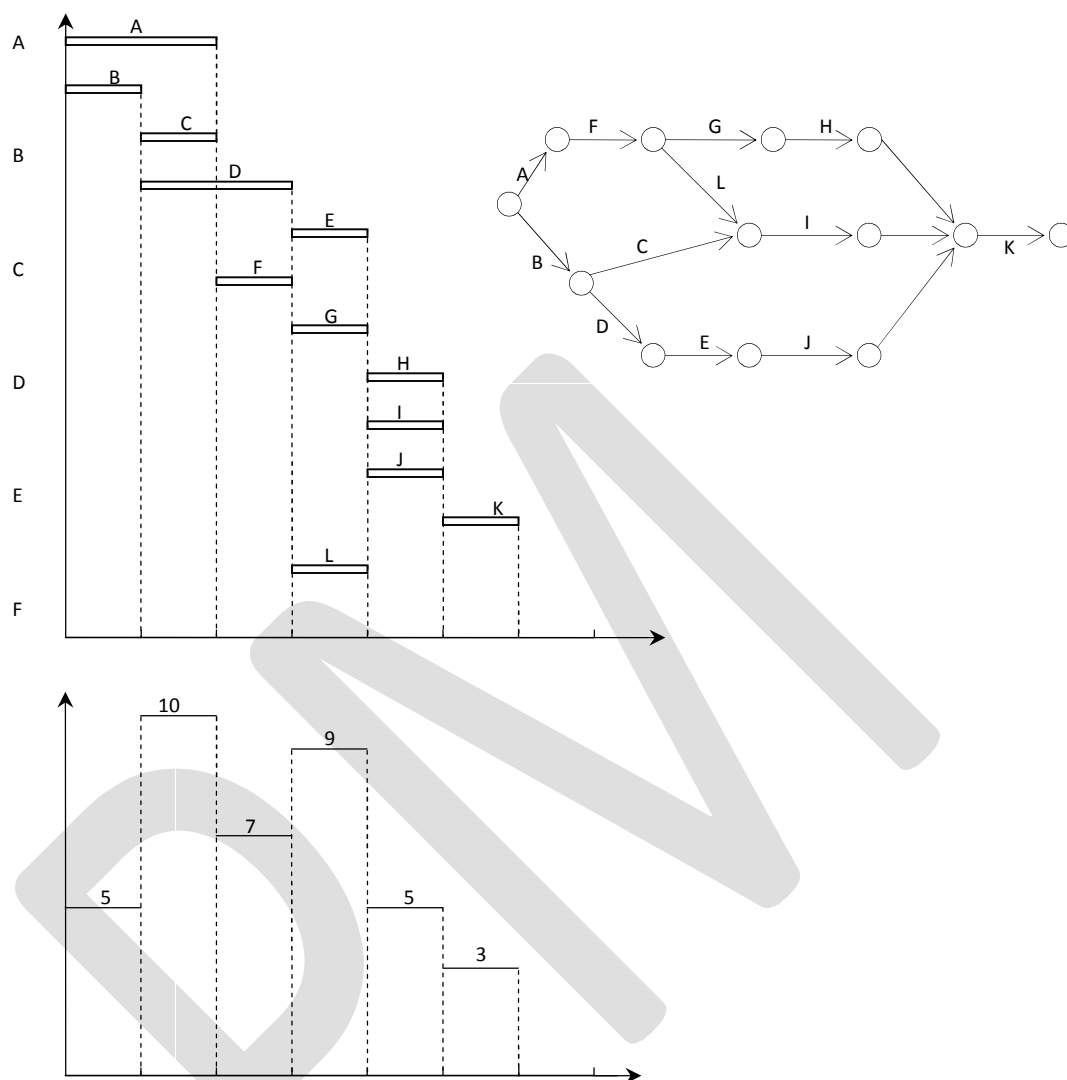
مثال : پروژه زیر را در نظر گرفته و نمودار گانت برنامه ریزی پروژه خود را ترسیم کنید.

فعالیت ها (Activity)	مدت زمان (Duration)	پیش نیاز (Predecessor)
A	2	-
B	3	A
C	2	A
D	2	C
E	3	D



مثال : داده های زیر جهت پروژه مشخصی در دسترس می باشد. مطلوب است ترسیم شبکه و نمودار گانت پروژه.

Activity	Prede.	Duration	تعداد نیروی انسانی
A	-	2	2
B	-	1	3
C	B	1	4
D	B	2	4
E	D	1	4
F	A	1	3
G	F	1	2
H	G	1	2
I	C,L	1	2
J	E	1	1
K	H,J,I	1	3
L	F	1	3



### موازنه زمان — هزینه :

با استفاده از روش‌ها و متدهای مختلف می‌توان زمان لازم برای اجرای پروژه‌ها را برآورد نمود. در شرایط طبیعی پس از نهایی نمودن زمان اجرای پروژه بر اساس منابع تخصیص یافته، میزان هزینه یا بودجه لازم بر پروژه را برآورد می‌نماییم. حال اگر بخواهیم پروژه را در زمان کمتری از زمان پیش‌بینی شده به پایان برسانیم، طبیعتاً می‌بایست منابع تخصیص یافته به فعالیت‌ها را افزایش داده تا هر یک از فعالیت‌ها در زمان کمتری صورت گرفته و پروژه نهایتاً در زمان کمتری خاتمه یابد. لذا در این حالت به دلیل افزایش منابع جهت کاهش زمان اتمام پروژه به هزینه‌های مستقیم پروژه افزایش خواهد یافت.

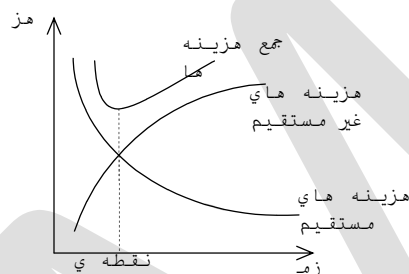
رئوس مطالب پروژه :

- ۱- فاز شناخت، محل پروژه و تیم درگیر
- ۲- ماهیت پروژه، اهداف و توضیح مختصر از نحوه اجرای پروژه
- ۳- نمودارهای OPC و FPC در صورت امکان
- ۴- دیکشنری پروژه شامل ذینفع‌ها، OBS و WBS و RBC و Resource

۵- برنامه زمان بندی با استفاده از نرم افزارها.  
مراحل تحویل پروژه :

- فاز اول ( / / ) : بند ۱ و ۲
- فاز دوم ( / / ) : بند ۳ و ۴
- فاز سوم ( / / ) : بند ۵
- فاز چهارم (روز امتحان) : پکیج کامل.

عمدتاً در پروژه ها با دو نوع هزینه ی مستقیم و غیر مستقیم روبرو هستیم که عمدتاً هزینه های مستقیم در حد معمول پروژه ها تعریف شده ولی هزینه های غیر مستقیم لزوماً تابع مشخصی از حجم کار را در بر ندارد.



در نظر داشته باشید که نقطه بهینه در جمع نسبت هزینه ها (دو نسبت هزینه ی مستقیم و غیر مستقیم) کمترین هزینه را دارد.

#### انواع فعالیت ها در پروژه :

فعالیت های موجود در پروژه به دو دسته ی فعالیت های معین و فعالیت های احتمالی تقسیم می شوند. فعالیت های معین عبارتند از مجموعه ای از فعالیت ها که در زمان برنامه ریزی مشخص بوده و به طور قطع در راستای پروژه صورت می پذیرد. در مقابل فعالیت های معین ممکن است بعضی از فعالیت ها در طول اجرای پروژه احتمال رخدادی برابر با ۱۰۰٪ را نداشته باشند. به عبارتی ممکن است در حین انجام پروژه صورت پذیرد و یا انجام نگردد. این دسته از فعالیت ها را فعالیت های احتمالی گویند. در نظر داشته باشید که از نظر زمان اجرا نیز فعالیت ها دارای دو حالت فعالیت های دارای زمان معین و فعالیت های دارای زمان احتمالی می باشند. فعالیت های دارای زمان معین عبارتند از فعالیت هایی که زمان اجرای آن ها تقریباً ثابت می باشد. فعالیت های دارای زمان احتمالی فعالیت هایی می باشند که زمان رخداد آن ها از توابع احتمالی پیروی می کند.

#### مزایای کاربرد روش های برنامه ریزی شبکه ای :

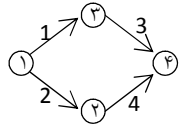
به طور کلی کاربرد روش های برنامه ریزی شبکه ای مزایای فراوانی به دنبال خواهد داشت، من جمله :

۱- با توجه به این که در حین انجام پروژه از مهم ترین فعالیت ها، تعیین اهداف پروژه می باشد که به دنبال آن فعالیت های لازم را تعریف می کنیم، لذا این روش به شیوه ساخت یافته باعث تکمیل نمودن این فرآیند می باشد. (فرآیند تعیین اهداف و تعریف فعالیت ها)

۲- در امور حقوقی مربوط به پروژه کارایی خود را نشان می دهد. امکانات مربوط به سیستم مالی و صاحب دارای پروژه را امکان پذیر می نماید.

### ساختار شبکه (Network) :

شبکه نمودار مارپیچی است که در آن شروع و خاتمه ی هر فعالیت کاملاً مشخص می باشد.



جهت ارتباط بین فعالیت ها از يك سري دایره استفاده می کنیم که به آن ها گره یا رخداد یا واقعه (Node/event) می گوئیم. گره ها بسته به این که در کجای شبکه استفاده می شوند اسامی مختلفی پیدا می کنند. انواع گره عبارتند از :

- ۱- گره آغازین
- ۲- گره پایانی
- ۳- گره پوششی
- ۴- گره جوشی

اصطلاحاً در عمل، يك گره می تواند هم حالت پوششی بودن و هم حالت جوشی بودن را داشته باشد.

در نظر داشته باشید در حین فعالیت های لازم برای ساخت شبکه چند قدم کلی باید صورت پذیرد. اولین قدم برای شروع ساختار شبکه تأمین اطلاعات می باشد که پس از جمع آوری اطلاعات شبکه ترسیم می گردد. قبل از شروع فرآیند برنامه ریزی می بایست چند سؤال مهم در پروژه پاسخ داده شود :

۱- چستی پروژه؟ (چرایی پروژه و منظور از اجرای پروژه؟)

۲- مشخص نمودن فعالیت های لازم

۳- مشخص نمودن روابط پیش نیازی و پس نیازی

۴- نحوه ی انجام فعالیت ها

۵- تعیین نمودار مسئولیت ها

۶- تعیین منابع و محدودیت های پروژه

معمولاً اطلاعات از طریق موارد زیر به دست می آید :

۱- جمع آوری از طریق مدیریت پروژه

۲- برگزاری جلسات جهت شناخت و تعریف اهداف

۳- برگزاری و تعریف چک لیست

در روش مدیریتی در ابتدا با استفاده از تجربیات مدیریت بالای پروژه اطلاعات لازم جمع آوری می گردد. در روش دوم با برگزاری نشست های تیمی سعی به جمع آوری داده های لازم می شود. در روش سوم با تعریف چک لیست های لازم نسبت به جمع آوری اطلاعات اقدام می کنیم.

### فعالیت های مجازی (موهومی) (Dummy Activity) :

به فعالیت هایی گفته می شود که جهت انجام آن نیاز به هیچ منبعی نمی باشد. شکل آن به صورت خط چین می باشد.

### قواعد رسم شبکه :

۱- هر فعالیت می بایست فقط يك بار بر روی شبکه ذکر شود.

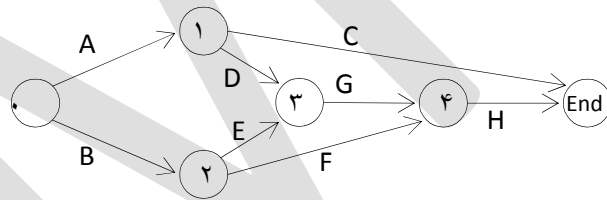
۲- دو فعالیت نباید دارای عنوان مشترک باشند.



- ۳- همواره مي بایست شبکه ها فقط داراي يك رویداد آغازین و يك رویداد پایانی باشد.
- ۴- شماره ي گره ها در شبکه منحصر به فرد مي باشد.
- ۵- هر تعداد فعالیت مي تواند از يك گره آغاز و به يك گره خاتمه يابد ولي دو فعالیت نمی توانند داراي يك گره ي آغازی و يك گره ي پایانی باشند.
- ۶- همواره در نظر داشته باشید که نمودار شبکه اي حاوي زمان هاي انجام کار نمی باشد.
- ۷- رخداد حلقه (Loop) در شبکه مجاز نمی باشد.
- ۸- حداقل فعالیت هاي مجازي مي بایست در شبکه استفاده شده باشد.
- ۹- همواره به خاطر داشته باشید نحوه ي رسم شبکه منحصر به فرد نمی باشد.
- ۱۰- روابط پیش نیازی و پس نیازی در شبکه مد نظر قرار گیرد.

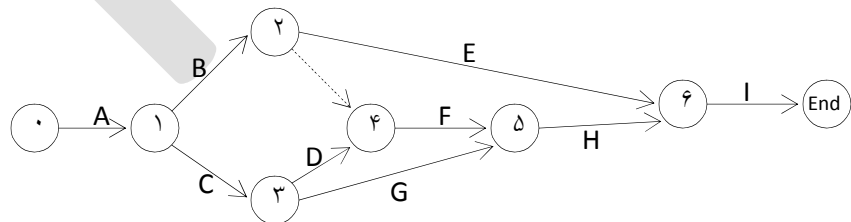
مثال : مطلوب است رسم شبکه ي فعالیت هاي ذیل :

Act.	Pred.
A	-
B	-
C	A
D	A
E	B
F	B
G	D,E
H	G,E



مثال : مطلوب است رسم شبکه :

Act.	Pred.
A	-
B	A
C	A
D	C
E	B
F	B,D
G	C
H	G,F
I	E,H



### کاربرد صحیح فعالیت هاي مجازي (Dummy) :

در تعریف فعالیت هاي موهومي گفته شد که این فعالیت ها در عمل وجود نداشته و تنها جهت نمایش صحیح پیش نیازها کاربرد دارد. به طور کل کاربردهاي فعالیت هاي مجازي عبارتند از :

۱- برای استفاده از فعالیت هایی که دارای یک گره آغازی و یک گره پایانی می باشد.

۲- جهت قطع وابستگی های غیر ضروری : این کار عمدتاً در مواقعی کاربرد دارد که انجام یک عملیات لزوماً به رخداد عملیات دیگری نیاز نداشته باشد.

۳- در شرایطی که شبکه بیش از یک گره (رویداد) آغازی و یک گره پایانی داشته باشد.

### اشتباهات رایج در ترسیم شبکه :

عمده اشتباهات صورت گرفته در شبکه ها عبارتند از :

۱- ایجاد حلقه

۲- تعریف روابط پیش نیازی غیر ضروری

۳- تعریف فعالیت های موهومی غیر ضروری

### وابستگی ها یا ارتباطات :

وابستگی ها عمدتاً به دو گروه وابستگی های طبیعی و وابستگی های امکاناتی تقسیم می شوند. وابستگی های طبیعی شامل ارتباطات منطقی و تکنولوژیک ما بین فعالیت ها می باشد. در وابستگی های امکاناتی عمدتاً ارتباطات منطقی و تکنولوژیک ما بین فعالیت ها موضوعیت ندارد ولی به دلیل محدودیت امکاناتی مجبور به رعایت این روابط یا وابستگی ها می باشیم.

انواع رابطه ما بین فعالیت ها :

۱- پیش نیاز

۲- هم نیاز

۳- پس نیاز

### فشرده سازی شبکه ها (اختصار در رسم شبکه ها) :

بر حسب مورد استفاده در پروژه ها می توان یک شبکه با فعالیت های متعدد را به یک شبکه ساده تر با تلفیق یک سری از فعالیت ها تغییر داد.

### محاسبات شبکه (Network Calculation) :

برای محاسبات شبکه یا محاسبات زمان به دو طریق پیش رونده یا پیش روی (Forward Pass) و دوم بازگشتی یا پس روی (Backward Pass) اقدام می کنیم.

برای انطباق هر چه بیشتر مفاهیم از یک سری نمادها جهت استفاده از روابط استفاده می کنیم. از قبیل :

ES : زودترین زمان

E : زودترین زمان وقوع عملیات اام  
شروع فعالیت اارز

D : مدت زمان اجرائی

EF : زودترین زمان خاتمه فعالیت اارز  
فعالیت اارز

LS : دیرترین زمان

L : دیرترین زمان وقوع عملیات اام  
شروع فعالیت اارز

S = F (شناوری فعالیت)

LF : دیرترین زمان خاتمه فعالیت اارز  
( اارز )

**روش Forward (پیشروی) :**

در این روش ابتدا در سه مرحله آغاز می کنیم :

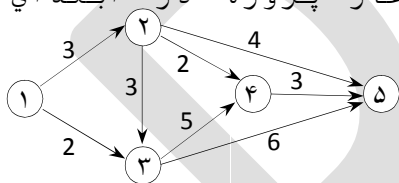
۱- فرض  $E = 0$

۲-  $E = ES = \max\{EF\}$

۳-  $EF = ES + D$

K = { مجموع گره های ورودی به گره اام } ,

مثال : شبکه زیر را در نظر گرفته و محاسبات لازم جهت مدل پیشروی را انجام دهید. در نظر داشته باشید زمان آغاز پروژه در ابتدای کار برابر صفر خواهد بود.



۱- گره:  $E = ES = ES = 0$

$EF = ES + D = 0 + 3 = 3$  ,  $EF = 0 + 2 = 2$

۲- گره:  $E = ES = ES = ES = \max\{EF\} = 3$

$EF = ES + D = 3 + 3 = 6$  ,  $EF = 5$  ,  $EF = 7$

۳- گره:  $E = ES = ES = \max\{EF, EF\} = \max\{6, 2\} = 6$

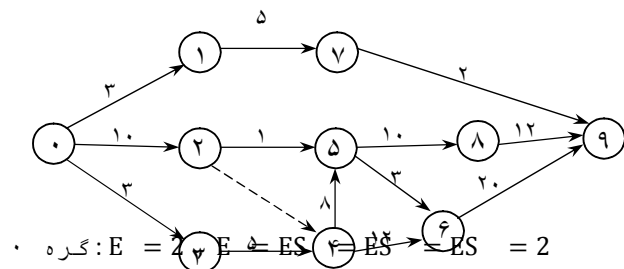
$EF = 6 + 5 = 11$  ,  $EF = 6 + 6 = 12$

۴- گره:  $E = ES = \max\{EF, EF\} = \max\{5, 11\} = 11$

$EF = 11 + 3 = 14$

۵- گره:  $E = \max\{EF, EF, EF\} = \max\{7, 14, 12\} = 14$

مثال : شبکه ي زیر را در نظر گرفته و زمان شروع پروژه را برابر ۲ فرض نمائید. مطلوب است انجام محاسبات پیشروی.



- ۰ گره:  $E = ES = 2$  ,  $EF = ES + D = 2 + 3 = 5$  ,  $EF = 2 + 10 = 12$  ,  $EF = 2 + 3 = 5$
- ۱ گره:  $E = ES = \max\{EF\} = 5$  ,  $EF = 5 + 5 = 10$
- ۲ گره:  $E = ES = \max\{EF\} = 12$  ,  $EF = 12 + 1 = 13$  ,  $EF = 12 + 0 = 12$
- ۳ گره:  $E = ES = \max\{EF\} = 5$  ,  $EF = 5 + 5 = 10$
- ۴ گره:  $E = ES = \max\{EF_3, EF_4\} = \max\{12, 10\} = 12$   
 $EF = 12 + 8 = 20$  ,  $EF = 12 + 12 = 24$
- ۵ گره:  $E = ES = \max\{EF_2, EF_4\} = \max\{13, 20\} = 20$   
 $EF = 20 + 3 = 23$  ,  $EF = 20 + 10 = 30$
- ۶ گره:  $E = ES = \max\{EF_4, EF_5\} = \max\{24, 23\} = 24$  ,  $EF = 24 + 20 = 44$
- ۷ گره:  $E = ES = \max\{EF_1\} = 10$  ,  $EF = 10 + 2 = 12$
- ۸ گره:  $E = ES = \max\{EF_5\} = 30$  ,  $EF = 30 + 12 = 42$
- ۹ گره:  $E = \max\{EF_6, EF_7, EF_8\} = \max\{44, 12, 42\} = 44$

روش Backward (پس روی) :

در این روش نیز همانند روش Forward ، محاسبات گره ها را در سه مرحله انجام می دهیم :

۱- فرض  $L = T$  ,  $L = E$

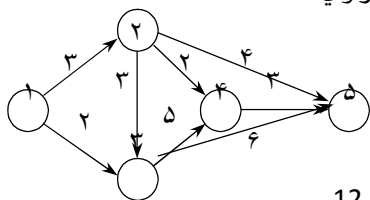
۲-  $L = LF = \min\{LS_k\}$

{ام k

۳-  $LS = LF - D$

{ مجموع بردارهاي خروجي از گره j ,

مثال : مطلوب است انجام محاسبات پسروی.



۵ گره:  $L = E = 14$  ,  $L = LF = LF = LF = \min LS = 14$

$LS = LF - D$   $14 - 3 = 11$  ,  $LS = 14 - 4 = 10$  ,  $LS = 14 - 6 = 8$

۴ گره:  $L = LF = LF = \min\{LS\} = 11$  ,  $LS = 11 - 2 = 9$  ,  $LS = 11 - 5 = 6$

۳ گره:  $L = LF = LF = \min\{LS, LS\} = \min\{6, 8\} = 6$

$LS = 6 - 2 = 4$  ,  $LS = 6 - 3 = 3$

۲ گره:  $L = LF = \min\{LS, LS, LS\} = 3$  ,  $LS = 3 - 3 = 0$

۱ گره:  $L = \min\{LS, LS\} = \min\{0, 4\} = 0$

شناوري كل :

$S = LF - EF$

$S = LS - ES$

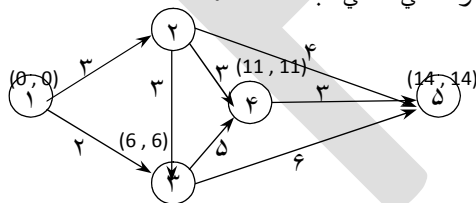
فعاليت هاي بحراني (Critical Activity) :

به فعاليت هايي كه در حين اجراي پروژه شناوري حداقل (صفر) داشته باشند، فعاليت هاي بحراني گفته مي شود. ( if  $S = 0$  )

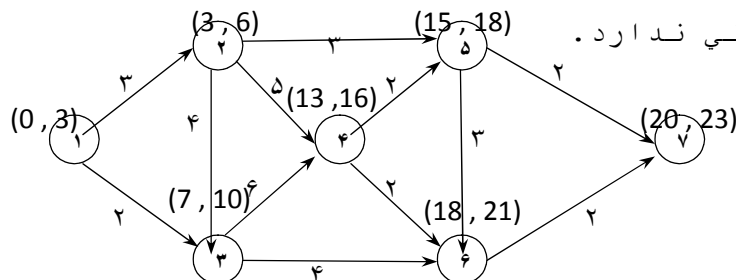
مسير بحراني (Critical Pass) :

مسيري است كه تمامي فعاليت هاي موجود در آن، فعاليت هاي بحراني مي باشند. اصطلاحاً طولاني ترين مسير انجام يك پروژه را، مسير بحراني مي نامند.

مثال : تمامي مسيرها در شبكه مقابل بحراني مي باشند. (3,3)

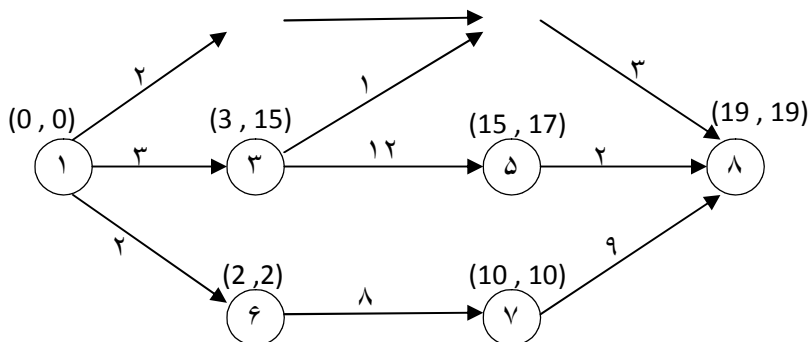


مثال : هيچ مسير بحراني ندارد.



مثال : طولاني ترين مسير بحراني :  $2+8+9=19$





**انواع شناوري ها :**

شناوري عبارت است از مقدار زماني كه يك فعاليت مي تواند به تعويق بيافتد و يا زمان اجراي آن افزايش يابد، بدون آن كه در كل زمان اجراي پروژه تأثير گذارد. اصطلاحاً به آن شناوري جمعي گفته مي شود.

**شناوري آزاد (Free Float) :**

مقدار زماني كه يك فعاليت مي تواند به تعويق بيافتد و به زمان اجراي آن افزوده شود، بدون آن كه بر مقدار شناوري فعاليت هاي بعد از خود تأثير گذارد، شناوري آزاد گفته مي شود.

$$FF = E - EF$$

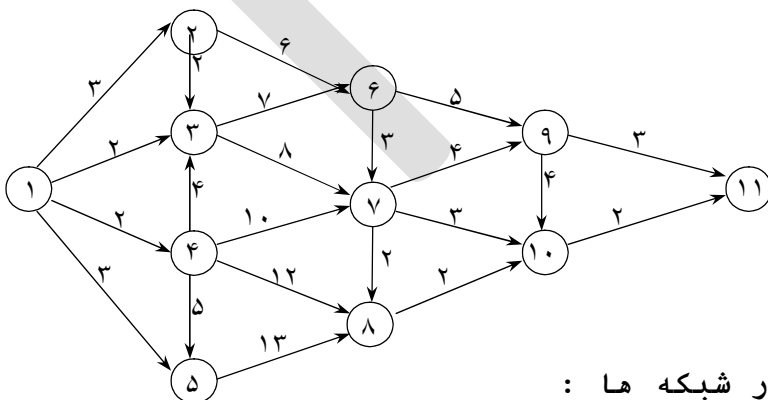
**شناوري مستقل (Independent Float) :**

مقدار زماني كه يك فعاليت مي تواند به تعويق بيافتد و به زمان اجراي آن افزوده شود، بدون اين كه بر شناوري فعاليت هاي قبل و بعد از خود تأثير گذاشته باشد، شناوري مستقل گفته مي شود.

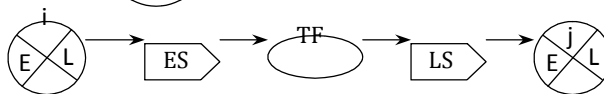
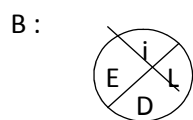
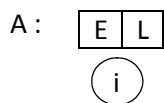
$$IF = E - L - D$$

D

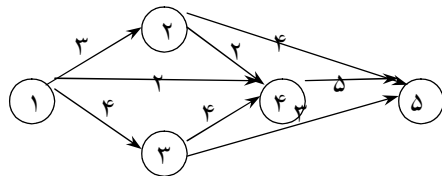
مثال : مطلوب است مسير بحراني و انواع شناوري ها :



**انواع نمايش گره ها در شبكه ها :**



استفاده از برنامه ریزی خطی در شبکه ها :



$X$  { اگر از  $A$  به  $Z$  مسیری وجود  
اگر از  $A$  به  $Z$  مسیری وجود

$$\max X = 3X + 2X + 4X + 2X + 4X + 4X + 5X + 3X$$

$$1 \text{ گره: } X + X + X = 1$$

$$2 \text{ گره: } X = X + X$$

$$3 \text{ گره: } X = X + X$$

$$4 \text{ گره: } X + X + X = X$$

$$5 \text{ گره: } X + X + X = 1$$

### شبکه های گره ای (Activity On Node) (AON) :

شبکه های گره ای از دو عنصر فعالیت ها و بردارها جهت نشان دادن وابستگی ها تشکیل می شوند. شبکه های گره ای تنها تفاوتی که با شبکه های برداری دارند این است که فعالیت ها یا بر روی بردارها و یا داخل گره ها (که به طور معمول به این شکل است) ترسیم می گردند. تمامی روابط مربوط به محاسبات پیشروی و پس روی در مورد این شبکه ها نیز صادق است.

### شبکه های دارای زمان احتمالی (PERT) :

با توجه به شرایط و رخدادهای موجود در پروژه ها که عمدتاً به صورت دقیق قابل پیش بینی نمی باشند، لذا از مفهوم پرت در پروژه های احتمالی استفاده می کنیم. در این رویه با استفاده از مفاهیم احتمال نسبت به اندازه گیری زمان های دقیق پروژه و برنامه ریزی پروژه اقدام می کنیم.

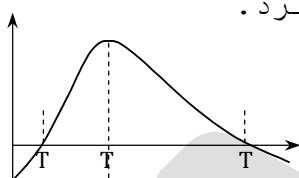
سیستم تخمین زمان انجام فعالیت در محاسبات PERT : (سیستم سه زمانه در دامنه ۰ تا ۱۰۰)

در نظر داشته باشید در مفهوم برنامه ریزی احتمالی پروژه (PERT)، جهت زمان انجام فعالیت با سه مفهوم روبرو هستیم :

۱- زمان خوش بینانه (T : Optimistic Time) : عبارت است از حداقل زمانی که یک فعالیت در شرایط یکسان خواهد کرد.

۲- زمان بدبینانه (T : Pessimistic Time) : عبارت است از زمانی که بیشترین تکرار را در تابع توزیع رخدادهای زمان دارا می باشد. (بیشترین تعداد دفعات رخداد را دارد).

۳- زمان محتمل (T : Most likely Time) : عبارت است از حداکثر زمانی که یک فعالیت در شرایط یکسان خواهد کرد.



این به این دلیل می باشد که انتظار می رود مقادیر دو زمان خوشبینانه و بدبینانه در دو انتهای نمودار فراوانی قرار گیرد. از این رابطه مقدار  $\sigma$  را نیز می توان محاسبه نمود.

$$T - T = 6\sigma \Rightarrow \sigma = \frac{T - T}{6}$$

میانگین وزنی زمان های رخداد :

$$\bar{t} = t = \frac{T + 4T + T}{6} \Rightarrow \text{در تجربه}$$

$$\bar{t} = t = \frac{T + 4T + T}{6} \quad w = 4 \text{ محاسبه می کنند}$$

محاسبه درصد وزنی :

Physical  
Duration  
Financial

سیستم سه زمانه در دامنه ۵ تا ۹۵ :

در ادامه پس از بکارگیری دامنه ۱۰۰٪ داده ها (۰ تا ۱۰۰) به این نتیجه رسیدند که اگر زمان های خوشبینانه و بدبینانه به ترتیب در نقاط ۵ و ۹۵ قرار گیرند، فاصله بین T تا T برابر با -s خواهد شد. ( در این



تعریف به غیر از تابع توزیع نرمال، توابع توزیع نظیر B و نمایی نیز انطباق دارد.)

با شرایط اجرایی پروژه ها در اینجا :

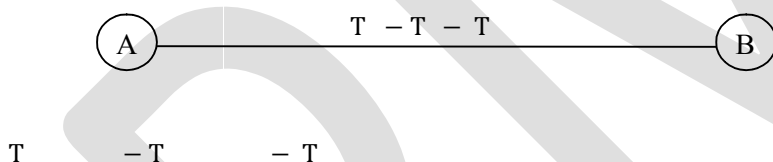
زمان خوشبینانه ( T ) عبارت است از مقدار فراوانی که فقط ۵% از موارد ممکنه برای فعالیت ها در شرایط یکسان کمتر از این مقدار زمان صرف کند.

زمان بدبینانه ( T ) عبارت است از مقدار زمانی که فقط ۵% از موارد یک فعالیت در شرایط یکسان ممکن است بیشتر از این مقدار زمان صرف کند.

زمان محتمل ( T ) مقدار زمانی است که حداکثر فراوانی را در زمان های رخداد پروژه شامل می شود.

$$S = \frac{T - T - T}{6}, \quad \bar{t} = t = \frac{T + 4T + T}{6}$$

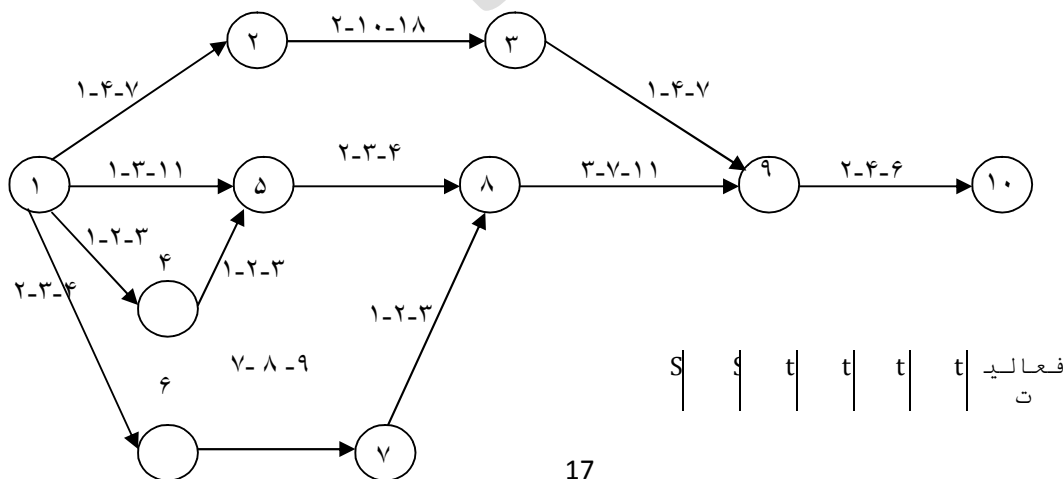
نحوه نگارش شبکه های احتمالی (PERT) :



محاسبه ی شبکه های دارای زمان احتمالی :

در محاسبات شبکه های احتمالی با در نظر گرفتن درصد اطمینان مورد نیاز جهت محاسبه ی زمان اتمام پروژه در ابتدا می بایست t یا  $\bar{t}$  در مقادیر انحراف معیارها را محاسبه نمود.

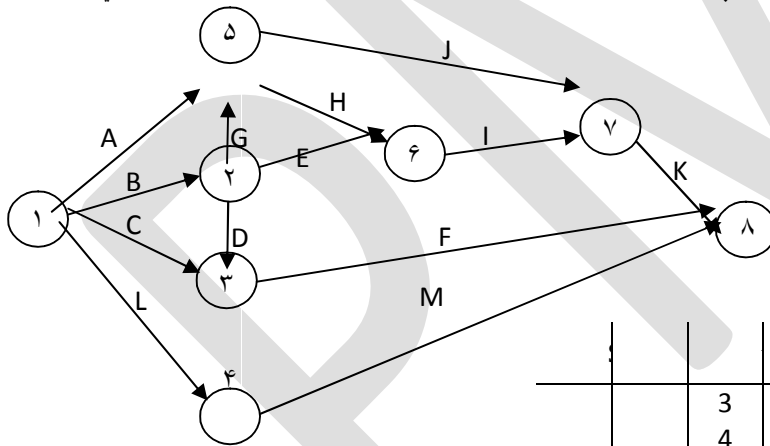
مثال : شبکه ی زیر را با دانستن مقادیر زمان های خوشبینانه، بدبینانه و بیشترین وقوع را در نظر داشته و زمان اتمام پروژه ، مسیر بحرانی و ماکزیم انحراف مجاز جهت اتمام پروژه را محاسبه نمائید.



۴	۷	۴	۱	۱-۲
۴	۱	۳	۱	۱-۵
۲	۱	۲	۱	۱-۴
۳	۳	۳	۲	۱-۶
۱	۴	۸	۲	۲-۳
۰	۱	۳	۲	۵-۸
۳	۰	۲	۱	۴-۵
۲	۴	۸	۷	۶-۷
۸	۳	۲	۱	۷-۸
۲	۹	۷	۳	۸-۹
۷	۳	۴	۱	۳-۹
۴	۱	۴	۲	۹-۱۰
۴	۱			
	۷			
	۶			

نکته : اگر در شبکه های احتمالی چند مسیر بحرانی وجود داشته باشد مسیر با بیشترین انحراف به عنوان مسیر بحرانی انتخاب می گردد.

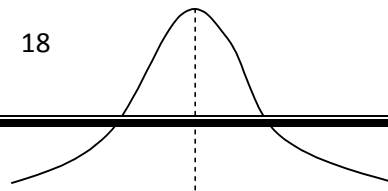
مثال : شبکه زیر را در نظر گرفته و با دامنه اطمینان ۵ تا ۹۵ درصد و با فرض دانستن زمان شروعی برابر با ۲ ، مقادیر احتمالی زمان پایان و انحراف معیار از زمان پایان را محاسبه کنید و مسیر بحرانی را مشخص نمائید.



فعالیت ها	t	t	t	t
A	3	4	3	2
B	4	7	4	1
C	2	0	3	0
D	20	32	18	16
E	9	11	9	7
F	16	17	16	15
G	8	10	8	6
H	10	11	10	9
I	10	11	10	9
J	5	6	5	4
K	5	0	8	0
L	13	0	20	0
M	9	0	14	0

بررسی مقدار احتمال رخداد فعالیت ها و یا سطوح اطمینان :

در مواقعی که انتظار داریم پروژه و فعالیت ها در زمان برنامه ریزی شده ای ( t ) به اتمام برسد و با در نظر داشتن این مطلب که جامعه ی رخداد زمان های هر فعالیت از تابع توزیع نرمال استاندارد پیروی می

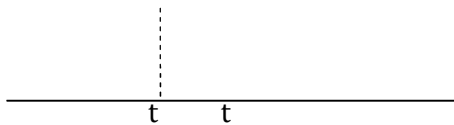


نمایند، در این صورت مقدار احتمال رخداد این زمان برنامه ریزی شده از رابطه ی زیر به دست می آید.

$$t = \bar{t} = E(t) = \mu$$

$$t - t = S.Z$$

$$Z = \frac{t - \bar{t}}{S}$$



مثال : فرض کنید در مثال ابتدایی این جلسه انتظار داشته باشیم که این فعالیت ها نهایتاً (حداکثر) در زمان ۲۰ به اتمام برسد.

الف)  $pr(T \leq 20)$  ؟ ب) احتمال اتمام پروژه حداقل در زمان ۲۵.

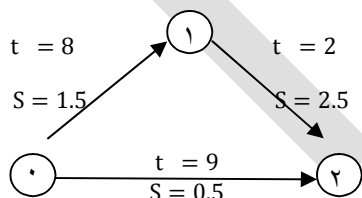
### احتمال شرطی وقوع رویداد ها :

در مجموع در نظر داشته باشید در هنگام اجرای پروژه در محاسبات واریانس، فرض بر این است که رویدادهای ابتدایی و یا انتهایی در تاریخ مشخص به اتمام پذیرد (یا آغاز شود)، بنابراین انتظار داریم واریانس زمان رویداد آغازین در محاسبات پیش روی و رویداد پایانی در محاسبات پس روی برابر صفر باشد.

### مقدار خطا در محاسبات PERT :

همواره در هر نوع محاسبات احتمالی وجود و رخداد خطا دور از ذهن نمی باشد. لذا جهت افزایش دقت محاسبات می بایست خطای مورد نظر را بررسی نمائیم.

مثال : شبکه ی ساده زیر را در نظر گرفته، میزان خطا را بررسی نمائید.



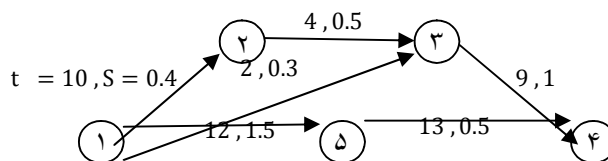
$$S = S + S + \dots + S$$

زمان پایان  
 $T=10$

مسیر (۰-۱-۲)  $S = \sqrt{1.5^2 + 0.5^2} = 1.58$

مسیر (۰-۲)  $S = 2.5$

مثال :



$t = 23, S = 1.19$

$$t_c = 11$$

$$t_c = 25, S = 1.58 \Rightarrow \max(1.58, 1.19) = 1.58$$

چون  $1/58 < 2$  می باشد، بنابراین خطای رخداد در محاسبات پرت قابل اقباض است. به عبارت دیگر در صورت تغییر مسیر بحرانی، زمان اتمام کل پروژه تغییر نمی کند.

### تخصیص منابع : (Resource Assignment)

یکی از مسائل حائز اهمیت در فرآیند مدیریت پروژه یا Planning محدودیت های نیروی انسانی و تجهیزات می باشد. به عبارت دیگر یکی از نمونه های همیشگی مدیر عامل پروژه، استفاده از منابع حداقل در فرآیند می باشد. از نظر کلی منابع به دو دسته ی محدود و نامحدود تقسیم می شود. منابع محدود عمدتاً شامل منابعی همچون نیروی انسانی، تجهیزات، ماشین آلات و ... می باشد و منابع نامحدود همچون زمین و .. را شامل می شود.

### الگوریتم تخصیص منابع محدود :

جهت انجام تخصیص منابع محدود، پنج قدم کلاسیک را انجام می دهیم :

۱- در ابتدا محاسبات شبکه ای را انجام می دهیم. ( در این قدم فرض می کنیم زمان شروع پروژه یک می باشد.)

۲- جدول تخصیص منابع محدود را رسم می نمائیم. (ترتیب فعالیت ها بر اساس شماره خط می باشد.)

۳- اگر فعالیت قابل برنامه ریزی وجود نداشته باشد، الگوریتم خاتمه میابد، در غیر این صورت به صورت زیر عمل می کنیم :

فعالیت های قابل برنامه ریزی عبارتند از :

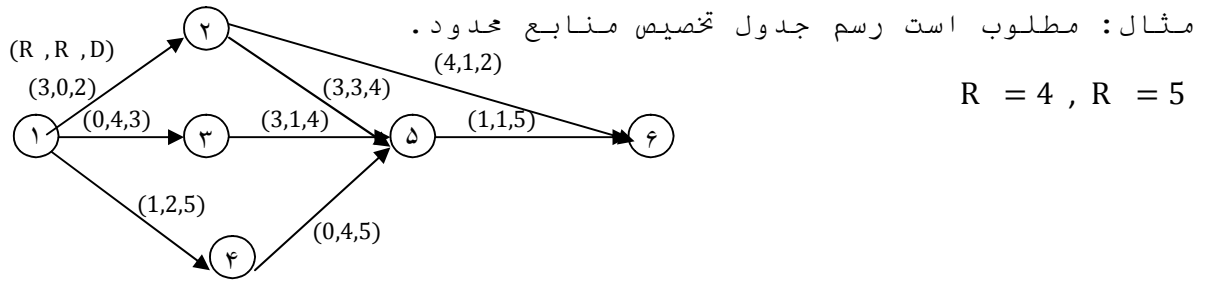
۱) پیش نیاز آن فعالیت قبلاً برنامه ریزی شده باشد.

۲)  $ES \leq T$  آن کوچکتر یا مساوی زمان اتمام پروژه باشد. ( $ES \leq T$ )

۴- فعالیت های قابل برنامه ریزی را اولویت بندی نموده و فعالیت هایی که دارای اولویت بالا باشند را انتخاب و تخصیص می دهیم. در غیر این صورت فعالیت بعدی را انتخاب می کنیم.

در نظر داشته باشید اولین انتخاب در اولویت در تخصیص پائین بودن زمان شناوری، سپس کمترین  $LS$  و نهایتاً رعایت زمان پایان انجام پیش نیاز می باشد.

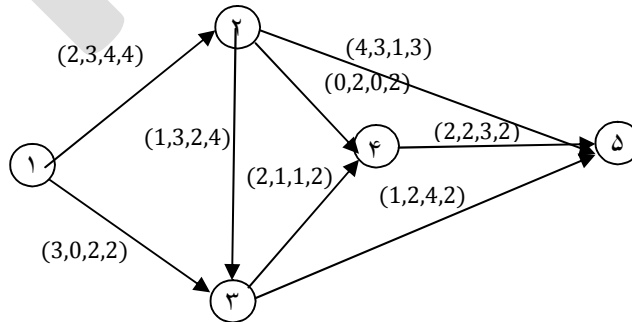
۵- به مقطع زمانی  $T+1$  رفته و قدم سوم را دوباره تکرار می کنیم و اگر تخصیص دیگری نبود الگوریتم خاتمه می یابد.



8	7	6	5	4	3	2	1	اولویت بندی	S	L	E	I	R	R	Activity
						1-2	1-2		2	3	1	2	0	3	1-2
									1	2	1	3	4	0	1-3
			1-4	1-4	1-4	1-4	1-4		0	1	1	5	2	1	1-4
		2-5	2-5	2-5	2-5				2	5	3	4	3	3	2-5
									9	12	3	2	1	4	2-6
3-5	3-5								1	5	4	4	1	3	3-5
4-5	4-5								0	6	6	3	4	0	4-5
									0	9	9	5	1	1	5-6
1	1	1	0	0	0	0	0								F
0	0	2	0	0	0	3	3								F

16	15	14	13	12	11	10	9	اولویت بندی	S	L	E	I	R	R	Activity
									2	3	1	2	0	3	1-2
			1-3	1-3	1-3				1	2	1	3	4	0	1-3
									0	1	1	5	2	1	1-4
									2	5	3	4	3	3	2-5
2-6	2-6								9	12	3	2	1	4	2-6
						3-5	3-5		1	5	4	4	1	3	3-5
							4-5		0	6	6	3	4	0	4-5
		5-6	5-6	5-6	5-6	5-6			0	9	9	5	1	1	5-6
0	0	3	3	3	3	0	0								F
4	4	0	0	0	0	0	0								F

تمرین :



تسطیح منابع نامحدود :

در نظر داشته باشید هنگامی که با شرایطی مبني بر عدم محدودیت در منابع روبرو هستیم، تنها عامل مورد توجه، جهت برنامه ریزی و تخصیص زمان اتمام پیش نیازها می باشد.

### الگوریتم تخصیص منابع نامحدود :

۱- در قدم اول با فرض این که شماره گره ها به نحوی است که همیشه جهت بردارها از کوچکترین شماره به بزرگترین شماره ذکر شده است، جدولی منطبق بر جدول منابع نامحدود را ترسیم می کنیم و سپس تمامی فعالیت ها را بر اساس شماره خط به ترتیب ذکر می نمائیم.

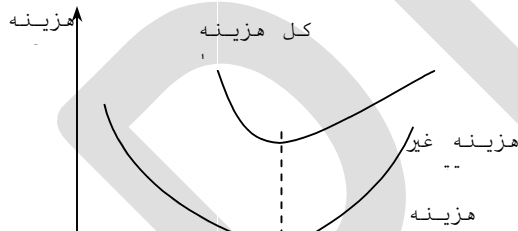
۲- از آخرین فعالیت جدول شروع کرده و آن را در دیرترین زمان ممکن یا زودترین زمان، برنامه ریزی می کنیم.

۳- قدم دوم را برای تمام فعالیت ها تکرار می کنیم. در اینجا به دنبال ایجاد حالتی هستیم که مجموع منابع مختلف در زمان های مختلف min باشد.

۴- به روش هیورستیک نسبت به min کردن مقدار فوق اقدام می کنیم.

### موازنه زمان-هزینه :

همانطور که قبلاً اشاره شد، در پروژه ها عمدتاً دو نوع هزینه تعریف می شود :



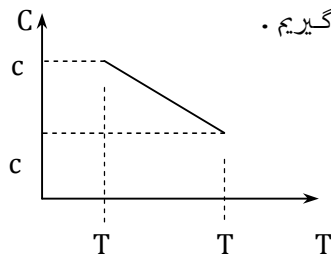
۱- هزینه های مستقیم

۲- هزینه های غیر مستقیم

در هنگام برنامه ریزی منطبق بر مفهوم موازنه زمان-هزینه، دو نوع زمان تعریف می شود :

۱- زمان نرمال (Normal Time) (n) : جهت انجام کار که نیاز به تسریع و افزایش منابع در انجام کار نمی باشد.

۲- زمان فشرده یا حداقل (Crash Time) (c) : زمانی است که جهت انجام فعالیت ها با حداکثر زمان در نظر می گیریم.



### الگوریتم برگس (Bergues) برای تسطیح منابع :

با توجه به الگوریتم های اشاره شده در زمینه ی تخصیص منابع نیاز دو چندان به مفهوم تسطیح منابع جهت کاهش منابع مصرف شده نمایان می شود. این الگوریتم جهت برنامه ریزی پروژه ها در شرایط عدم وجود محدودیت در سطح منابع و وجود محدودیت در تاریخ اجرای آن تولید شده است. در واقع مبناي محاسباتي این دانش، موازنه زمان \_ هزینه می باشد.

قدم های الگوریتم به صورت زیر می باشد :

- ۱- فعالیت ها را بر اساس شماره ی فعالیت پایانی مرتب می کنیم.
- ۲- از آخرین فعالیت شروع کرده و نسبت به تخصیص فعالیت ها اقدام می کنیم.
- ۳- قدم های قبلی را تا اولین فعالیت ادامه می دهیم.
- ۴- در این قدم پس از تخصیص تمامی فعالیت ها، میزان نیروی مصرف شده در هزینه ی واحد را محاسبه کرده و مجموع آن را مد نظر قرار می دهیم.
- ۵- به روش هیورستیک مقدار حاصل ضرب منبع \_ هزینه را  $\min$  می کنیم.

### تئوری شبکه ها :

الگوریتم موجود در زمینه ی شبکه ها به سه گروه زیر تقسیم می شود :

- ۱- شبکه های کوتاه ترین مسیر Shortest Route Net
- ۲- شبکه های ماکزیم جریان Maximum Flow Net
- ۳- شبکه های GERT

### شبکه های کوتاه ترین مسیر :

برای حل شبکه های کوتاه ترین مسیر چند نوع روش وجود دارد. عبارتند از :

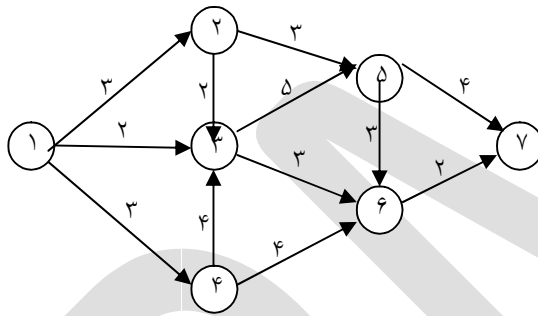
- ۱- مدل برنامه ریزی خطی
- ۲- روش ای رگرسیون
- ۳- استفاده از جدول
- ۴- روش مسیر بحرانی

### قدم های الگوریتم استفاده از جدول :

- ۱- تعداد گره های شبکه برابر  $n$  می باشد. جدولی را با  $n$  ستون ترسیم می نمائیم. (اولین ستون از سمت چپ، گره شروع و آخرین ستون نیز گره خاتمه یا پایان می باشد).

- ۲- در هر ستون با توجه به گره ي آن ستون کليه ي بردارهاي خروجي از آن گره را با توجه به مدت زمان اجزاي آن فعاليت (طول بردار) مرتب نموده و در ستون مربوطه يادداشت مي نمائيم.
- ۳- بالاي گره ي مبدأ عدد صفر را يادداشت مي کنيم و از اولين سطر گره مبدأ شروع کرده و مسافت آن سطر را با عدد بالاي گره جمع نموده و آن را بالاي گره ي خاتمه ي اين بردار مي نويسيم.
- ۴- کليه ي بردارهايي که به اين گره وصل مي شود را خط ميزنيم.
- ۵- حال مابين گره هايي که بالاي آن ها عدد يادداشت نموده ايد، در ستون مربوطه، فعاليت هاي داراي برنامه ريزي را انتخاب و با اعداد بالاي گره جمع مي نمائيم. سپس مابين آن ها حداقل مقدار را انتخاب و بالاي گره خاتمه مي نويسيم. اين عمليات را آن قدر ادامه داده تا به گره ي خاتمه برسيد.

مثال :



اولويت بندي

0	3	2	3	6	5	10
1	2	3	4	5	6	7
1-3-2	2-3-2	3-6-3	4-3-4	5-6-3	6-7-2	
1-2-3	2-5-3	3-5-5	4-6-4	5-7-4		
1-4-3						

زمان کل 7

1-3-6-7