

جزوه درس کنترل پروژه

سطوح برنامه ریزی:

تلاش برای رسیدن به اهداف در سه سطح زیر برنامه ریزی می شود:

(۱) **برنامه ریزی بلندمدت:** تصمیمات بلندمدت و استراتژیکی که برای تعیین هدف گرفته می شوند و دارای افق زمانی ۱۵ تا ۲۵ سال است که در زمان حال در نظام بودجه ی ایران به آن برنامه گویند و جنبه کیفی دارد مانند برنامه ی توسعه ی شبکه ی راههای کشور

(۲) **برنامه ریزی میان مدت:** شامل تصمیماتی است که در راستای برنامه ریزی بلندمدت و در افق زمانی ۵ تا ۱۰ سال گرفته می شود که در زمان حال در نظام بودجه ی ایران به آن طرح گویند مانند طرح احداث راههای اصلی

(۳) **برنامه ریزی کوتاه مدت:** شامل فعالیتهای مرتبط و منطقی می باشد که در راستای برنامه ریزی کوتاه مدت انجام آنها برای رسیدن به هدف ضرورت دارد که در نظام بودجه ی ایران به آن پروژه گویند مانند پروژه اتوبان شیراز- اصفهان

کارهایی که در طول زمان انجام می شود به ۲ دسته تقسیم می شود:

(۱) کارهایی که مداوم و مستمرند: مانند کارهایی که برای تولید در یک کارخانه در یک روز انجام می شود

(۲) کارهایی که منحصر به فرد هستند: این کارها منحصر به فرد و غیرتکراری اند مانند احداث کارخانه

تعریف پروژه : فرایندی منحصر به فرد که شامل فعالیت هایی مشخص و منطقی و دارای تاریخ های شروع و پایان مشخص است که انجام آنها برای رسیدن به هدفی منطبق با الزامات ضرورت دارد و دارای محدودیت های زمان، منابع، هزینه و کیفیت است.

زیرپروژه : پروژه های بزرگ را به جهت راحتی در مدیریت به اجزاء تقسیم می کنند که هر جزء را یک زیرپروژه گویند که دقیقاً هر زیرپروژه حکم یک پروژه را دارد.

اعضای تیم پروژه در دو سازمان به شرح زیر عضو می شوند:

(۱) **سازمان پروژه :** که این سازمان وظیفه ی تعیین کارها ی فنی و فعالیت های لازم برای انجام پروژه را به عهده دارد.

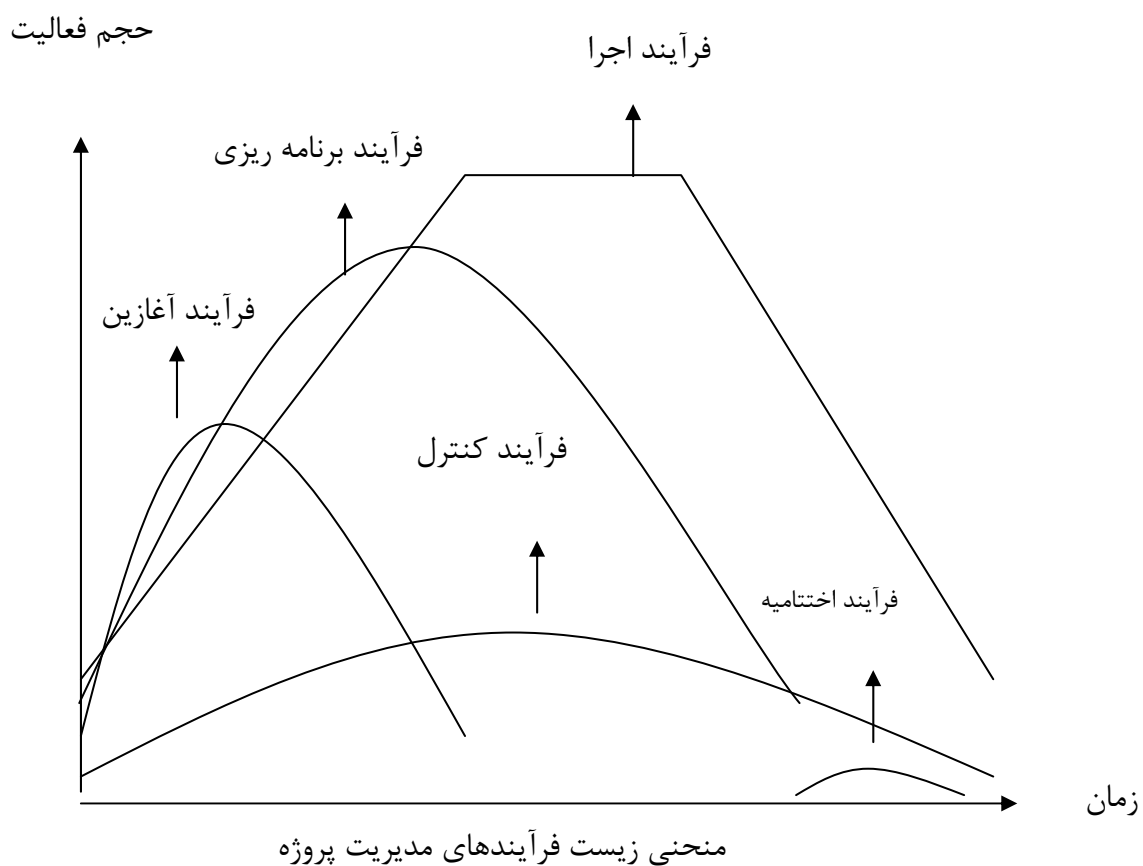
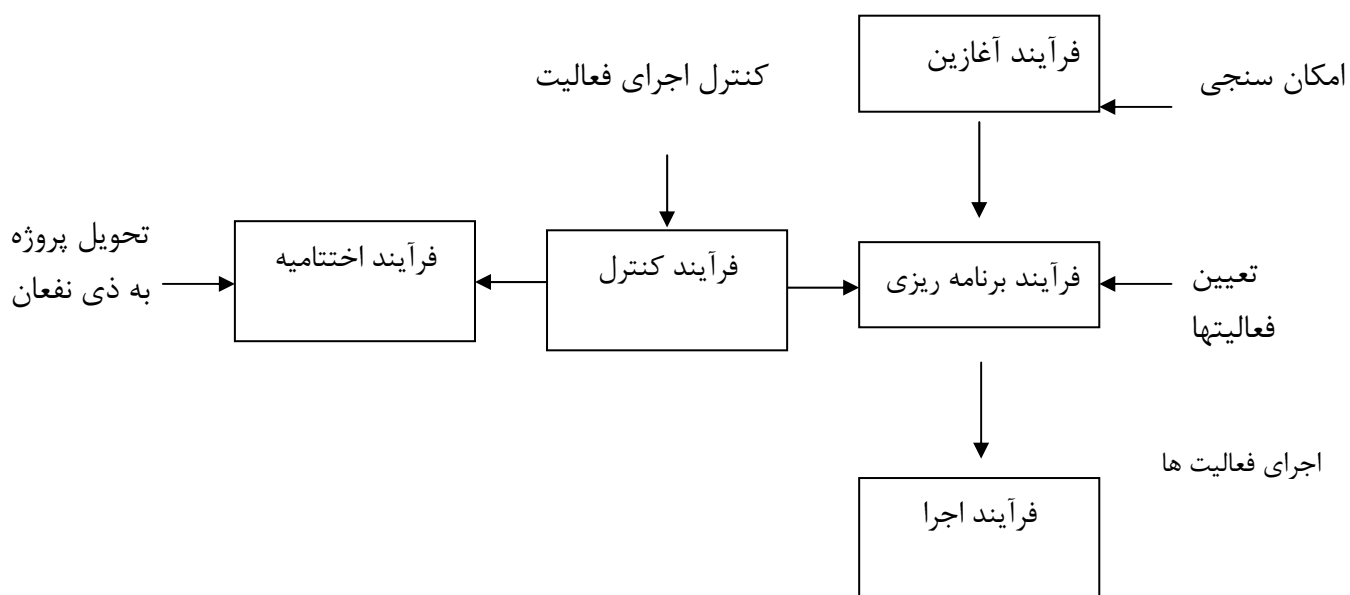
(۲) **سازمان ایجادکننده:** این سازمان وظیفه ی هدایت و کنترل پروژه را به عهده دارد.

نکته : اگر پروژه کشاورزی یا عمرانی باشد مهندسین صنایع تنها می توانند در سازمان ایجادکننده عضو شوند اما اگر پروژه صنعتی باشد مهندسین صنایع می توانند در هر دو سازمان عضو باشند.

ذی نفعان پروژه : فردی یا گروههای که از موفقیت پروژه سود می برند و از شکست آن زیان می برند را ذی نفعان پروژه گویند. اگر پروژه ملی باشد ذی نفعان ملت هستند اما اگر پروژه خصوصی باشد ذی نفعان سرمایه گذاران هستند.

فرآیندهای مدیریت و کنترل پروژه :

برای انجام پروژه ضرورت دارد که پنج فرآیند به ترتیب و درست اجرا می شود.



روش شناسایی پروژه : ضرورت دارد که چهارچوب کلی پروژه مشخص شود که از آن به عنوان روش شناسایی پروژه نام برده می شود و شامل مراحل زیر است:

* (۱) تدوین و تعریف مسئله : در این مرحله هدف و عنوان و موضوع پروژه و لزوم انجام آن تشریح می شود که ضرورت دارد ذی نفع یا نمایندگان ذی نفع در جلسه ای شرکت کرده و اطلاعات لازم جمع آوری شود.

* (۲) امکان سنجی : در این مرحله شرایط انجام پروژه از نظر اقتصادی اجتماعی سیاسی و زیست محیطی مورد بررسی قرار می گیرد.

* (۳) برنامه ریزی: در این مرحله ریزفعالیت های اجرایی که برای انجام پروژه ضرورت دارد مشخص می شوند و نیز تقدم و تاخر فعالیت ها مشخص می شود به عنوان مثال مقرر شده که کارخانه ی صنعتی در شهرک صنعتی کرمانشاه برای تولید قطعات خودرو احداث شود ما در برنامه ریزی ریزفعالیتها را به ترتیب زیر مشخص می کنیم.

(۱) جمع آوری اطلاعات کلیدی

(۲) طراحی محصول

(۳) تصمیم گیری در مورد ساخت یا خرید قطعات و ماشین آلات

(۴) طراحی فرآیند

(۵) طراحی برنامه

(۶) معرفی نحوه ی جریان مواد

(۷) تعیین نوع استقرار ماشین آلات

(۸) طراحی سیستم حمل و نقل و ...

*۴) اجرا : در این مرحله فعالیت های برنامه ریزی شده اجرا می شوند.

*۵) کنترل و نظارت: این مرحله همزمان با مرحله ی اجرا شروع می شود و در صورت عدم مغایرت پروژه به اتمام می رسد.

مراحل انجام پروژه درسی به عنوان کار عملی دانشجویان محترم:

۱) تدوین و تعریف مسئله و امکان سنجی پروژه

۲) برنامه ریزی پروژه

الف: تشکیل WBS

ب: رسم شبکه پروژه به یکی از روشها

ج: برآورد زمان، منابع، هزینه ها برای تک تک فعالیت ها

د: زمان بندی شبکه

ذ: تخصیص منابع

ر: تسطیح منابع

۳) تهیه نمودار گانت

۳) بیان پیشنهاداتی که منجر به انجام پروژه در زمان کوتاهتر یا با هزینه کمتر می شود.

چگونه یک پروژه را آغاز کنیم؟

این مرحله مهمترین مرحله ی انجام پروژه است که در صورت اشتباه صد در صد پروژه با مشکل و شکست مواجه می شود. این فرآیند شامل مراحل زیر است:

(۱) تهیه مستندات کسب و کار: در این مرحله ضرورت و لزوم انجام پروژه مشخص می شود که با تشکیل جلسه مدیر تعیین می شود و هدف و موضوع پروژه در قالب مستندات ارائه می شود.

(۲) انجام مطالعات و امکان سنجی : در این مرحله شرایط اقتصادی سیاسی زیست محیطی و فرصتها و تهدیدها مشخص می شود و نیز زمان و منابع و هزینه و سطح کیفیت موردنیاز مشخص می شود.

(۳) تهیه منشور پروژه : منشور پروژه در واقع مشخص کننده ی استراتژی ها و چشم اندازها، نیروها و تخصص های موردنیاز، مسئولیت ها و وظایف هر عضو، لزوم انجام پروژه، ذی نفعان پروژه، هدف پروژه می باشد که به صورت نوشتاری تهیه می شود.

(۴) تشکیل تیم پروژه : در این مرحله با توجه به مهارتها، تخصصهای موردنیاز برای انجام پروژه که در مرحله ی قبل توسط مدیرپروژه در قالب منشور پروژه مشخص شده گزینش و استخدام می شوند.

(۵) استقرار تیم پروژه : یک محیط فیزیکی به جهت برگزاری جلسات و برقراری ارتباطات بین اعضای تیم باید فراهم شود که برحسب شرایط می توان از محیط مجازی نیز استفاده کرد که در این صورت ارتباط از طریق تلفن و شبکه های مجازی برقرار می شود.

(۶) بررسی فرآیند آغازین : در این مرحله یک بررسی کلی از مراحل قبل انجام می شود و در صورت عدم وجود مشکل قراردادهای لازم منعقد می شود.

چگونه یک پروژه را برنامه ریزی کنیم؟

در این مرحله فعالیت های موردنیاز برای اجرای پروژه مشخص می شود و زمان لازم برای انجام هر فعالیت و منابع و هزینه ی موردنیاز برای انجام فعالیت مشخص می شود.

مرحله اول ← برنامه ریزی سازمان: در این مرحله وظایف هر کدام از اعضای تیم مدیریت و کنترل پروژه مشخص می شود و نمودار سازمانی پروژه و شرح وظایف هم تنظیم می شود.

مرحله دوم ← تعیین و تشخیص فعالیت های پروژه: فعالیت کوچکترین جزء عملیاتی پروژه است که برای انجام شدن نیاز به زمان، منابع، هزینه دارد برای تعیین فعالیت های پروژه از فن WBS استفاده می شود.

ساختار شکست کار WBS: Work Break down Structure

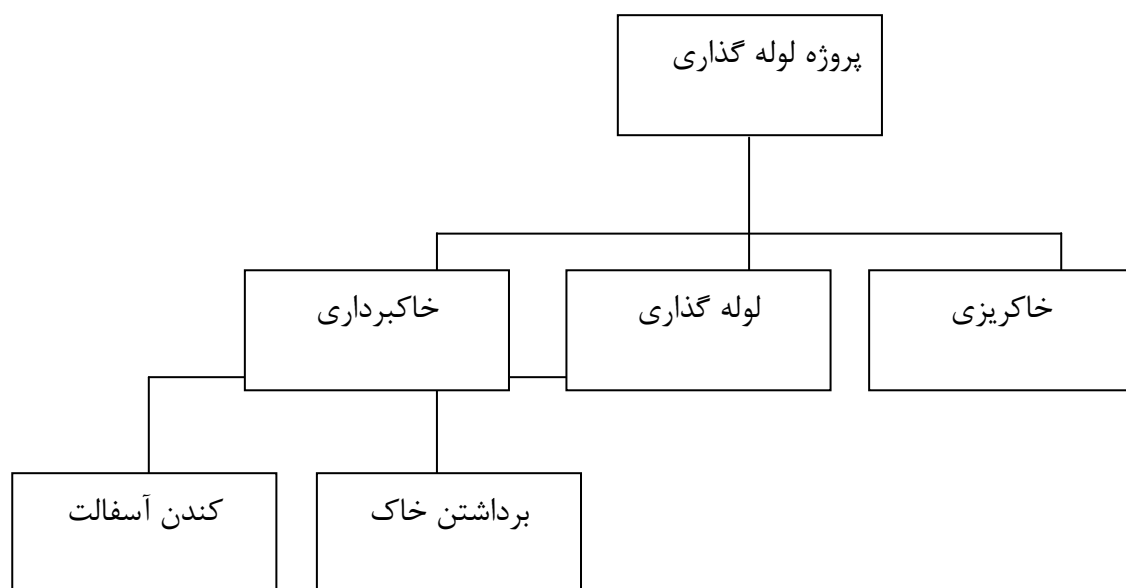
تشکیل WBS:

- براساس مراحل اجرایی پروژه

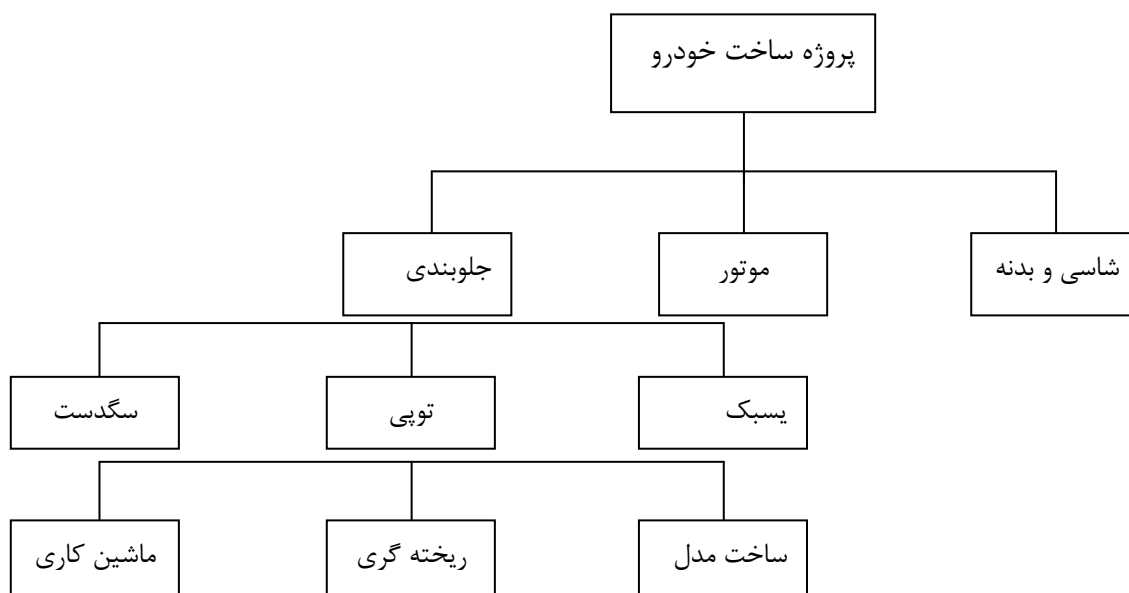
- براساس محصولات پروژه

- براساس واحدهای پروژه

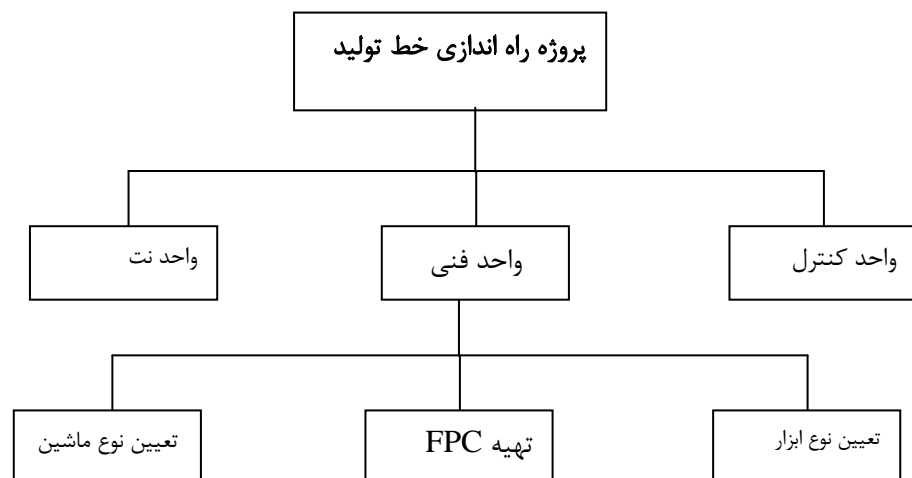
براساس مراحل اجرای پروژه



براساس محصولات پروژه



براساس واحد پروژه



تهیه WBS برای احداث یک پروژه صنعتی:

(۱) امکان سنجی

۱-۱ مطالعه بازار

۲-۱ مطالعات اقتصادی

۳-۱ مطالعات تکنولوژی

(۲) جمع آوری اطلاعات کلی و اساسی

(۳) طراحی محصول

(۴) تعیین قطعات ساختنی و خریدنی

(۵) طراحی فرآیند

(۶) طراحی برنامه [از محصول ما چه مقدار و در چه زمانی باید تولید کنیم]

(۷) معرفی نحوه جریان مواد

۸) تعیین نوع استقرار ماشین آلات

۹) طراحی سیستم حمل و نقل درونی و بیرونی.....

مرحله سوم ← تهیه شبکه پروژه : شبکه پروژه یک نمای گرافیکی است که فعالیت ها و روابط پیش

نیازی و پس نیازی آنها و تقدم و تأخر، را نمایش می دهد.

لازم است که به هر فعالیتی به ترتیب زیر یک کد اختصاص داده شود.

$A - B - \dots - Z$

$a_1 - b_1 - \dots - z_1$

$a_2 - b_2 - \dots - z_2$

$\vdots \quad \quad \quad \vdots$

$a_n - b_n - \dots - z_n$

کد فعالیت	عنوان فعالیت	فعالیت پیش نیاز	فعالیت پس نیاز
A	امکان سنجی		
A _۱	مطالعات بازار		
A _۲	مطالعات اقتصادی		
A _۳	مطالعات تکنولوژی		
B	جمع آوری اطلاعات کلی و اساسی	A _۱ - A _۲ - A _۳	C
C	طراحی محصول		
D	طراحی فرآیند		

احتمالی	قطعی	زمان / فعالیت
PERT	CPM	قطعی
Simulation	GERT	احتمالی

Critical Path Method روشهای رسم شبکه

- روش برداری (AOA)

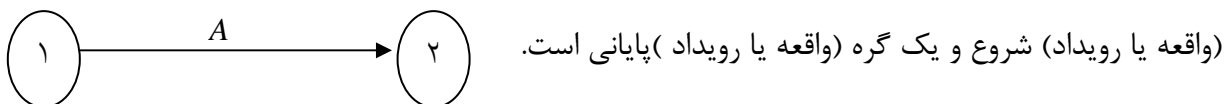
- روش گرهی (AON)

- روش همپوشانی (PN)

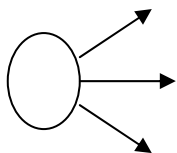
نکته: روش همپوشانی همان روش گرهی است اما دقیق تر و جزئی تر

روش رسم شبکه برداری (AOA) : Activity On Arc

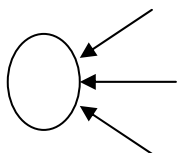
در رسم شبکه برداری برای نمایش فعالیت ها از بردار استفاده می شود که هر بردار دارای یک گره



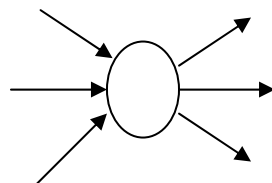
* اگر از یک گره چندین بردار خارج شود به آن گره جوششی گویند.



* اگر به یک گره چندین بردار ختم شود به آن گره پوششی گویند.



* اگر به یک گره چندبردار ختم شود و از آن چند بردار خارج شوند به آن گره مرکب گویند.



قوانین رسم شبکه های برداری :

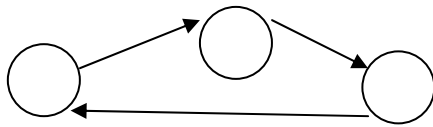
(۱) هر بردار نشان دهنده یک فعالیت است.

(۲) زمانی می توان فعالیت را رسم کرد که کلیه فعالیت های پیش نیاز آن رسم شده باشند.

(۳) طول بردار یا زاویه بردار نشان دهنده هیچ موضوع خاصی نیست.

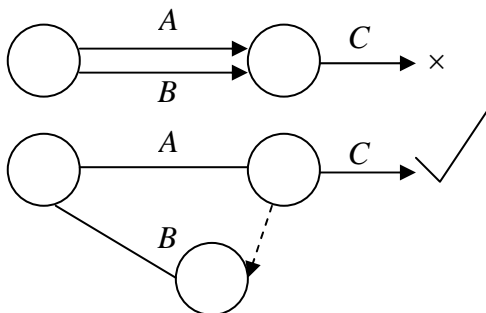
(۴) هیچکدام از گره ها نمی توانند شماره یکسان داشته باشند.

(۵) هر شبکه دارای یک گره شروع و یک گره پایان است.



(۶) درون شبکه نباید حلقه به وجود آید.

(۷) بردارها تا حد امکان باید یکدیگر را قطع نکنند.



(۸) بین دو گره یک بردار بیشتر نباید رسم شود.

برای برطرف کردن این مشکل از بردار مجازی استفاده می شود .

تمرین : چرا بین دو گره یک بردار بیشتر نباید رسم شود؟

بردار مجازی فعالیت نیست پس نیاز به زمان، منابع و هزینه ندارد صرفاً برای نمایش ارتباط بین

فعالیتها استفاده می شود. تا حد ممکن باید تعداد بردارهای مجازی را کم کرد.

تمرین : چرا تا حد ممکن باید تعداد بردارهای مجازی را کم کنیم؟

مثال : شبکه زیر را رسم کنید؟

F	E	D	C	B	A	فعالیت
B,C	A,B	A	-	-	-	پیش نیاز

K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	فعالیت
E	I	G	A	A	D	D	B	-	-	-	پیش نیاز
F	F					C					

مثال : شبکه زیر را رسم کنید؟

F	E	D	C	B	A	فعالیت
C	D	C	A	-	-	پیش نیاز
			B			

L	M	K	H	F	E	D	C	B	A	فعالیت
K	C	H	-	A	D	-	A	D	-	پیش نیاز
	E			H			B			

مثال : پروژه ای شامل ۱۴ فعالیت a, b, ..., n می باشد، روابطی که بین این فعالیتها وجود دارد در زیر آمده است با توجه به توضیحات شبکه را رسم کنید.

الف) فعالیت a اولین فعالیت است.

ب) فعالیت B, C می توانند به طور موازی و بلافاصله پس از فعالیت a انجام شوند.

ج) فعالیتهای F, E, D بعد از B انجام می گردند.

د) فعالیت j بعد از فعالیت E قابل انجام است.

ح) فعالیت h بعد از b انجام می شود ولی نمی توانند شروع شود مگر اینکه D کامل شوند.

ر) فعالیتهای i, j بعد از فعالیت g انجام می شوند.

ز) فعالیتهای f, j قبل از فعالیت k به اتمام می رسند.

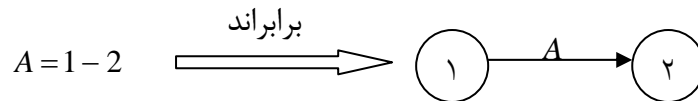
ط) انجام فعالیت L منوط به اتمام فعالیتهای i, k می باشند.

ظ) انجام فعالیت m منوط به انجام فعالیتهای K, L می باشند.

ک) فعالیت n آخرین (فعالیت پروژه) پس از اتمام فعالیتهای c, n قابل اجراست.

فعالیت	A	B	C	D	E	F	G	H
پیش نیاز	-	C	A	A	A	C	E	D

نکته:



مثال:

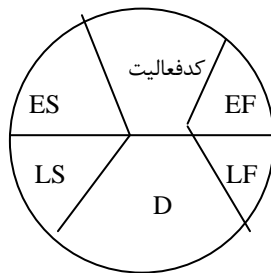
فعالیت	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
پیش نیاز	-	-	-	B, C	B, C	A	A, B	F	D, B	E	E	K, J	J, D	G, I	G, H

فعالیت	A	B	C	F	G	D	H	M	L
پیش نیاز	-	C	A	B	A	G	A	A	D

فعالیت	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
پیش نیاز	-	-	-	-	C	C	A	B	G	B	B	K, F	E

شبکه های گرهی: Activity On Node (AON)

ES	نام یا کد فعالیت	EF
LS	D	LF



مدت زمان انجام فعالیت Duration

زودترین زمان انجام فعالیت Earliest Start

زودترین زمان پایان Earliest Finish

دیرترین زمان شروع Latest Start

دیرترین زمان پایان Latest Finish

در رسم شبکه به روش گرهی شرایط همان شرایط رسم شبکه برداری است اما با ۲ شرط

(۱) نیاز به رسم بردار مجازی نداریم

(۲) بردارها فقط نشان دهنده روابط بین فعالیتها می باشند که اگر یکدیگر را قطع کنند ایرادی ندارد.

نکته: فعالیت داخل گره نمایش داده می شود.

مثال:

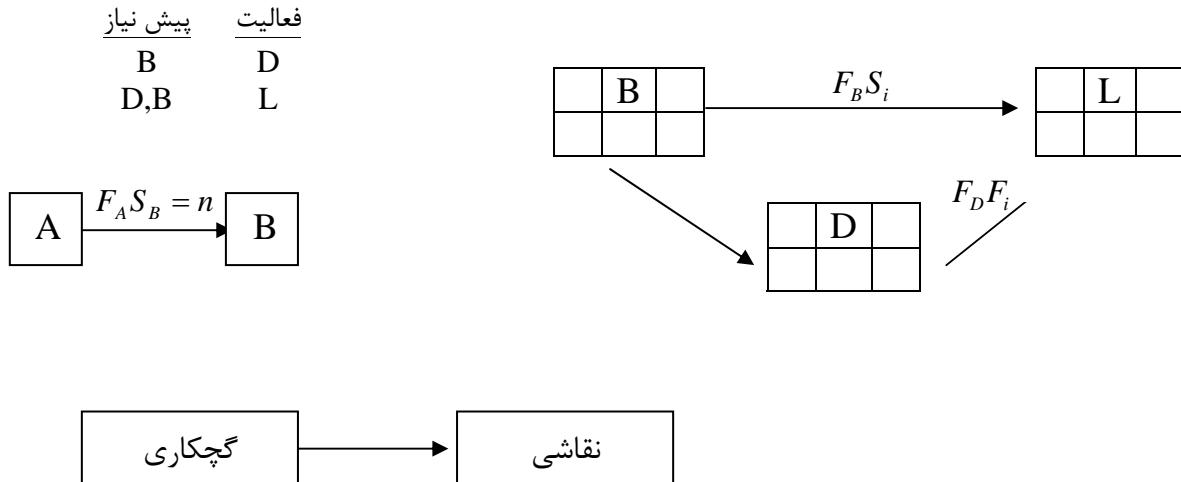
فعالیت	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
پیش نیاز	-	-	A	A	D	C,D	F	E	H	H,G
				B	E			G	I	

شبکه های هم پوشانی: (PN)Precedent Network

شبکه های هم پوشانی نوعی از شبکه های گرهی هستند که نوع رابطه ای که بین فعالیتها وجود دارد دقیق تر است . رابطه پیش نیازی به شرح زیر هستند :

۱- $F_A S_B = n$ (Finish to Start) این رابطه نشان می دهد که از پایان فعالیت A تا آغاز رابطه B

باید به اندازه n واحد زمانی گذشته باشد.



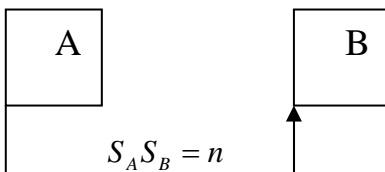
۲- $F_A F_B = n$ (Finish to Finish) این رابطه نشان می دهد که از پایان فعالیت A باید n واحد

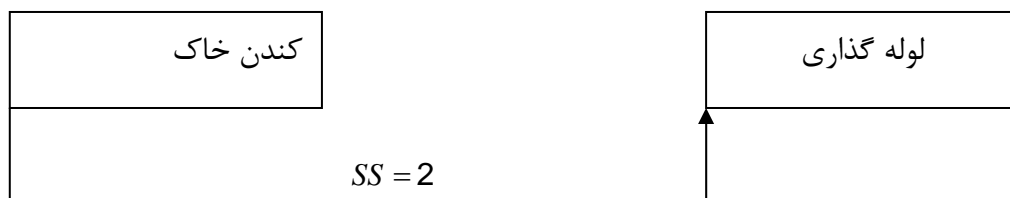
زمانی گذشته باشد که فعالیت B هم پایان پذیرد.



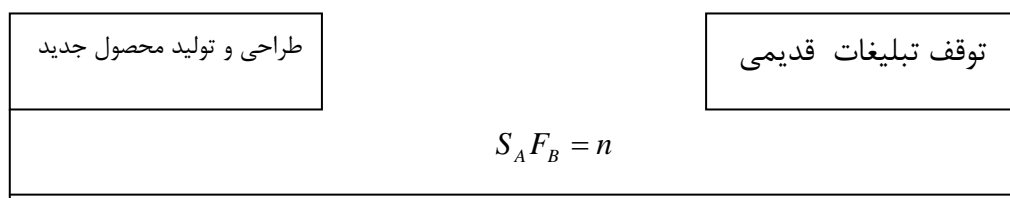
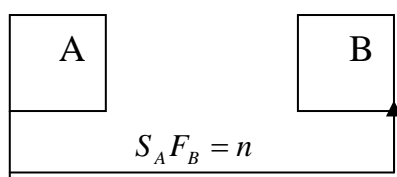
۳- $S_A S_B = n$ (Start to Start) این رابطه نشان دهنده این است که از شروع رابطه A، n واحد

زمانی گذشته باشد فعالیت B نیز می تواند شروع شود.





۴- $S_A F_B = n$ (Start to Finish) این رابطه نشان می دهد که از شروع فعالیت A باید به اندازه n واحد زمانی گذشته باشد فعالیت B باید تمام شود.



مثال:

نام فعالیت	A	B	C	D
پیش نیاز	-	-	A,B	B,C

مرحله چهارم زمان بندی و تعیین منابع «برآورد منابع، زمان، هزینه موردنیاز برای فعالیتهای پروژه»:

برآورد زمان، منابع، هزینه یکی از قسمتهای مهم در برنامه ریزی پروژه است.

راه اول: استفاده از داده های پیشین حاصل از پروژه های قبلی که در این روش تیم پروژه قبلاً پروژه های مشابه ای انجام دادند که با توجه به تشابه پروژه جدید می توان از اطلاعات پروژه های قبلی استفاده کرد.

راه دوم: استفاده از معیارها و شاخصها که در این روش به کمک شاخصهایی که در علم متره و ارزیابی کار در زمان با آنها آشنا شده ایم می توان زمان، هزینه و منابع را برآورد کرد.

راه سوم: استفاده از نظرات کارشناسان و افراد خبره که در این روش لازم است با افرادی که آشنایی به مراحل پروژه دارند مشورت کرده و از طریق آنها اطلاعات موردنظر را کسب کرد.

نکته: در برآوردها حوادث احتمالی و غیرقابل پیش بینی در نظر گرفته نمی شود.

نکته: معیاری که برای برآورد زمان و منابع استفاده می شود برای همه ی فعالیتهای موردنظر باید یکسان باشد.

ردیف	نام فعالیت	کد فعالیت	فعالیت پیش نیاز	مدت زمان لازم	منابع مورد نیاز	تعداد واحد منابع	هزینه لازم
					نیرو	تعداد واحد	
						۱۵ نفر ساعت	

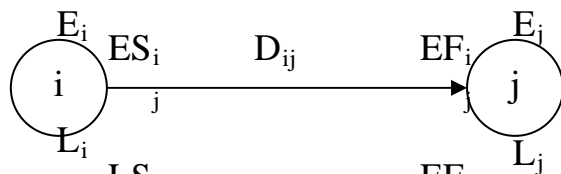
نکته : هزینه های مستقیم پروژه مربوط به نفر ساعت، ماشین آلات، مواد و مصالح می باشد.

مرحله پنجم زمان بندی شبکه:

زمان بندی شبکه برداری : برای زمان بندی شبکه ها از دو روش پیش رو و پس رو استفاده می شود.

روش پیشرو : در روش پیشرو زودترین زمانهای شروع و پایان هر فعالیت و نیز زودترین زمان شروع

گره ها محاسبه می شود.



E=Earliest زودترین زمان شروع گره

Es=Earliest Start زودترین زمان شروع فعالیت

EF=Earliest Finish زودترین زمان پایان فعالیت

LS=Latest Start دیرترین زمان شروع فعالیت

LF=Latest Finish دیرترین زمان پایان فعالیت

D= Duration مدت زمان فعالیت

مراحل روش پیشرو:

۱- $E_1 = 0$ برای گره آغازین زودترین زمان شروع را برابر صفر قرار می دهیم.

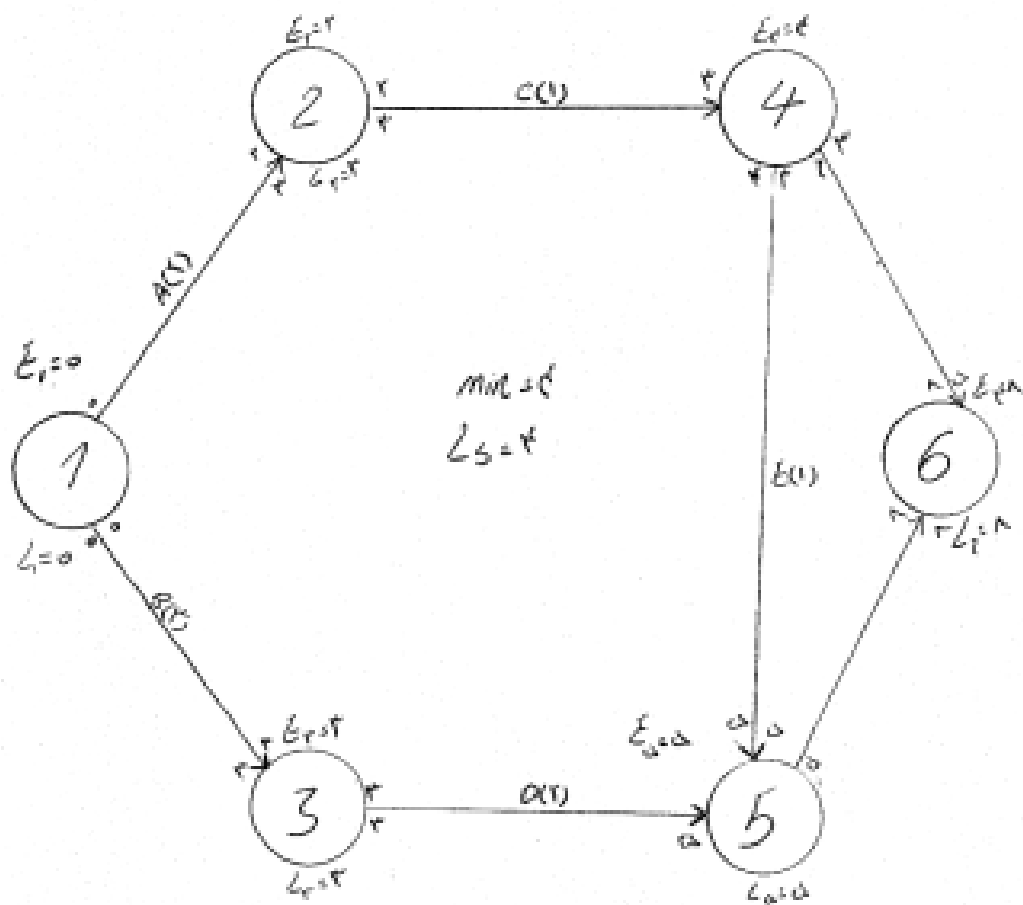
۲- $ES_{ij} = E_1 = 0$ برای فعالیت هایی که پیش نیاز ندارند ES را برابر صفر قرار می دهیم.

۳- $EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij}$ برای تمام فعالیتها زودترین زمان پایان برابر است با مجموع زودترین زمان

شروع + مدت زمان انجام

۴- $E_j = \text{Max}\{EF\}$ زودترین زمان شروع گره های بعدی برابر است با بزرگترین زودترین زمان پایان

فعالیتهای منتهی به آن گره



روش پسرو : در محاسبات روش پسرو دیرترین زمانهای شروع و پایان هر فعالیت و نیز دیرترین زمان وقوع هر گره حساب می شود.

مراحل روش پسرو:

۱- $L_j = E_j$ برای آخرین گره شبکه دیرترین زمان وقوع گره را برابر زودترین زمان وقوع گره پایانی در نظر می گیریم.

۲- $LF_{ij} = L_j$ برای فعالیت‌های منتهی به گره J دیرترین زمان پایان را برابر L_j قرار می‌دهیم.

۳- $LS_{ij} = LF_{ij} - D_{ij}$ برای تمامی فعالیت‌ها دیرترین زمان شروع برابر است با دیرترین زمان پایان منتهای

مدت زمان انجام

۴- $Li = \min\{LS\}$ برای گره‌های بعدی Li برابر با کمترین LS منشعب از آن

نکته : موقع زمان بندی شبکه حتماً باید حداقل یکی از فعالیت‌های آغازین {فعالیتی که پیش نیاز

ندارد} دارای ES و LS صفر باشد در غیراین صورت زمانبندی شبکه اشتباه انجام شده.

مثال :

فعالیت	A	B	C	D	E	F	G	H	I
پیش نیاز	-	-	-	A	B	D,E	B,C	F,G	H
زمان اجرا	۵	۳	۱۰	۷	۱۰	۵	۹	۴	۲

پیش نیاز	زمان اجرا	فعالیت
-	۲	Q
-	۳	R
Q	۲	A
A	۲	B
B	۳	C
B	۵	D
C	۶	E
R,B	۳	F
B	۲	G
F,G	۱	H
E,H	۲	I
I	۴	J
G,F,D	۵	K
J,K	۶	L
L	۱	M
J,K	۲	N
LN	۳	O
MO	۵	P

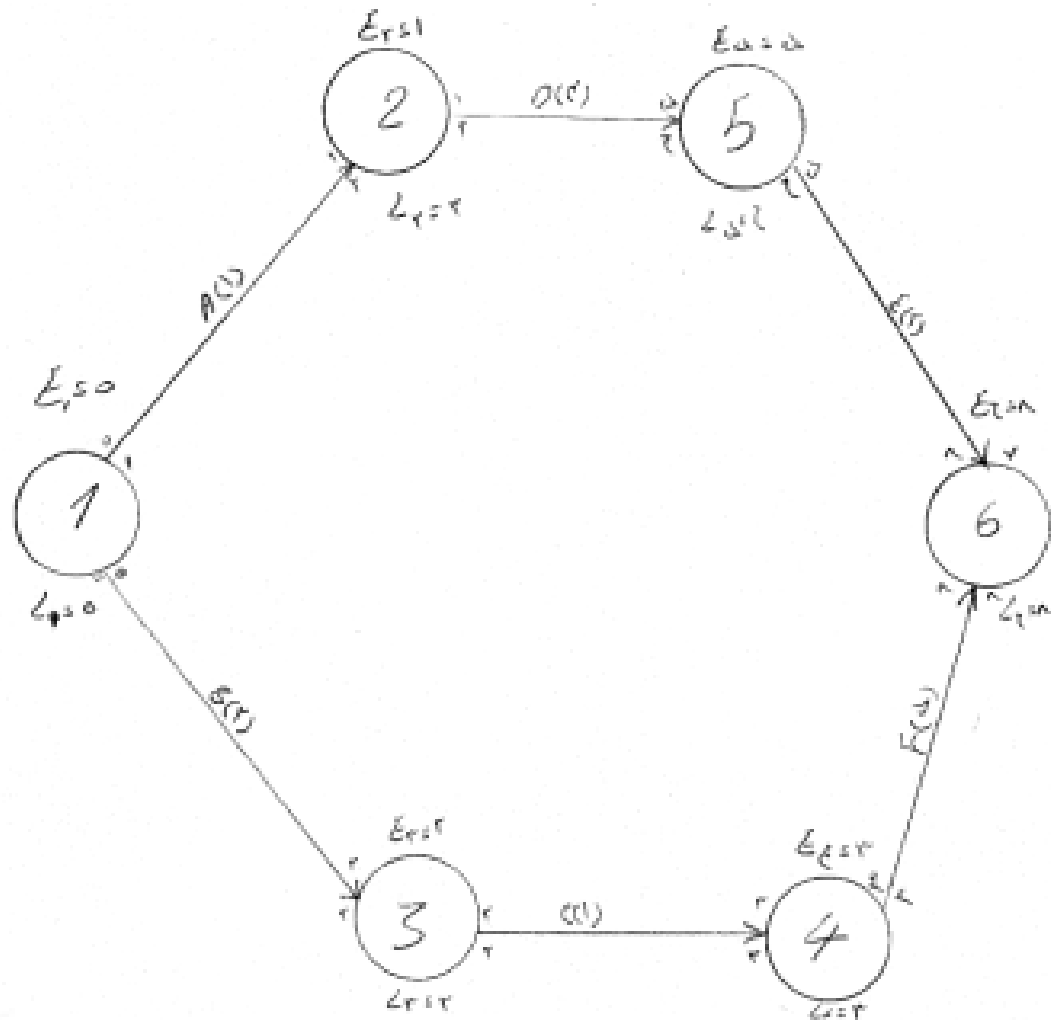
فعالیت بحرانی- مسیر بحرانی: فعالیتی که اختلاف بین زودترین زمان شروع و دیرترین زمان شروع و یا اختلاف بین دیرترین زمان پایان و زودترین زمان پایان آن صفر باشد فعالیت بحرانی نامیده می شود یعنی اینکه این فعالیت باید در تاریخ تعیین شده شروع شود.

$$(Total\ Float)TF=LS-ES-LF-EF=.$$

مسیر بحرانی : مسیری که تمامی فعالیت‌های آن بحرانی باشد را مسیر بحرانی گویند.

نکته: هر پروژه حداقل یک مسیر بحرانی دارد که طولانی ترین مسیر پروژه از نظر زمانی است و زمان لازم برای انجام آن با زمان اتمام پروژه برابر است.

گره بحرانی: گره های واقع بر مسیر بحرانی را گره های بحرانی گویند.



زودترین زمان اتمام پروژه برابر است با دیرترین زمان اتمام که در این مثال برابر ۸ است.

مسیر بحرانی: ۱-۳-۴-۶=۸

$$2+1+5=8$$

فرجه یا شناوری: هر فعالیت ۴ نوع شناوری به شرح زیر دارد:

(۱) شناوری کل : مقدار زمانی است که فعالیت می تواند به تعویق بیفتد بدون اینکه کل پروژه دچار تأخیر شود.

$$\text{Total Float} = \text{TF} = \text{LS}_{ij} - \text{ES}_{ij} = \text{LF}_{ij} - \text{EF}_{ij}$$

(۲) شناوری آزاد: حداکثر زمانی است که انجام فعالیت می تواند به تعویق بیفتد بدون اینکه فعالیتهای بعدی دچار تأخیر شوند یعنی فعالیتهای بعدی می توانند در زودترین زمان شروع مربوط به خود شروع شوند.

$$\text{Free Float} = \text{FF} = \text{E}_j - \text{EF}_{ij}$$

مثال:

$$\text{TF}_{2-5} = 2 - 1 = 6 - 5 = 1$$

$$\text{FF}_{2-5} = 5 - 5 = 0$$

(۳) شناوری مستقل: حداکثر زمانی است که فعالیت به تاخیر بیفتد بدون اینکه فعالیتهای بعدی دچار تأخیر شوند اگر فعالیتهای قبلی در دیرترین زمان انجام شده باشند.

$$\text{Independe Float} = \text{IF}_{ij} = \text{E}_j - \text{L}_i - \text{D}_{ij}$$

نکته: چون منفی شده پس صفر در نظر می گیریم $\text{IF}_{2-5} = 5 - 2 - 4 = -1$

۴) شنواری اطمینان: برابر حداکثر زمانی است که فعالیت می تواند به تعویق بیفتد بدون اینکه کل پروژه دچار تأخیر شود اگر فعالیت‌های قبل آن در دیرترین زمان به پایان رسیده باشد.

$$SF = \text{Safety Float} = SF_{ij} = L_j - L_i - D_{ij}$$

$$SF_{2-5} = 6 - 2 - 4 = 0$$

همیشه بین شنواریها روابط زیر وجود دارد:

$$SF_{ij} \leq TF_{ij}$$

$$IFI_{ij} \leq FF_{ij} \leq TF_{ij}$$

$$IFI_{ij} \leq SF_{ij} \leq TF_{ij}$$

طول مسیر : مجموع زمان فعالیت‌های تشکیل دهنده ی مسیر را طول مسیر گویند

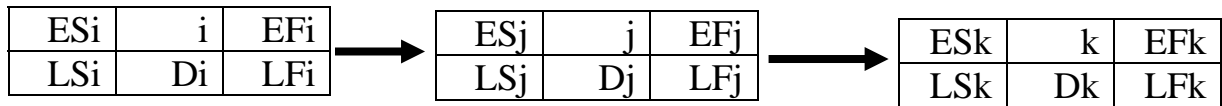
شنواری مسیر : برابر است با زمان اتمام پروژه منهای طول مسیر

$$\text{طول مسیر} = 1 - 2 - 5 - 6 = 1 + 4 + 2 = 7$$

$$\text{شنواری مسیر} = 1 - 2 - 5 - 6 = 8 - 7 = 1$$

تمرین: در اجرای پروژه بعضی مواقع شنواری منفی منظور می شود دلیل چیست؟

محاسبات زمان بندی در شبکه های گرهی :



از ۲ روش محاسبات پیش رو و پس رو استفاده می شود

محاسبات پیش رو:

(۱) برای گرههای آغازین $ES_i = 0$

(۲) برای تمامی گره ها $EF_i = ES_i + D_i$

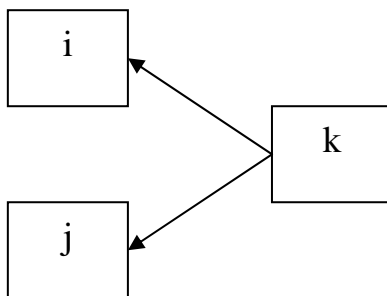
(۳) برای بقیه گره ها $ES_k = \max\{EF_i\}$

محاسبات پس رو :

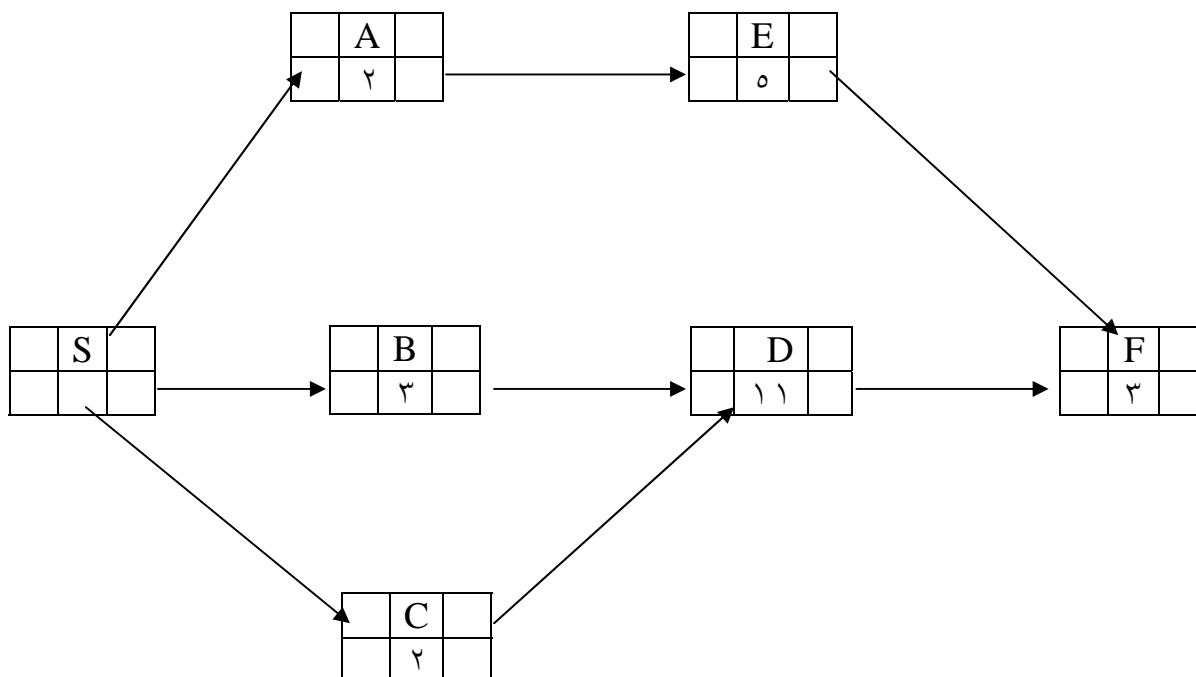
(۱) برای گره های پایانی $LF_k = EF_k$

(۲) برای سایر گره ها $LS_k = LF_k - D_k$

(۳) برای بقیه گره ها $LF_k = \min\{FS_j, LS_i\}$

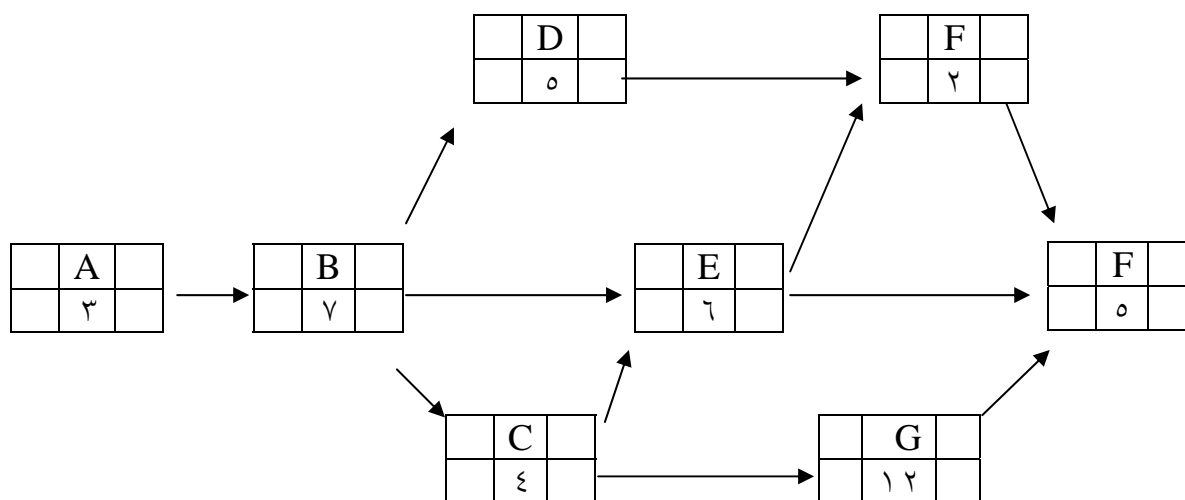


مثال : برای شبکه ای زیر محاسبات زمان بندی را انجام دهید.



مسیر بحرانی Start –B-D-F

مثال:



A-B-D-E-G-Finish

محاسبات شناوریها در شبکه های گرهی :

$$TF_j = LS_j - ES_j = LF_j - EF_j$$

$$FF_j = ES_k - EF_j$$

$$IF = ES_k - D_j - LF_j$$

اگر منفی شد = ۰

$$SF_j = LF_j - D_j - LF_i$$

محاسبه شناوریها برای فعالیت E برای مثال قبل:

$$TF_E = ۱۵ - ۱۵ = ۲۱ - ۲۱ = ۰$$

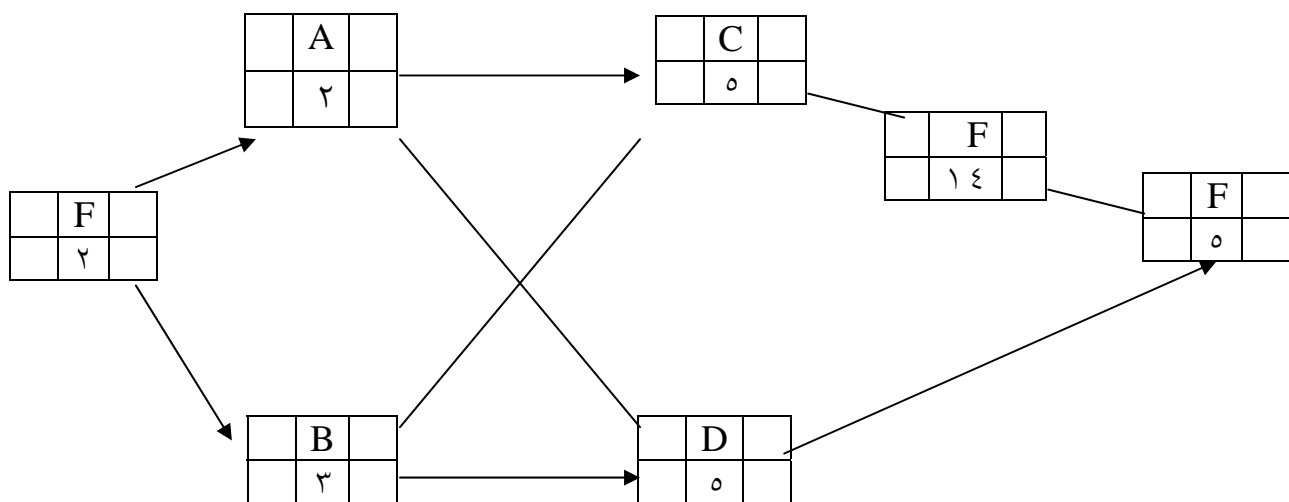
کوچکترین شروع بعدی است در اینجا هر دو مساوی هستند $TF_E = ۲۱ - ۲۱ = ۰$

$$TF_E = ۲۱ - ۶ - ۱۵ = ۰$$

$$SF_E = ۲۱ - ۶ - ۱۵ = ۰$$

تمرین :

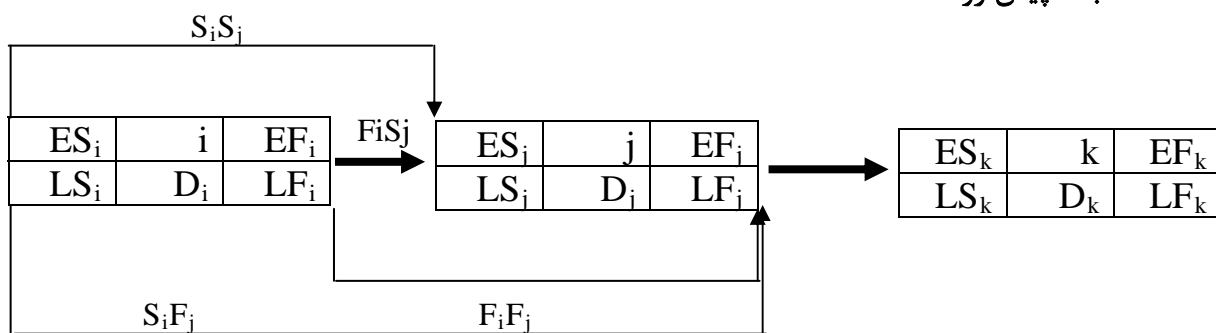
برای شبکه ای موردنظر محاسبات زمان بندی را انجام دهید و برای تمام فعالیتها هر ۴ نوع شناوری را حساب کنید.



محاسبه زمان بندی شبکه های PN :

این شبکه نمونه تکامل یافته ی شبکه های گرهی است و برای زمانبندی آن بازهم نیاز به محاسبات پیش رو و پس رو داریم.

محاسبات پیش رو :



$$ES_i = 0 \quad (1)$$

$$EF_i = ES_i + D_i \quad (2)$$

$$3) ES_j = \max \begin{cases} ES_j = ES_i + S_i S_j \\ ES_j = EF_i + F_i S_j \\ ES_j = EF_i + F_i F_j - D_j \\ ES_j = ES_i + S_i S_j - D_j \end{cases}$$