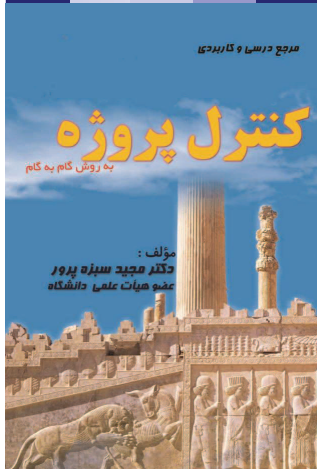


جایگاه این مبحث در میان سایر فازهای برنامه ریزی پروژه

## کنترل پروژه

فصل سوم : روش های نمایش توالی فعالیت ها



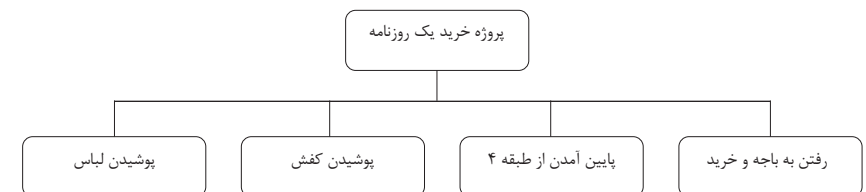
## نمودار گانت (Gantt Chart)

- نمودار گانت توسط هنری گانت (Henry L. Gantt, 1917) که پدر علم برنامه ریزی پروژه نام گرفته ابداع شد.



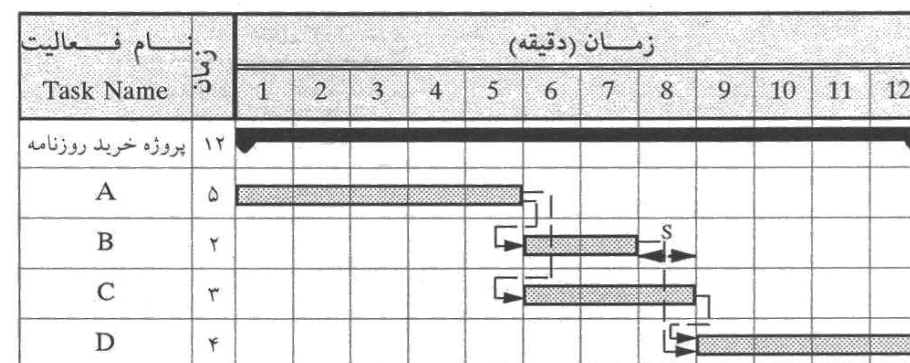
- نمودار گانت عمومی ترین وسیله برای نمایش برنامه های صنعتی است زیرا برای عموم افراد قابل فهم است، ولی وسیله مناسبی برای برنامه ریزی نیست.
- در این نمودار، فهرست فعالیتها از بالا به پایین (در سطرها) و جریان زمان از چپ به راست (در ستونها) نمایش داده می شود.
- زمان هر فعالیت بصورت یک میله افقی است که طول آن متناسب با مدت فعالیت است که در مقابل آن فعالیت نشان داده می شود.

**مثال:** پروژه ساده ای را در نظر بگیرید که در آن شخصی که منزلش در طبقه چهارم یک آپارتمان است قصد خرید یک روزنامه از بیرون منزل را دارد. فرض کنید WBS این پروژه به شرح زیر باشد



بنابراین با توجه به آخرین سطح WBS، فعالیت هایی که این شخص باید برای خرید روزنامه انجام دهد شامل چهار فعالیت به شرح اطلاعات جدول بعد است.

## نمایش نمودار گانت مثال خرید روزنامه



۶

## شرح و مشخصات فعالیت‌های مثال خرید روزنامه

پیشنیاز	زمان (دقیقه)	شرح فعالیت	کد فعالیت
-	۵	پوشیدن لباس	A
A	۲	پوشیدن کفش	B
A	۳	پایین آمدن از طبقه ۴	C
B,C	۴	رفتن به باجه و خرید	D

۵

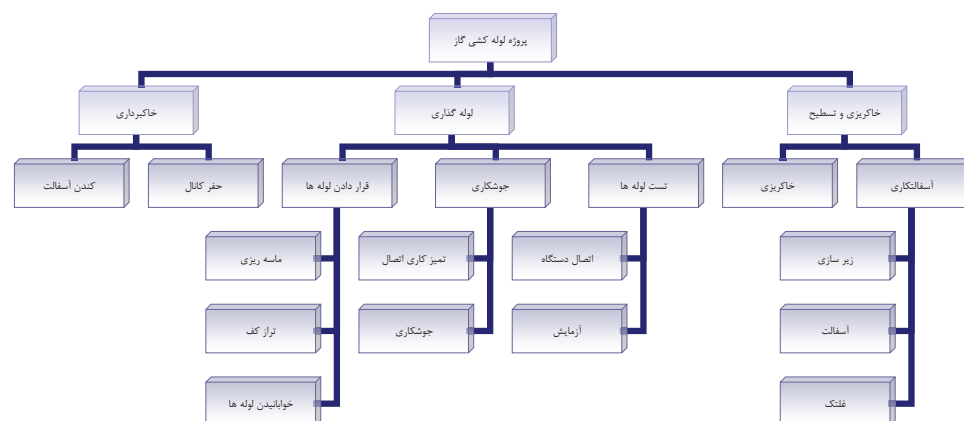
## تعیین روابط پیشنیازی ۱۳ فعالیت

پیشنیاز	نام فعالیت	شماره
--	کندن آسفالت	۳
۳	حفر کانال	۴
۴	ماسه‌ریزی	۷
۷	تراز کف	۸
۸, ۱۲	خوابانیدن لوله‌ها	۹
۴	تمیزکاری اتصال	۱۱
۱۱	جوش	۱۲
۹	اتصال دستگاه	۱۴
۱۴	آزمایش	۱۵
۱۵	خاکریزی	۱۷
۱۷	زیرسازی	۱۹
۱۹	آسفالت	۲۰
۲۰	غلتک	۲۱

۸

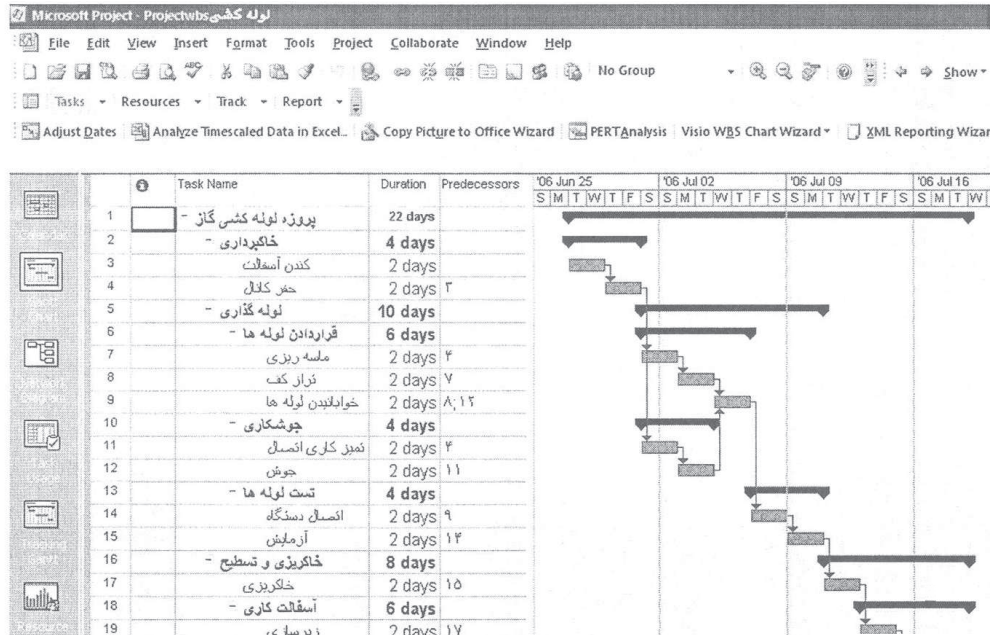
## نحوه وارد کردن فعالیت‌ها در نمودار گانت با ساختار WBS

شکل زیر ساختار شکست کار یک پروژه لوله کشی گاز است.  
روابط وابستگی یا پیش نیازی مابین ۱۳ فعالیتی که سطح بعدی ندارند تعیین می‌شوند.  
فرض کنید روابط پیش‌نیازی مابین این ۱۳ فعالیت به قرار جدول زیر باشد .



۷

## نمایش نمودار گانت پروژه لوله کشی گاز



## اشکالات نمودار گانت

- قبل از رسم نمودار باید تخمینی از طول هر فعالیت موجود باشد.
- اغلب پروژه ها آنقدر پیچیده اند که نمی توان از طریق نمودار گانت بطور موثری روابط بین فعالیتها را نشان داد و بازبینی روابط تقدمی در این پروژه ها بسیار مشکل است.
- نشان دادن اطلاعاتی نظیر زودترین زمانهای شروع و دیرترین زمانهای شروع بطور همزمان بر روی نمودار گانت بسیار مشکل است.
- نشان دادن شناوریها و مسیر بحرانی بدون افزودن نمادهای اضافی مشکل است.
- در صورت تغییر زمانبندی، نمودار گانت باید مجدداً رسم شود.
- امکان رسم چندین زمانبندی در یک نمودار گانت وجود ندارد.
- تخصیص منابع از طریق نمودار گانت کار ساده ای نیست.
- امکان نمایش ریسکها در این نمودار وجود ندارد.

۱۰

## مدلسازی پروژه (تهیه شبکه پروژه)

- یک پروژه متشکل از تعدادی واقعه (Event) یا فعالیت (Activity) است که باید بر اساس روابط تقدمی بین آنها اجرا شوند.
- فعالیت:** کوچکترین واحد کنترل در نمودار WBS بوده که سطح بعدی نداشته و دارای زمان بوده و ممکن است نیازمند منابع و هزینه نیز باشد.
- واقعه (رویداد):** یک لحظه زمانی را تشکیل می دهد و فقط برای نمایش شروع و پایان فعالیت بوده و احتیاج به زمان و هزینه و منابع کاری و مصرفی ندارد.
- وابستگی:** دو فعالیت که از نظر فیزیکی و تکنولوژیکی انجام آنها به هم مرتبط باشد را دو فعالیت وابسته می گویند و رابطه بین آنها را رابطه تقدمی (پیش نیازی) می نامند.
- با توجه به این که شبکه ها دارای قابلیت های محاسباتی قدرتمندی بوده و با تغییر عناصر زمان، منابع و هزینه شکل شبکه ثابت می ماند، متداول ترین ابزار نمایش و تحلیل فعالیت های پروژه، شبکه پروژه است که بر دو نوع می باشد:
  - شبکه های گرهی (AON)
  - شبکه های برداری (AOA)

**نکته:** از آنجایی که اقلام قابل تحویل به فعالیت های مرتبط شکسته شده اند، لازم نیست در شبکه نمایش داده شوند.<sup>۱۱</sup>

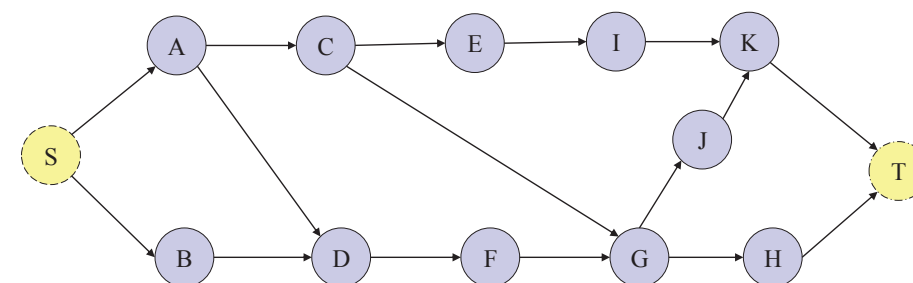
## شبکه های گرهی (AON)

- در شبکه های AON هر گره بیانگر یک فعالیت و هر یال بیانگر یک رابطه تقدمی (پیش نیازی) بین دو فعالیت شروع و پایان آن است.
- در شبکه های AON فقط دو فعالیت مجازی وجود دارد که بیانگر شروع و خاتمه پروژه هستند.
- هر پروژه فقط یک شبکه گرهی منحصر به فرد دارد.

۱۲

## مشخصات فعالیت‌ها و شبکه گرهی معادل

پیشنیاز	فعالیت	پیشنیاز	فعالیت
C,F	G	-	A
G	H	-	B
E	I	A	C
G	J	A,B	D
I,J	K	C	E
		D	F

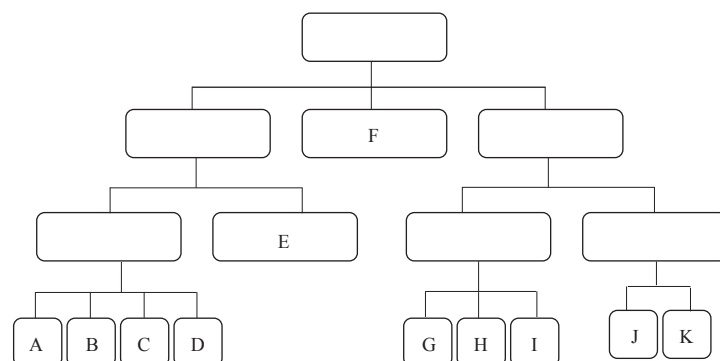


۱۳

۱۴

## مثال:

نمودار WBS زیر را در نظر بگیرید. تعداد فعالیت‌ها در این نمودار ۱۰ تا است



## شبکه‌های برداری (AOA)

- در شبکه‌های AOA فعالیت‌ها از طریق یال‌های جهت‌دار و وقایع از طریق گره‌ها نشان داده می‌شوند.
- در شبکه‌های برداری دو نوع واقعه (رویداد) وجود دارد
  - واقعه شروع
  - واقعه پایان



۱۵

## چند نکته

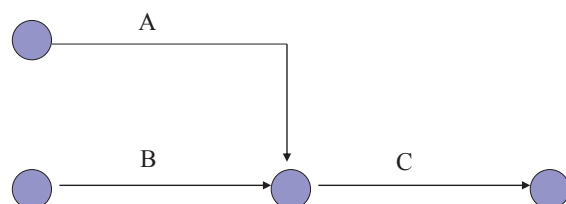
- شبکه‌های AOA منحصر به فرد نیستند.
- طول پیکان نشان‌دهنده هیچ مشخصه‌ای از فعالیت نمی‌باشد و فقط با توجه به موقعیت آن در شبکه و آسانی رسم ممکن است کوتاه‌تر یا بلندتر رسم شود.
- جهت پیکان نشان‌دهنده جهت پیشرفت زمان، صرف هزینه یا کاربرد منابع کاری برای فعالیت بوده و حالت برداری ندارد.
- برای شناسایی یک فعالیت می‌توان به سه طریق زیر عمل کرد:
  - نوشتن شرح فعالیت روی پیکان
  - نوشتن کد فعالیت روی آن
  - شناسایی آن به وسیله شماره‌های رویداد شروع و رویداد ختم، مثلاً بخوانیم فعالیت  $a-j$

۱۶

## قواعد رسم شبکه های برداری (AOA)

### قاعده اول

برای شروع یک فعالیت، کلیه فعالیت های پیشینازی آن باید به اتمام رسیده باشند. در شبکه زیر مادامی که فعالیت های A و B به اتمام نرسیده اند، فعالیت C نمی تواند شروع شود. فعالیت های A و B فعالیت های پیشینازی فعالیت C هستند.



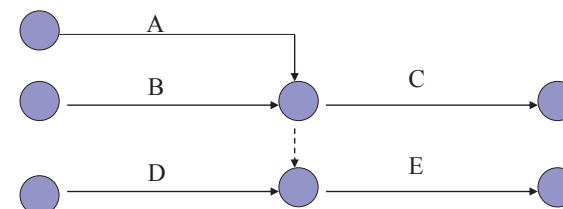
بنابراین در ترسیم شبکه برداری، ابتدا فعالیت هایی را رسم کنید که پیش نیاز ندارند و یا پیش نیاز آنها رسم شده باشد.

۱۷

### قاعده دوم

در هنگامی که شروع فعالیتی مستلزم اتمام یک یا چند فعالیت دیگر باشد و رابطه ای بین این فعالیت ها وجود نداشته باشد از یک فعالیت مجازی استفاده می کنیم که به صورت خط چین نمایش داده می شود.

در شکل زیر اگر بخواهیم علاوه بر فعالیت D فعالیت های A و B را نیز پیش نیاز فعالیت E قرار دهیم، تنها راه ممکن استفاده از فعالیت مجازی است.



۱۸

### فعالیت مجازی

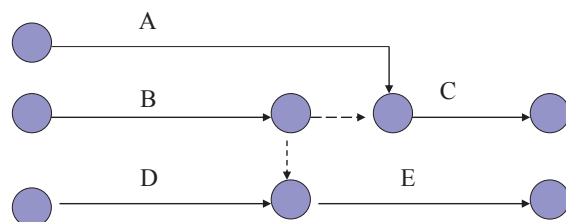
فعالیتی که نیاز به منبعی ندارد، زمان آن صفر است و فقط برای نمایش رابطه بین فعالیت ها از آن استفاده می شود.

در صورتی که روابط شبکه قبل به صورت زیر تغییر پیدا کند:

شروع فعالیت E بعد از اتمام فعالیت های B و D

شروع فعالیت C بعد از اتمام فعالیت های A و B

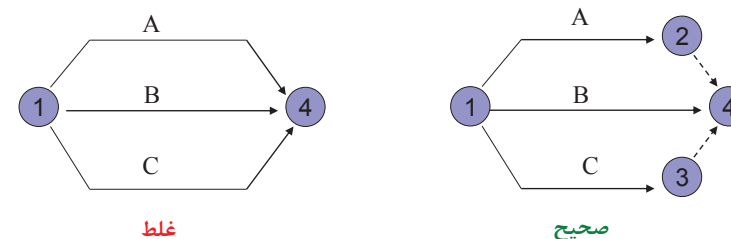
خواهیم داشت:



۱۹

### قاعده سوم

بین هر دو رویداد تنها رسم یک فعالیت مجاز است. برای رفع این اشکال می توان از فعالیت های مجازی استفاده کرد.

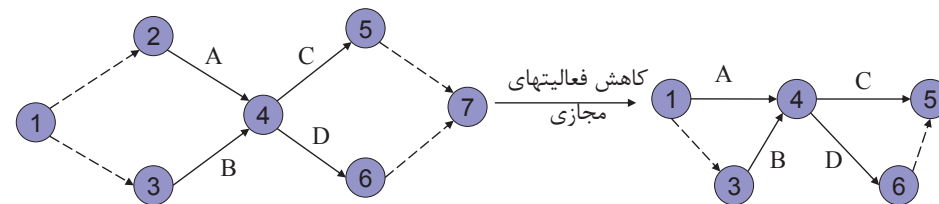


۲۰

### قاعده پنجم

هر شبکه تنها یک رویداد شروع و یک رویداد پایان دارد. گاهی اوقات جهت حفظ این شرط از فعالیت‌های مجازی استفاده می‌کنیم.

در شکل زیر چهار فعالیت حقیقی A، B، C و D وجود دارند بطوریکه قبل از شروع فعالیت‌های C و D هر دو فعالیت A و B باید پایان یابند.



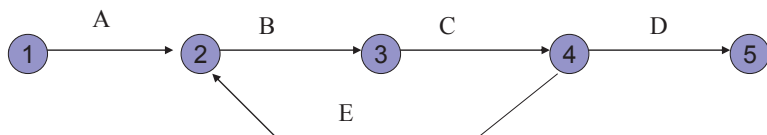
لازم به ذکر است که قواعد سوم، چهارم و پنجم مربوط به کامپیوتری کردن شبکه می‌باشد.

۲۲

### قاعده چهارم

شماره رویداد پایان یک فعالیت همیشه باید بیشتر از شماره رویداد شروع آن باشد. یعنی اگر شماره رویداد شروع  $i$  و شماره رویداد پایان  $j$  باشد همیشه باید  $(i < j)$  رعایت شود.

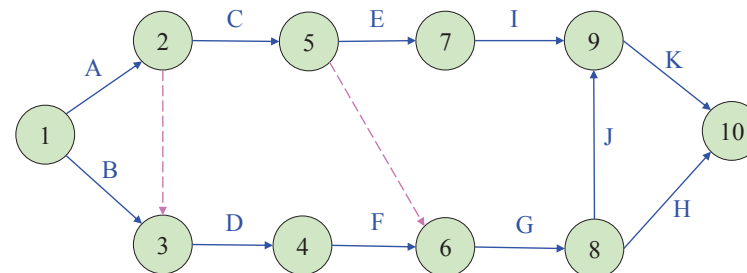
رعایت این نکته باعث جلوگیری از ایجاد حلقه می‌شود.



۲۱

### مشخصات فعالیت‌ها و شبکه برداری معادل

پیشنیاز	فعالیت	پیشنیاز	فعالیت
C, F	G	-	A
G	H	-	B
E	I	A	C
G	J	A, B	D
I, J	K	C	E
		D	F



۲۴

### ترسیم شکل نهایی شبکه

در ترسیم یک شبکه باید سعی شود از حداقل فعالیت‌های مجازی استفاده شود و شکل شبکه باید تا حد ممکن ساده باشد.

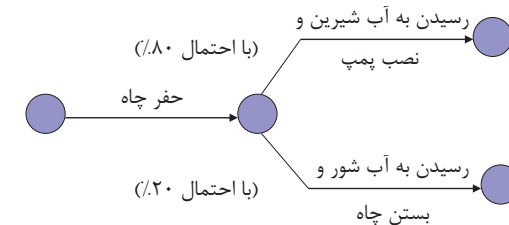
مثال: قبل که شبکه گرهی آن رسم شد.

پیشنیاز	فعالیت	پیشنیاز	فعالیت
C, F	G	-	A
G	H	-	B
E	I	A	C
G	J	A, B	D
I, J	K	C	E
		D	F

۲۳

## فرضیات مدل برنامه ریزی شبکه ای برداری قطعی

- شروع و پایان کار باید قابل تشخیص باشد.
- برای انجام یک فعالیت، کلیه فعالیت های پیشینازی آن باید انجام شده باشد.
- برای تولید پیوسته مناسب نیست.
- زمان فعالیتها قطعی است نه احتمالی.
- در رسم شبکه، شروع فعالیتها قطعی فرض می شود و شبکه ای مانند شکل زیر قابل قبول نمی باشد.



۲۶

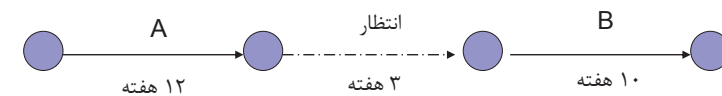
## تمرین

جدول زیر روابط بین فعالیتهای یک پروژه را نشان می دهد. شبکه گرهی و برداری متناظر را رسم کنید.

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

۲۵

- مدت توقف کارها، مدت انتظار دریافت مواد اولیه و یا فاصله زمانی بین کارها را نیز می توان بصورت بردار در شبکه نشان داد.

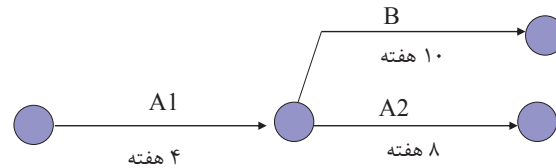


- در فصل های بعد خواهیم دید که اکثر این محدودیتها توسط سایر تکنیکها مثل PERT,PN و GERT بر داشته می شود.

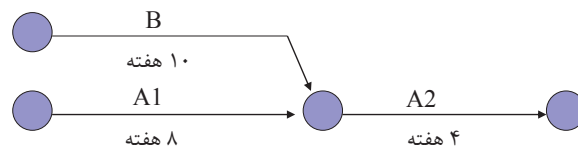
۲۸

- یک فعالیت نمی تواند مانع از انجام فعالیت دیگر شود و یا آن را متوقف کند. در چنین مواردی باید فعالیت ها را به دو قسمت تقسیم کرد. برای نمونه:

- اگر فعالیت A ۱۲ هفته و فعالیت B ۱۰ هفته طول بکشد به شرطی که شروع B ۴ هفته بعد از شروع A باشد باید فعالیت A را به دو قسمت تقسیم کنیم.

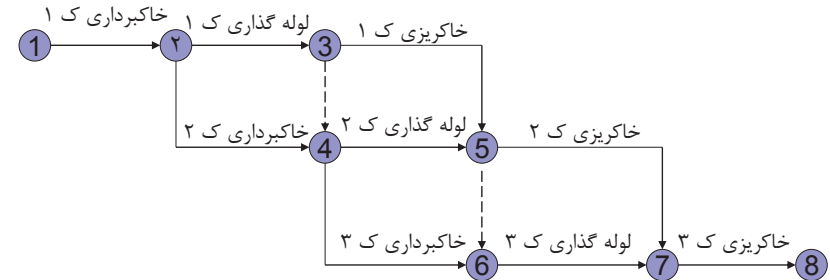


- به همین ترتیب اگر B ۸ هفته بعد از شروع فعالیت A پایان پذیرد آنرا به شکل زیر نشان می دهیم:



۲۷

حال اگر فعالیتهای کیلومتر ۳ را نیز با همین شرایط به مجموعه اضافه کنیم به نظر می رسد نمودار زیر درست است:



#### چند اشتباه منطقی

- خاکریزی ک ۱ پیش نیاز لوله گذاری ک ۳ است.
- لوله گذاری ک ۱ پیش نیاز خاکبرداری ک ۳ است.

برای تصحیح این اشتباهات باید از فعالیت های مجازی استفاده نمود:

۳۰

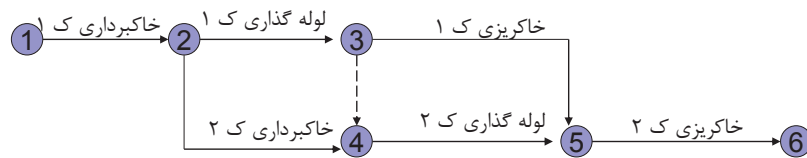
**مثال:** برای لوله کشی مسافتی بطول ۲ کیلومتر عملیات زیر لازم است:

۱-خاکبرداری یا حفر کانال

۲-لوله گذاری در کانال

۳-خاکریزی یا پر کردن کانال

برای هریک از عملیات تنها یک گروه کاری وجود دارد. به منظور تسریع در عملیات، مسافت ۲ کیلومتر را به دو قسمت کیلومتر ۱ و کیلومتر ۲ تقسیم می کنیم. با توجه به روابط فعالیت ها شبکه زیر می تواند رسم شود.



۲۹

## نوع یا ماهیت وابستگی ها

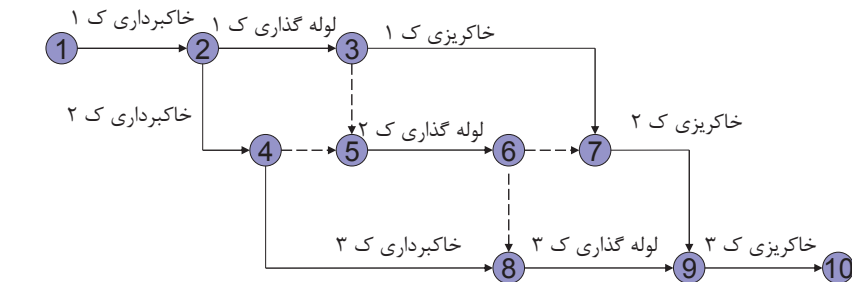
### وابستگی های طبیعی

- فعالیتها به طور منطقی و طبیعی به هم وابسته هستند. مثلاً در یک پروژه لوله کشی فاضلاب تا زمانیکه خاکبرداری انجام نشود لوله گذاری نمی تواند شروع شود. این دو فعالیت به طور طبیعی وابسته اند.

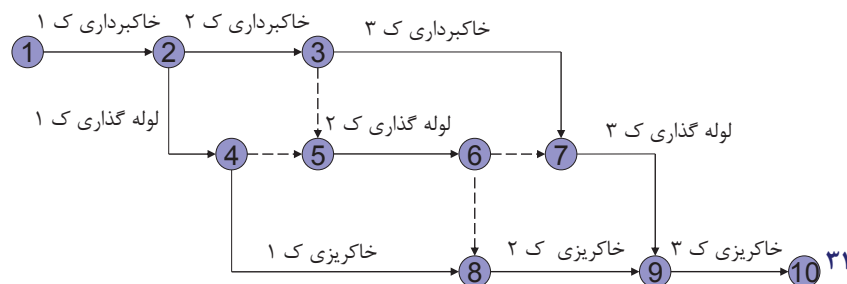
### وابستگی های امکانی

- این نوع وابستگی به دلیل محدودیت در منابع یا امکانات در دسترس ایجاد می شود. برای نمونه در مثال قبل از لحاظ منطقی، خاکریزی کیلومتر ۲ ربطی به خاکریزی کیلومتر ۱ ندارد اما از آنجاکه برای هر یک از عملیات تنها یک گروه کاری وجود دارد، خاکریزی کیلومتر ۲ وقتی می تواند شروع شود که خاکریزی کیلومتر ۱ تمام شده باشد.

۳۲



می توان شبکه فوق را به شکل زیر نیز رسم نمود. بنابر این شکل ظاهری شبکه های برداری منحصر بفرد نیست.



۳۱



## کاربردهای برنامه ریزی شبکه ای

- برنامه ریزی تعمیرات و بازسازی
- برنامه ریزی بناسازی
- برنامه ریزی فرایند های ساخت محصول ثابت
- برنامه ریزی فرایند های ساخت کارگاهی و مونتاژ
- برنامه ریزی مراحل طراحی
- برنامه ریزی عملیات قبل از تولید
- برنامه ریزی بازاریابی
- بالانس خط تولید

۳۴

## انتخاب نوع شبکه

- با توجه به سادگی رسم و قدرت نمایش انواع روابط وابستگی در شبکه های گرهی، امروزه اکثر نرم افزارهای کامپیوتری شبکه ها را به این فرم نمایش می دهند.
- قدرت محاسباتی شبکه های برداری و درک محاسبات توسط آنها باعث شده تا هنوز هم پایه بسیاری از مقالات جدید علمی در زمینه زمانبندی پروژه ( Project Scheduling) باشند.
- الگوریتمهای کامپیوتری ایجاد شده است که قادرند یک شبکه گرهی را به یک شبکه برداری و یا بالعکس تبدیل کنند.
- نمایش فعالیتها در شبکه های PERT و GERT بصورت برداری و در شبکه های PN بصورت گرهی است.

۳۳

## مزایای برنامه ریزی شبکه ای

- شبکه، یک الگوی کاری است که با کمی توضیح برای همه قابل فهم است.
- با یک شبکه به سرعت می توان وسعت تمام پروژه ها را ملاحظه کرد.
- مشکلات کار قبل از آنکه اتفاق بیفتد روی کاغذ حل می شود.
- امکان فراموش شدن و از نظر افتادن کارها کاهش می یابد.
- تمام کارهای پیشنهادی یک کار سریعاً مشخص می شود.

۳۶

## نکات مهم برای مطرح کردن برنامه ریزی شبکه ای در یک سازمان

- برنامه ریزی شبکه ای یک وسیله جامع نیست.
- برنامه ریزی شبکه ای هیچ مساله ای را به تنهایی حل نمی کند.
- شبکه باید ساده طرح شود تا برای همه قابل فهم باشد.

۳۵