

## مزایای عمده بکارگیری تهیه برنامه زمانبندی و کنترل پروژه

- انجام سریع و موثر پروژه ها
- صرفه جوئی و کاهش هزینه ها
- اعمال مدیریت و اتخاذ تصمیم درست
- افزایش کارائی
- جلوگیری از تاخیر در انجام پروژه ها
- تعیین دقیق مسئولیتها و وظایف
- تامین اطلاعات مورد نیاز و متناسب
- حساس سازی فعالیتها و تعیین اولویتها
- دستیابی به اهداف کمی و کیفی پروژه ها

۲

بنام خدا

## کنترل پروژه فصل چهارم: محاسبات زمانی (روش مسیر بحرانی)

## مدیریت زمان پروژه



۴

## فرآیندهای مدیریت زمان پروژه

- تعریف فعالیتها:** فرآیند شناسایی اقدامات خاصی که باید انجام شود تا تحویل شدنی های پروژه تولید گردند.
- ترتیب فعالیتها:** فرآیند شناسایی و مستندسازی روابط بین فعالیتهای پروژه است.
- برآورد منابع فعالیتها:** فرآیند برآورد نوع و مقادیر مصالح، افراد، تجهیزات و ملزومات مورد نیاز جهت هر یک از فعالیتهاست.
- برآورد مدت زمان فعالیتها:** فرآیند تقریب زدن تعداد دوره های کاری مورد نیاز برای تکمیل فعالیتها با منابع برآورد شده است.
- توسعه زمانبندی:** فرآیند تحلیل توالیهای فعالیتها، مدت زمانها، الزامات منابع و محدودیتهای زمانبندی در راستای ایجاد زمانبندی پروژه است.
- کنترل زمانبندی:** فرآیند نظارت بر وضعیت پروژه در راستای بروز رسانی پیشرفت پروژه و مدیریت تغییرات در خط مبنای زمانبندی است.

۳

یک فرض مهم: در ابتدا فرض بر این است که روابط بین فعالیتها از نوع شروع به پایان (FS) می باشد. به عنوان مثال، اگر فعالیت A پیش نیاز فعالیت B است، فعالیت B به محض اتمام کامل فعالیت A می تواند شروع شود.

نمادها:

$n$  : تعداد فعالیتها با اندیس شمارنده  $j (j=1,2,...,n)$

$d_j$  : طول فعالیت  $j$

$ES_j$  : زمان شروع فعالیت  $j$

$EF_j$  : زمان پایان فعالیت  $j$

$LS_j$  : زودترین زمان شروع فعالیت  $j$  (Earliest Start Time)

$LF_j$  : زودترین زمان پایان فعالیت  $j$  (Earliest Finish Time)

$LS_j$  : دیرترین زمان شروع فعالیت  $j$  (Latest Start Time)

$LF_j$  : دیرترین زمان پایان فعالیت  $j$  (Latest Finish Time)

$Pred(j)$ : مجموعه فعالیتهای پیشنیاز (مستقیم) فعالیت  $j$  (Predecessor)

$Suc(j)$ : مجموعه فعالیتهای پسنیاز (مستقیم) فعالیت  $j$  (Successor)

## تقسیم بندی روشهای زمانبندی

□ زمانبندی پروژه بدون محدودیت منابع

■ زمان اجرای فعالیتها و روابط وابستگی بین آنها قطعی (CPM)

■ زمان اجرای فعالیتها غیرقطعی اما روابط وابستگی بین آنها قطعی (PERT)

■ زمان اجرای فعالیتها و روابط وابستگی بین آنها غیرقطعی (GERT)

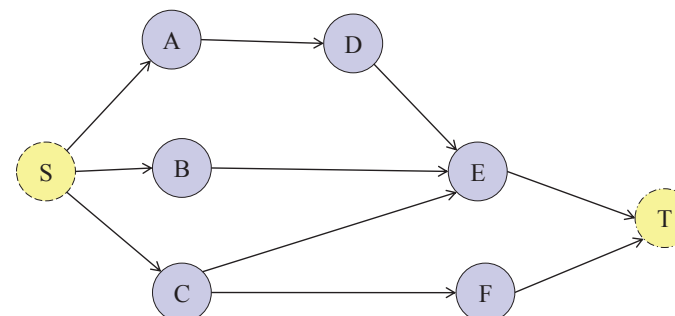
□ زمانبندی پروژه با محدودیت منابع

■ تسطیح منابع

□ زمانبندی پروژه با روشهای اجرای مختلف برای فعالیتها (تبادلات هزینه - زمان و منبع - زمان)

## مثال

پیش نیاز (ها)	طول	فعالیت
-	2	A
-	1	B
-	4	C
A	1	D
B, C, D	2	E
C	7	F



## روش مسیر بحرانی

محاسبات زمانی در شبکه های گرهی: مسیر رفت

$ES_j$	$d_j$	$EF_j$
$j$		
$LS_j$		$LF_j$

برای درک بهتر نحوه محاسبات، بجای هر گره از نماد روبرو استفاده می کنیم.

قانون ۱: زودترین زمان شروع فعالیت اول را برابر صفر قرار دهیم ( $ES_1=0$ ).

قانون ۲: زودترین زمان شروع تمام فعالیتها را بر اساس قانون زیر و به ترتیب شماره آنها

تعیین کنید.

$$ES_j = \max\{EF_i \mid i \in \text{Pred}(j)\}$$

قانون ۳: زودترین زمان اتمام هر فعالیت را بلافاصله پس از تعیین زودترین زمان شروع آن

بر اساس رابطه زیر به دست آورید:

زودترین زمان اتمام = طول فعالیت + زودترین زمان شروع

$$EF_j = ES_j + d_j$$

## محاسبات زمانی در شبکه های گرهی: مسیر برگشت

قانون ۱: اگر دیرترین زمان اتمام فعالیت آخر داده نشده است، آن را برابر با زودترین زمان اتمام این فعالیت قرار دهید.

قانون ۲: دیرترین زمان اتمام تمام فعالیتها را بر اساس قانون زیر و به ترتیب عکس شماره آنها تعیین کنید.

$$LF_j = \min \{LS_i \mid i \in \text{Suc}(j)\}$$

قانون ۳: دیرترین زمان شروع هر فعالیت را بلافاصله پس از تعیین دیرترین زمان اتمام آن و بر اساس رابطه زیر به دست آورید:

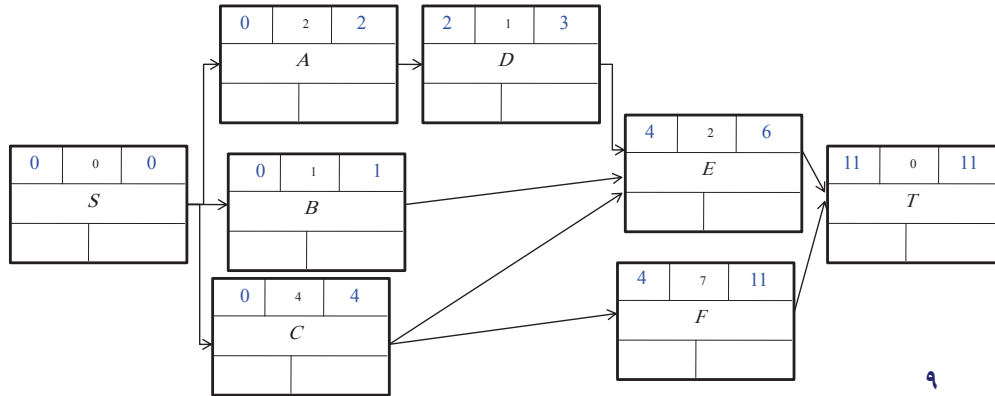
دیرترین زمان اتمام = طول فعالیت + دیرترین زمان شروع

$$LS_j = LF_j - d_j$$

۱۰

## مثال

پیش نیاز (ها)	طول	فعالیت
-	2	A
-	1	B
-	4	C
A	1	D
B, C, D	2	E
C	7	F

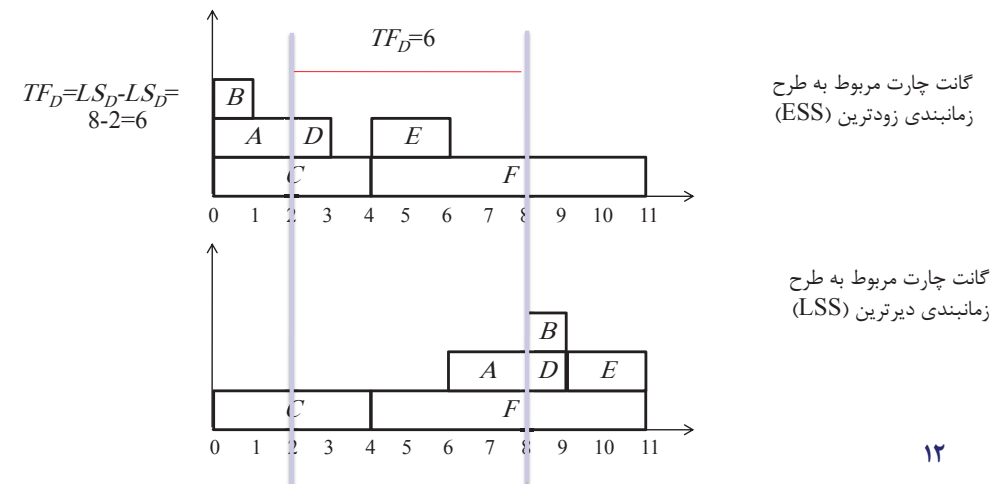


۹

## شناوریه

شناوری کل (TF): تعداد واحد زمانی است که می توان زمان شروع یک فعالیت را به تاخیر انداخت بدون آنکه اتمام پروژه به تاخیر بیافتد و برای هر فعالیت برابر است با اختلاف دیرترین و زودترین زمان شروع آن فعالیت (یا اختلاف دیرترین و زودترین زمان اتمام آن فعالیت).

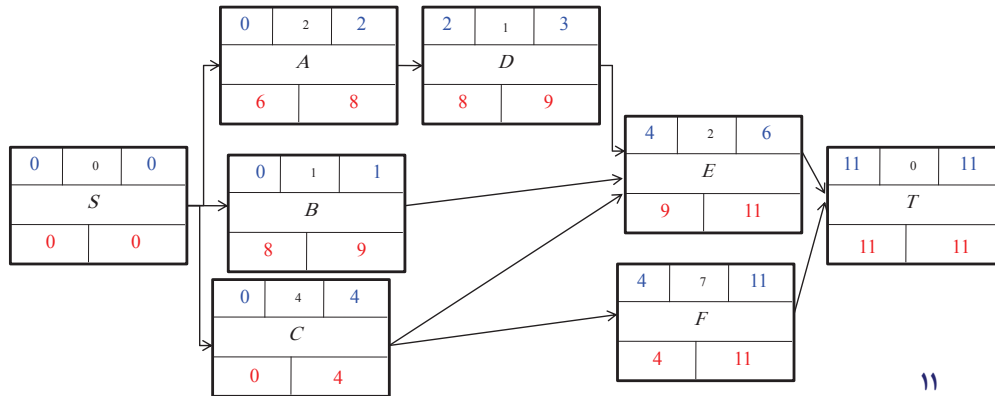
$$TF_j = LS_j - ES_j = LF_j - EF_j$$



۱۲

## مثال

پیش نیاز (ها)	طول	فعالیت
-	2	A
-	1	B
-	4	C
A	1	D
B, C, D	2	E
C	7	F

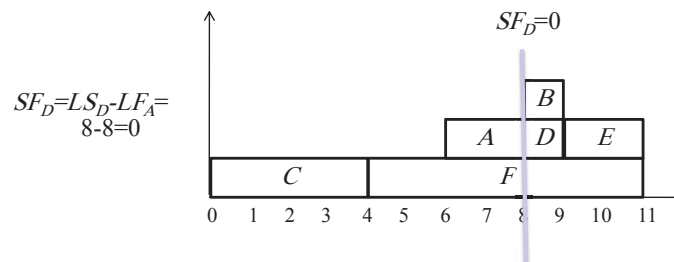


۱۱

## ■ شناوریه‌ها (ادامه)

شناورى اطمینان (SF): این شناورى بر اساس طرح LSS محاسبه شده و برابر است با تعداد واحد زمانی است که می توان طول یک فعالیت را اضافه کرد (زمان شروع آن را جلو انداخت) بدون آنکه زمان شروع هیچیک از فعالیت‌های پیشیناز آن تغییر کند (کاهش یابد).

$$SF_j = LS_j - \max\{LF_i \mid i \in \text{Pred}(j)\}$$



گانت چارت مربوط به طرح زمانبندی دیرترین (LSS)

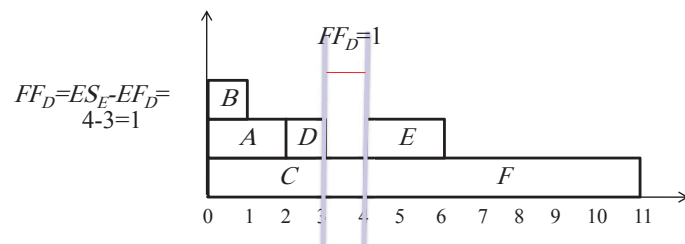
$$SF_D = LS_D - LF_A = 8 - 8 = 0$$

۱۴

## ■ شناوریه‌ها (ادامه)

شناورى آزاد (FF): این شناورى بر اساس طرح ESS محاسبه شده و برابر است با تعداد واحد زمانی که می توان زمان شروع یک فعالیت را به تاخیر انداخت بدون آنکه زمان شروع هیچیک از فعالیت‌های پسیناز آن تغییر کند (افزایش یابد).

$$FF_j = \min\{ES_i \mid i \in \text{suc}(j)\} - EF_j$$



گانت چارت مربوط به طرح زمانبندی زودترین (ESS)

$$FF_D = ES_E - EF_D = 4 - 3 = 1$$

۱۳

## روابط بین شناوریه‌ها

$$IF \leq FF \leq TF$$

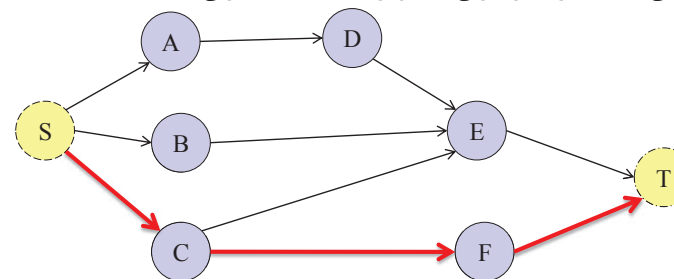
$$IF \leq SF \leq TF$$

## فعالیت بحرانی

تمامی فعالیت‌هایی که شناورى کل آنها صفر هستند، فعالیت‌های بحرانی نامیده می شوند.

## مسیر بحرانی

هر پروژه دارای یک یا چند مسیر بحرانی است که هر مسیر بحرانی متشکل از تعدادی فعالیت بحرانی است.

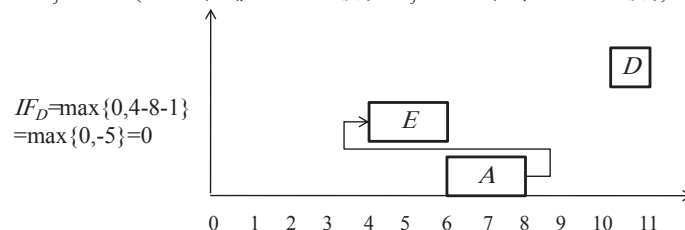


۱۶

## ■ شناوریه‌ها (ادامه)

شناورى مستقل (IF): اگر قرار باشد فعالیت‌های پیشیناز فعالیت j در دیرترین زمان خود با اتمام برسند و فعالیت‌های پسیناز آن در زودترین زمان خود شروع شوند، در اینصورت اگر شناورى برای فعالیت j باقی بماند، شناورى مستقل نام دارد.

$$IF_j = \max\{0, \min\{ES_k \mid k \in \text{Suc}(j)\} - d_j - \max\{LF_i \mid i \in \text{Pred}(j)\}\}$$



$$IF_D = \max\{0, 4 - 8 - 1\} = \max\{0, -5\} = 0$$

۱۵

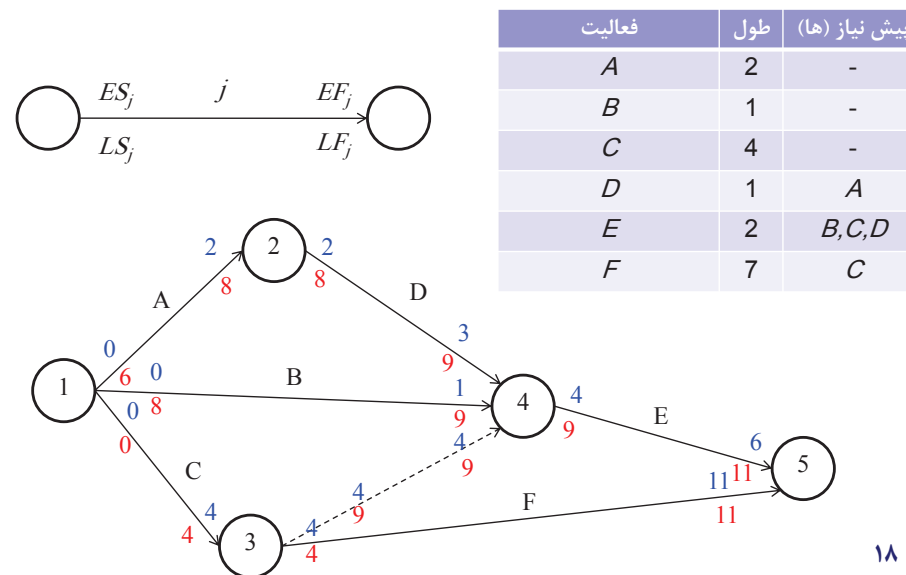
## محاسبات زمانی به روش جدولی

$j$	$d_j$	$ES_j$	$EF_j$	$LS_j$	$LF_j$	$TF_j$	$FF_j$	$SF_j$	$IF_j$
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	2	0	2	6	8	6	0	6	0
B	1	0	1	8	9	8	3	8	3
C	4	0	4	0	4	0	0	0	0
D	1	2	3	8	9	6	1	0	0
E	2	4	6	9	11	5	5	0	0
F	7	4	11	4	11	0	0	0	0
T	0	11	11	11	11	0	0	0	0

۱۷

## محاسبت زمانی در شبکه های برداری

محاسبات مربوط به فعالیتها: این محاسبات عیناً مشابه روش شبکه های گرهی است.



۱۸

## محاسبت زمانی در شبکه های برداری

محاسبات مربوط به وقایع: برای هر واقعه زودترین و دیرترین زمان وقوع تعریف می شود.

$$t_j(E) = \max \{t_i(E) + d_{ij} \mid i \in \text{Pred}(j)\}$$

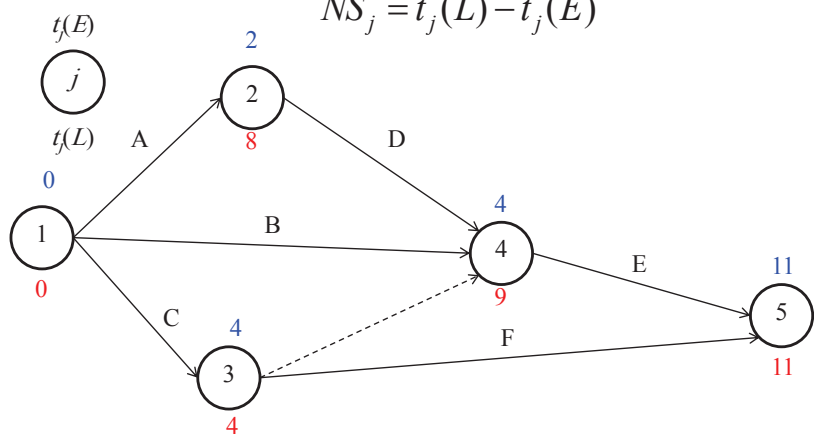
$t_j(E)$ : زودترین زمان وقوع واقعه  $j$ .

$$t_j(L) = \min \{t_i(L) - d_{ij} \mid i \in \text{Suc}(j)\}$$

$t_j(L)$ : دیرترین زمان وقوع واقعه  $j$ .

$$NS_j = t_j(L) - t_j(E)$$

$NS_j$ : شناوری واقعه  $j$ .

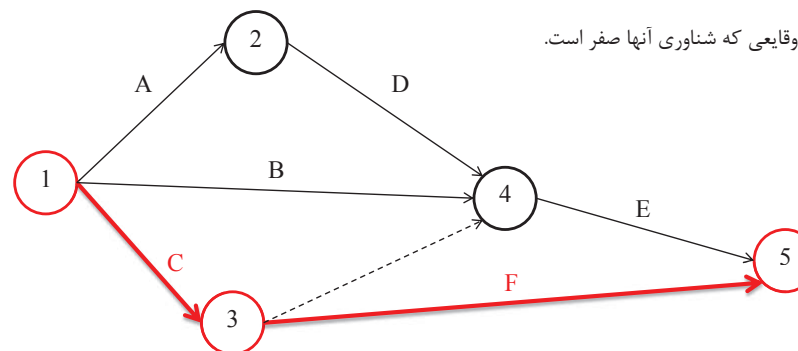


۱۹

نمایش جدولی محاسبت زمانی مربوط به وقایع در شبکه های برداری

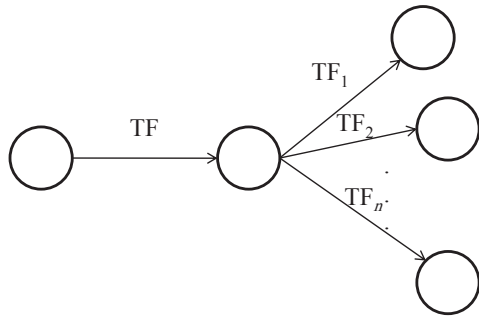
$j$ (واقعه)	$t_j(E)$	$t_j(L)$	$NS_j$
1	0	0	0
2	2	8	6
3	4	4	0
4	4	9	5
5	11	11	0

وقایع بحرانی: وقایعی که شناوری آنها صفر است.

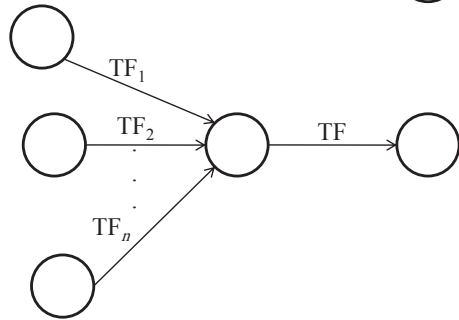


۲۰

تمرین: ثابت کنید:



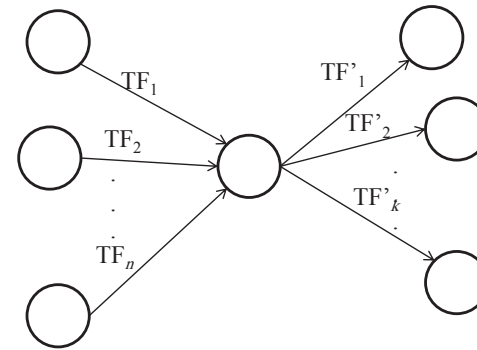
$$TF = \min\{TF_1, TF_2, \dots, TF_n\}$$



$$TF = \min\{TF_1, TF_2, \dots, TF_n\}$$

۲۱

تمرین: ثابت کنید:



$$\min\{TF_1, TF_2, \dots, TF_n\} = \min\{TF'_1, TF'_2, \dots, TF'_k\}$$

۲۲