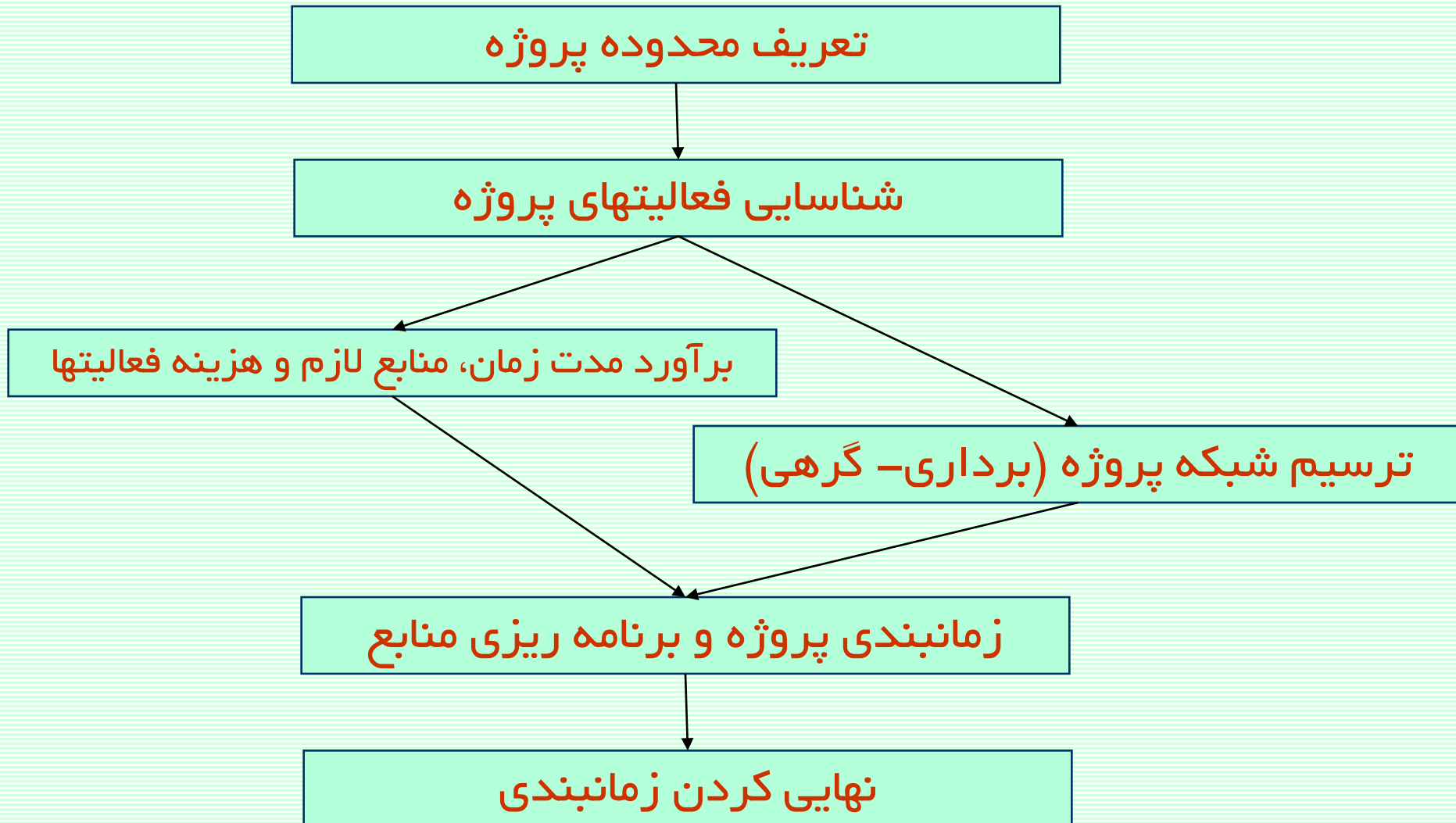


# برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره ۱ – برنامه ریزی پروژه

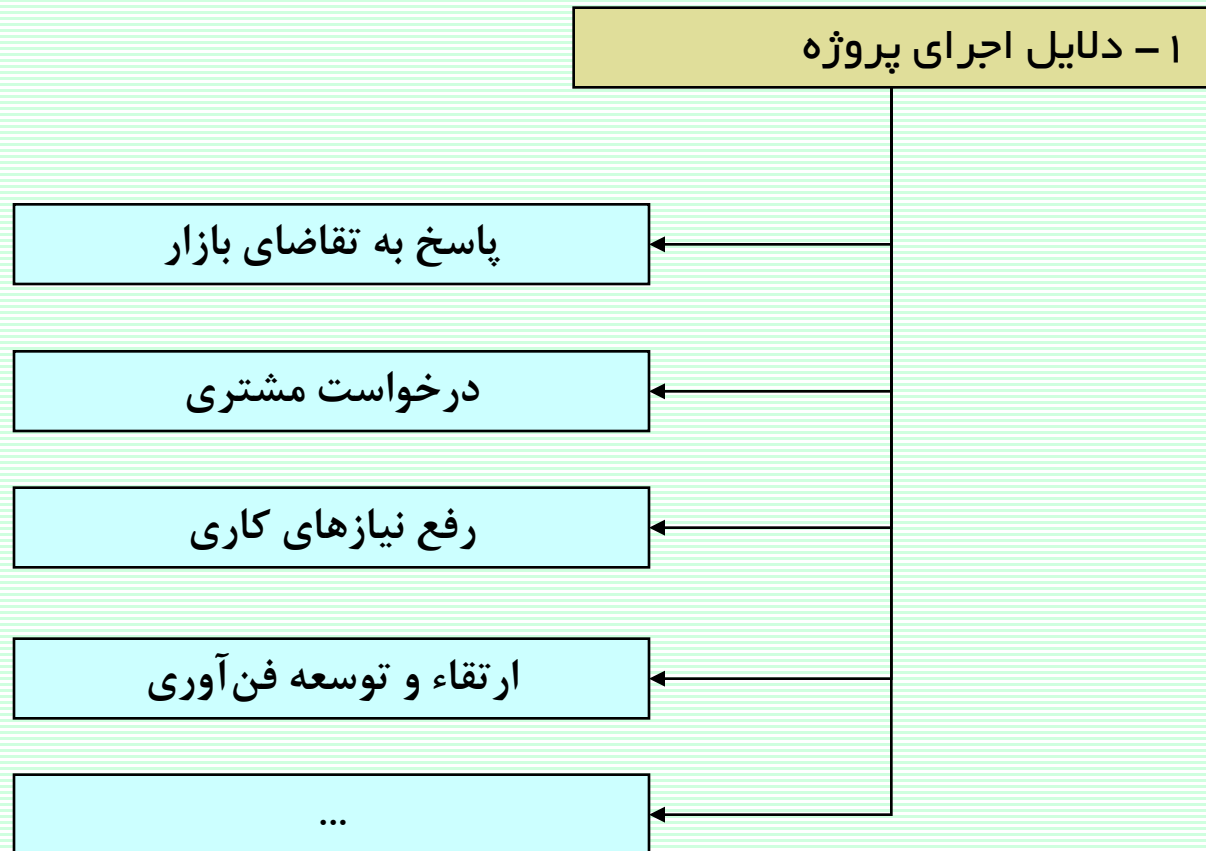
استاد: دکتر حسن حاله

# فرآیند برنامه‌ریزی در یک نگاه



## Scope of Project

## محدوده پروژه



## Scope of Project

## محدوده پروژه

۱ - دلایل اجرای پروژه

۲ - شرح محصول یا مقصد (Goal)

مشخصه‌های (کمی و کیفی) محصولات یا خدماتی که پروژه در ایجاد آنها متعهد گردیده است.

در ابتدای پروژه به اختصار تهیه شده، اما بمرور و متناسب با پیشرفت پروژه به تفصیل بیشتر تکمیل و مدون می‌شود.

# Scope of Project

## محدوده پروژه

۱ - دلایل اجرای پروژه

۲ - شرح محصول یا مقصد (Goal)

۳ - اقلام تحویلی پروژه (Deliverables)

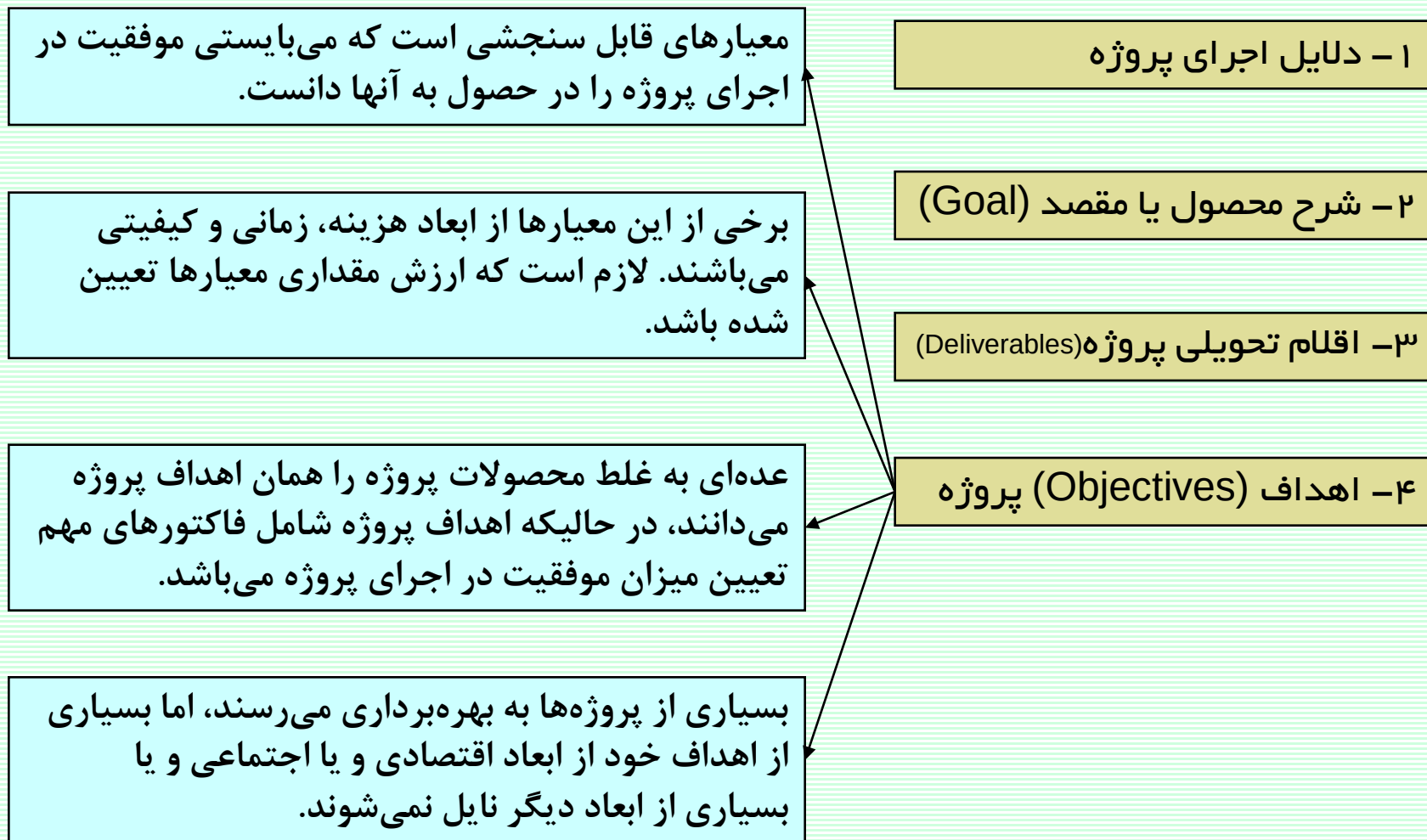
عنوان و مشخصات اصلی اقلام قابل تحویل پروژه، که حصول کامل به آنها، نشانه اختتام پروژه می باشد، می بایستی طی لیست کوتاه و مختصری تهیه گردد.

مثلا یک پروژه نرم افزاری دارای اقلام تحویلی بشرح زیر است:

کدهای برنامه نویسی، راهنمای کاربران و آموزش نرم افزار

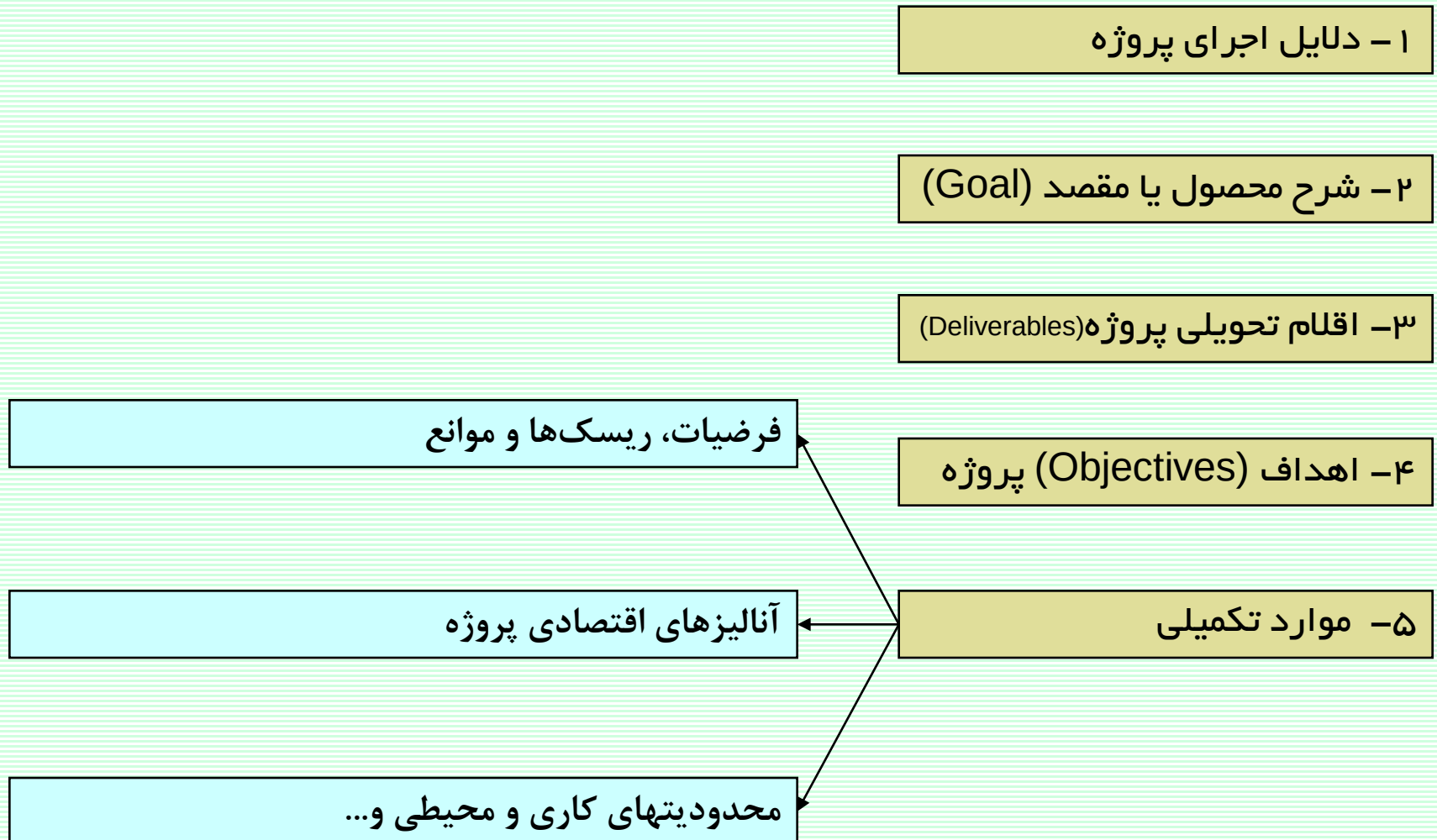
## Scope of Project

## محدوده پروژه



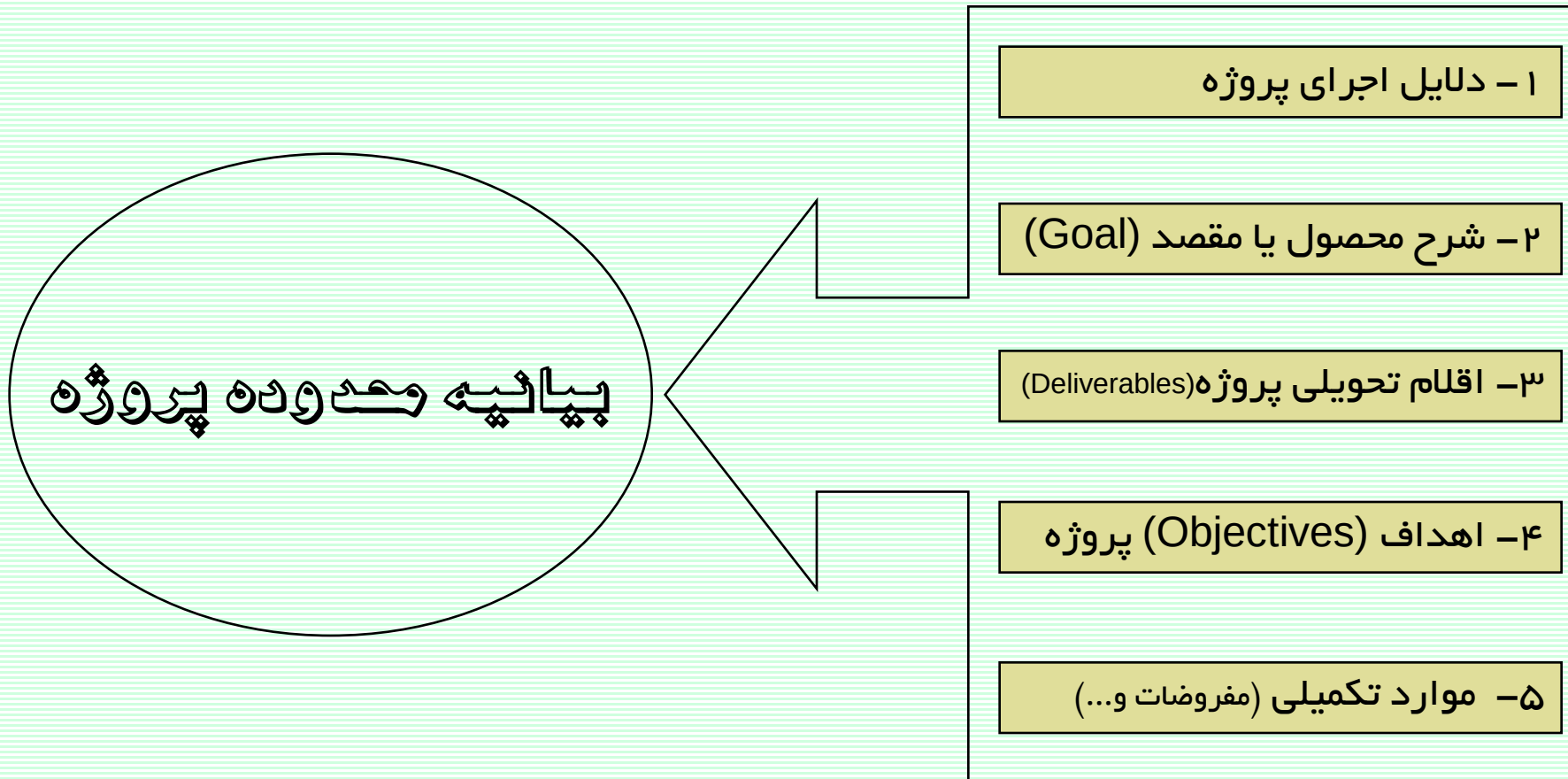
## Scope of Project

## محدوده پروژه



## Scope of Project

## محدوده پروژه





برخی از دلایل نیاز به تجزیه و تفکیک پروژه به اجزای آن بشرح زیر است:

۱ – این امر راهکار اصولی برنامه ریزی، اجرا و کنترل یک پروژه در جهت نیل به اهداف آن است.

۲ – دقت بالاتری در برآوردهای زمان، هزینه و منابع را بوجود می آورند.

۳ – باعث تسهیل در واگذاری اختیارات و اعطای مسنولیتها می شود.

۴ – مبنای مناسبی برای کنترل و ارزیابی عملکرد می گردد.

۵ – شناسایی فعالیتهایی که اقلام تحویلی پروژه را تضمین می کنند.

## Identify Project Activities

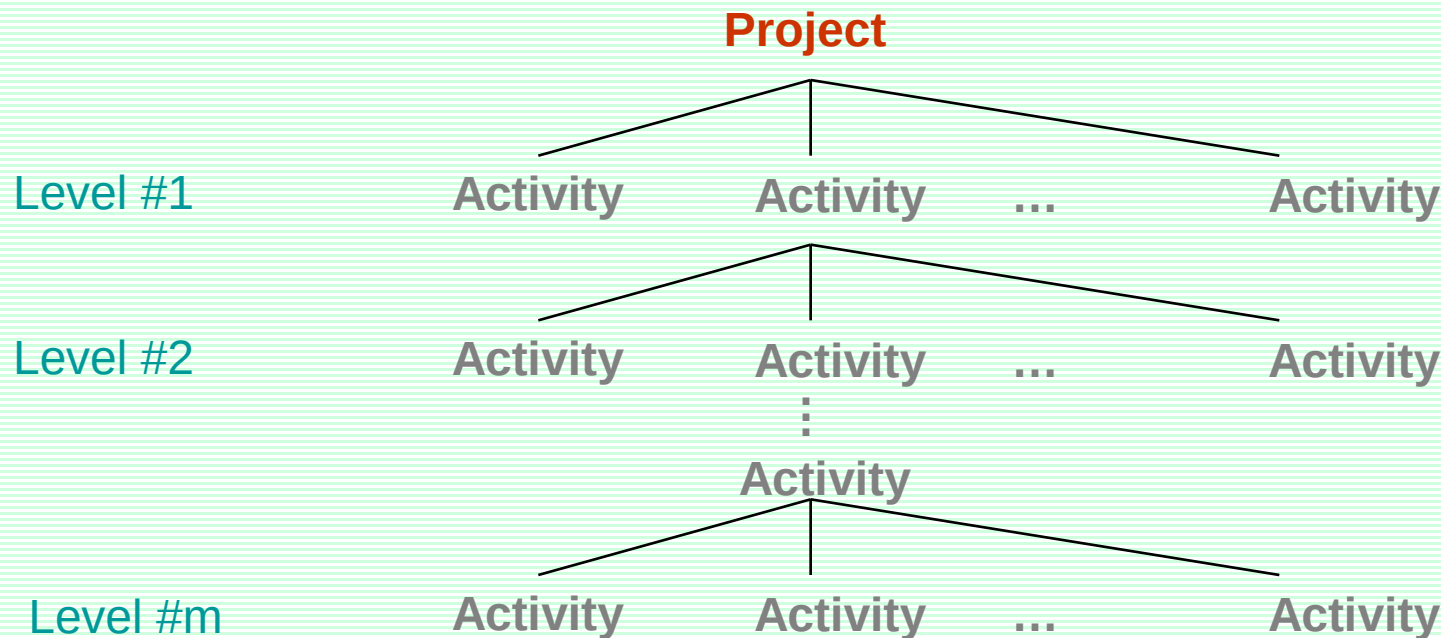
## شناسایی فعالیتهای پروژه

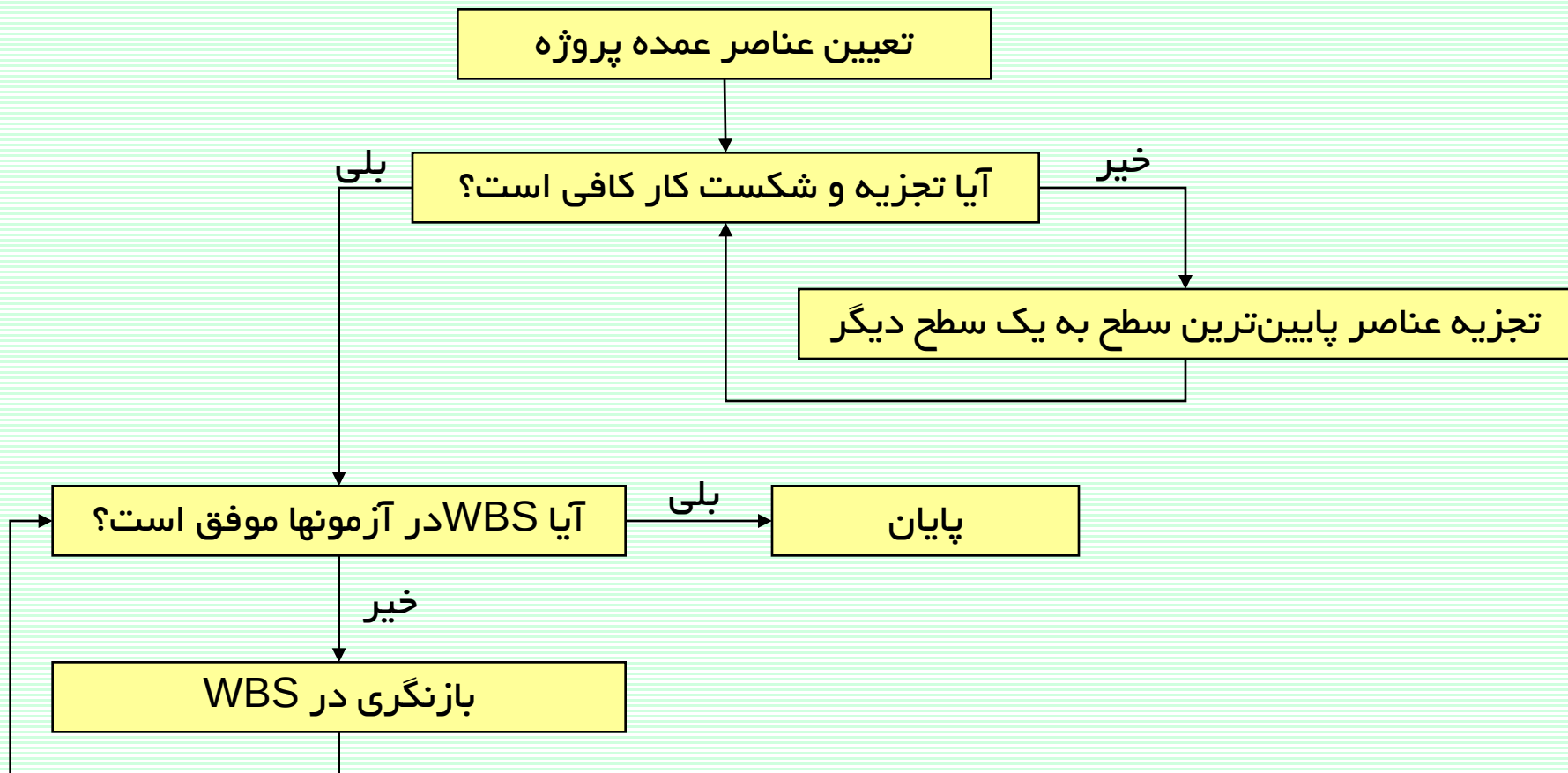
- ابزار مورد استفاده در برنامه‌ریزی پروژه، جهت شناسایی فعالیتهای "ساختار شکست کار" نام دارد.

### Work Breakdown Structure (WBS)

### ساختار شکست کار

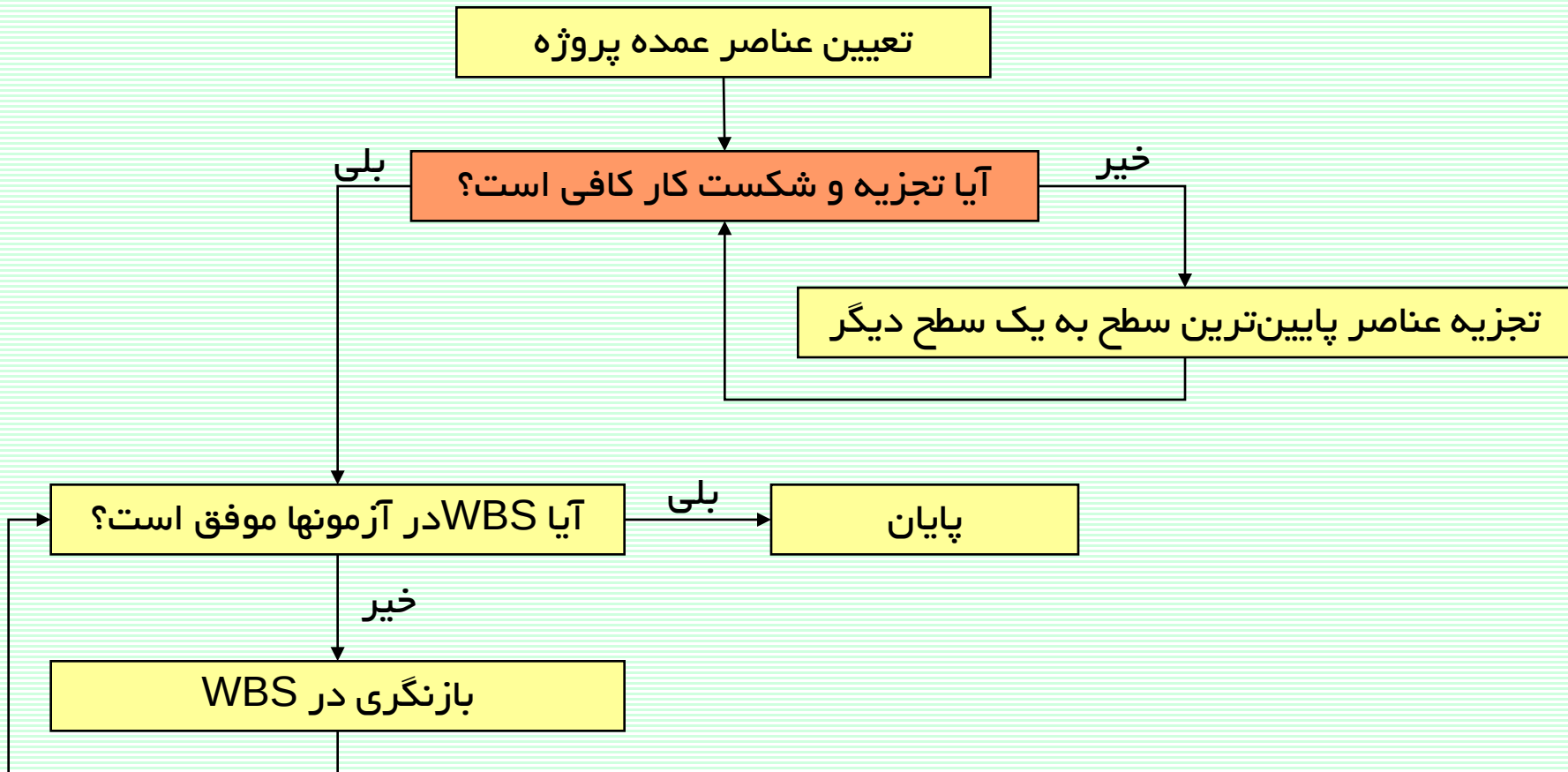
- WBS یک توصیف سلسله مراتبی از کارهایی است که می‌بایست انجام شوند تا اقلام قابل تحویل پروژه حاصل شده و پروژه به اتمام برسد.



**مراحل توسعه ساختار شکست کار**

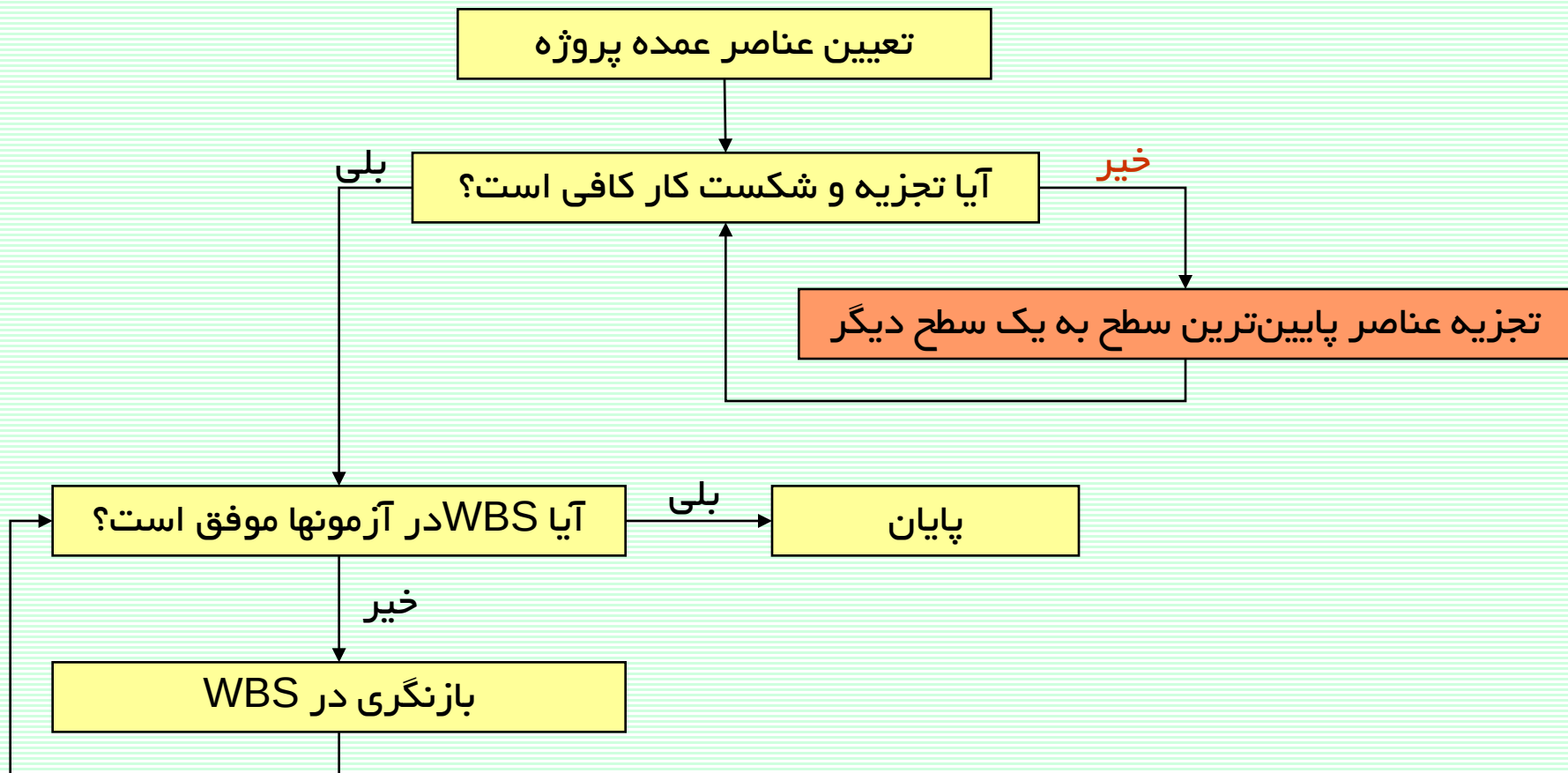
### تعیین عناصر عمده پروژه

- تجزیه پروژه به چند عنصر یا گروه (تعیین سطح اول WBS)
- می تواند براساس **مراحل چرخه حیات پروژه** باشد.
- Phase Orientation Approach
- می تواند بر مبنای **چارت سازمانی پروژه** باشد.
- Organization Orientation Approach
- می تواند بر مبنای **جغرافیا و مکان اجرای پروژه** باشد.
- Geographical Approach
- می تواند بر مبنای **محصول و اجزای آن** باشد.
- Product Orientation Approach
- می تواند بر مبنای **زیر پروژه ها** باشد.
- Project Orientation Approach

**مراحل توسعه ساختار شکست کار**

آیا تجزیه و شکست کار کافی است؟

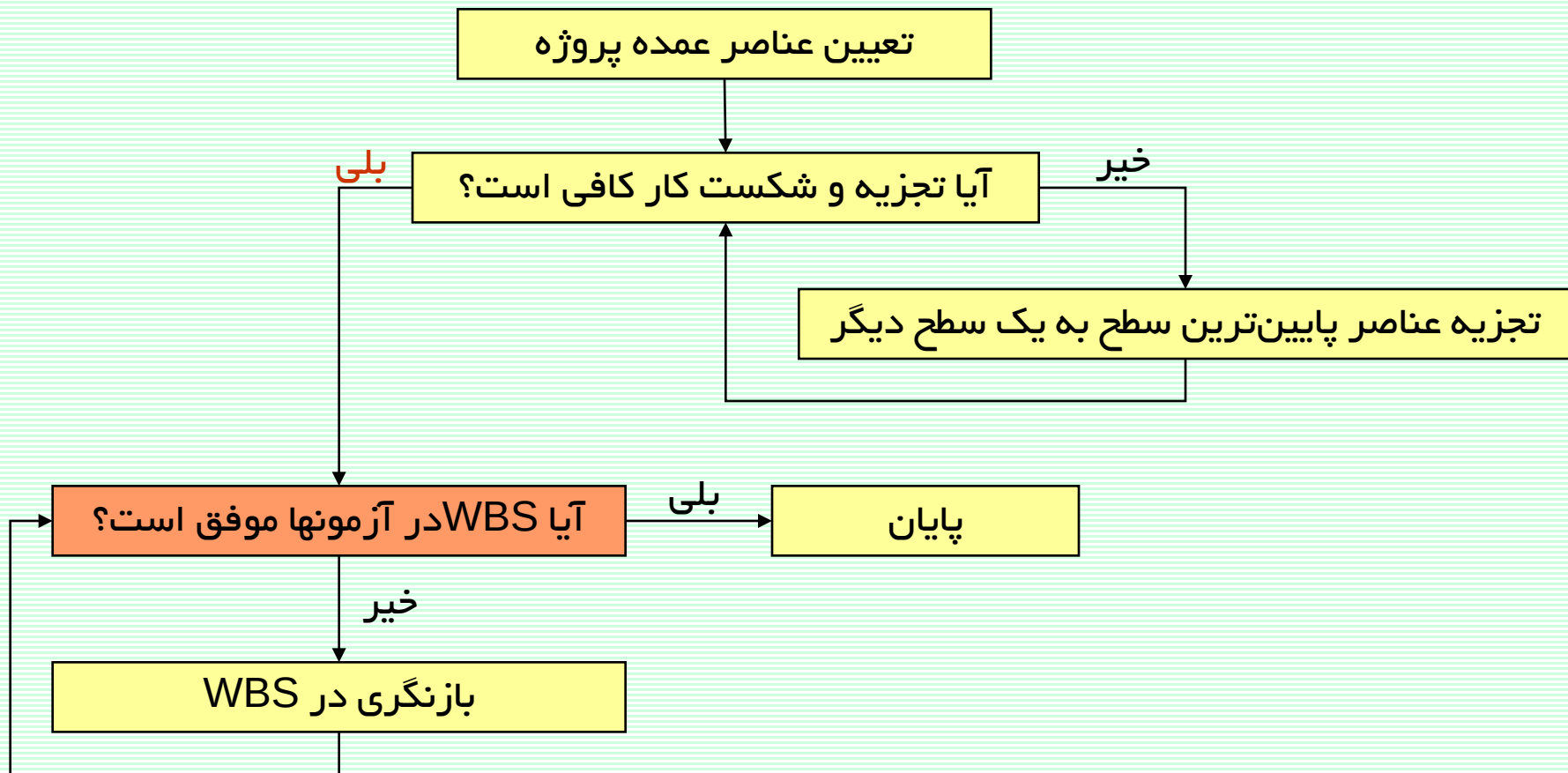
- کل نگری باعث می شود که به فواید تجزیه کار بدرستی دست نیافت.
- تجزیه عناصر به جزییات نیز در ابتدای پروژه شاید مقدور نباشد.
- آیا سطح شکست کار، برنامه ریزی دقیقی را ایجاد می کند؟
- آیا امکان کنترل مناسب بر روی اجرای پروژه وجود خواهد داشت؟
- جزییات بیش از حد، باعث بالا رفتن هزینه های برنامه ریزی و کنترل پروژه می شود.
- بطور کلی سطح شکست کار به عواملی چون اندازه پروژه و هدف برآورد و کنترل بستگی دارد.
- به فعالیتهای پایین ترین سطح، اصطلاحاً " بسته کاری Work Package " اطلاق می شود.

**مراحل توسعه ساختار شکست کار**

تجزیه عناصر پایینترین سطح به یک سطح دیگر

- تجزیه فعالیتهای آخرین سطح (سطح  $n$ ) به فعالیتهای ریزتر (تعیین سطح  $n+1$ )
- می تواند براساس موضوعات و کارها باشد.
- Function Orientation Approach
- می تواند بر مبنای چارت سازمانی پروژه باشد.
- Organization Orientation Approach
- می تواند بر مبنای جغرافیا و مکان اجرای پروژه باشد.
- Geographical Approach
- می تواند بر مبنای محصول و اجزای آن باشد.
- Product Orientation Approach
- می تواند بر مبنای زیر پروژهها باشد.
- Project Orientation Approach



**مراحل توسعه ساختار شکست کار**

آیا WBS در آزمون‌ها موفق است؟

- آیا فعالیت‌های ریزتر، فعالیت سطح بالاتر را پوشش کامل می‌دهند؟ (جمع‌پذیری)
- آیا هریک از بسته‌های کاری می‌توانند زمانبندی و بودجه‌بندی شوند؟
- آیا بسته‌های کاری قابل واگذاری به واحد سازمانی مشخص هستند؟
- آیا خروجی بسته‌های کاری، اقلام تحویلی پروژه را پوشش می‌دهند؟
- آیا قادر به تعریف توالی و منطق بین فعالیت‌ها هستیم؟

آیا WBS در آزمون‌ها موفق است؟

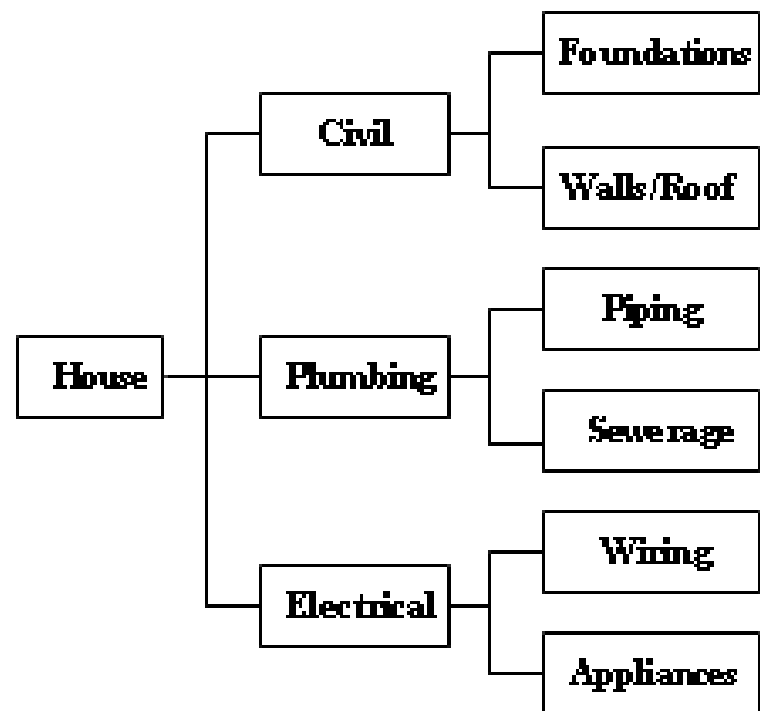
- آیا وضعیت / تکمیل بسته‌های کاری قابل اندازه‌گیری است؟
- آیا شروع و پایان بسته‌های کاری بطور واضح قابل تعریف باشد؟
- بسته‌های کاری باید دارای خروجی باشند؟ ( دستورالعمل، نقشه، نرم‌افزار، محصول و...)
- نباید هیچ آیتمی در WBS تکرار شود!
- مدت زمان اجرای فعالیت‌ها در یک محدوده قابل قبول باشد؟

## Identify Project Activities

## شناسایی فعالیتهای پروژه

کد گذاری WBS

### Graphical



### Text Indent

#### 1.0.0 House Project

#### 1.1.0 Civil

1.1.1. Foundations

1.1.2. Walls & Roof

#### 1.2.0 Plumbing

1.2.1. Piping

1.2.2. Sewerage

#### 1.3.0 Electrical

1.3.1. Wiring

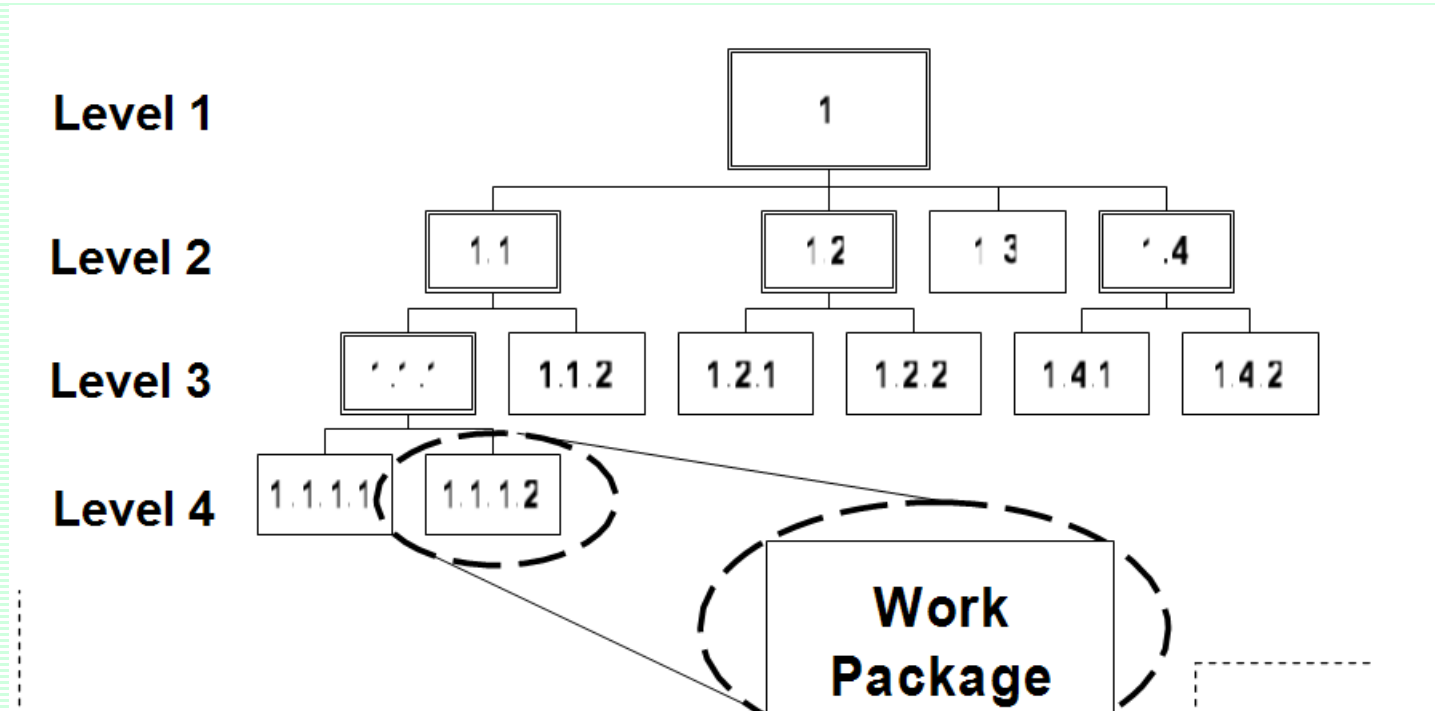
1.3.2. Appliances

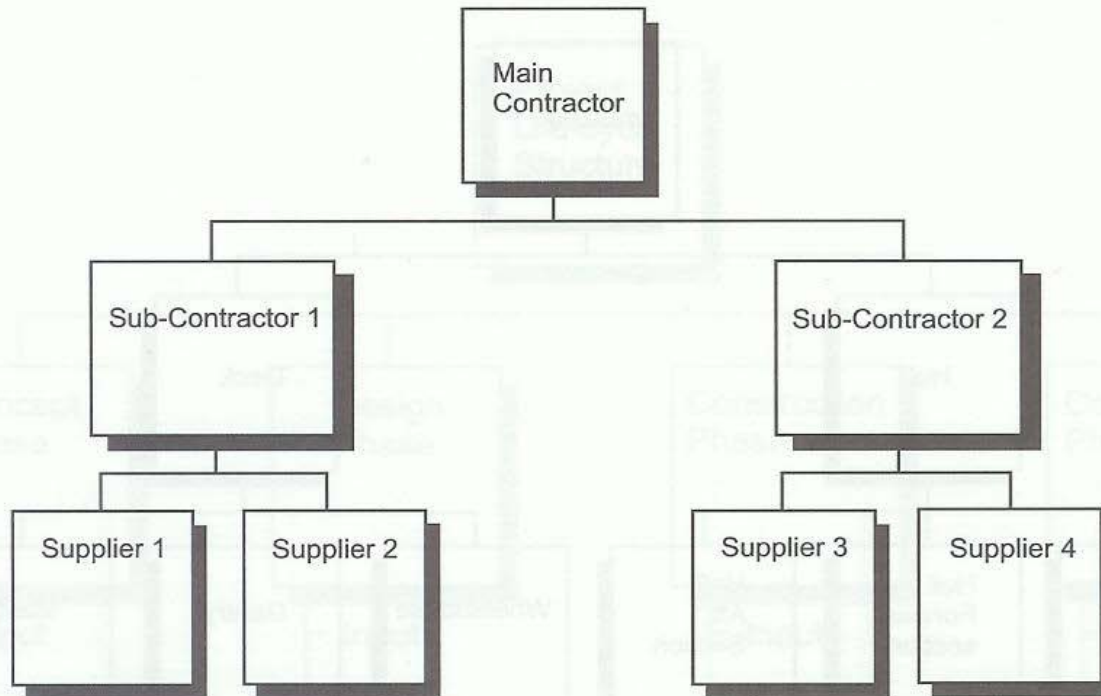
=

جمع بندی شناسایی فعالیتها

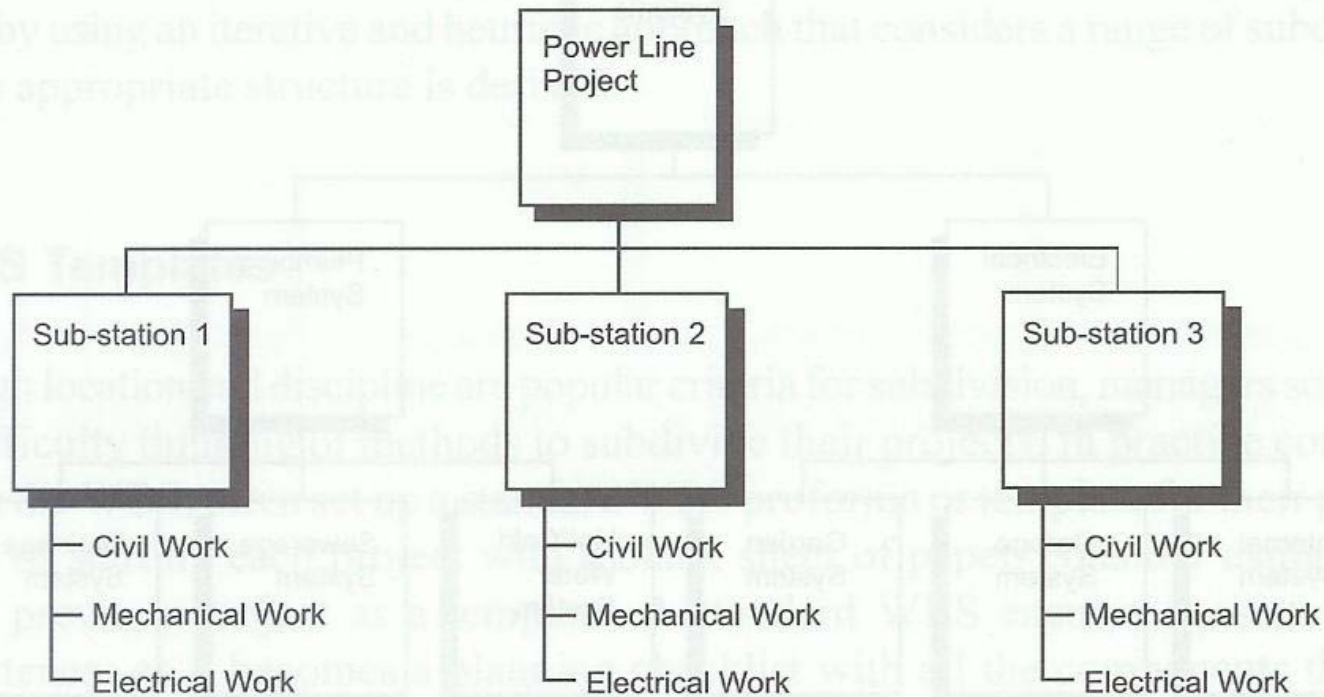
- لیست فعالیت‌های پروژه
- الگوسازی WBS در سازمانهایی که پروژه های یکسان دارند.
- دیکشنری WBS

## بسته های کاری



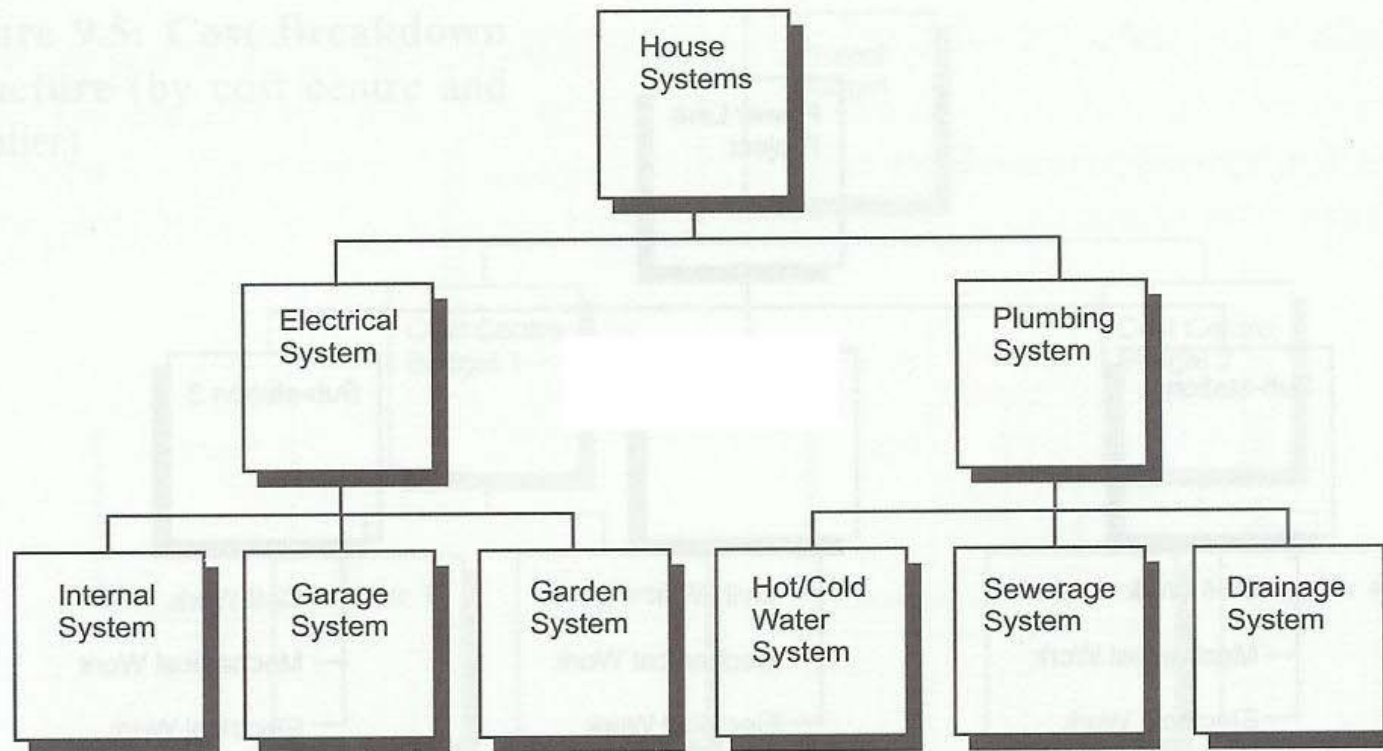


**Contract Breakdown Structure (by sub-contractor and supplier)**

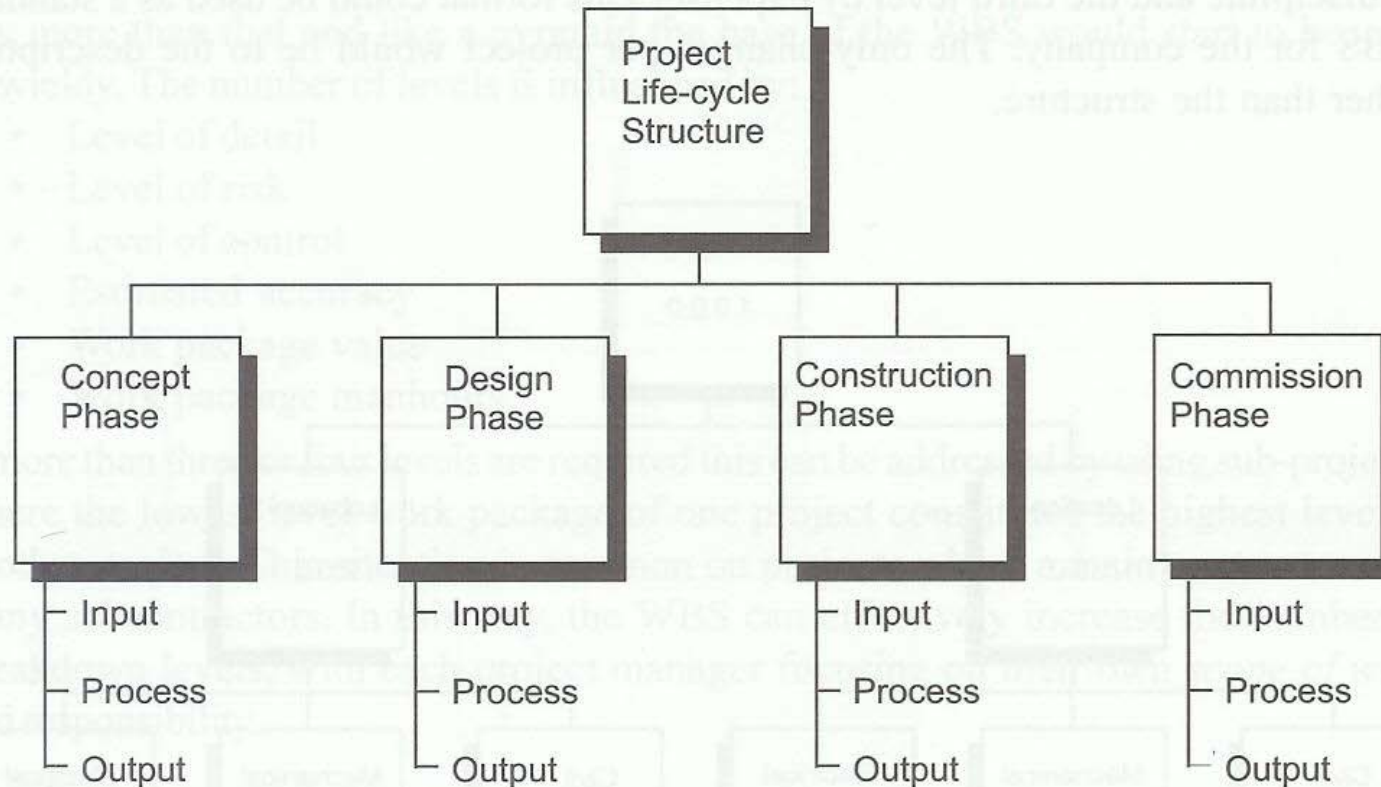


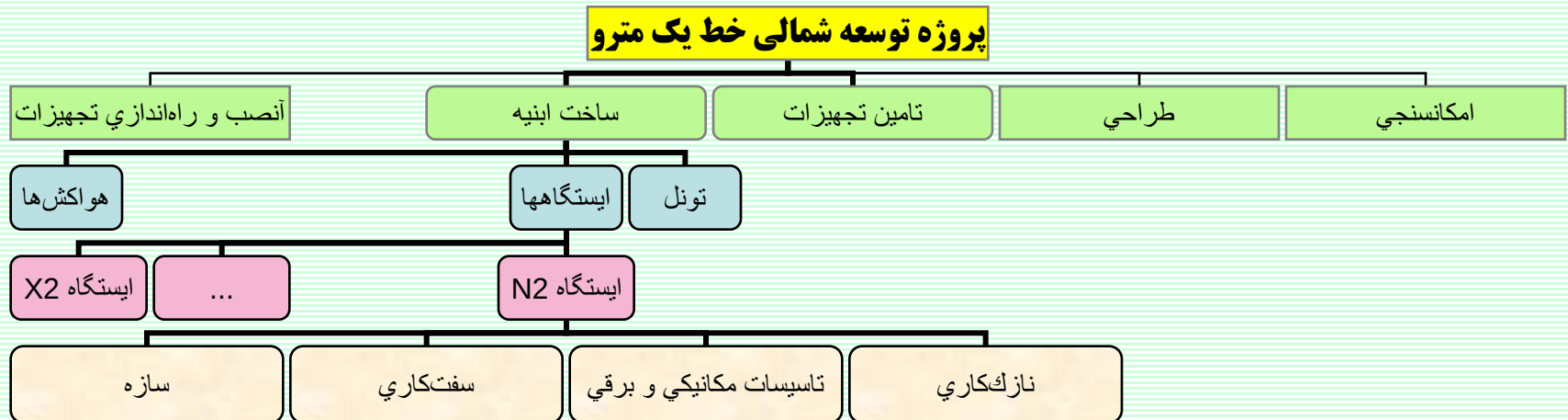
**Location Breakdown Structure (power line project)**

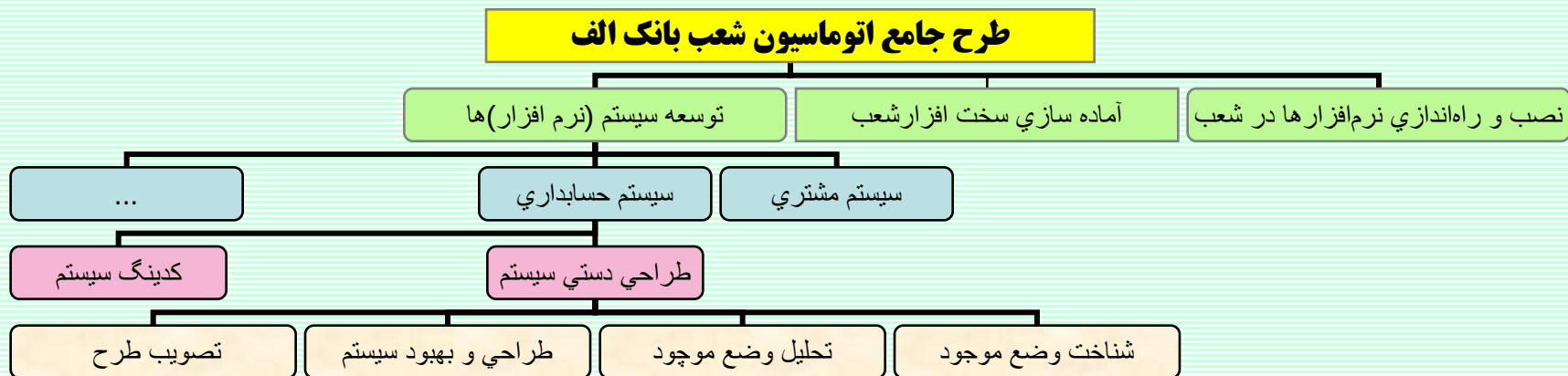


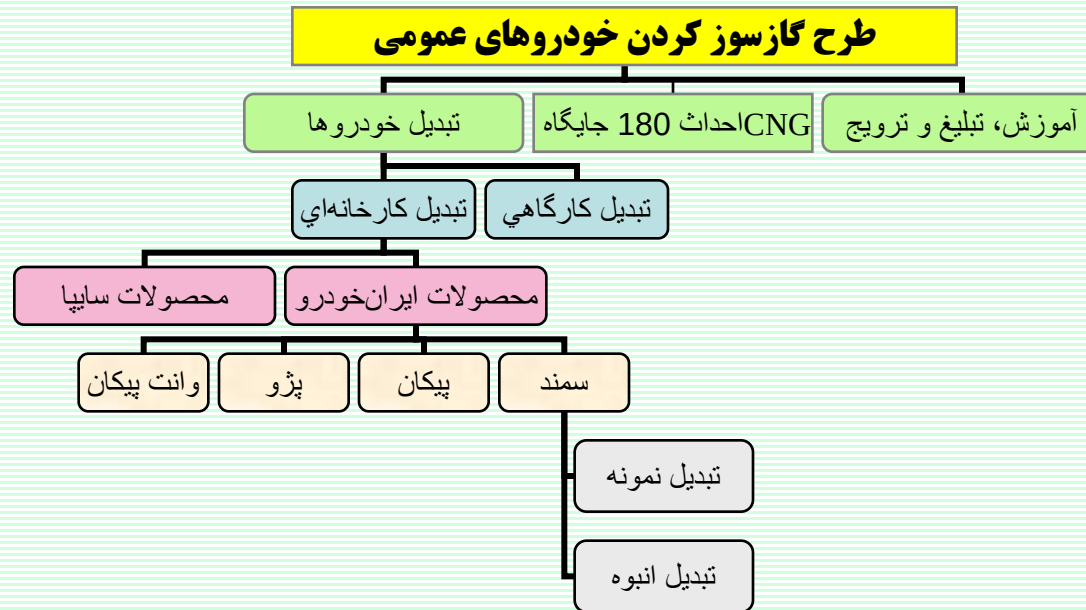


System Breakdown Structure (House project)

**Project Life-Cycle Structure**



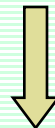




# ایجاد شبکه پروژه

## مراحل ایجاد شبکه پروژه

تعیین توالی فعالیتها (بسته‌های کاری)



ترسیم شبکه پروژه

توضیح:

در مباحث برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، منظور از شبکه پروژه عبارتست از نموداری شبکه‌ای شکل که در آن ضمن بیان فعالیت‌های پروژه، تقدم و تاخر آنها نسبت به یکدیگر نشان داده شده است.

تعیین توالی فعالیتها (بسته‌های کاری)

تعیین توالی فعالیتها، فرآیند شناسایی و تدوین ارتباط و وابستگی فعالیتها از لحاظ تقدم و تاخر با یکدیگر می‌باشد.

|                                                                                                                                                                     |                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <p>۱- وابستگی‌های الزامی (وابستگی سخت یا منطقی)</p> <p>برخی از فعالیتها با یکدیگر دارای روابط ذاتی و فیزیکی هستند لذا انجام آنها منوط به رعایت این وابستگی است.</p> | <p>انواع وابستگی<br/>و ارتباط<br/>بین فعالیتها</p> |
| <p>۲- وابستگی‌های ترجیحی (وابستگی نرم)</p> <p>برخی از وابستگی‌های بین فعالیتها توسط گروه اجرایی ایجاد می‌شوند (می‌بایست بدقت و با مستندات کافی تبیین شود)</p>       |                                                    |
| <p>۳- وابستگی‌های خارجی</p> <p>وابستگی‌های بین فعالیتهای اجرایی و محیط خارج از پروژه موردنظر است.</p>                                                               |                                                    |



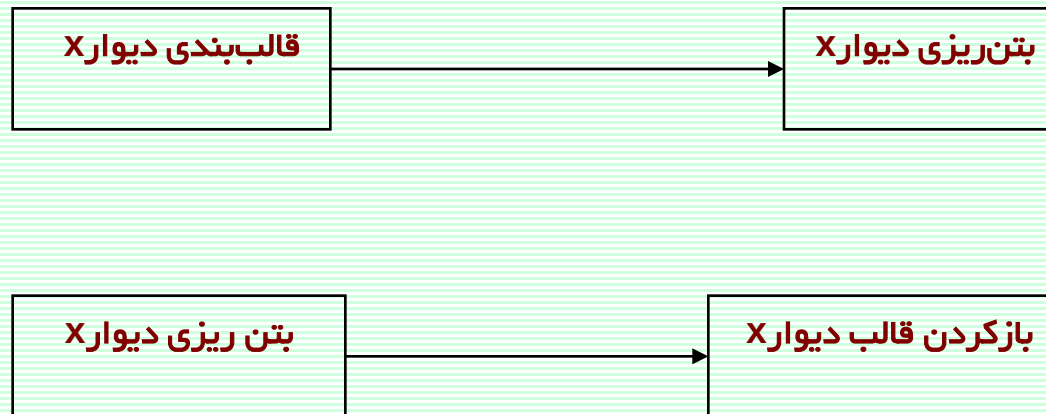
**تعیین توالی فعالیتها** (بسته‌های کاری)

**تعریف :** به فعالیت Y پیش‌نیاز (Predecessor) فعالیت X گفته می‌شود اگر انجام فعالیت X به انجام فعالیت Y وابسته باشد.



• در این صورت به فعالیت X نیز پی‌آمد (Successor) فعالیت Y اطلاق می‌شود.

چند مثال



## مستندسازی توالی فعالیتها

## جدول تعیین پیشنیاز فعالیتها

| جدول تعیین پیشنیاز فعالیتها |        |        |              |           |
|-----------------------------|--------|--------|--------------|-----------|
| پیشنیازها                   |        |        | عنوان فعالیت | کد فعالیت |
| خارجی                       | ترجیحی | الزامی |              |           |
|                             |        |        |              |           |
|                             |        |        |              |           |
|                             |        |        |              |           |
|                             |        |        |              |           |

ترسیم شبکه پروژه

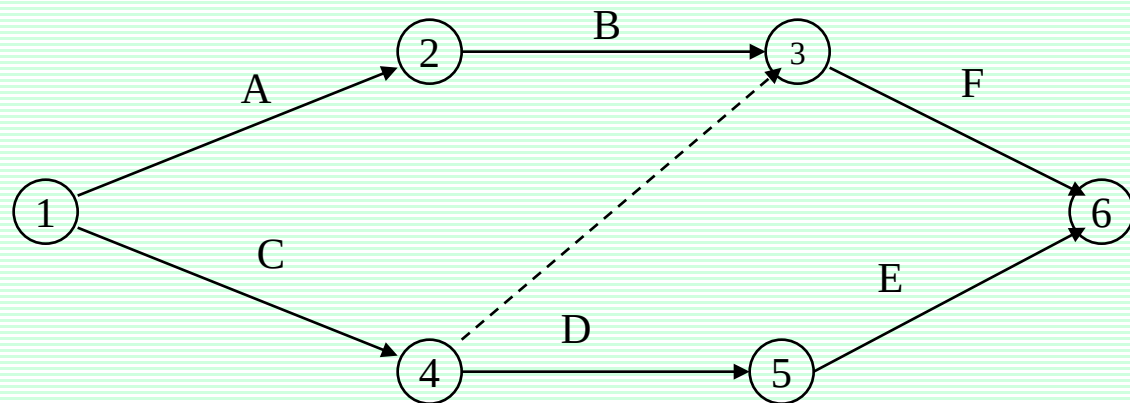
انواع شبکه پروژه

شبکه برداری Activity On Arrow (AOA)

شبکه گرهی Activity On Node (AON)

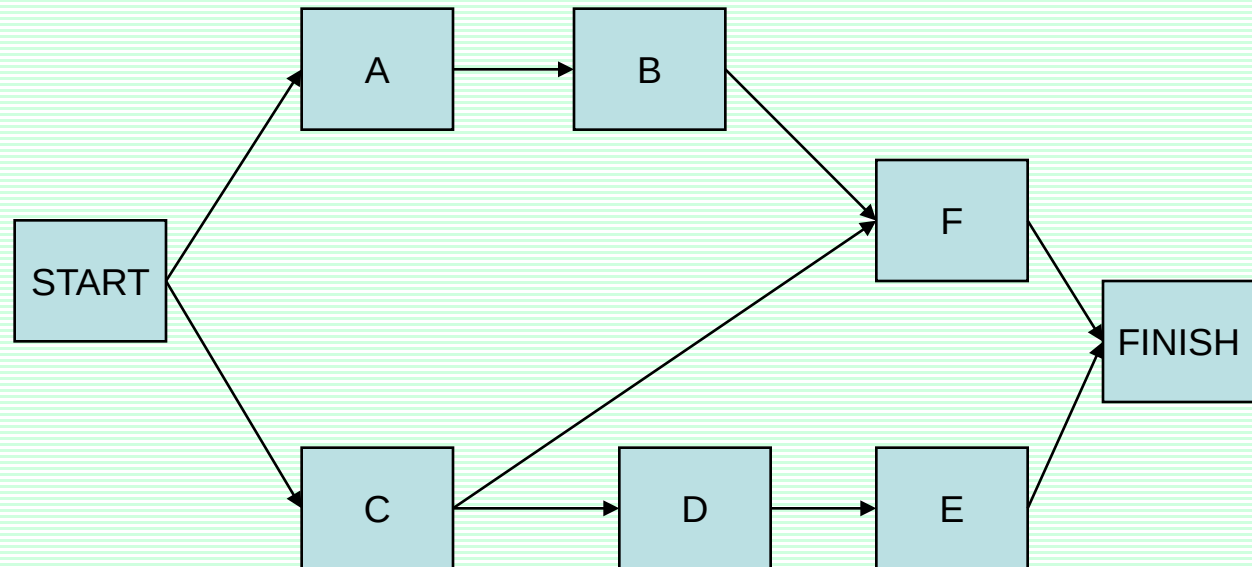
## شبکه برداری

| پیشنیاز | کد فعالیت |
|---------|-----------|
| -       | A         |
| A       | B         |
| -       | C         |
| C       | D         |
| D       | E         |
| B;C     | F         |



## شبکه گرهی

| پیشنیاز | کد فعالیت |
|---------|-----------|
| -       | A         |
| A       | B         |
| -       | C         |
| C       | D         |
| D       | E         |
| B;C     | F         |



شرح نمادها:

فعالیت



بردار بیانگر روابط بین فعالیتها



## شبکه گرهی (AON) Activity On Node

ما ابتدا شبکه‌های گره‌ای را مورد توجه قرار می‌دهیم.

## مثال: پروژه ي ساختماني

| ردیف | نام فعالیت                        | پیش نیاز ها |
|------|-----------------------------------|-------------|
| 1    | طراحی سازه                        | --          |
| 2    | ساخت سازه                         | 1           |
| 3    | طراحی ساختمان                     | 1           |
| 4    | اجرای فاز 1 ساختمان               | 3و2         |
| 5    | اجرای فاز 2 ساختمان               | 4           |
| 6    | طراحی تاسیسات مکانیکی             | 3           |
| 7    | خرید تجهیزات مکانیکی              | 6           |
| 8    | نصب و اجرای تجهیزات مکانیکی       | 7و5         |
| 9    | طراحی تاسیسات برقی                | 3           |
| 10   | خرید تجهیزات برقی                 | 9           |
| 11   | نصب و اجرای تجهیزات برقی          | 10و5        |
| 12   | طراحی معماری داخلی                | 9و6         |
| 13   | خرید اقلام مورد نیاز معماری داخلی | 12          |
| 14   | نصب و اجرای معماری داخلی          | 8و11و13     |



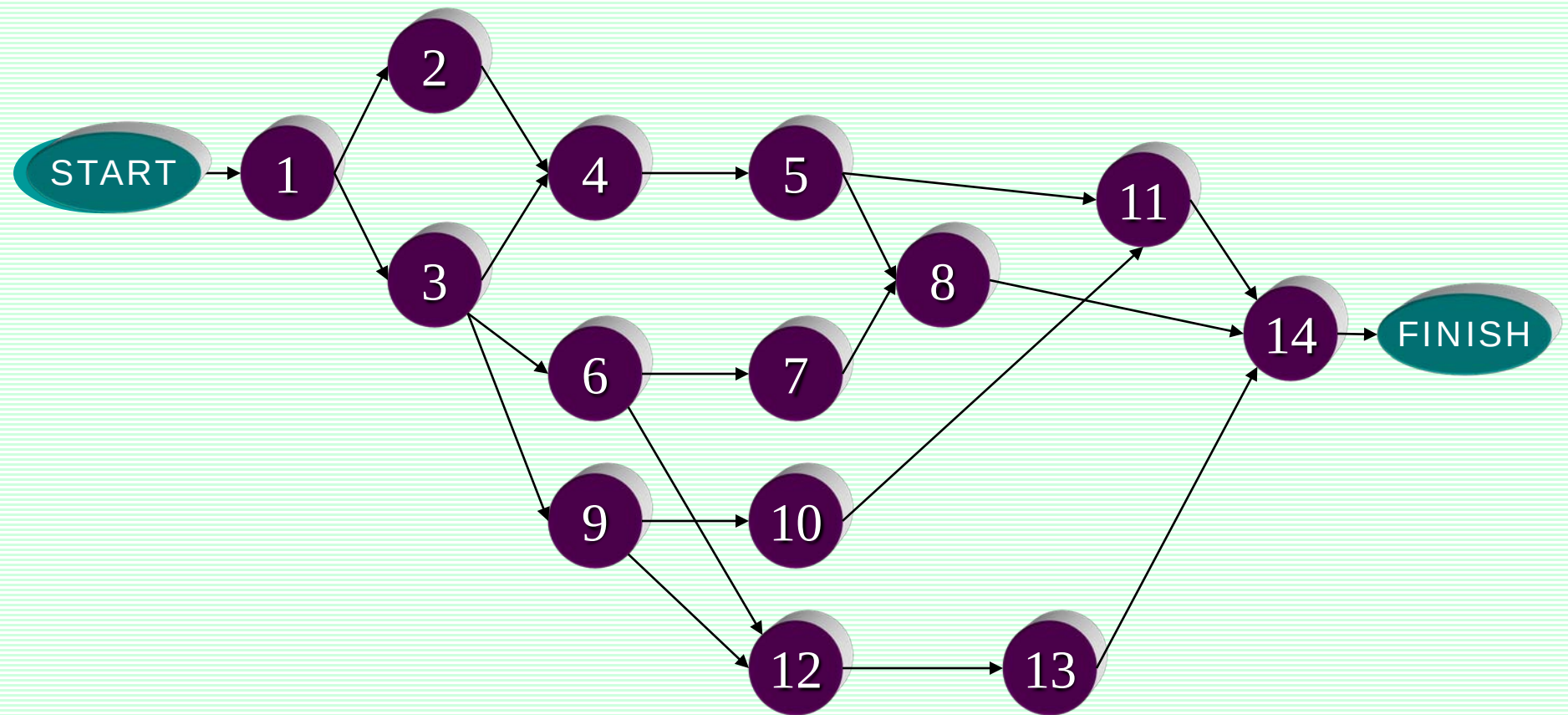
(۱) فعالیتها توسط گره‌ها و روابط پیشنهادی توسط بردارها نمایش پیدا می‌کنند.

(۲) شبکه گره‌ای حتماً "با گره شروع آغاز می‌شود و سپس تمام فعالیت های بدون پیش نیاز به گره شروع متصل می‌شود.

(۳) شبکه گره ای حتماً "با گره پایان به اتمام می‌رسد لذا فعالیت هایی که پس نیاز ندارند به گره پایان متصل می‌شوند.

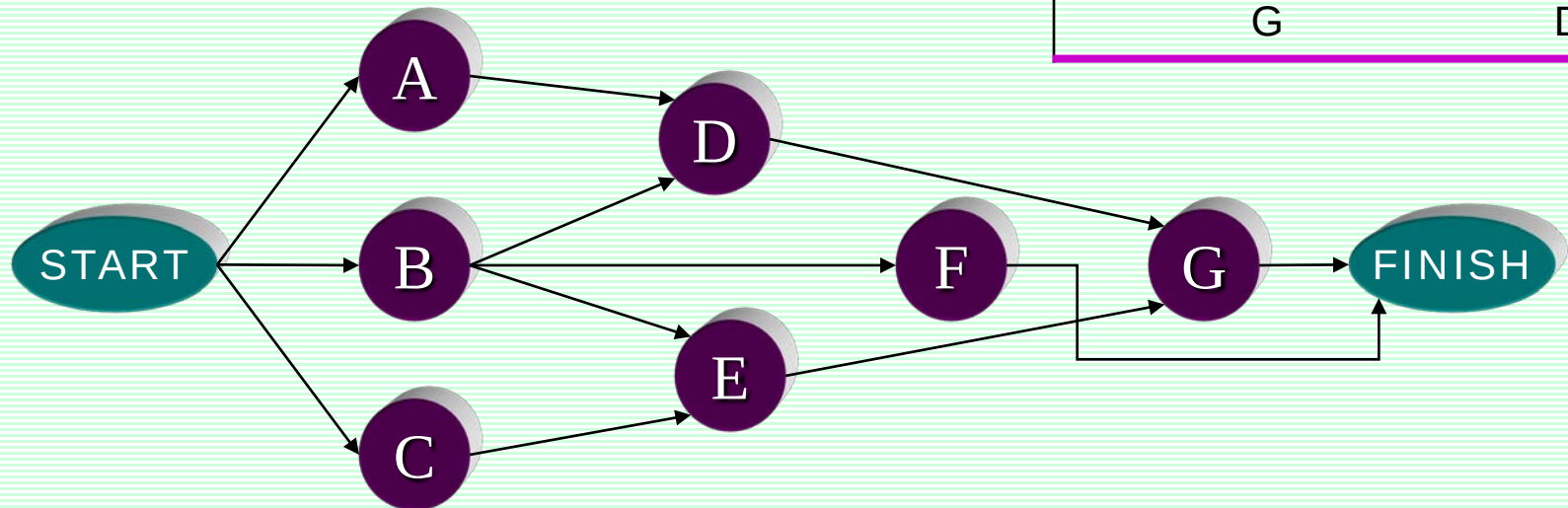
(۴) در ترسیم شبکه حلقه (Loop) نداریم اگر چنین باشد در تعریف منطق فعالیت ها دچار اشتباه شده ایم.

(۵) برای هر فعالیت فقط و فقط یک گره در شبکه وجود دارد.



مثال شبکه پیش نیازی با فعالیت های زیر را رسم کنید

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



برآورد مدت زمان فعالیتها

برآورد مدت زمان فعالیت، فرآیند تخمین تعداد دوره زمانی لازم برای تکمیل آن و جهت استفاده در زمانبندی پروژه می باشد.

### نکات مهم

۱- مدت زمان فعالیت به روش اجرا و منابع در اختیار آن وابسته است.

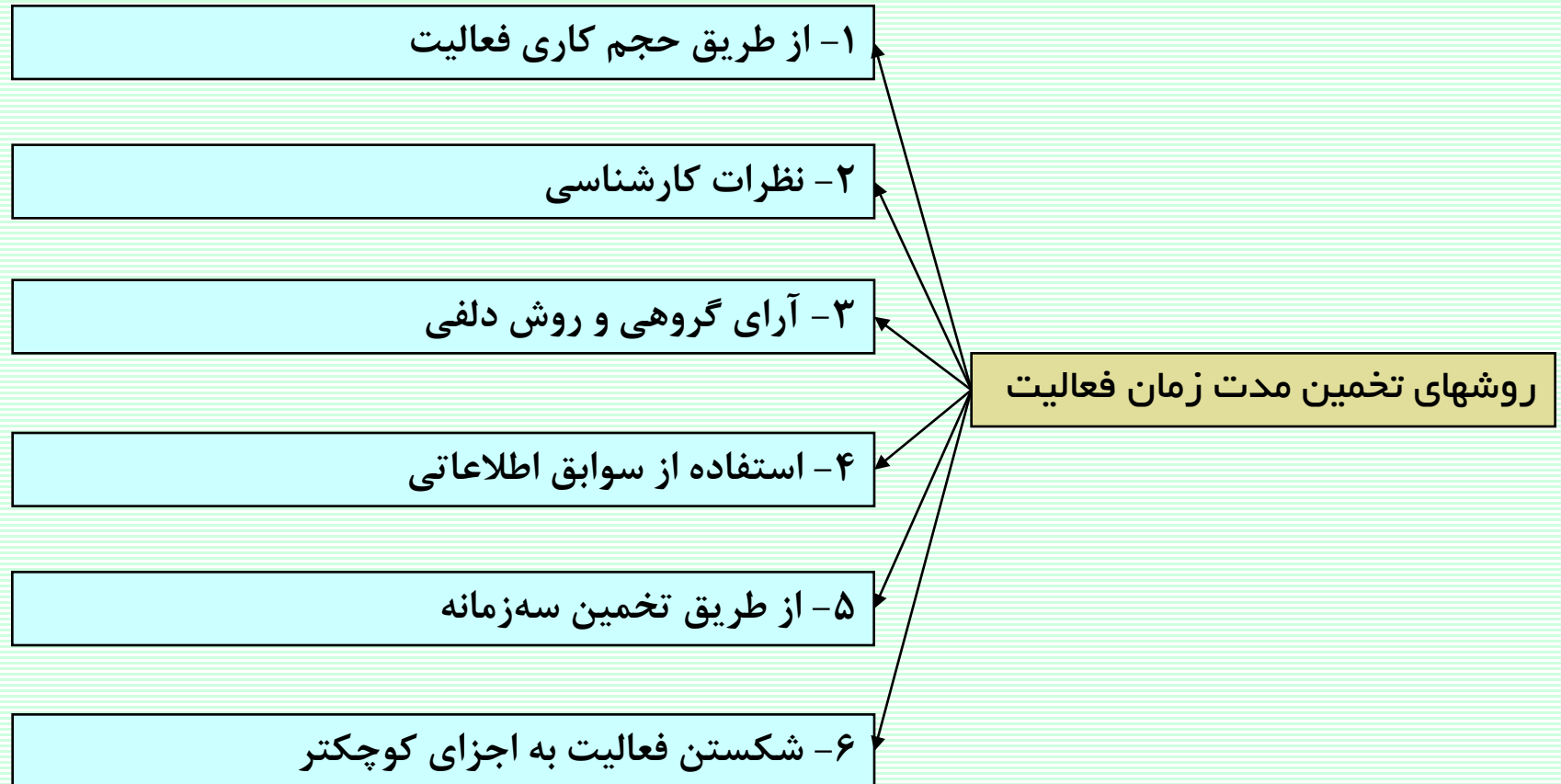
۲- واحد زمانی فعالیتها بصورت یکسان و استاندارد باشد. بطور مثال: روز

۳- در تخمین مدت زمان فعالیتها، روزهای کاری (Working Days) موردنظر هستند و نه ایام تقویمی.

لازم است که تقویم کاری (روزهای کاری و تعطیل) هر فعالیت مشخص شود.

۴- مدت زمان فعالیتها بطور مستقل از یکدیگر برآورد شوند.

۵- در برآورد مدت زمان فعالیتها شرایط معمول در نظر گرفته می شوند و اتفاقات غیر مترقبه مانند سیل و زلزله در صورتیکه غیرقابل پیش بینی هستند لحاظ نمی گردند.



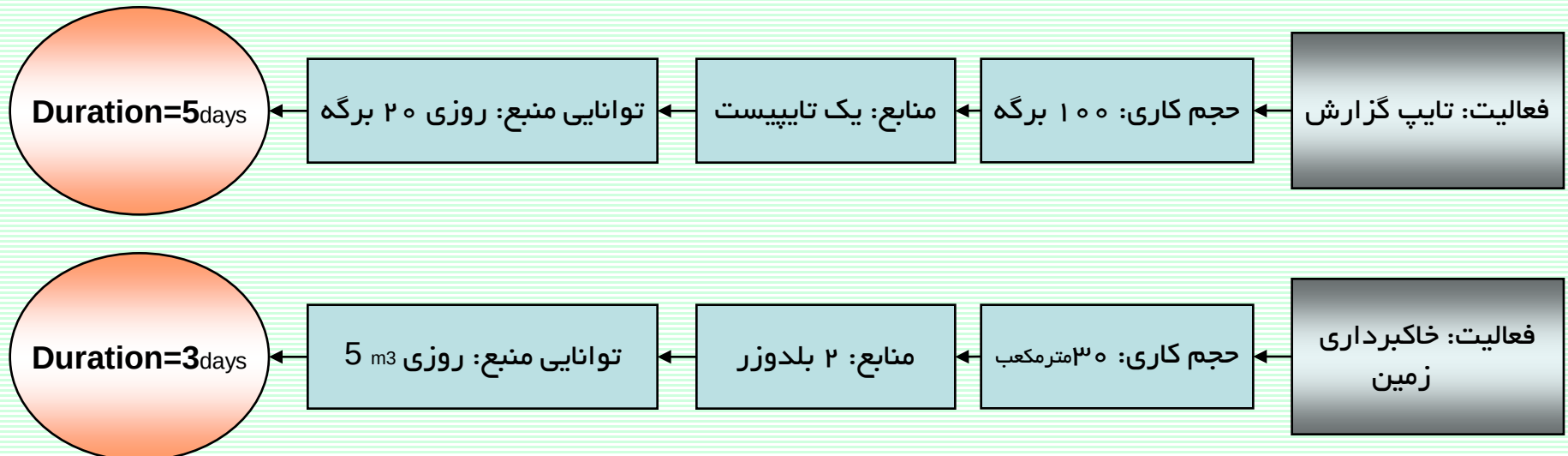
## Activity Duration Estimating

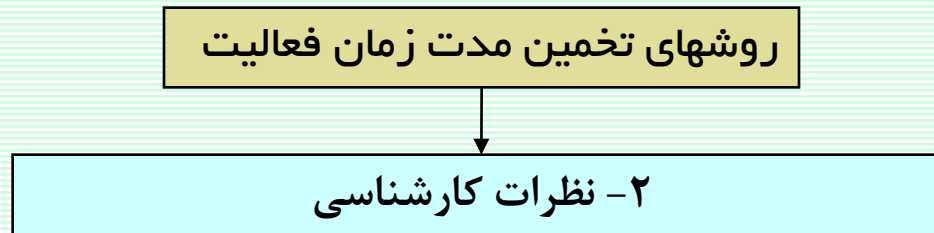
روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

۱- از طریق حجم کاری فعالیت

در این روش ابتدا حجم کاری فعالیت اندازه گیری شده و براساس منابع در دسترس و توانایی کاری منابع، مدت زمان فعالیت برآورد می شود.

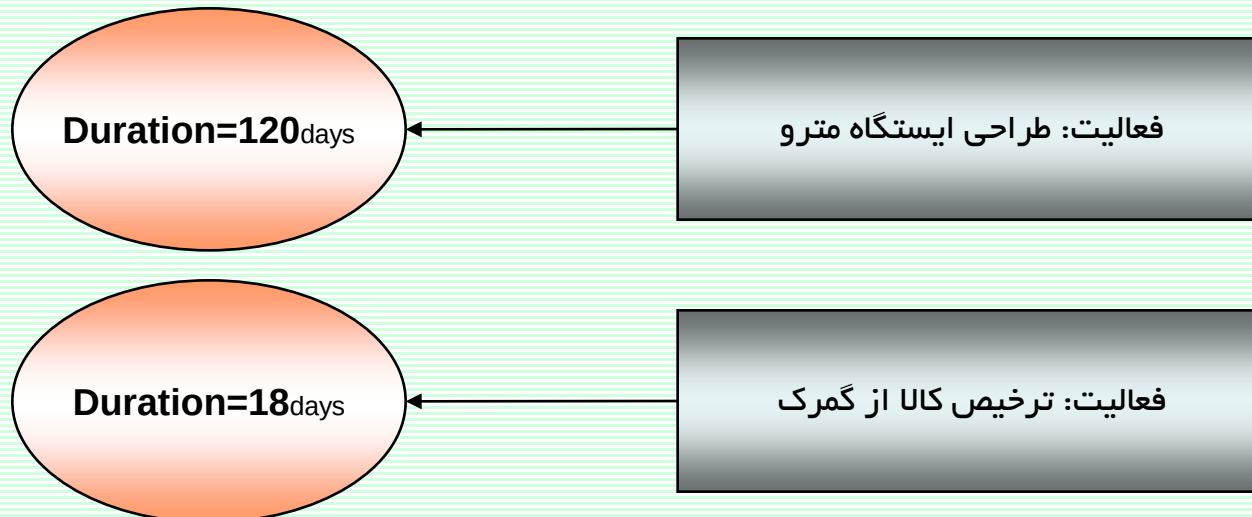
**مثال:**





در این روش به یک فرد متخصص و باتجربه در زمینه آن فعالیت رجوع می شود.

**مثال:**





روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

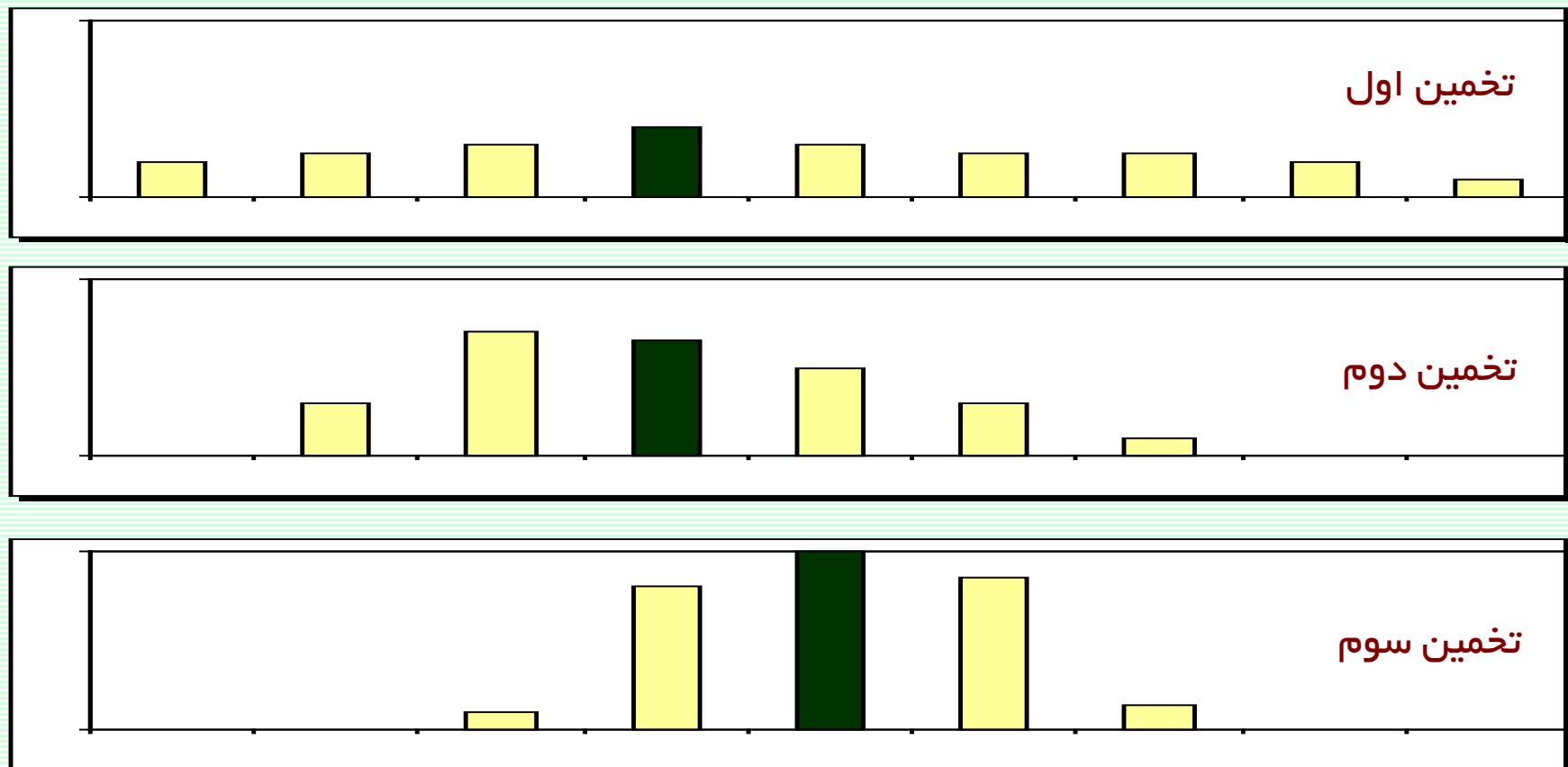


۳- آرای گروهی و روش دلفی

تخمین اول

تخمین دوم

تخمین سوم



روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

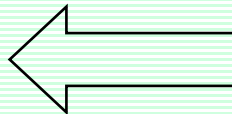


۴- استفاده از سوابق اطلاعاتی

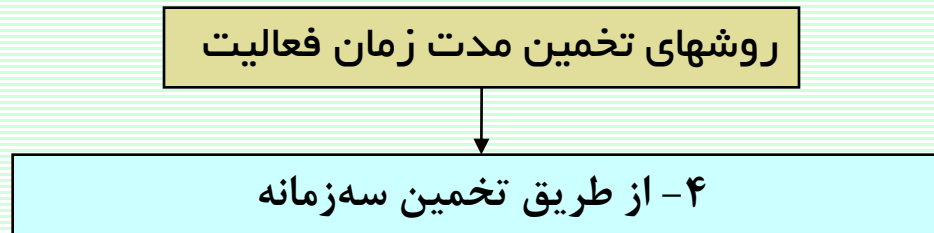
در صورتی که تاریخچه پروژه‌های قبلی مستند و تاریخ شروع و پایان فعالیت‌های همانند ثبت شده باشد، می‌توان از سوابق آنها در تخمین مدت فعالیت استفاده نمود.

### سوابق تاریخی گشایش اعتبار

| ردیف | تاریخ شروع | تاریخ اتمام | مدت (روز) |
|------|------------|-------------|-----------|
| ۱    | ۰۱/۰۹/۸۱   | ۱۰/۱۰/۸۱    | ۴۰        |
| ۲    | ۱۰/۰۲/۸۲   | ۰۱/۰۴/۸۲    | ۵۲        |
| ۳    | ۰۵/۰۴/۸۲   | ۲۳/۰۵/۸۲    | ۴۸        |



برآورد مدت زمان فعالیت = ۴۶ روز

*Activity Duration Estimating*

برای هر فعالیت، سه برآورد مدت زمان (خوش بینانه، محتمل و بدبینانه) ارائه شده و براساس آنها مدت زمان فعالیت پیش بینی می شود.

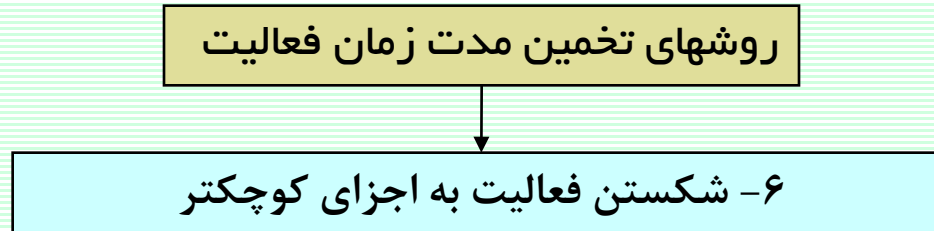
O: Optimistic خوش بینانه

P: Pessimistic بدبینانه

M: Most likely محتمل



$$\text{Duration} = (O + 4M + P) / 6$$

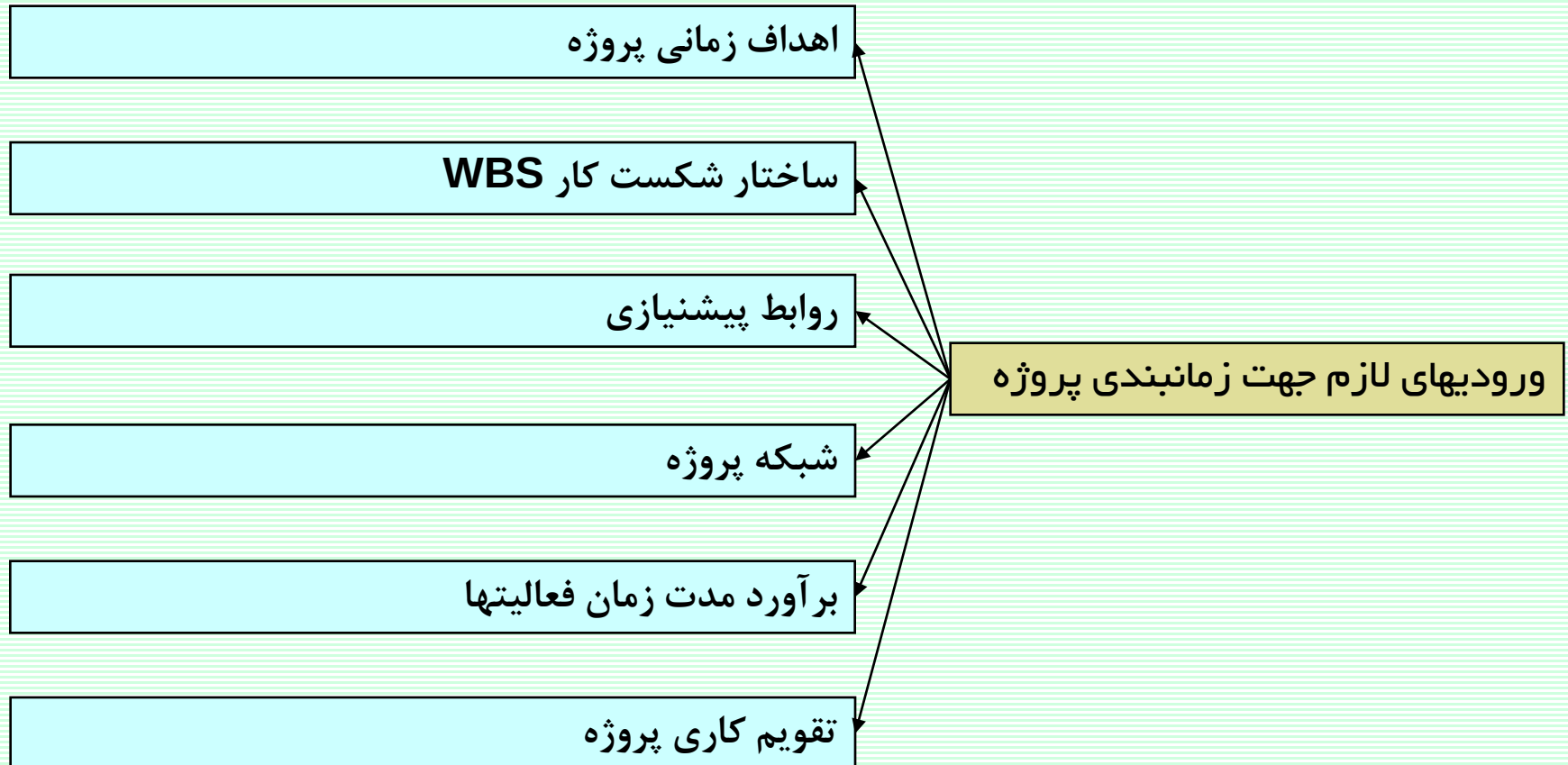


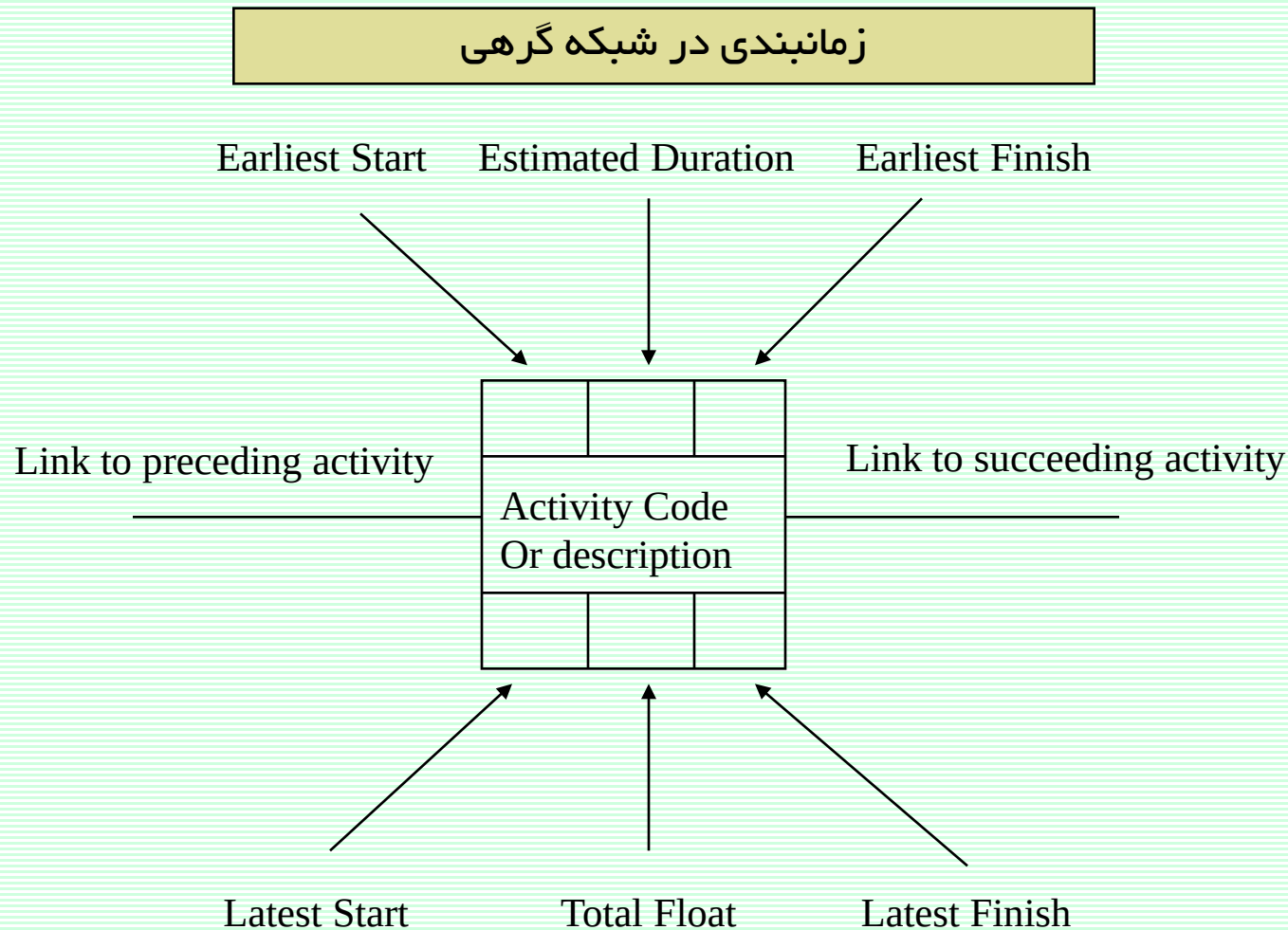
می توان فعالیت را به اجزای کوچکتر تقسیم نمود و سپس با یکی از روشهای ذکر شده مدت هریک را تخمین و با سرجمع کردن آنها مدت زمان فعالیت اصلی را برآورد نمود.

بیشترین کاربرد این روش در مواقعی است که **WBS** در سطوح بالا متوقف شده و بصورت کلان به برنامه ریزی نگاه می شود.

# زمانبندی پروژه

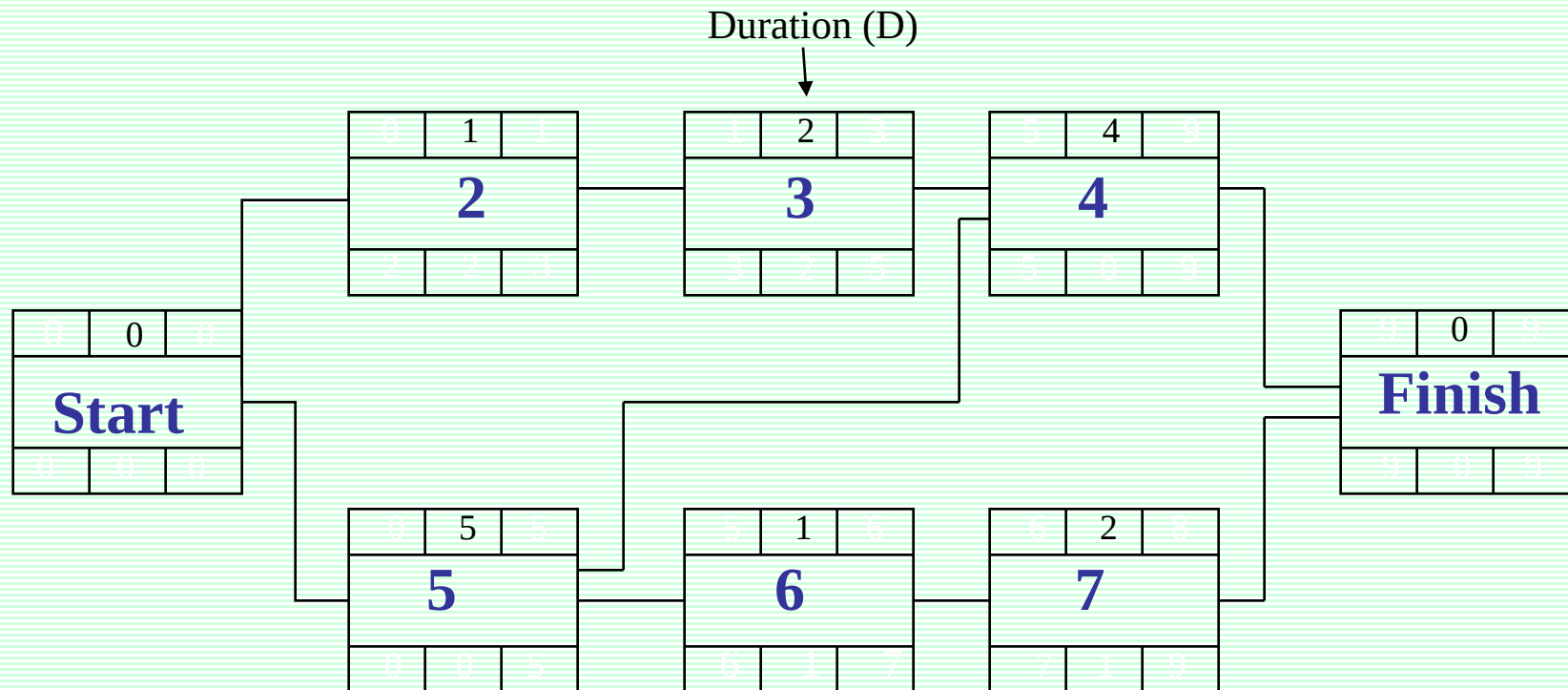
تهیه زمانبندی پروژه، فرآیند تعیین زمانهای شروع و پایان فعالیتهای پروژه است.





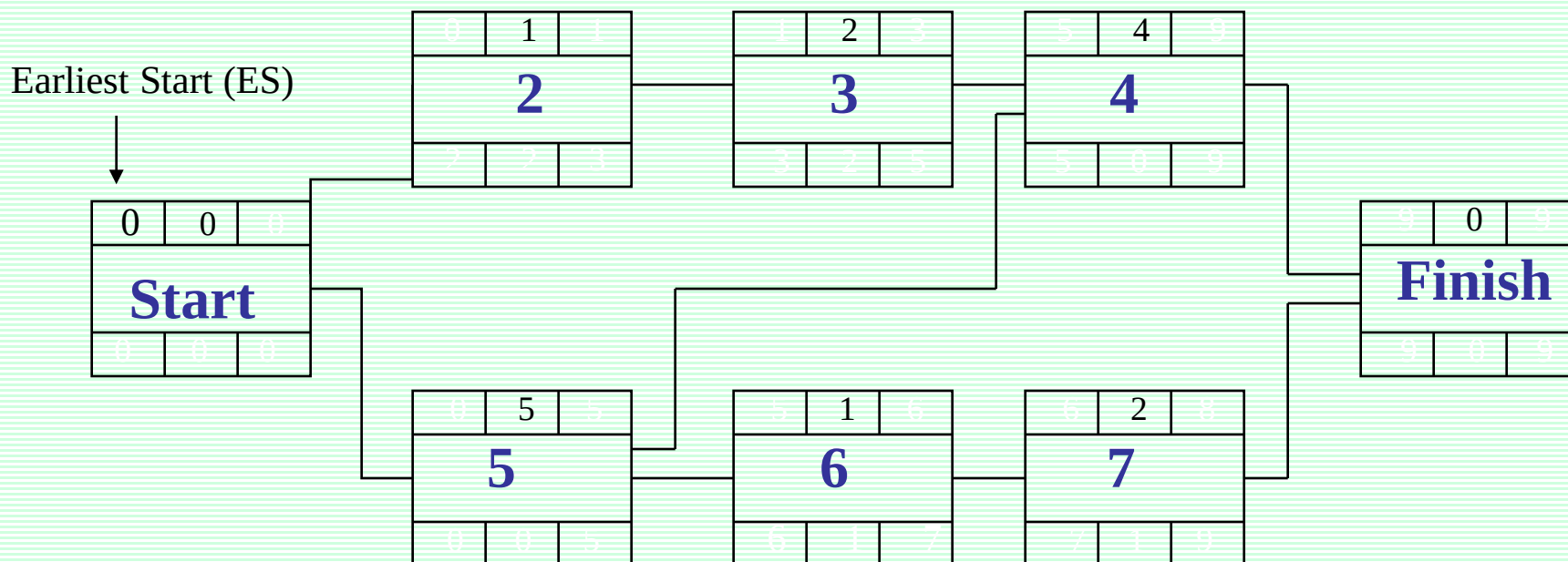
نمادگذاری یک فعالیت در زمانبندی شبکه گرهی

## زمانبندی در شبکه گرهی



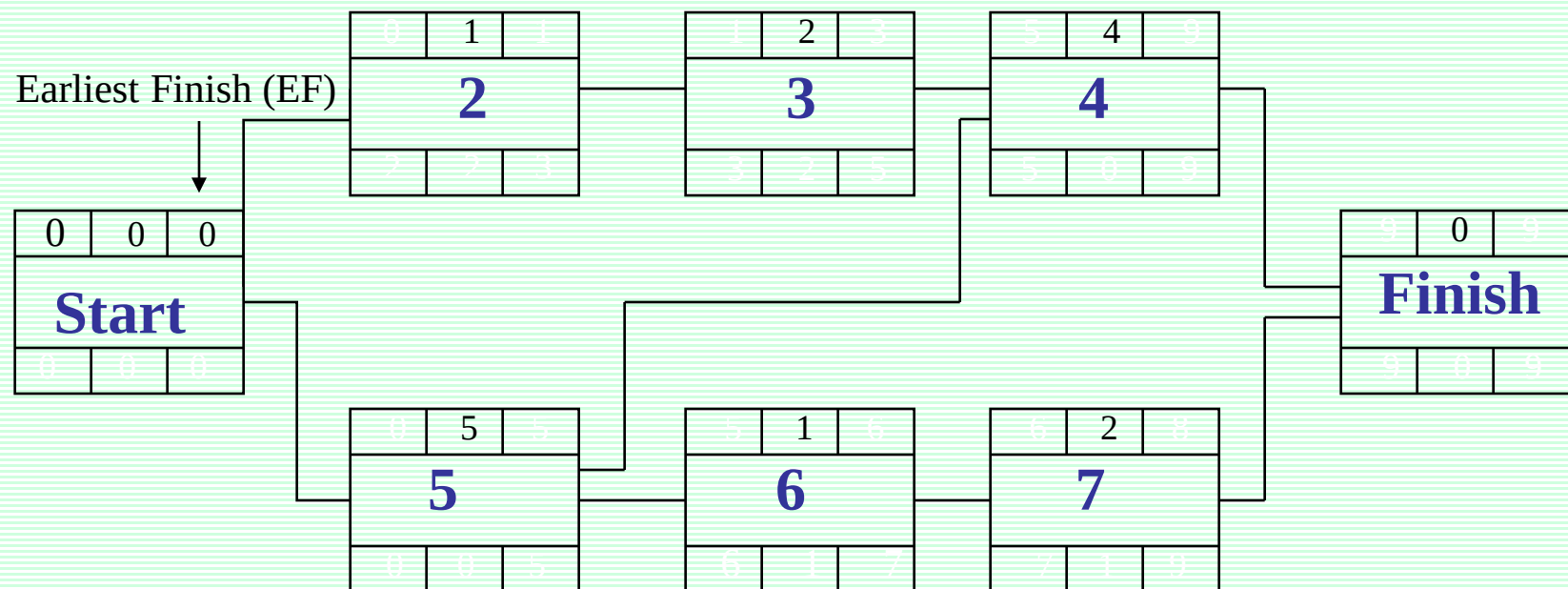


## زمانبندی در شبکه گرهی

**ES= 0**

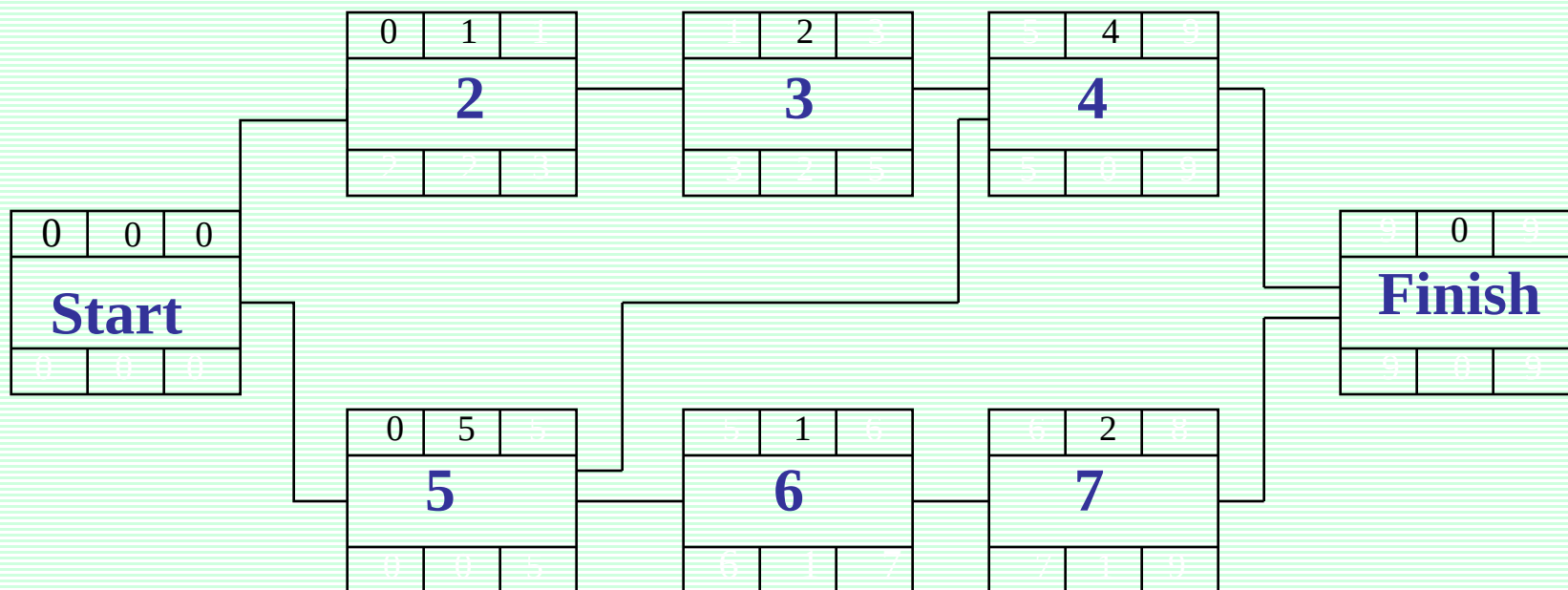
برای فعالیت شروعی داریم :

## زمانبندی در شبکه گرهی



$$EF = ES + D$$

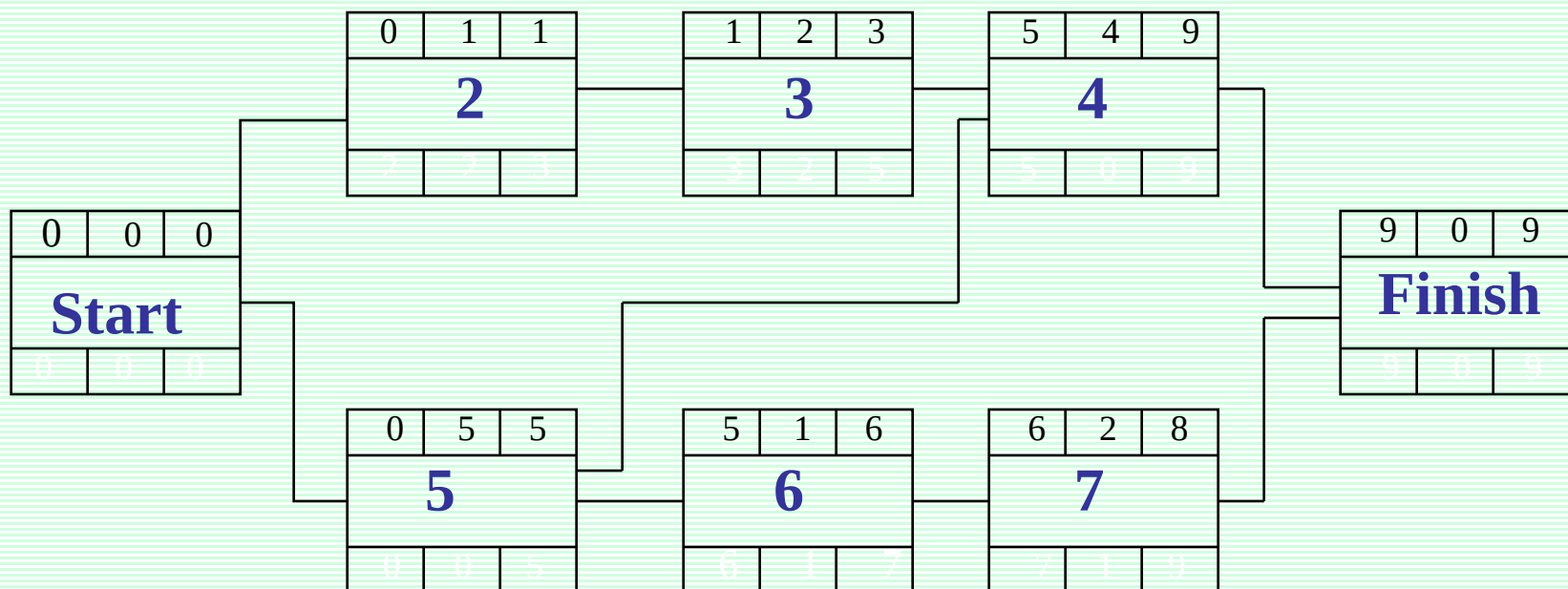
## زمانبندی در شبکه گرهی



$$ES = \max\{EF\} \text{ for all Predecessor}$$

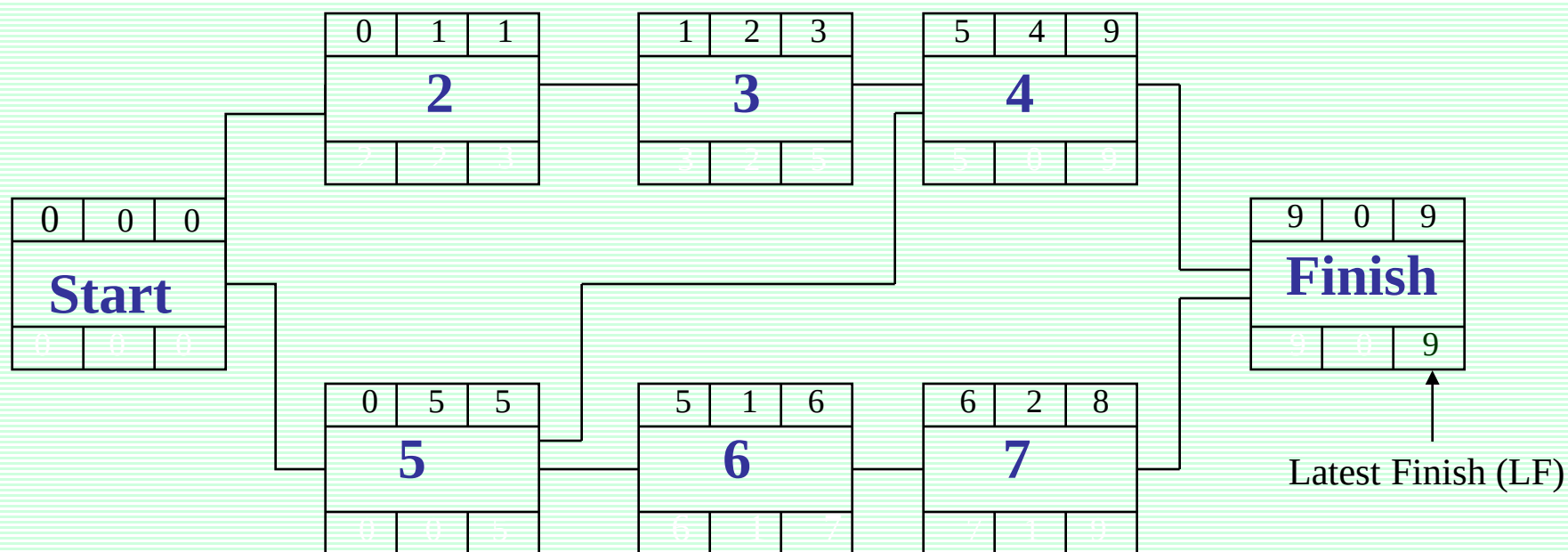
برای فعالیتهای غیر شروعی داریم:

## زمانبندی در شبکه گرهی



**EF<sub>(Finish)</sub> = زودترین زمان اتمام پروژه**

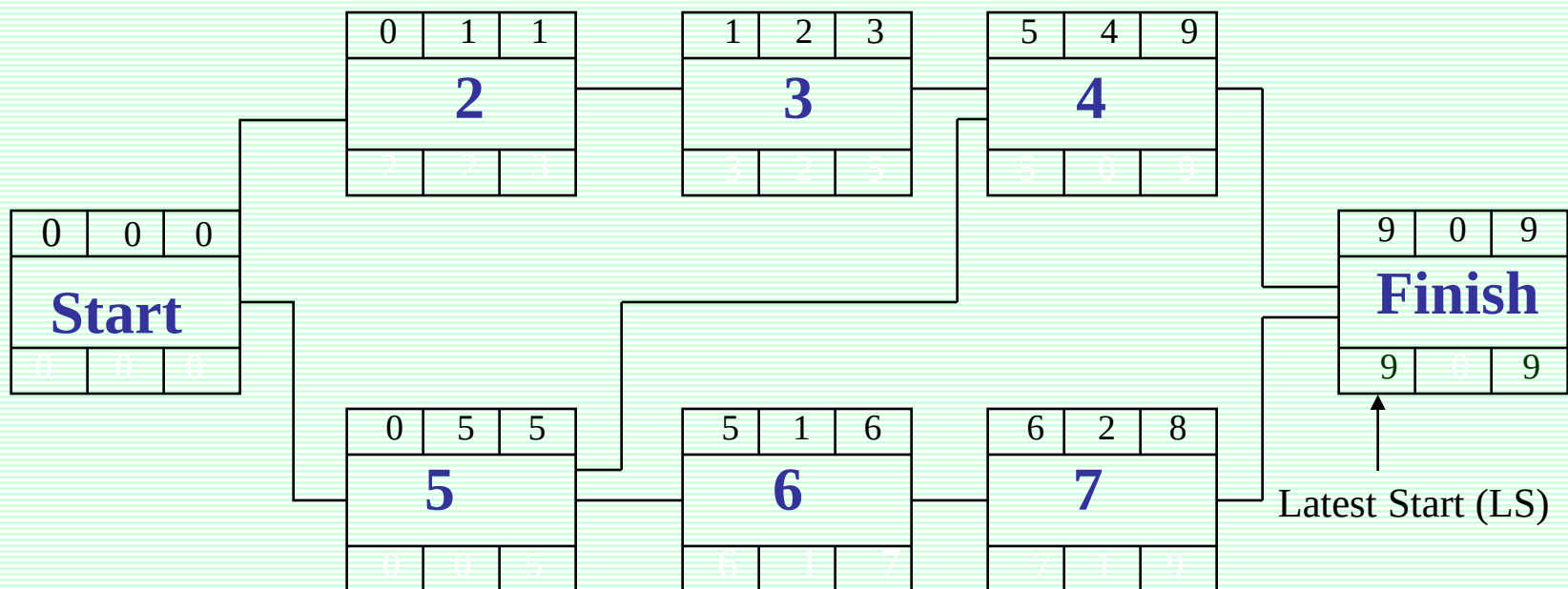
## زمانبندی در شبکه گرهی



$$LF = EF_{\text{(Finish)}}$$

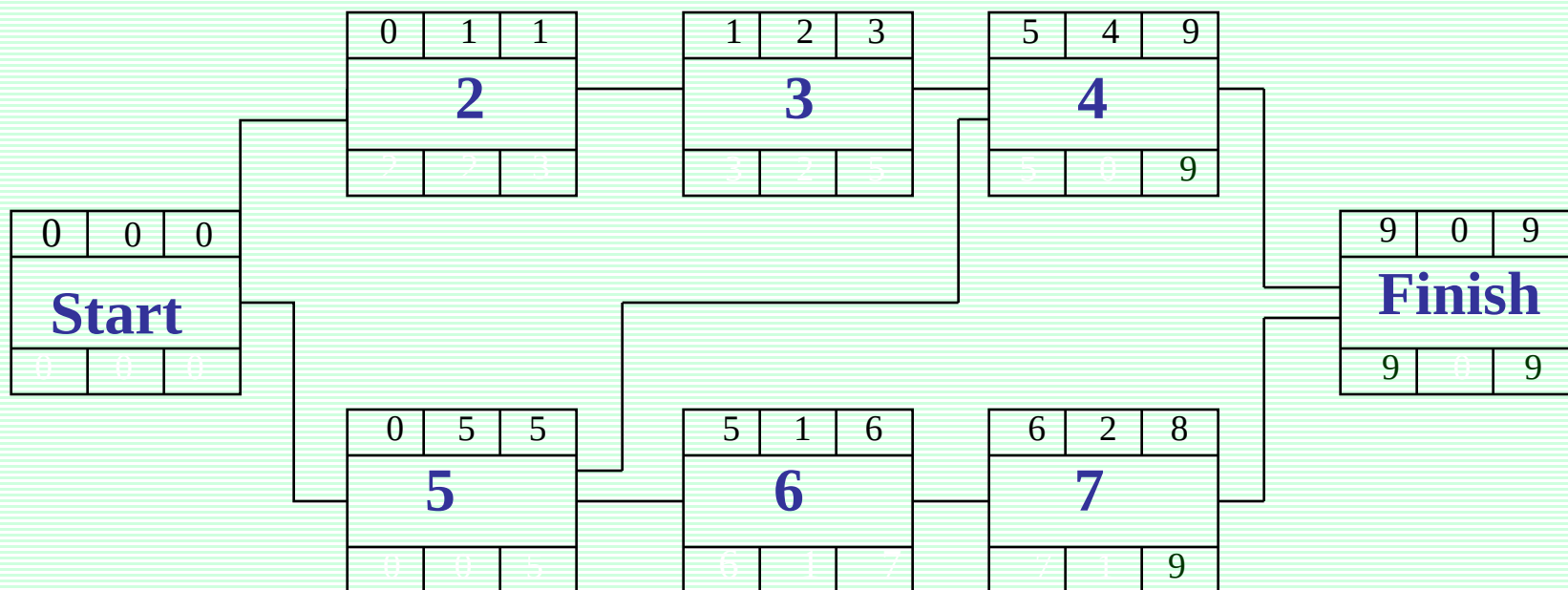
برای فعالیت پایانی داریم :

## زمانبندی در شبکه گرهی



$$LS = LF - D$$

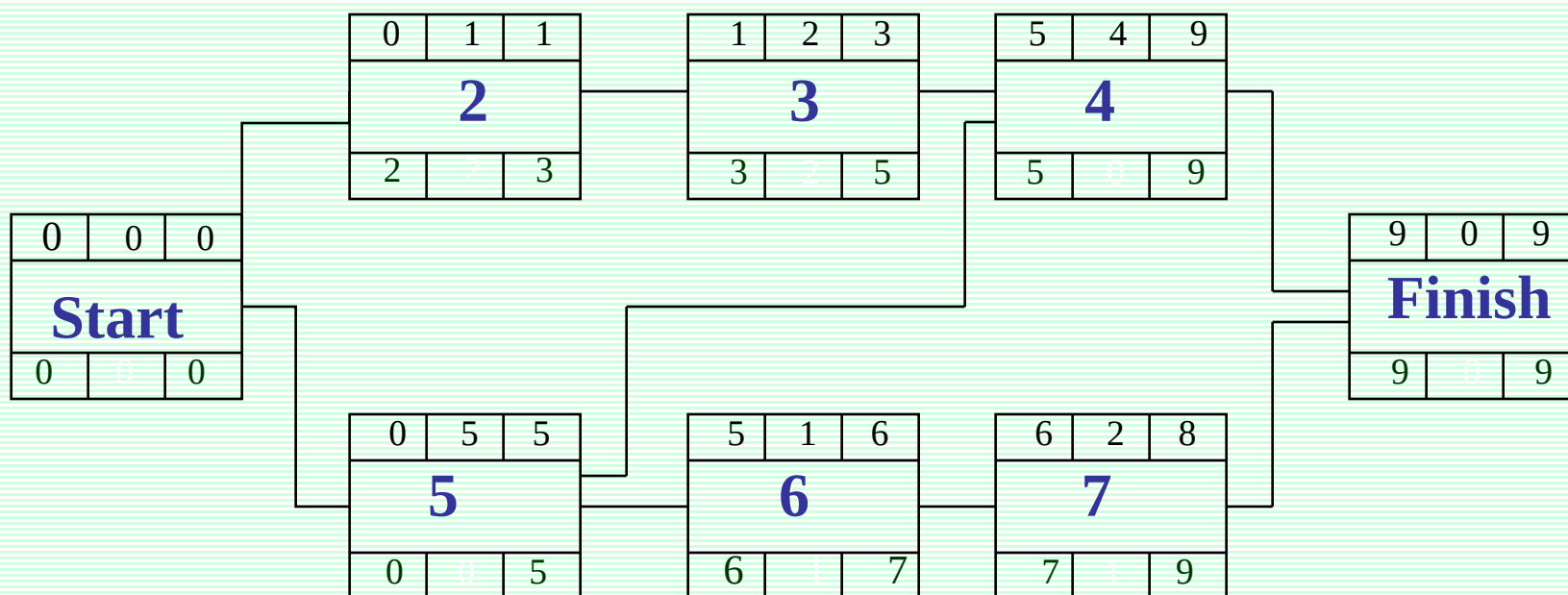
## زمانبندی در شبکه گرهی



$$LF = \min\{LS\} \text{ for all Succesor}$$

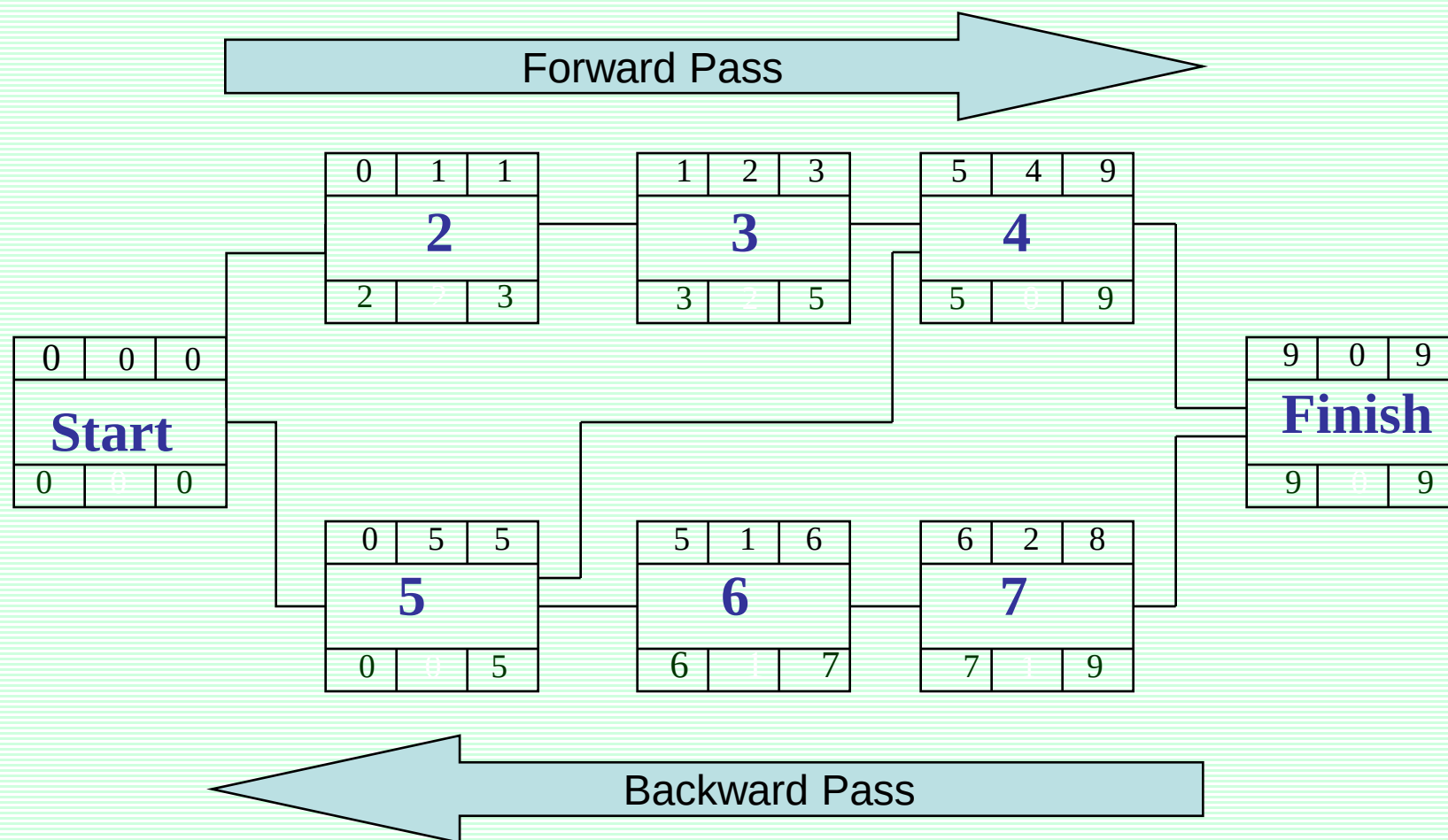
برای فعالیت‌های غیر پایانی داریم:

## زمانبندی در شبکه گرهی





## زمانبندی در شبکه گرهی



## زمانبندی در شبکه گرهی

| کد فعالیت | زودترین زمان شروع | زودترین زمان پایان | دیرترین زمان شروع | دیرترین زمان پایان |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Start     | 0                 | 0                  | 0                 | 0                  |
| 2         | 0                 | 1                  | 2                 | 3                  |
| 3         | 1                 | 3                  | 3                 | 5                  |
| 4         | 5                 | 9                  | 5                 | 9                  |
| 5         | 0                 | 5                  | 0                 | 5                  |
| 6         | 5                 | 6                  | 6                 | 7                  |
| 7         | 6                 | 8                  | 7                 | 9                  |
| Finish    | 9                 | 9                  | 9                 | 9                  |

$$\begin{aligned}
 \text{زودترین زمان شروع فعالیت } i &= ESi && \text{(Earliest Start)} \\
 \text{زودترین زمان پایان فعالیت } i &= EFi && \text{(Earliest Finish)} \\
 \text{مدت زمان فعالیت } i &= Di && \text{(Duration)}
 \end{aligned}$$

قواعد محاسبات رفت:

- A)  $ES(\text{start}) = 0$
- B)  $ESi = \text{Max}\{EFj\} \quad j = \{\text{مجموعه فعالیت‌های پیش نیاز فعالیت}\}$
- C)  $EFi = ESi + Di$

$EF(\text{finish})$  حداقل زمانی است که پروژه انجام می‌شود.

$LS_i$  = دیرترین زمان شروع فعالیت  $i$  (Latest Start)

$LF_i$  = دیرترین زمان پایان فعالیت  $i$  (Latest Finish)

$D_i$  = مدت زمان فعالیت  $i$  (Duration)

قواعد محاسبات برگشت:

- A)  $LF(\text{finish}) = EF(\text{finish})$
- B)  $LF_i = \min\{LS_k\} \quad k=\{i \text{ مجموعه فعالیت‌های پس نیاز } i\}$
- C)  $LS_i = LF_i - D_i$

$EF(\text{Finish})$  می‌تواند عددی غیر از  $EF(\text{Finish})$  باشد (طبیعتاً" باید عددی بزرگتر از  $EF(\text{Finish})$

باشد) در این صورت ما برای اتمام پروژه مهلتی بیش از حداقل زمان پروژه تعیین کرده.

شناوري کل فعالیت (Total Float (Total slaok):

شناوري کل يك فعالیت مدت زمانی است که يك فعالیت می تواند نسبت به زودترین زمان شروع ، دیرتر شروع شود بدون آنکه زمانبندی کل پروژه به تأخیر بیافند.

$$TF = LSi - ESi$$

OR

$$TF = LFi - EFi$$

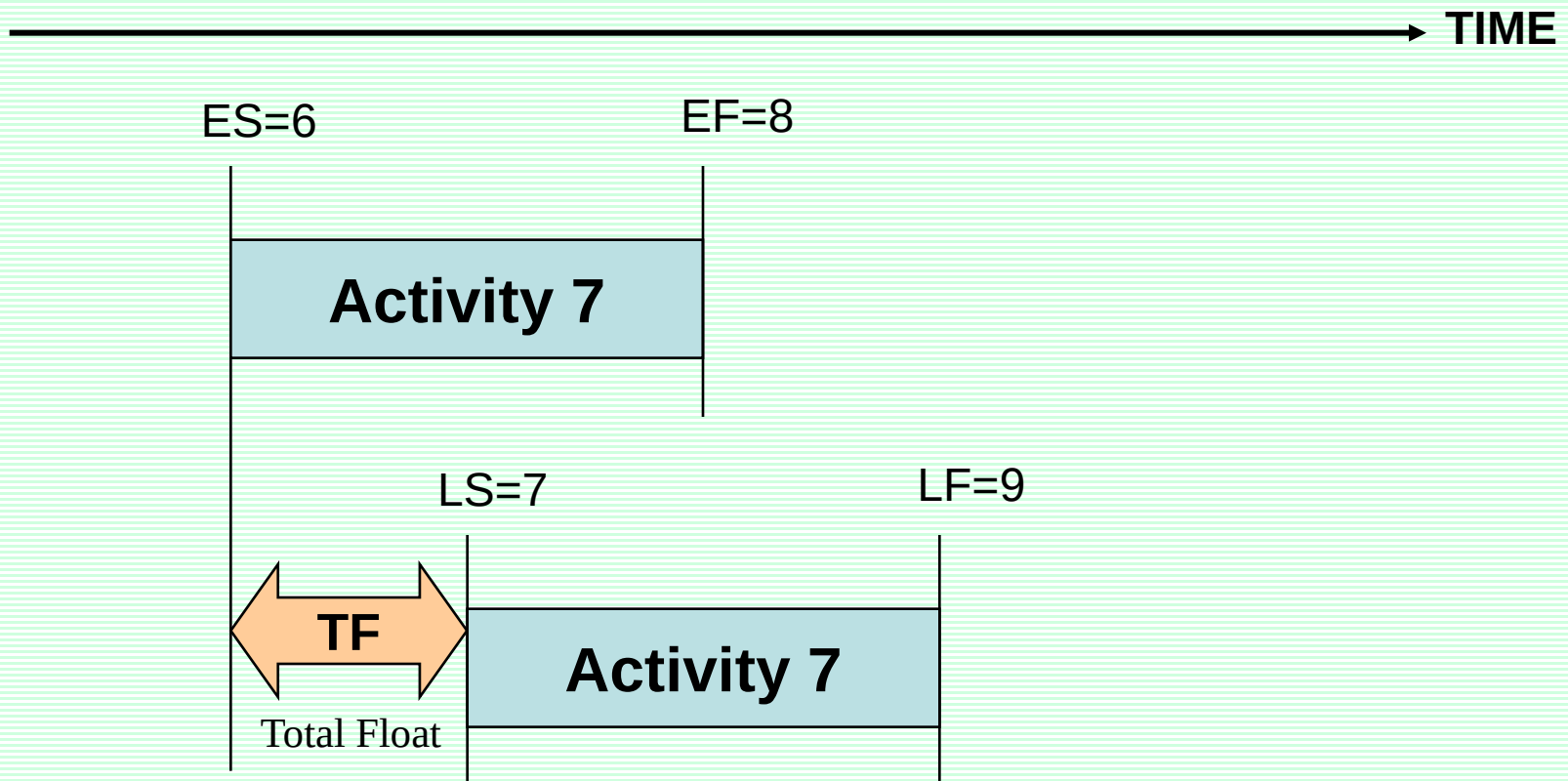
شناوري آزاد (Free Float)(FF):

مدت زمانی است که يك فعالیت می تواند نسبت به زودترین زمانبندی اش دیرتر تمام شود. بدون آنکه بر زمانبندی فعالیت های بعدی تأثیر بگذارد.

$$FF = \text{Min}\{ESj\} - EFi$$

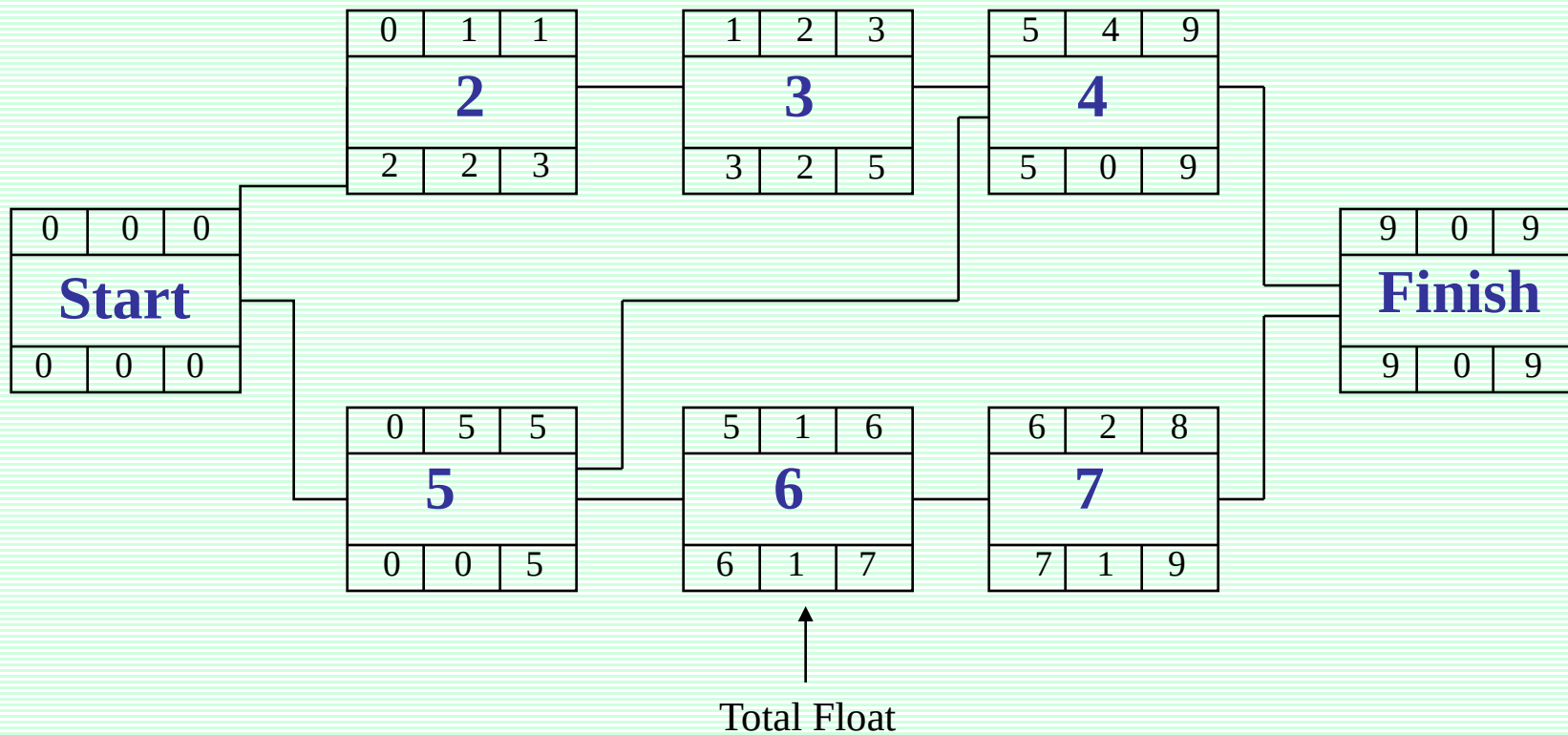
$j = \{ \text{مجموعه فعالیت های پس نیاز } i \}$

شناوری کل در شبکه گرهی

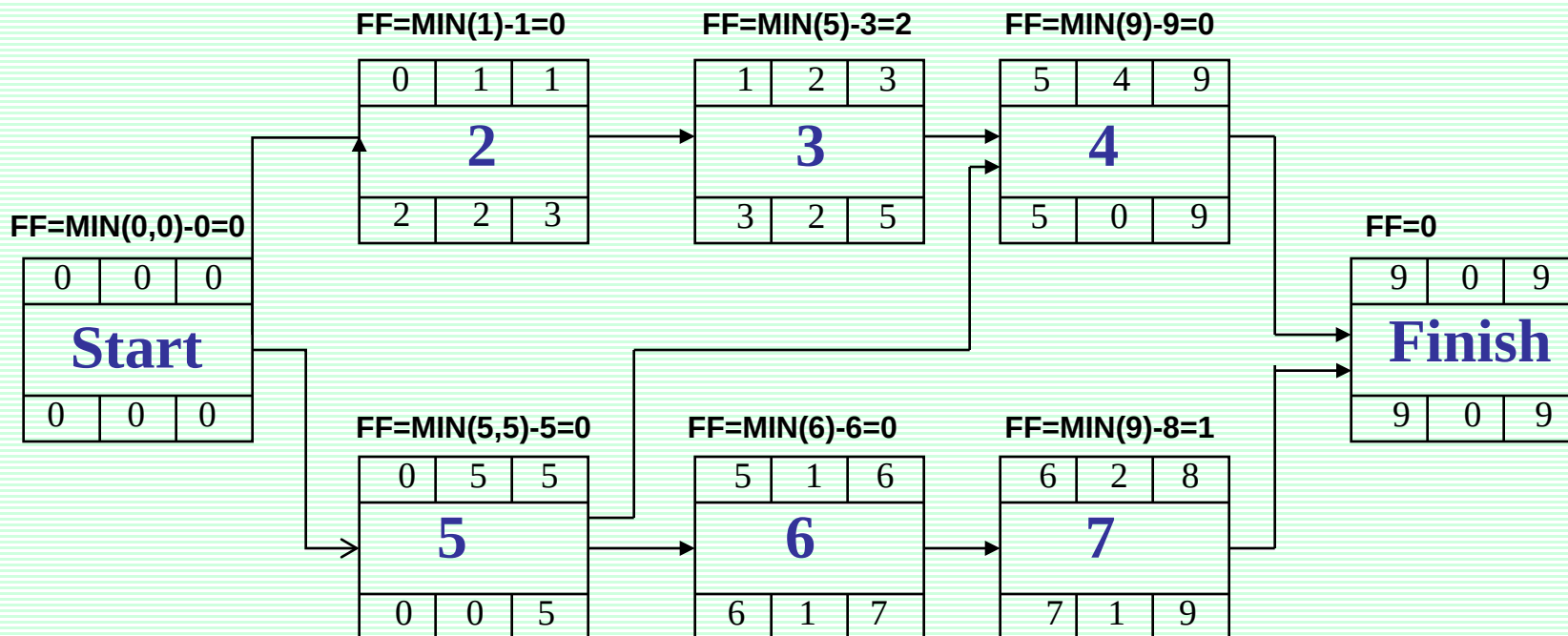


$$TF = LS - ES \quad \text{or} \quad TF = LF - EF$$

## شناوری کل در شبکه گرهی



## شناوری آزاد در شبکه گرهی

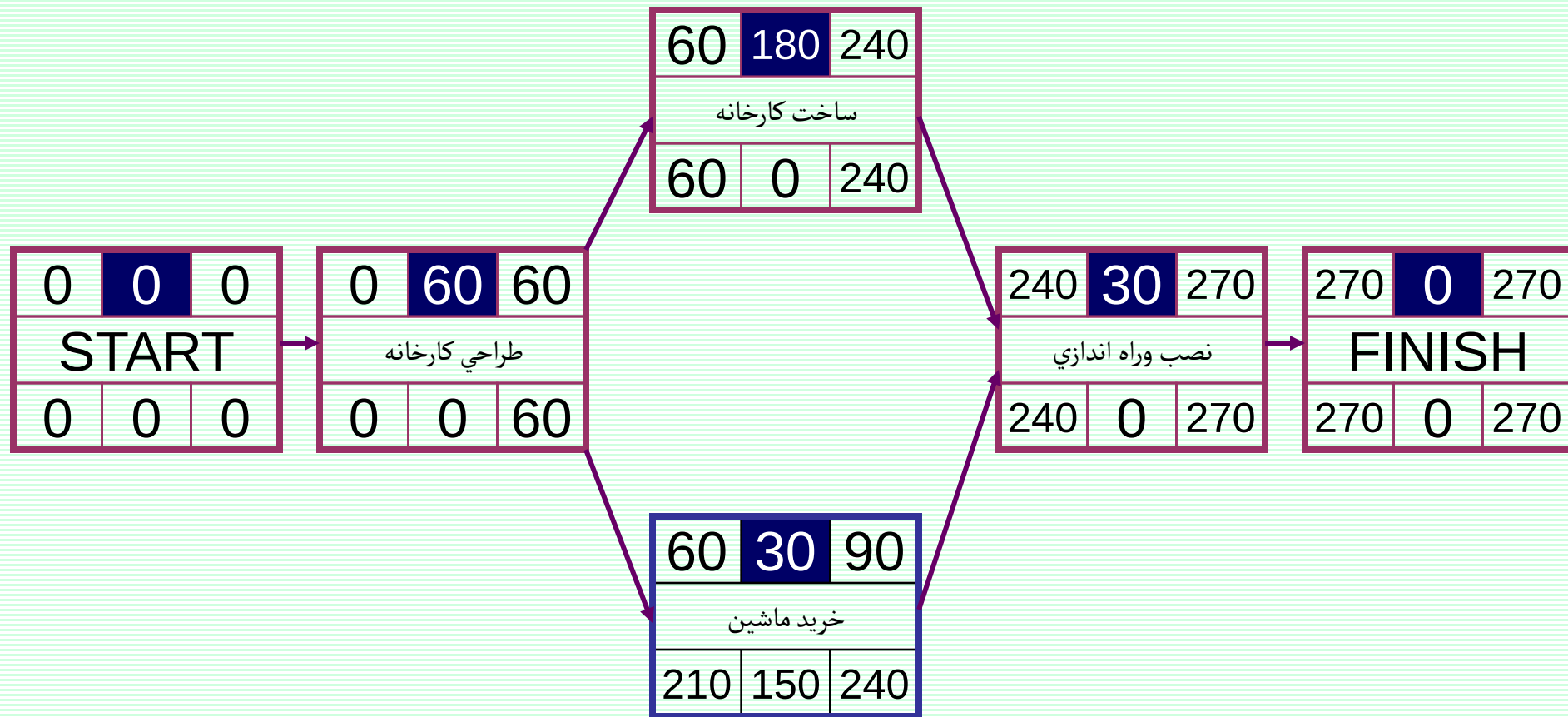




مثال : طراحي وايجاد يك كارخانه را در نظر بگيريد

مقرر شده است كه كارخانه اي جهت توليد قطعات خودرو ايجاد شود. مطابق بررسي ها انجام شده ابتدا لازم است كه طراحي كارخانه ( كه 60 روز زمان مي برد ) انجام شود. پس از اتمام طراحي ، دو فعاليت مي توانند شروع شوند فعاليت ساخت كارخانه ( طي 180 روز ) و فعاليت خريد ماشين آلات ( طي 30 روز ) . پس از اتمام فعاليتهاي ساخت كارخانه و همچنين خريد ماشين آلات ، نصب و راه اندازي ماشين آلات در كارخانه طي 30 روز انجام مي شود.

زمانبندي و همچنين شناوري كل و شناوري آزاد فعاليتها را بدست آوريد.



## چند تعریف

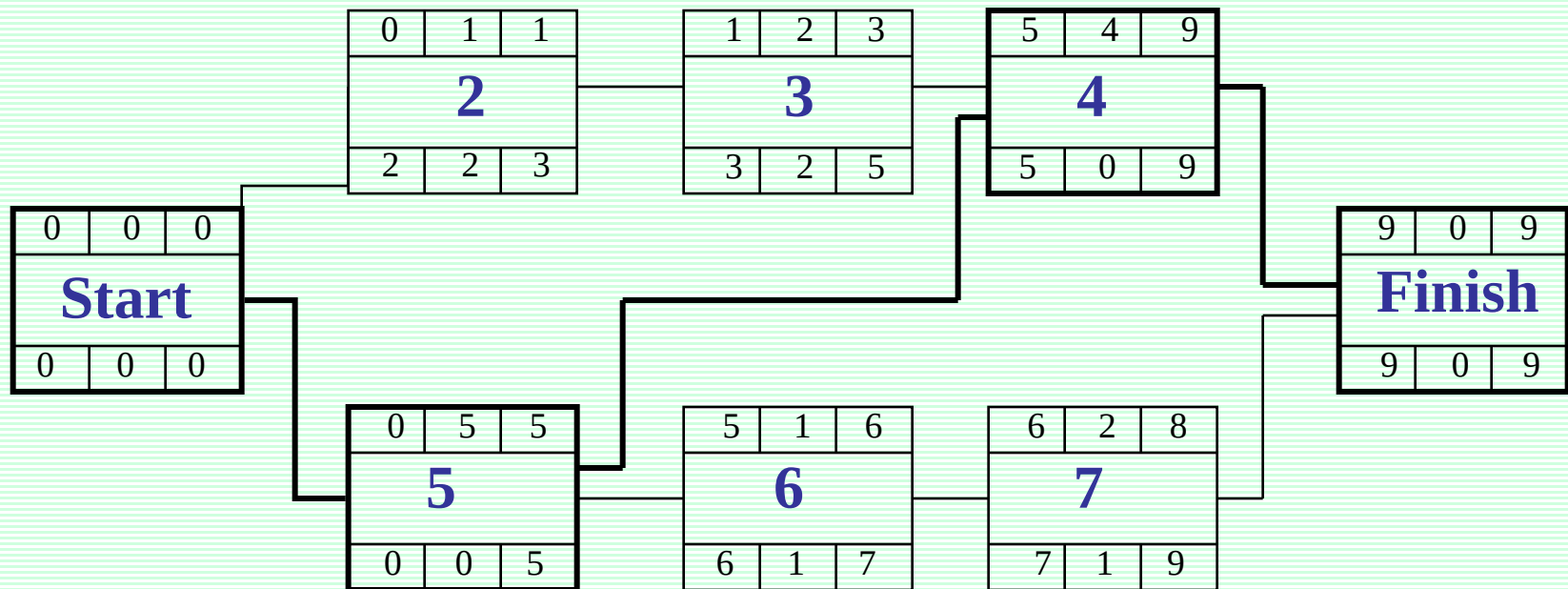
- **مسیر Path:** دنباله‌ای از فعالیتها که از گره شروعی آغاز و به گره پایانی منتهی شوند.

- **مسیر بحرانی Critical Path:** طولانی ترین مسیر شبکه ( در غالب موارد مسیری که فعالیتها با شناوری کل صفر را شامل می‌شود).

- ممکن است در یک شبکه چند مسیر بحرانی داشته باشیم.

- در صورتیکه در حرکت بازگشتی از زمانی بیش از زودترین زمان اتمام پروژه استفاده کنیم فعالیتهایی که دارای شناور کل برابر اختلاف دو عدد فوق هستند تشکیل دهنده مسیر بحرانی خواهند بود.

## زمانبندی در شبکه گرهی

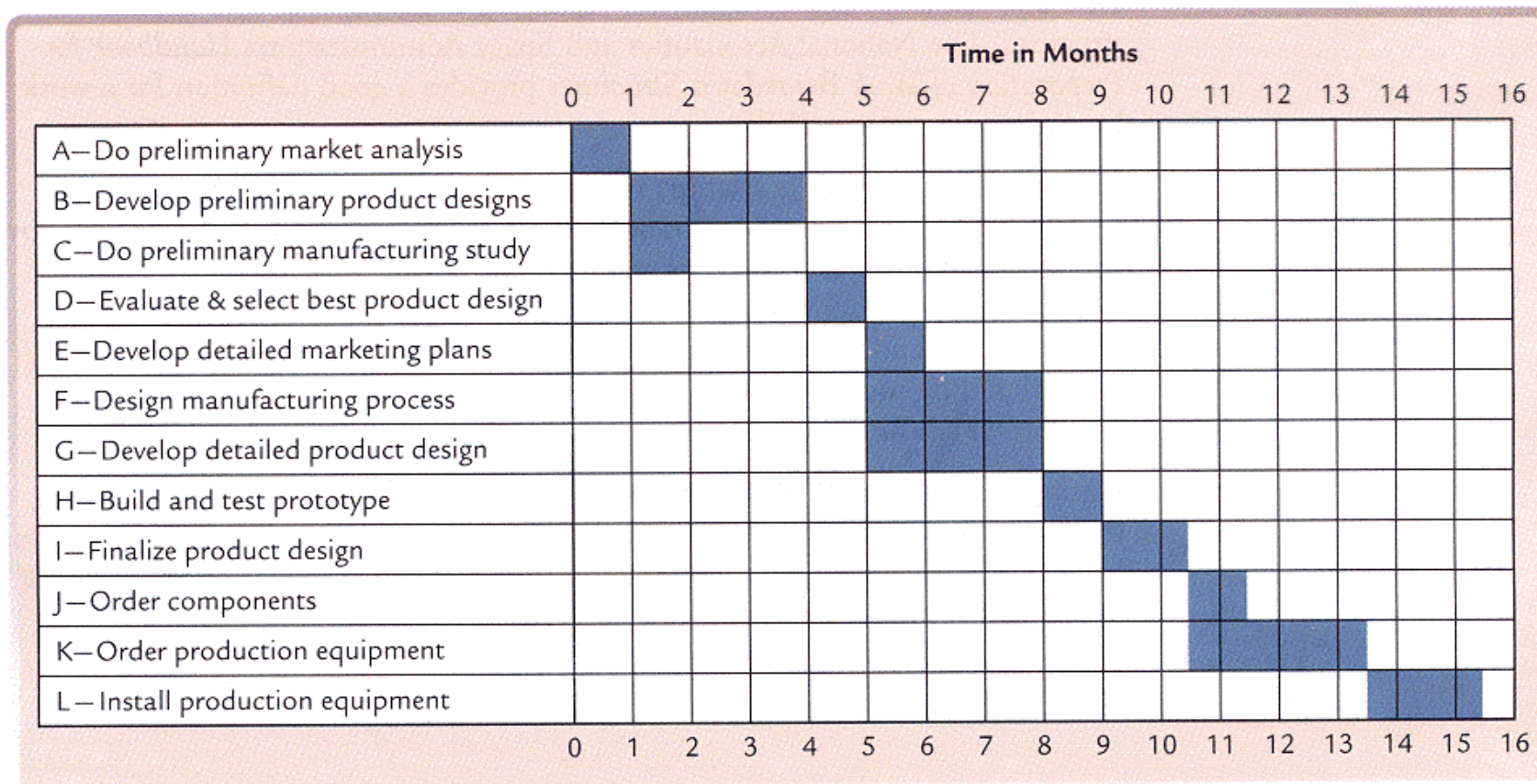


روش زمانبندی که در اسلایدهای قبل اشاره شد به روش مسیر بحرانی مشهور است.

**CPM**

**(Critical Path Method)**

### GANTT CHART نمودار گانت

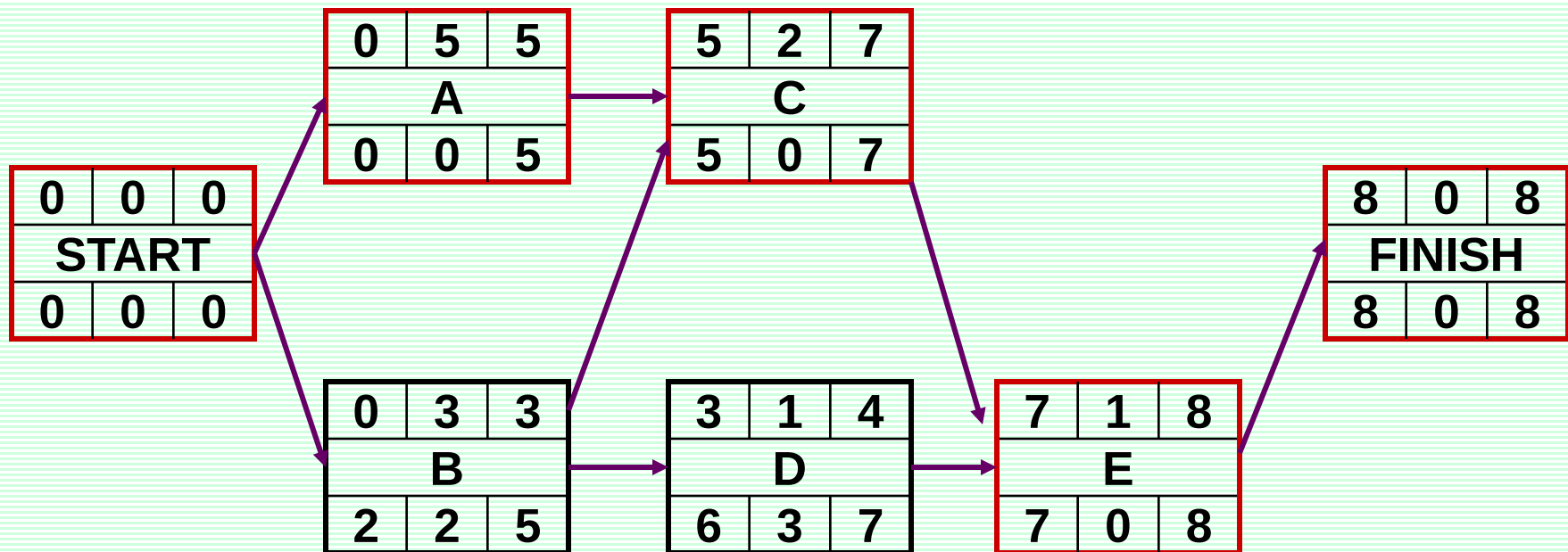


# GANTT CHART

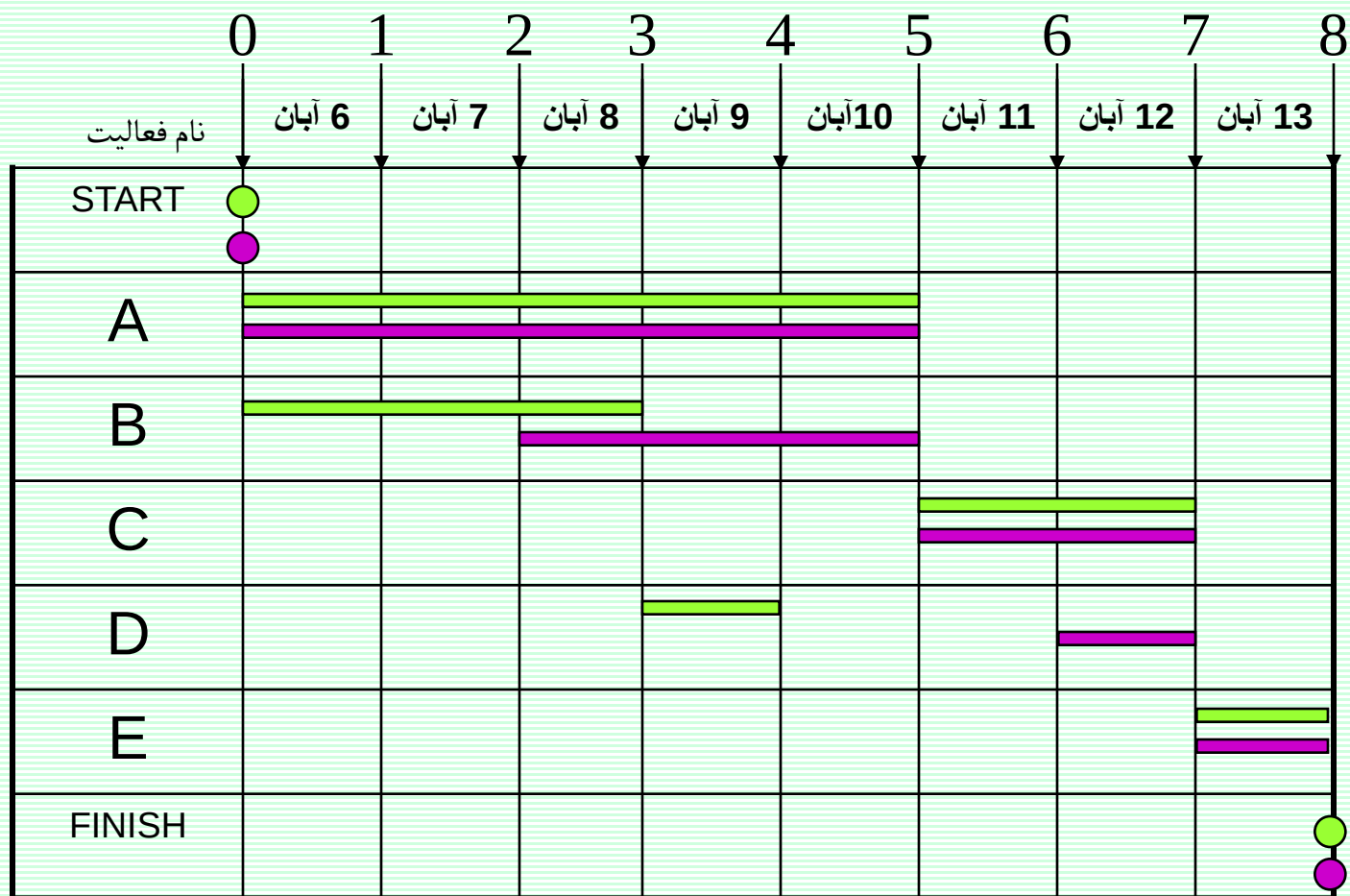
نمودار میله ای زمانبندی پروژه — گانت چارت

مثال

پروژه با شبکه ی زیر را در نظر بگیرید



# GANTT CHART نمودار گانت



دیرترین زمان

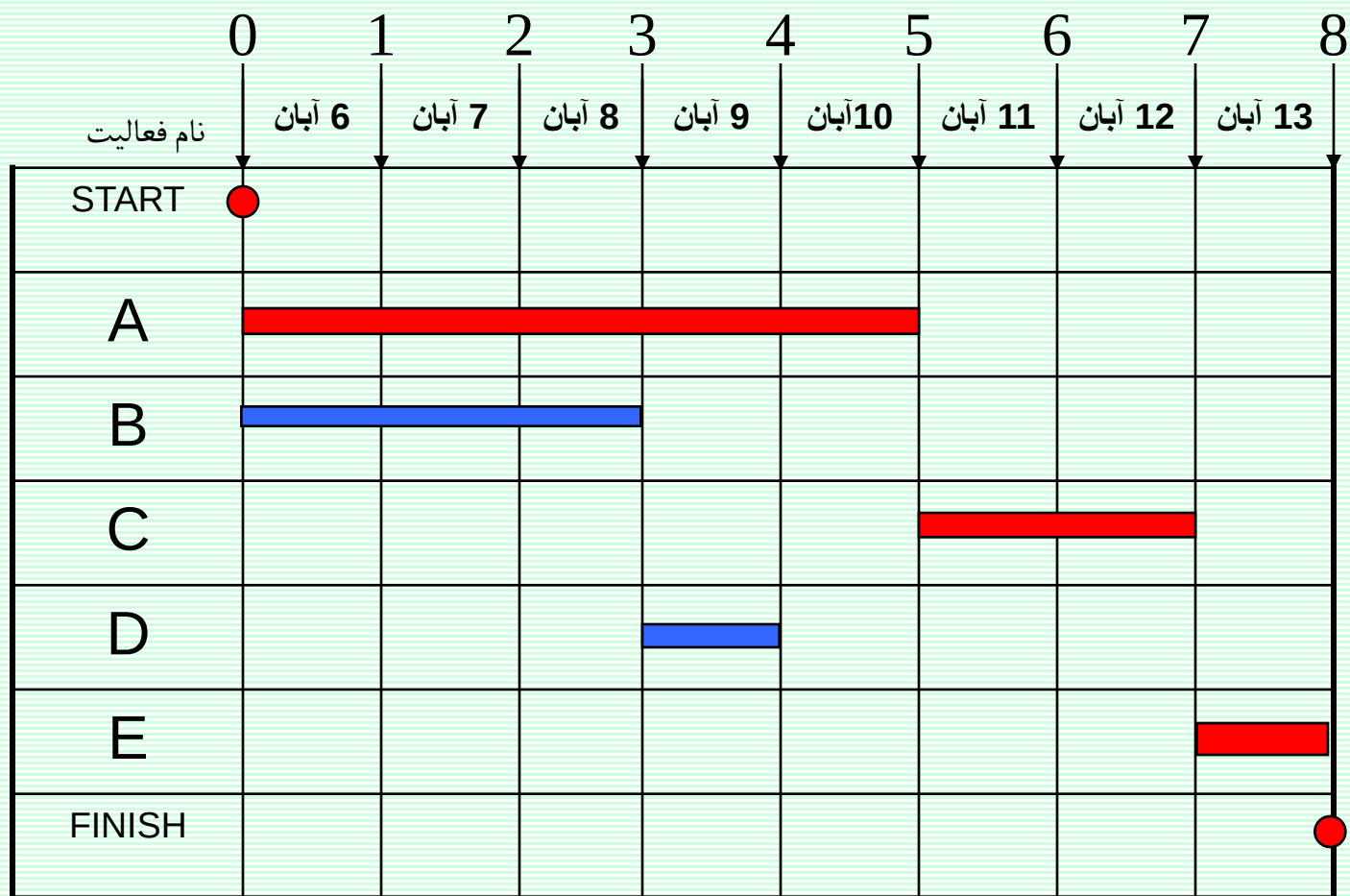


زودترین زمان





# نمودار گانت با تعیین فعالیت‌های بحرانی



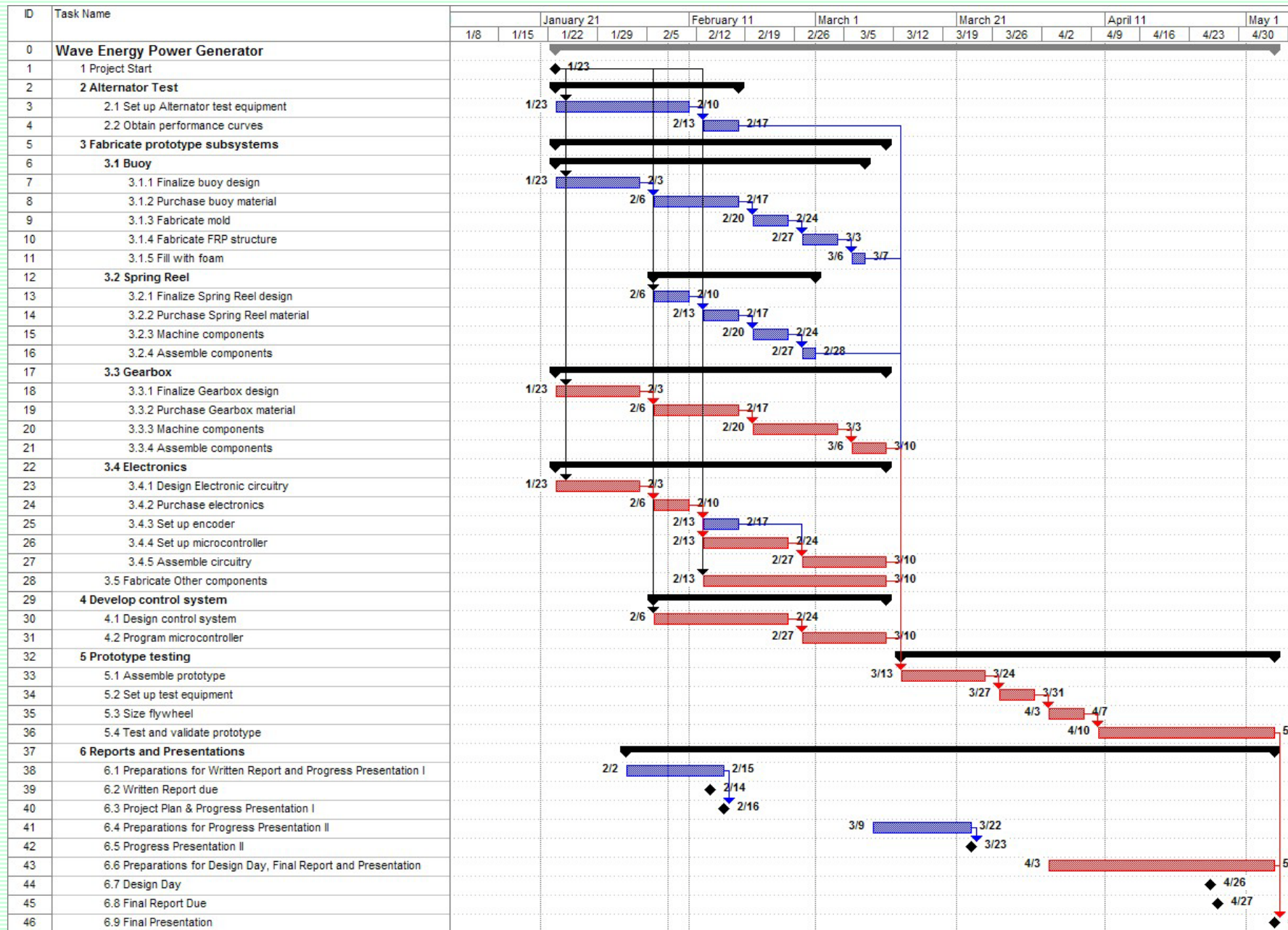
فعالیت‌های بحرانی



فعالیت‌های غیر بحرانی



# یک نمونه نمودار گانت



## تنظیم برنامه مبنای پروژه یا (Baseline):

در اکثر پروژه ها در پایان مرحله برنامه ریزی يك زمانبندی پروژه تحت عنوان برنامه اولیه یا Baseline ارائه می شود که مبنای کنترل اجرای پروژه می شود

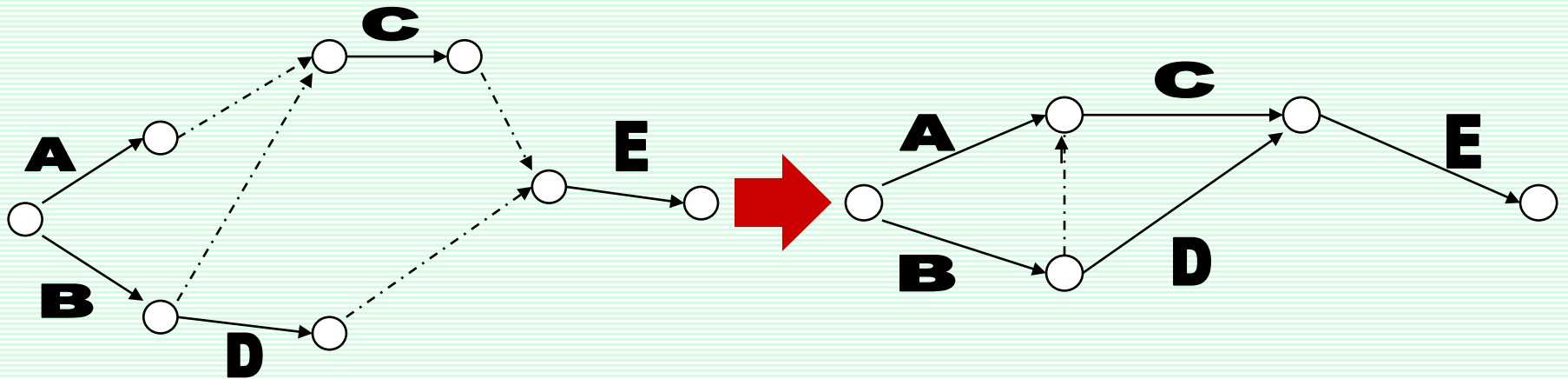
برنامه Baseline می تواند زمانبندی بر اساس زودترین زمانها یا زمانبندی بر اساس دیرترین زمانها و یا حدی ما بین ایندو باشد. که با توجه به شرایط حاکم بر پروژه می بایست انتخاب شود.

# شبکه برداری

ترسیم شبکه برداری دارای قواعد زیر است:

- 1) هر فعالیت بر روی یک بردار و ما بین دو گره ترسیم می شود.
- 2) بین هر دو گره فقط یک فعالیت وجود دارد.
- 3) شبکه فقط دارای یک گره پایانی و یک گره آغازین می باشد .
- 4) در شبکه حلقه یا LOOP نداریم.
- 5) برای تعریف برخی از وابستگی های بین فعالیت ها می توانیم از فعالیت موهومی *Dummy Activity* استفاده کنیم. فعالیت موهومی وجود خارجی ندارد ، مدت زمان صفر بوده و فقط برای ترسیم شبکه کشیده می شود.  
در شبکه می بایست حائل فعالیت موهومی را داشته باشیم.
- 6) گره ها می بایست شماره گذاری شود ، شماره ها نباید تکراری بوده و شماره گره پایانی هر فعالیت بیش از شماره گره شروعی باشد.

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



## محاسبات زمانبندی پروژه در شبکه‌های برداری

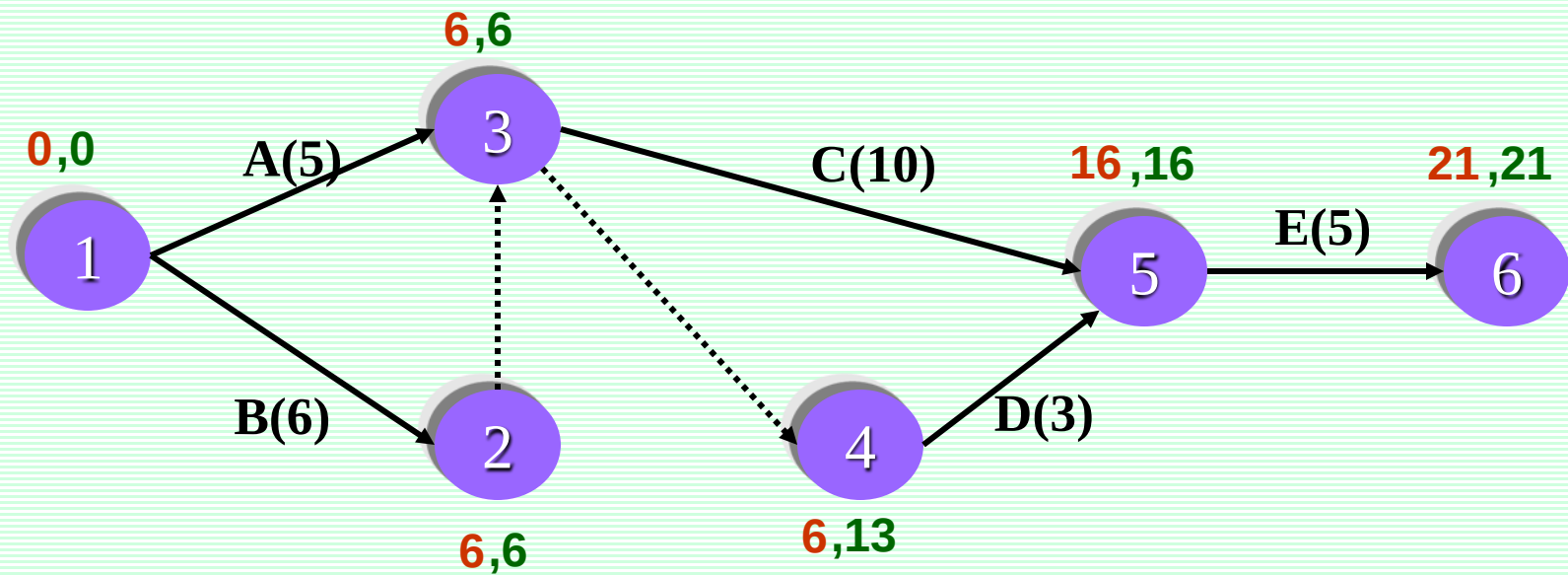
| مدت زمان (روز) | فعالیت | پیش نیاز |
|----------------|--------|----------|
| 5              | A      | --       |
| 6              | B      | --       |
| 10             | C      | A, B     |
| 3              | D      | A, B     |
| 5              | E      | D, C     |

مثال

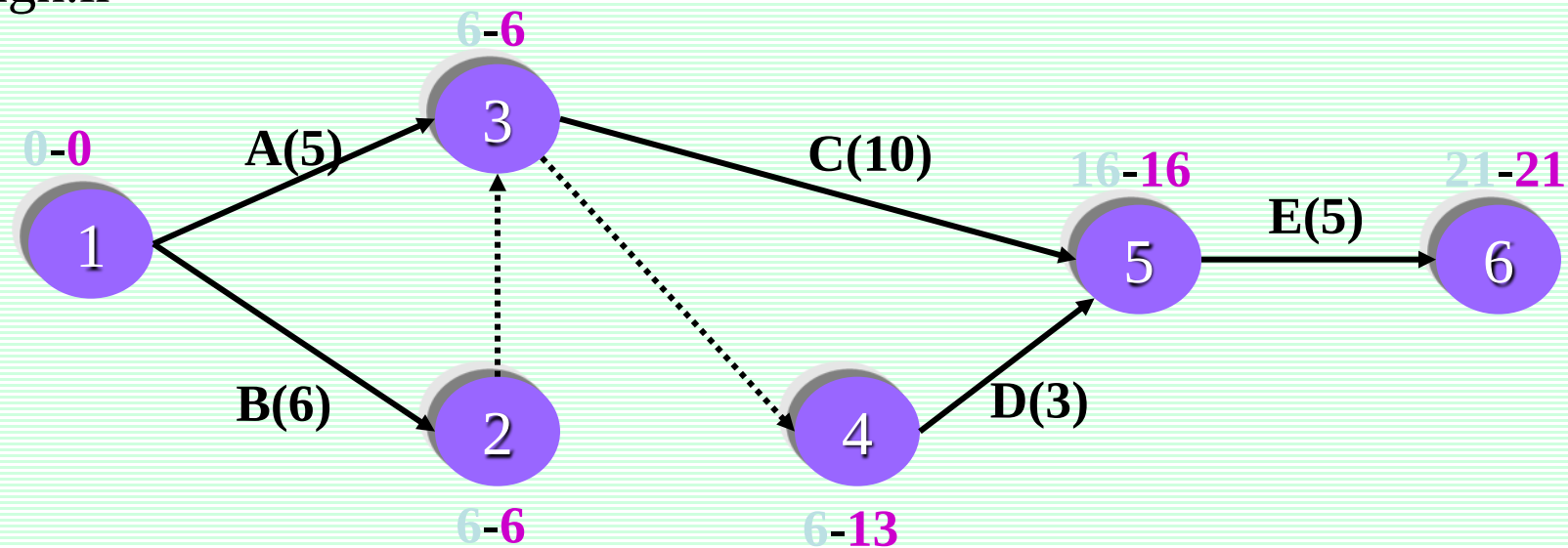
## محاسبات زمانبندی پروژه در شبکه‌های برداری

مثال

| پیش نیاز | فعالیت | مدت زمان (روز) |
|----------|--------|----------------|
| --       | A      | 5              |
| --       | B      | 6              |
| A, B     | C      | 10             |
| A, B     | D      | 3              |
| D, C     | E      | 5              |







| فعالیت | ES | EF        | LS        | LF | TF |
|--------|----|-----------|-----------|----|----|
| A      | 0  | $0+5=5$   | $6-5=1$   | 6  | 1  |
| B      | 0  | $0+6=6$   | $6-6=0$   | 6  | 0  |
| C      | 6  | $6+10=16$ | $16-10=6$ | 16 | 0  |
| D      | 6  | $6+3=9$   | $16-3=13$ | 16 | 7  |
| E      | 16 | $16+5=21$ | $21-5=16$ | 21 | 0  |

## محاسبات رفت

$0 =$  زودترین زمان وقوع گره شروعی

هر  $k$  پیش نیاز  $i$   $\text{Max} \{E_k + D_{ki}\} = \text{زودترین زمان وقوع گره } i (E_i)$

زودترین زمان وقوع گره پایانی بیانگر حداقل زمان اتمام پروژه می باشد.

## محاسبات برگشت

زودترین زمان وقوع گره پایانی  $=$  دیرترین زمان وقوع گره پایانی

هر  $j$  پس نیاز  $i$   $\text{Min} \{L_j - D_{ij}\} = \text{دیرترین زمان وقوع گره } i (L_i)$

پس از محاسبه زودترین زمان و دیرترین زمان وقوع گره ها نوبت به محاسبه زودترین و دیرترین زمان شروع و پایان فعالیت ها می رسد.

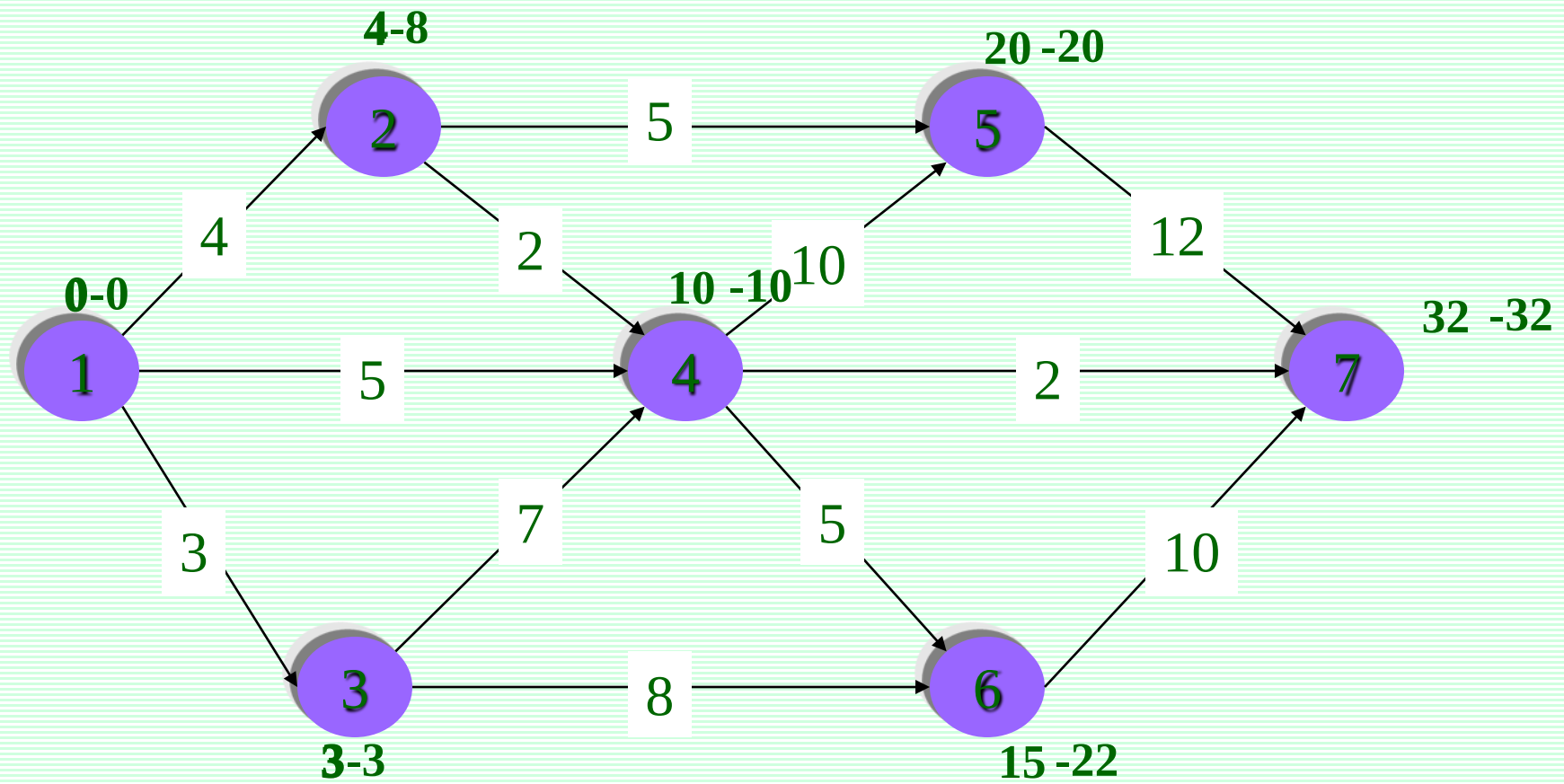


زودترین زمان وقوع گره  $i$   $ES = i$  زودترین زمان شروع فعالیت  $i - j$

زودترین زمان پایان فعالیت  $i - j$   $EF = ES + D$

دیرترین زمان وقوع  $j$   $LF = j$  دیرترین زمان پایان فعالیت  $i - j$

دیرترین زمان شروع فعالیت  $i - j$   $LS = LF - D$



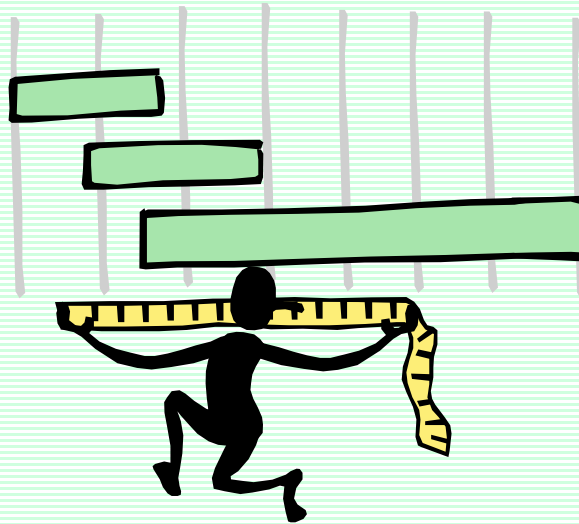
| فعالیت | ES | EF         | LS         | LF | TF |
|--------|----|------------|------------|----|----|
| 1-2    | 0  | $0+4=4$    | $8-4=4$    | 8  | 4  |
| 1-3    | 0  | $0+3=3$    | $3-3=0$    | 3  | 0  |
| 1-4    | 0  | $0+5=5$    | $10-5=5$   | 10 | 5  |
| 2-4    | 4  | $4+2=6$    | $10-2=8$   | 10 | 4  |
| 3-4    | 3  | $3+7=10$   | $10-7=3$   | 10 | 0  |
| 2-5    | 4  | $4+5=9$    | $20-5=15$  | 20 | 11 |
| 3-6    | 3  | $3+8=11$   | $22-8=14$  | 22 | 11 |
| 4-5    | 10 | $10+10=20$ | $20-10=10$ | 20 | 0  |
| 4-6    | 10 | $10+5=15$  | $22-5=17$  | 22 | 7  |
| 4-7    | 10 | $10+2=12$  | $32-2=30$  | 32 | 20 |
| 5-7    | 20 | $20+12=32$ | $32-12=20$ | 32 | 0  |
| 6-7    | 15 | $15+10=25$ | $32-10=22$ | 32 | 7  |

# برنامه ریزی و کنترل پروژه

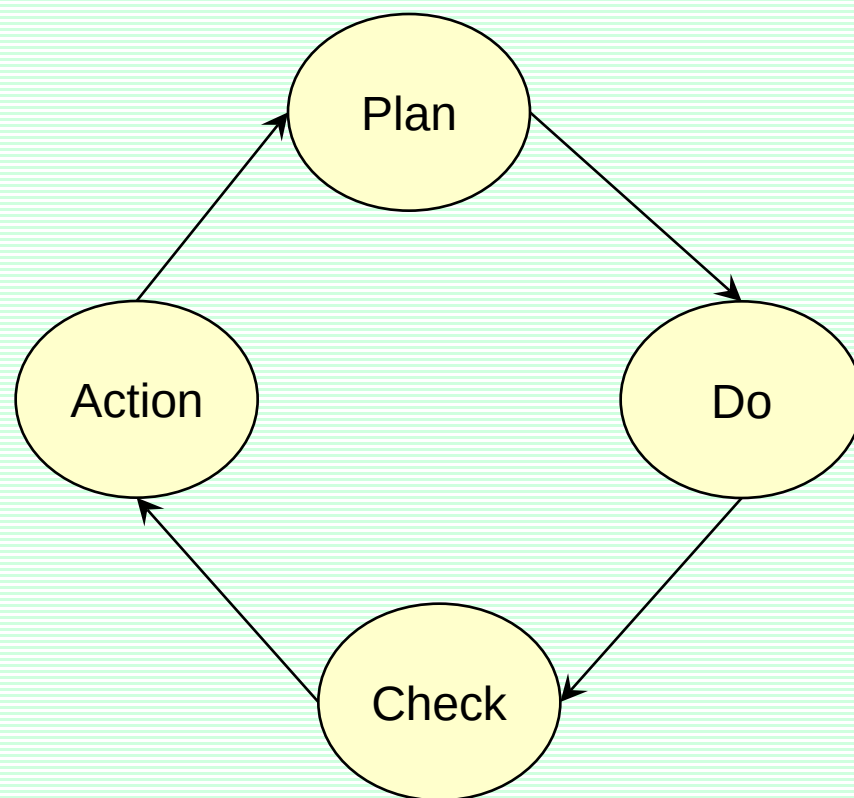
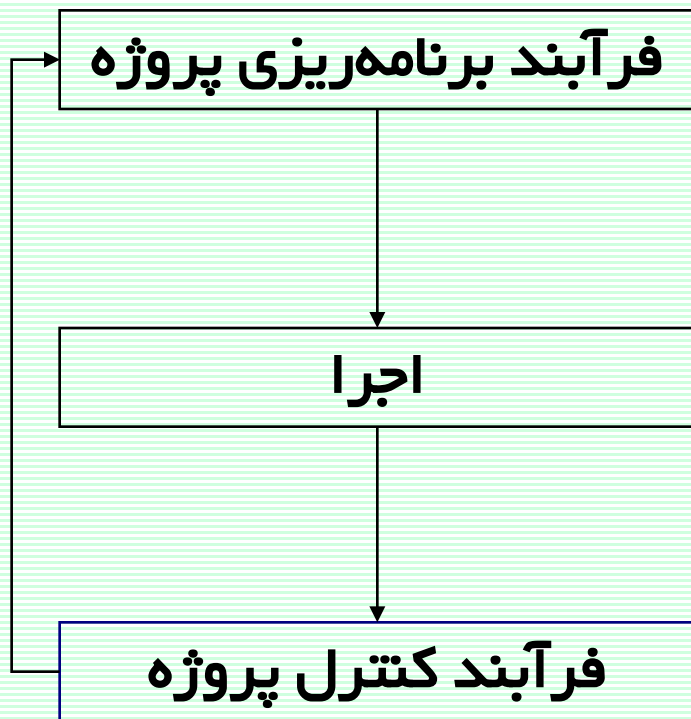
جزوه شماره ۲ – کنترل پروژه

استاد: دکتر حسن حاله

# فرآیند کنترل پروژه



مقدمه‌ای بر کنترل پروژه

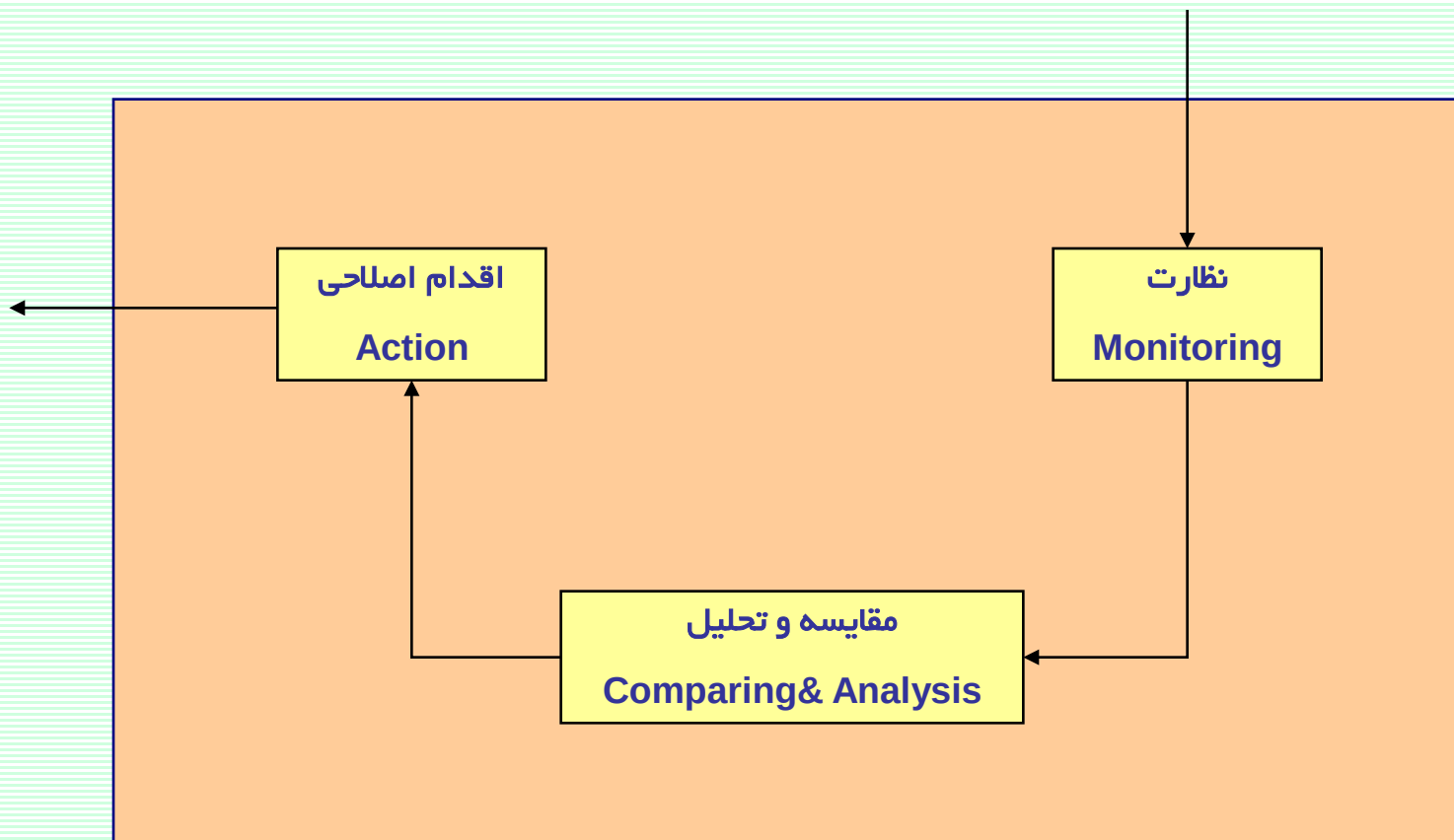


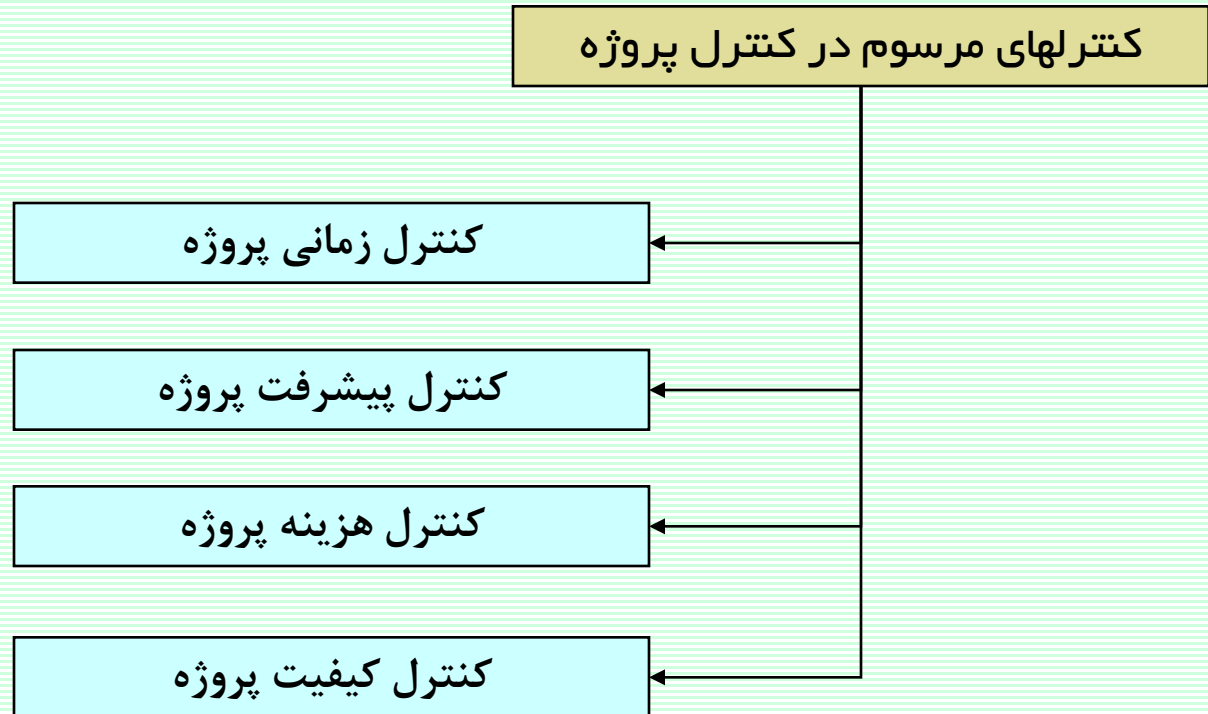
ارتباط فرآیندهای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه

چرخه دمینگ در برنامه‌ریزی و کنترل



## تجزیه فرآیند کنترل پروژه





## کنترل زمانی پروژه

کنترل زمانی پروژه فرآیندی است که در هنگام اجرای پروژه بررسی می‌کند آیا باتوجه به شرایط موجود، پروژه در زمان مقرر (برنامه اولیه) به اتمام خواهد رسید؟

پس از بکارگیری تکنیکهای کنترل زمانی پروژه، علاوه بر پاسخ به سؤال فوق، می‌توان به سؤالات زیر نیز پاسخ داد:

⑤ میزان تاخیر (و یا جلوافتادگی) پروژه در شرایط کنونی چقدر می‌باشد؟

⑤ در صورتیکه پروژه دچار تاخیر شده، تاخیر مذکور از چه فعالیتهایی ریشه گرفته و علل آن چیست؟

⑤ برنامه زمانبندی جدید پروژه در شرایط جدید چیست؟ (زمانبندی بهنگام)

⑤ مسیر بحرانی جدید پروژه کدام است و شناوری فعالیتها به چه مقداری تغییر یافته؟

### کنترل زمانی پروژه

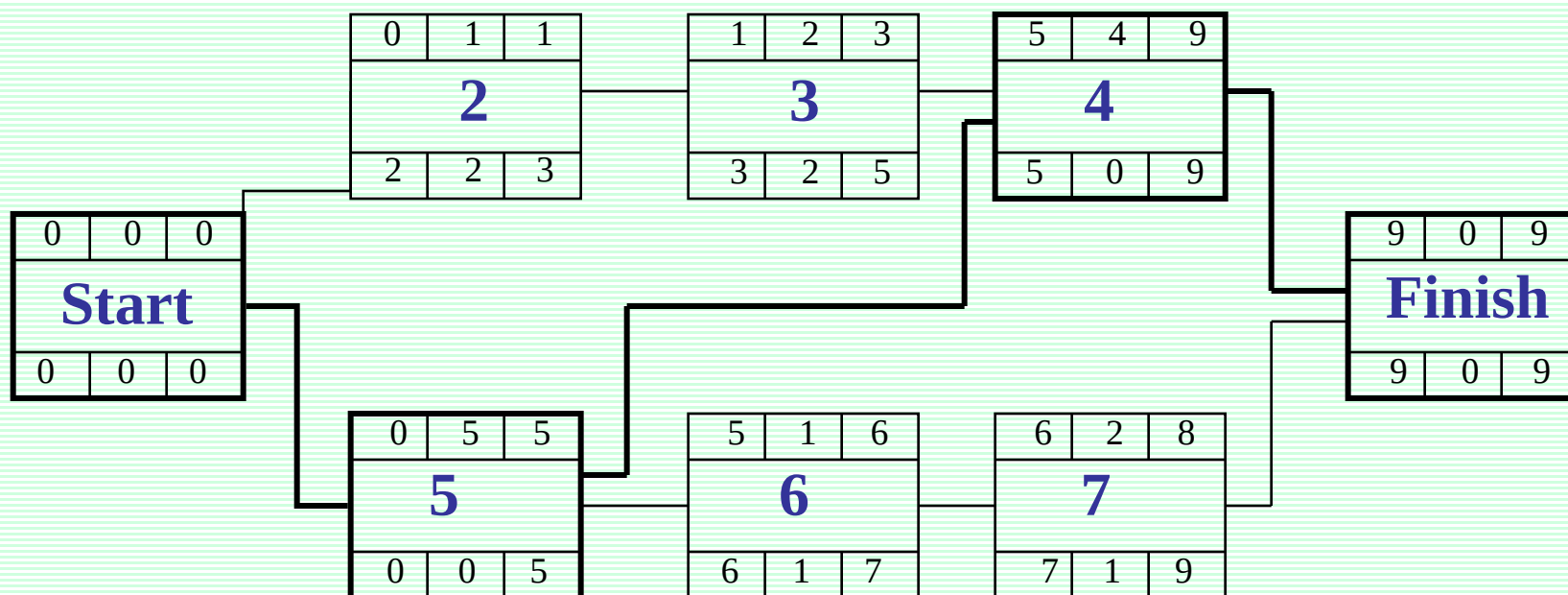
برای انجام کنترل زمانی باید به این سوالات پاسخ دهیم :

❶ آیا فعالیت شروع شده است یا خیر؟ در صورتی که شروع شده، تاریخ واقعی شروع فعالیت چیست؟

❷ آیا فعالیت به اتمام رسیده است؟ در صورتی که به اتمام رسیده، تاریخ واقعی پایان فعالیت چیست؟

❸ در صورتی که فعالیتی شروع شده و به اتمام نرسیده، چه مدت از اجرای آن باقی مانده هست؟

مثال برای کنترل زمانی پروژه



شبکه گرهی یک پروژه

## مثال برای کنترل زمانی پروژه

## نمودار گانت پروژه

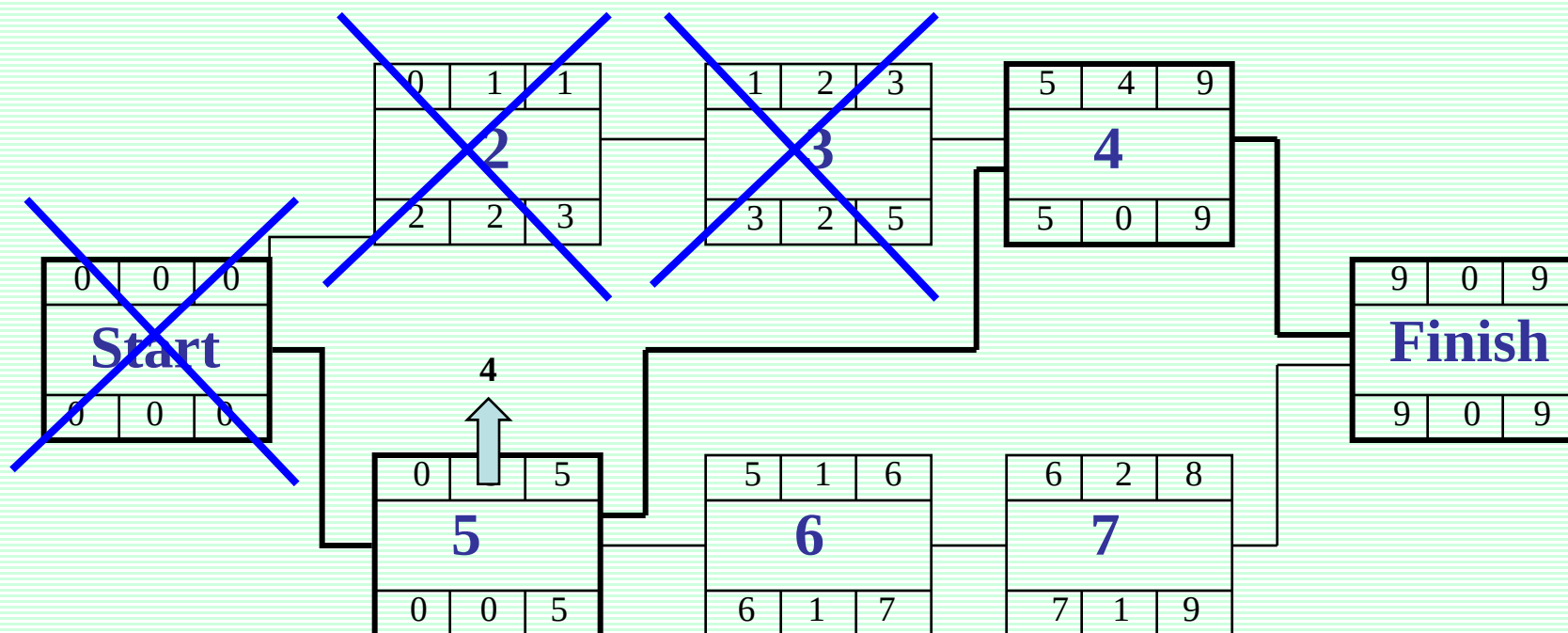
| نام/کد فعالیت | 10<br>بهمن | 11<br>بهمن | 12<br>بهمن | 13<br>بهمن | 14<br>بهمن | 15<br>بهمن | 16<br>بهمن | 17<br>بهمن | 18<br>بهمن |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Start         |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 2             |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 3             |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 4             |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 5             |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 6             |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 7             |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Finish        |            |            |            |            |            |            |            |            |            |

## مثال برای کنترل زمانی پروژه

در پایان مورخ ۱۲ بهمن (سه روز پس از شروع پروژه) گزارشی شامل اطلاعات ذیل دریافت می‌شود:

| کد فعالیت                    | تاریخ شروع واقعی  | تاریخ پایان واقعی  | مدت زمان باقیمانده |
|------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| ۲                            | ۱۰ بهمن<br>ساعت ۸ | ۱۰ بهمن<br>ساعت ۱۷ |                    |
| ۳                            | ۱۱ بهمن<br>ساعت ۸ | ۱۲ بهمن<br>ساعت ۱۷ |                    |
| ۵                            | ۱۲ بهمن<br>ساعت ۸ | -                  | ۴                  |
| سایر فعالیتها شروع نشده اند. |                   |                    |                    |

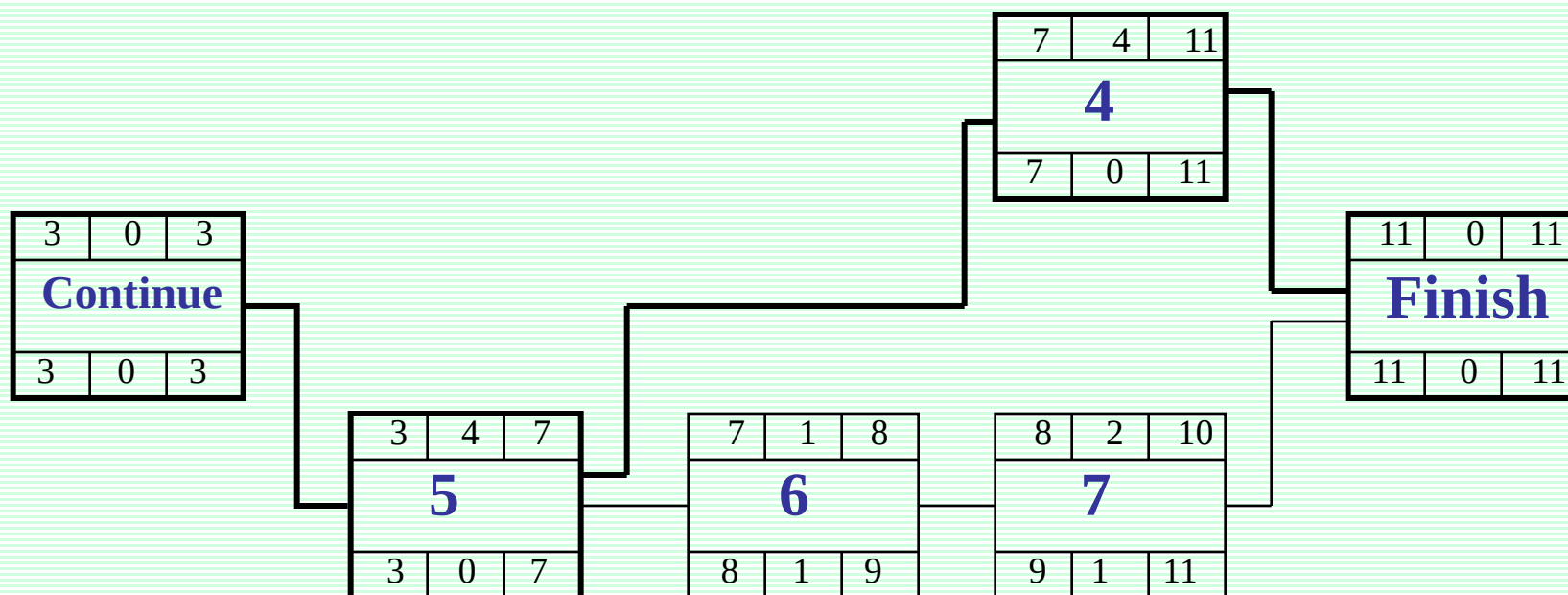
مثال برای کنترل زمانی پروژه





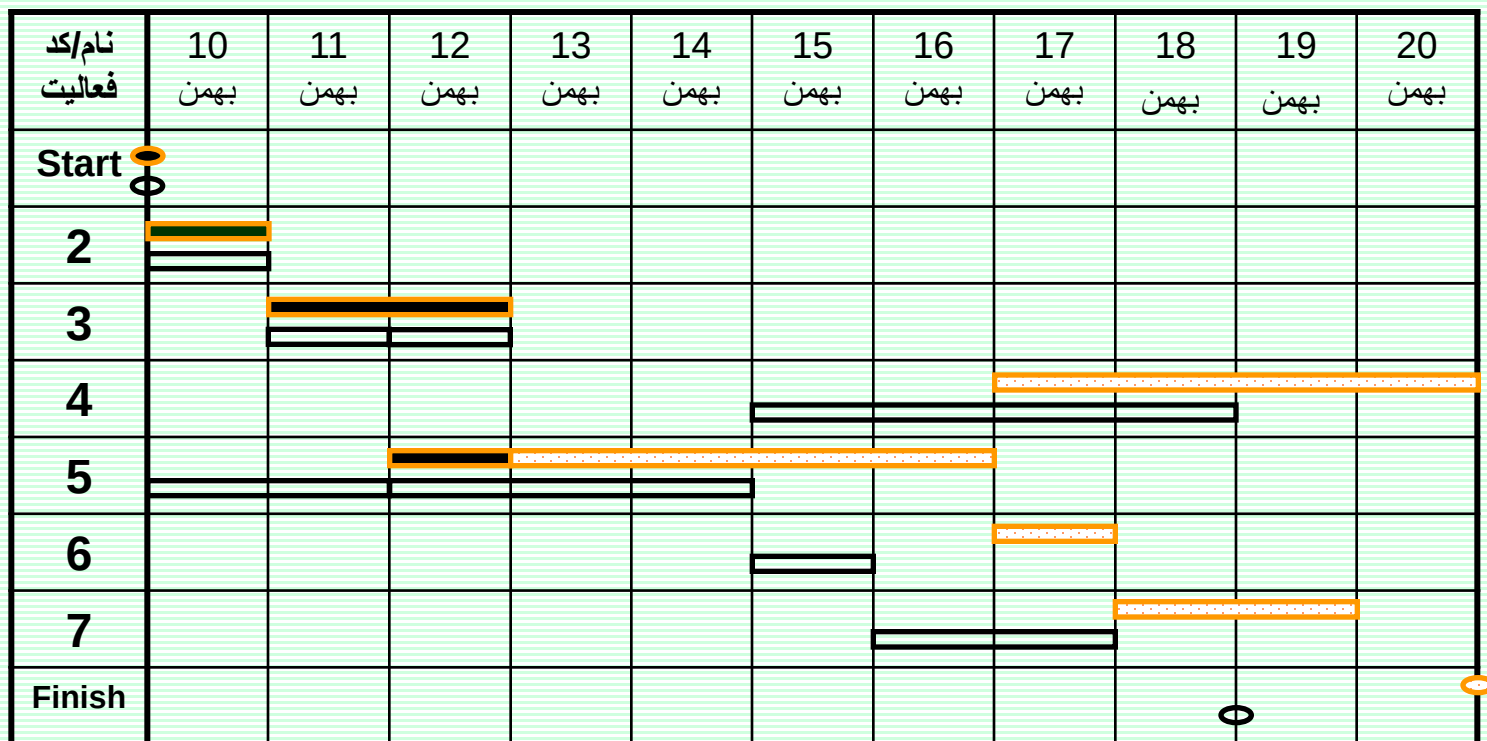
مثال برای کنترل زمانی پروژه

ترسیم شبکه براساس اطلاعات جدید و انجام محاسبات زمانبندی بر روی آن:



مثال برای کنترل زمانی پروژه

### نمودار گانت بهنگام پروژه



شرح نماد (Legend):  
 برنامه اولیه  
 برنامه بازنگری شده (برنامه بهنگام)

مثال برای کنترل زمانی پروژه

نتیجه گیری و تحلیل‌های مربوطه:

⑤ پروژه دچار دو روز تاخیر زمانی شده است.

⑤ تاخیر دو روزه پروژه باعث تاخیر در شروع فعالیت ۵ بوده است.

⑤ برنامه زمانبندی جدید پروژه در نمودار گانت بهنگام ارائه شد.

⑤ مسیر بحرانی جدید پروژه کماکان فعالیت‌های ۴ و ۵ می باشند. شناوری جدید فعالیتها در شبکه بهنگام محاسبه شده است.

### کنترل پیشرفت پروژه

کنترل زمانی پروژه فرآیندی است که در هنگام اجرای پروژه بررسی می‌کند آیا حجم کار انجام شده در پروژه (تا مقطع بررسی) با برنامه زمانبندی هماهنگی دارد یا خیر؟ درصد پیشرفت بعنوان شاخص اصلی کنترل این مقوله استفاده می‌شود؟

مقدمه انجام کنترل پیشرفت کار، وزن‌دهی (Weight Factor) به فعالیتها می‌باشد.

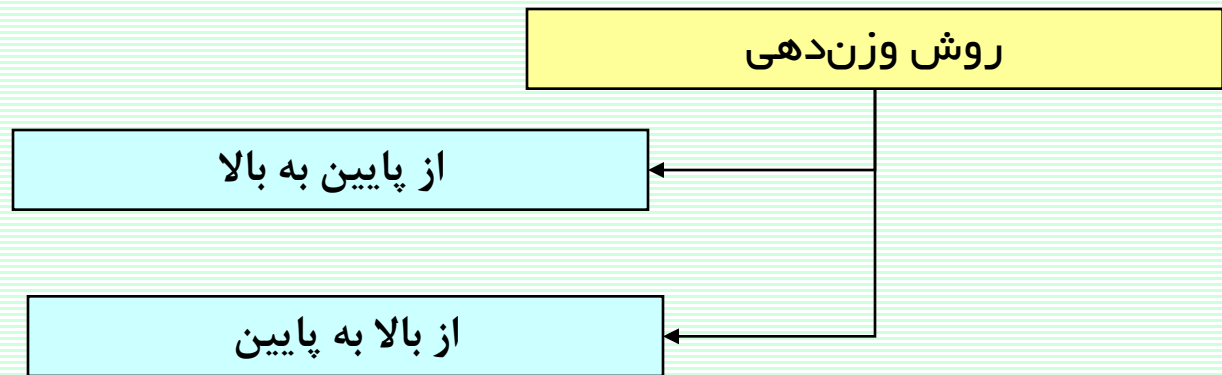


کنترل پیشرفت پروژه

روش وزن‌دهی

از پایین به بالا

از بالا به پایین





کنترل پیشرفت پروژه

محاسبه درصد پیشرفت پروژه

(ارزش وزنی فعالیت) (درصد پیشرفت فعالیت)  $\sum$  = درصد پیشرفت پروژه

همه فعالیت ها



## مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

## نمودار گانت پروژه

[illegible]

|              |
|--------------|
| ارزش<br>وزنی |
| 0            |
| 0.067        |
| 0.133        |
| 0.267        |
| 0.333        |
| 0.067        |
| 0.133        |
| 0            |

## مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

در پایان مورخ ۱۲ بهمن (سه روز پس از شروع پروژه) گزارشی شامل اطلاعات ذیل دریافت می شود:

| درصد پیشرفت<br>فعالیت | مدت زمان<br>باقیمانده        | تاریخ پایان<br>واقعی | تاریخ شروع<br>واقعی | کد فعالیت |
|-----------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| %100                  |                              | ۱۰ بهمن<br>ساعت ۱۷   | ۱۰ بهمن<br>ساعت ۸   | ۲         |
| %100                  |                              | ۱۲ بهمن<br>ساعت ۱۷   | ۱۱ بهمن<br>ساعت ۸   | ۳         |
| %20                   | ۴                            | –                    | ۱۲ بهمن<br>ساعت ۸   | ۵         |
| %0                    | سایر فعالیتها شروع نشده اند. |                      |                     |           |

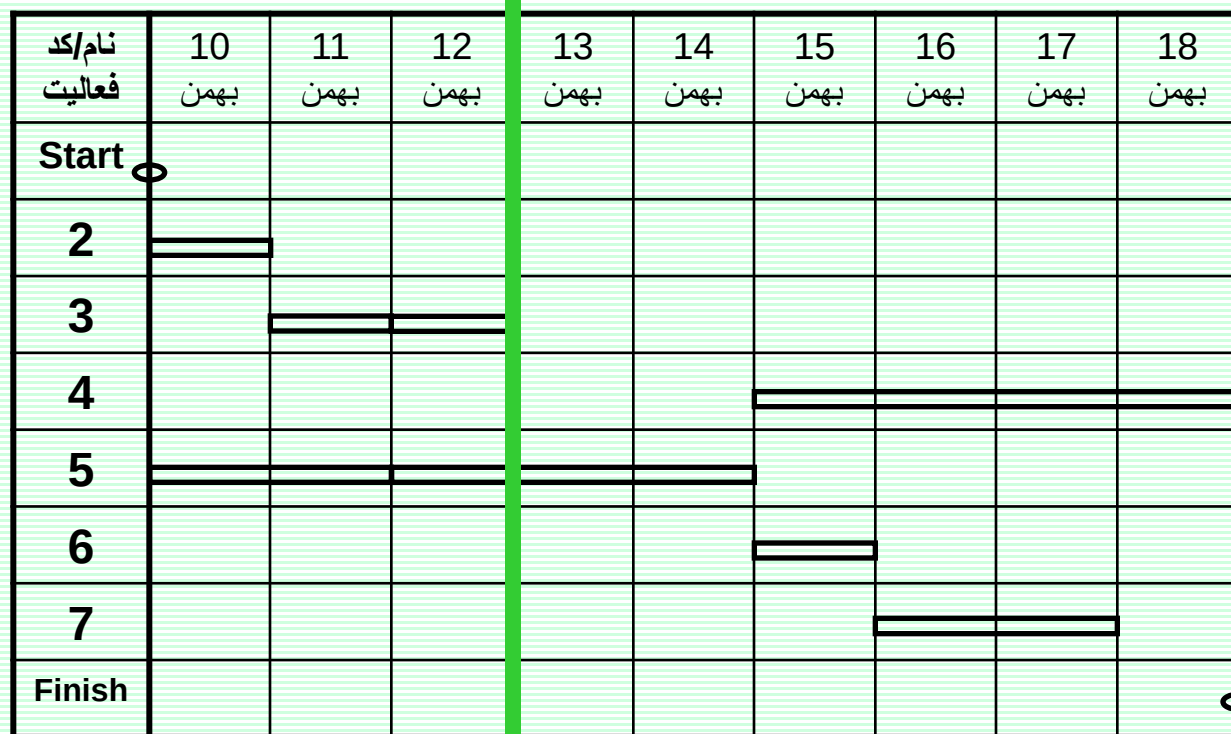
مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

$$\text{درصد پیشرفت پروژه} = (0.067) (100\%) + (0.133) (100\%) + (0.333) (20\%)$$

$$= 26.6\%$$

مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

### نمودار گانت پروژه



|                                    |
|------------------------------------|
| پیشرفت برنامه‌ای<br>تا تاریخ بررسی |
| 100%                               |
| 100%                               |
| 100%                               |
| 0%                                 |
| 60%                                |
| 0%                                 |
| 0%                                 |
| 0%                                 |

مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

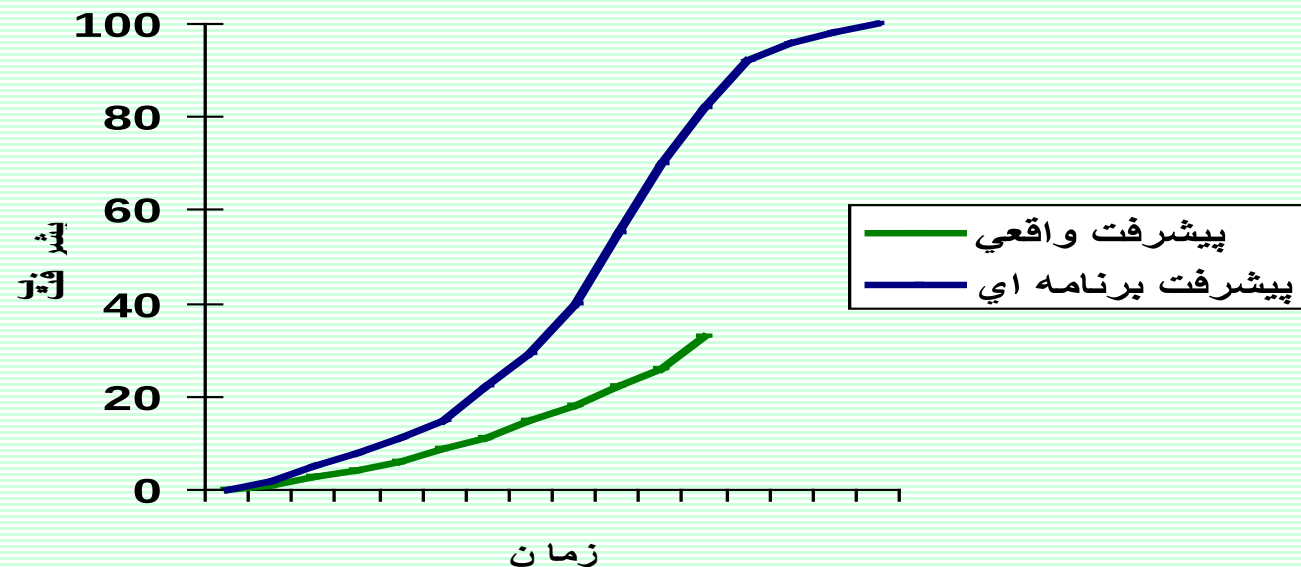
$$\text{درصد پیشرفت برنامه‌ای پروژه} = (0.067) (100\%) + (0.133) (100\%) + (0.333) (60\%)$$
$$= 40\%$$

$$\text{درصد تاخیر پروژه} = 40\% - 26.6\% = 13.4\%$$

## کنترل پیشرفت پروژه

S-Curve

نمودار روند پیشرفت پروژه



کنترل هزینه پروژه

## Earned Value Management (EVM)

مدیریت ارزش حاصله

اصطلاحات

Actual Cost for Work Performed

ACWP

Budgeted Cost for Work Performed

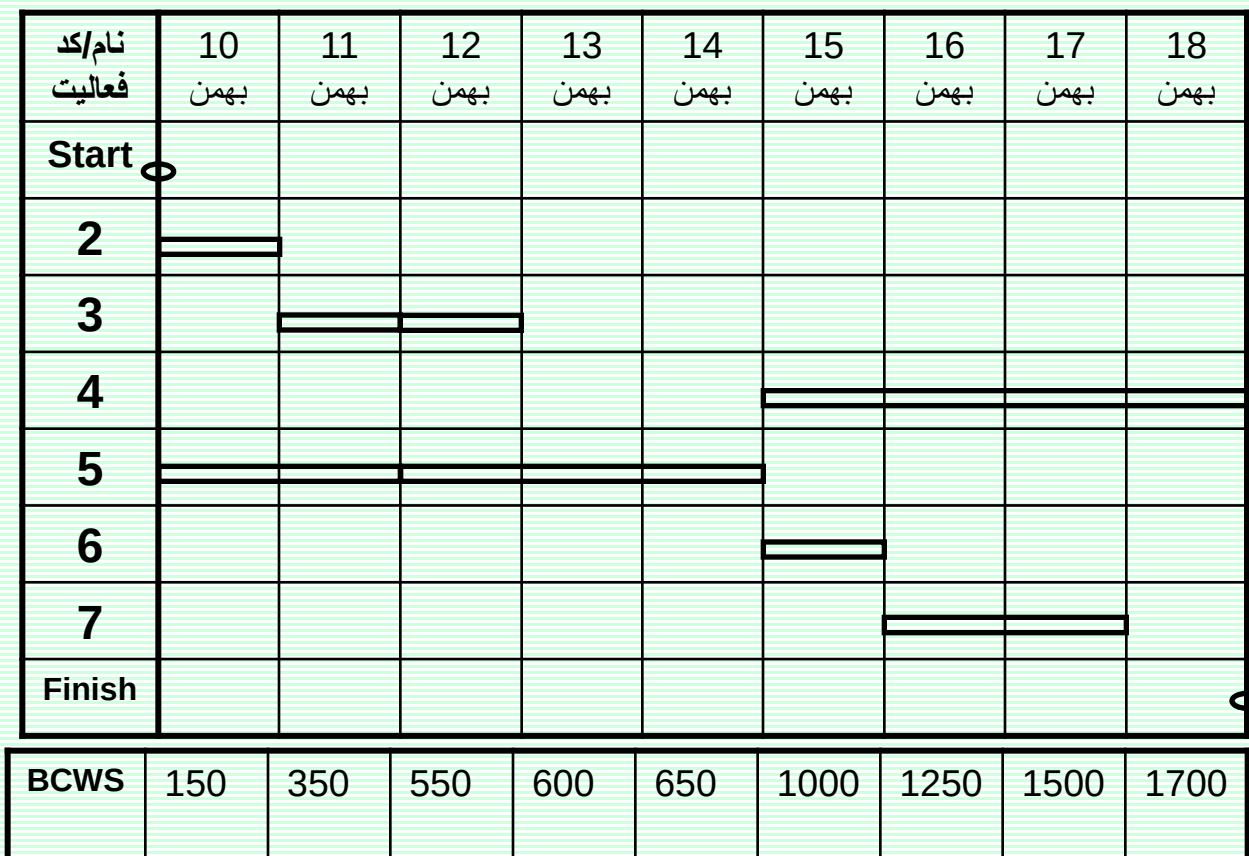
BCWP

Budgeted Cost for Work Scheduled

BCWS

مثال برای کنترل هزینه پروژه

### نمودار گانت پروژه



| بودجه<br>(واحد پولی) |
|----------------------|
| 0                    |
| 100                  |
| 300                  |
| 800                  |
| 250                  |
| 150                  |
| 100                  |
| 0                    |



## کنترل هزینه پروژه

در پایان مورخ ۱۲ بهمن (سه روز پس از شروع پروژه) گزارشی شامل اطلاعات ذیل دریافت می شود:

| کد فعالیت                    | تاریخ شروع واقعی  | تاریخ پایان واقعی  | مدت زمان باقیمانده | هزینه انجام شده |
|------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| ۲                            | ۱۰ بهمن<br>۸ ساعت | ۱۰ بهمن<br>۱۷ ساعت |                    | 120             |
| ۳                            | ۱۱ بهمن<br>۸ ساعت | ۱۲ بهمن<br>۱۷ ساعت |                    | 310             |
| ۵                            | ۱۲ بهمن<br>۸ ساعت | –                  | ۴                  | 50              |
| سایر فعالیتها شروع نشده اند. |                   |                    |                    | 0               |

جمع هزینه های انجام شده در پروژه برابر ۴۸۰ واحد پولی می باشد.  $ACWP=480$

مثال برای کنترل هزینه پروژه

$$BCWS=550$$

$$ACWP=480$$

۷۰ واحد پولی کمتر از مقدار مقرر خرج شده، آیا صرفه جویی شده است؟

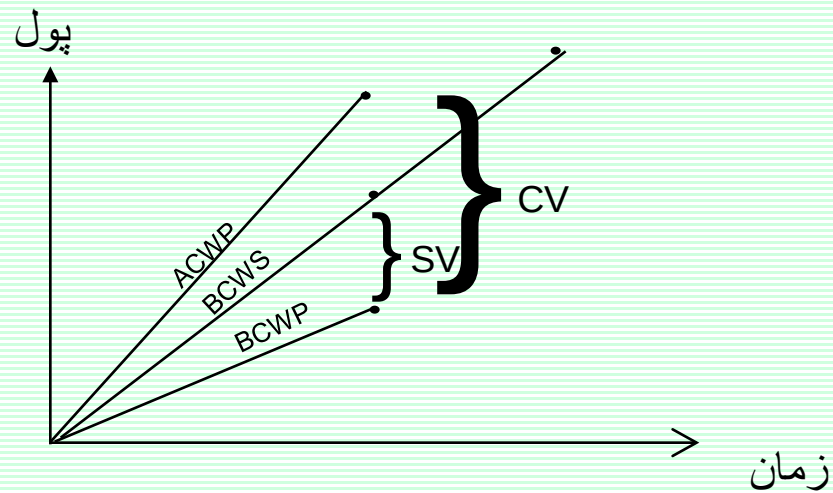
$$BCWP=100+300+50=450$$

خیر، ۳۰ واحد پولی بیشتر از بودجه در نظر گرفته شده خرج شده است.

$$CV=\text{Cost Variance}= BCWP- ACWP=450-480=-30$$

$$SV=\text{Schedule Variance}= BCWP- BCWS=450-550=-100$$

## کنترل هزینه پروژه



## کنترل هزینه پروژه

## • Schedule Performance Index (SPI)

$$\frac{BCWP}{BCWS} = \frac{450}{550} = 0.81$$

{ > 1.0 indicates more work has been completed than scheduled to date}

{ < 1.0 indicates less work has been completed than scheduled to date}

## • Cost Performance Index (CPI)

$$\frac{BCWP}{ACWP} = \frac{450}{480} = 0.93$$

{ > 1.0 indicates that work accomplished has cost less than planned}

{ < 1.0 indicates that work accomplished has cost more than planned}

کنترل هزینه پروژه

دو اصطلاح دیگر

Budgeted cost At Completion

BAC

Estimated cost At Completion

EAC

**Cost Variance at Completion = BAC - EAC**

## کنترل هزینه پروژه

## EAC METHODS

1.  $\frac{BAC}{CPI}$
2.  $ACWP + \frac{BAC-BCWP}{CPI \times SPI}$
3.  $ACWP + \frac{BAC-BCWP}{0.8CPI + 0.2SPI}$
4.  $ACWP + \frac{BAC-BCWP}{CPI}$
5.  $ACWP + (BAC-BCWP)$

| مقادیر<br>عملکرد |               | SV & SPI                         |                              |                                  |
|------------------|---------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
|                  |               | $>0$ & $>1.0$                    | $=0$ & $=1.0$                | $<0$ & $<1.0$                    |
| CV<br>&<br>CPI   | $>0$ & $>1.0$ | جلو از زمانبندی<br>کمتر از بودجه | طبق زمانبندی<br>زیر بودجه    | عقب از زمانبندی<br>کمتر از بودجه |
|                  | $=0$ & $=1.0$ | جلو از زمانبندی<br>طبق بودجه     | طبق زمانبندی<br>طبق بودجه    | عقب از زمانبندی<br>طبق بودجه     |
|                  | $<0$ & $<1.0$ | جلو از زمانبندی<br>بیش از بودجه  | طبق زمانبندی<br>بیش از بودجه | عقب از زمانبندی<br>بیش از بودجه  |

## برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره ۳ – موازنه زمان و هزینه

استاد: دکتر حسن حاله

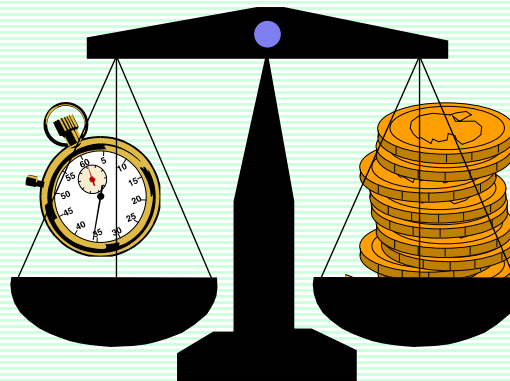


مدلهای موازنه زمان-هزینه

آنالیز موازنه زمان-هزینه عبارتست از فشرده‌سازی زمانبندی پروژه، با هدف یکی از موارد ذیل

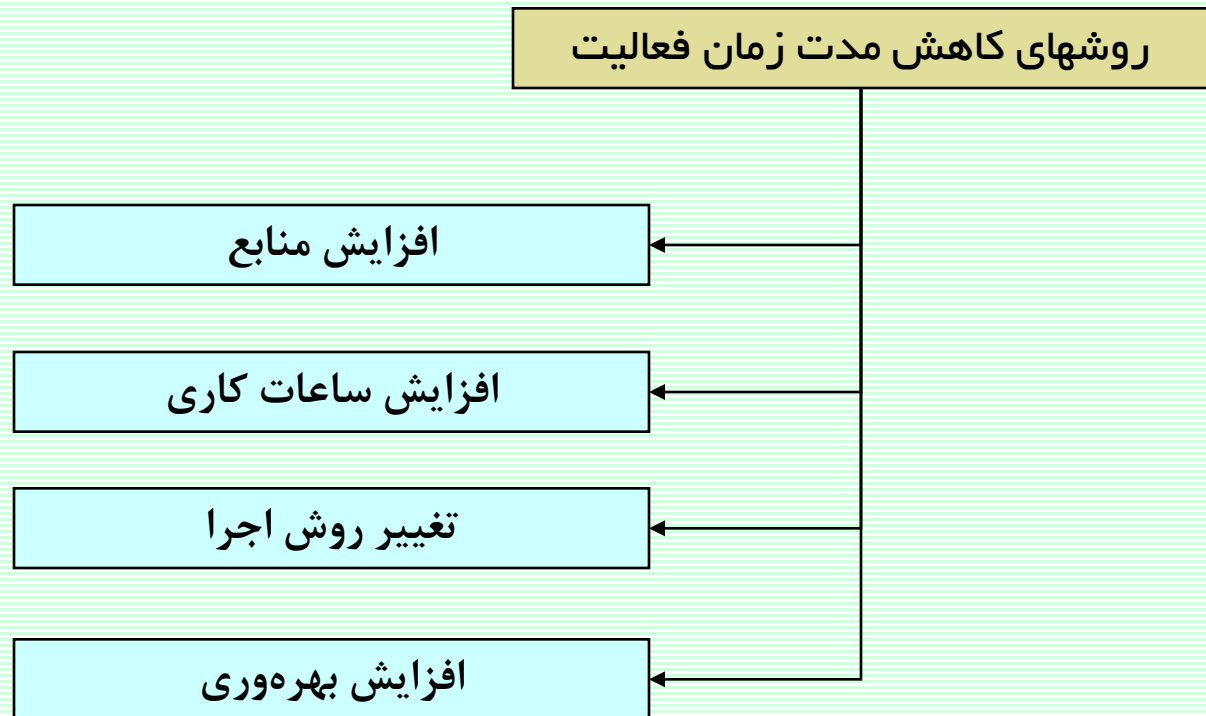
۱- کاهش مدت زمان پروژه به مقداری قابل قبول

۲- کاهش مجموع هزینه‌های پروژه



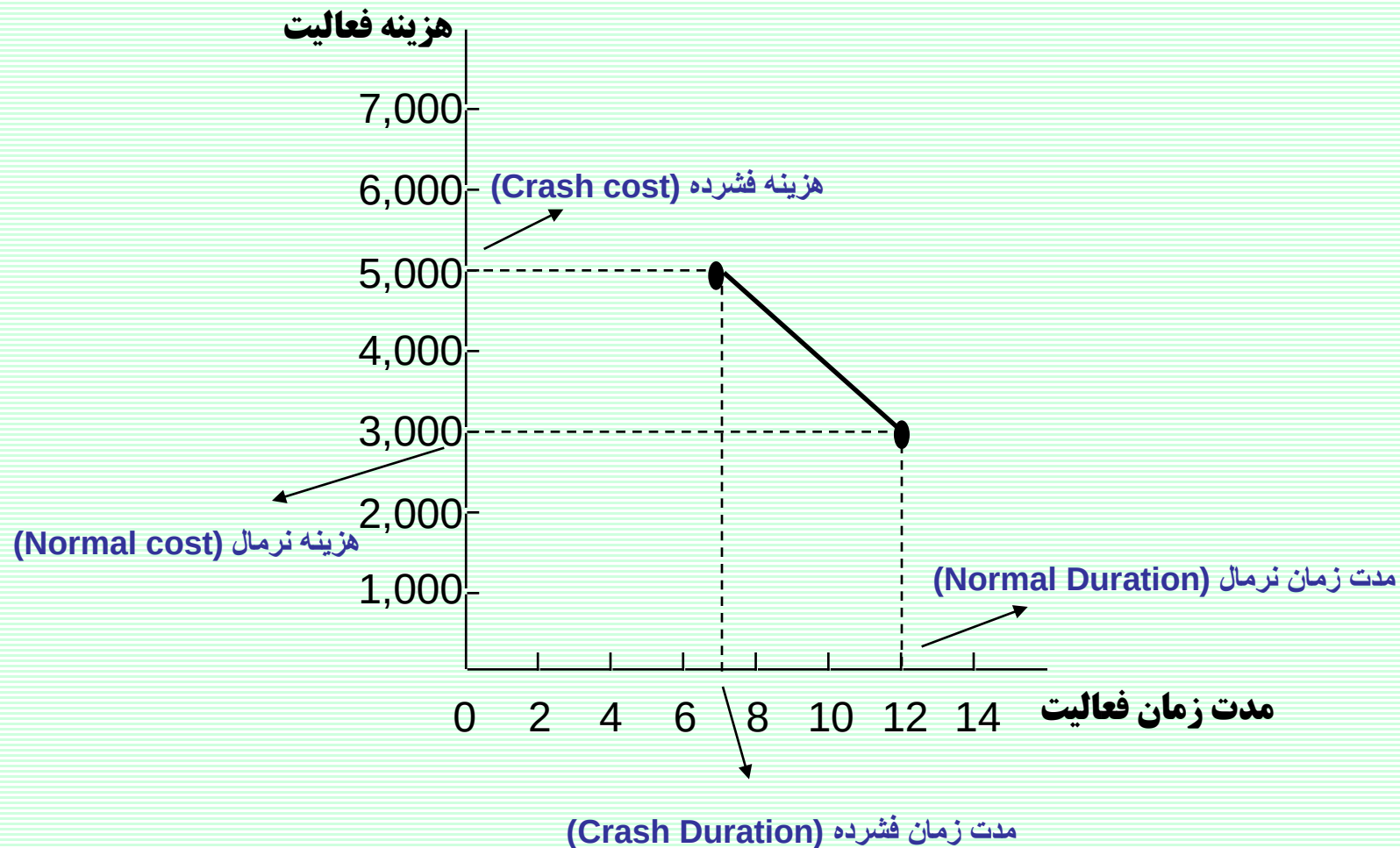
مدل ۱ - کاهش مدت زمان پروژه به مقداری قابل قبول

- ❷ ممکن است زمانبندی بدست آمده از روشهای قبل بعلت عدم رعایت اهداف زمانی پروژه قابل قبول نیست.
- ❸ عبارتی دیگر مدت زمان بدست آمده از طریق روشهای زمانبندی، بیش از زمان مقرر می باشد.
- ❹ برای کاهش زمان پروژه، می بایست مدت زمان فعالیتها را کاهش یابد.
- ❺ سؤال اصلی این است که مدت زمان کدام فعالیتها باید کاهش یابند؟
- ❻ همچنین باید روشهای کاهش مدت زمان فعالیتها را دانست.



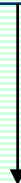
## Time - Cost Tradeoff

تاثیر کاهش مدت زمان فعالیت بر هزینه های آن



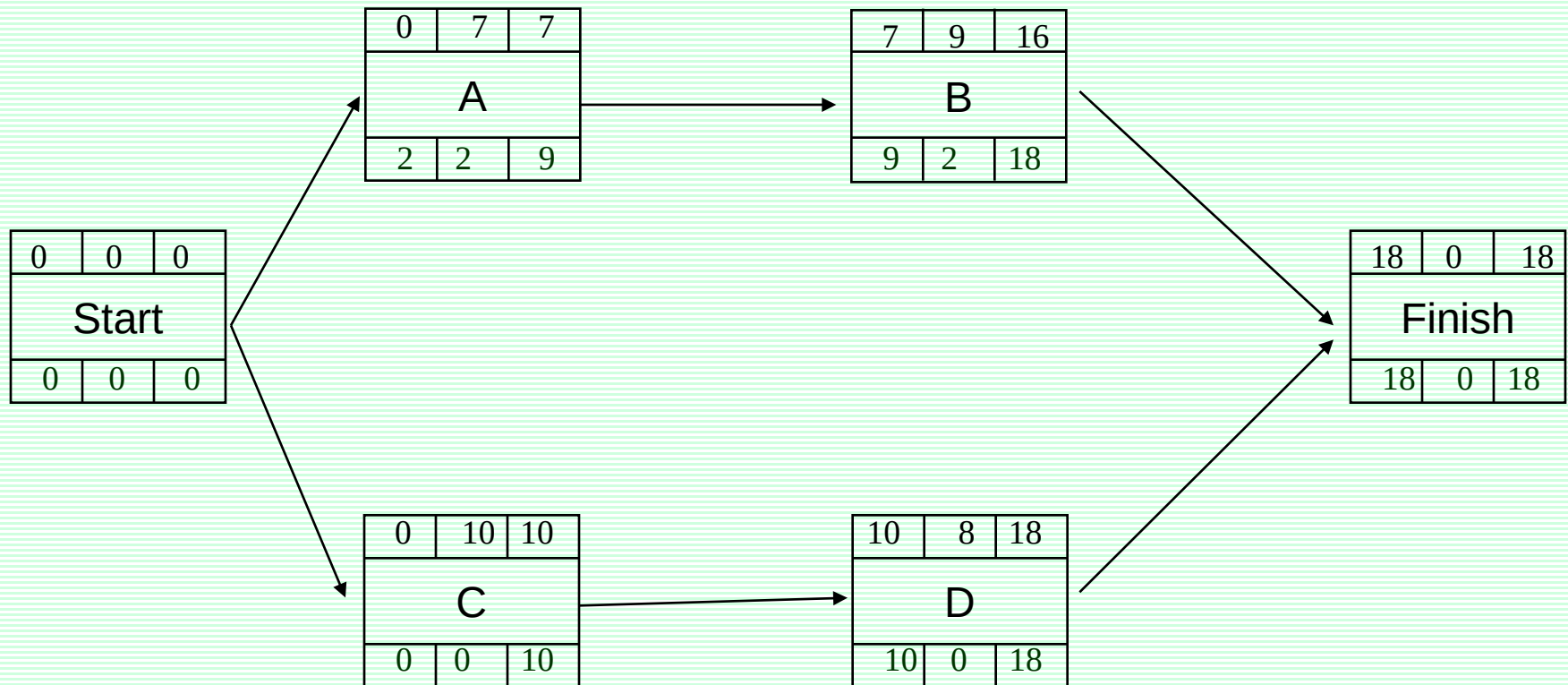
رویکرد حل مدل شماره یک

تعیین مدت زمانی که زمانبندی اولیه پروژه می‌بایست کاهش یابد.



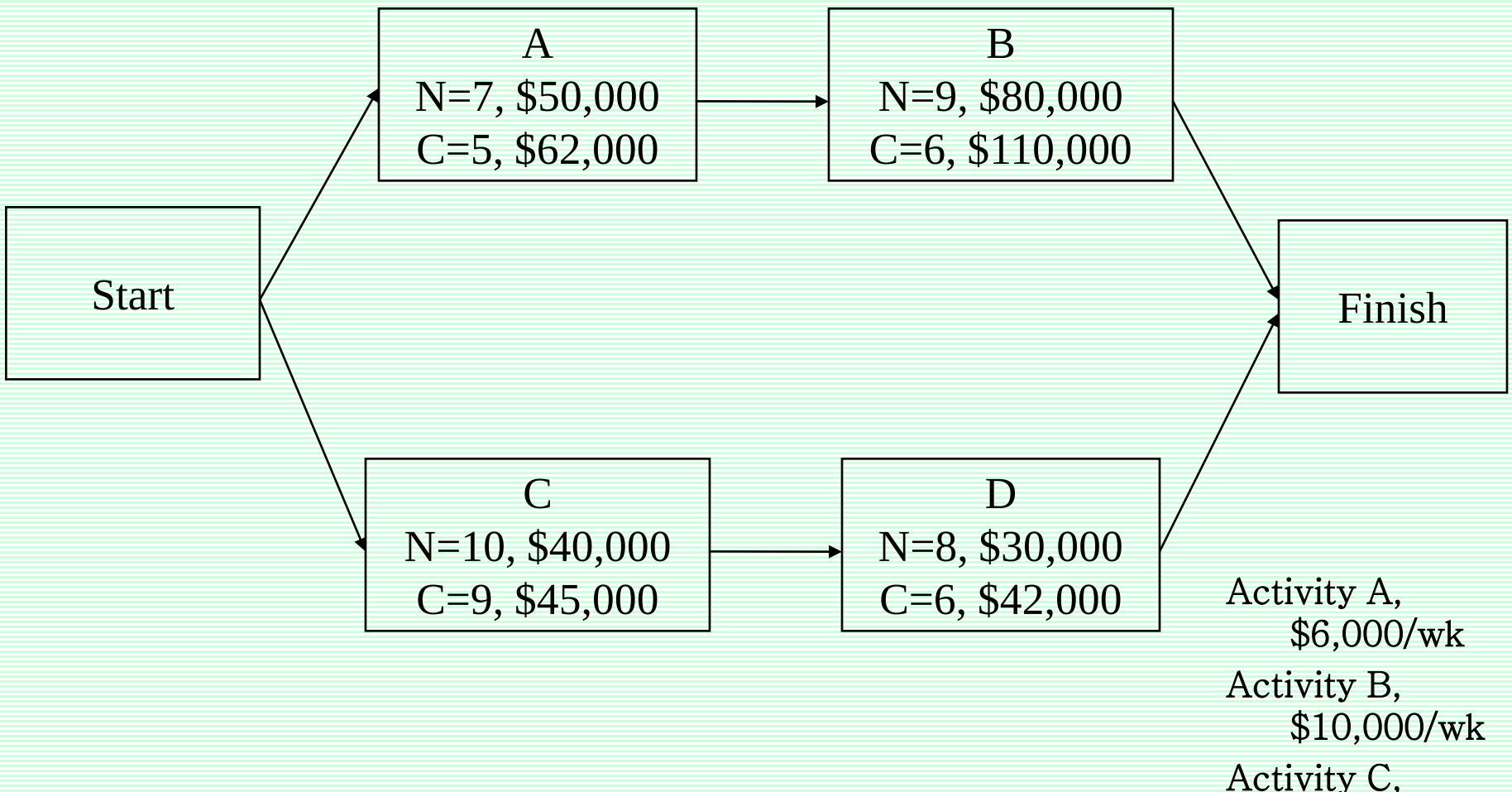
تعیین بهترین ترکیب کاهش مدت زمان فعالیتها، بطوریکه حداقل افزایش هزینه را بدنبال داشته و مدت زمان پروژه را به زمان مقرر می‌رساند.

مثال- مدل شماره یک

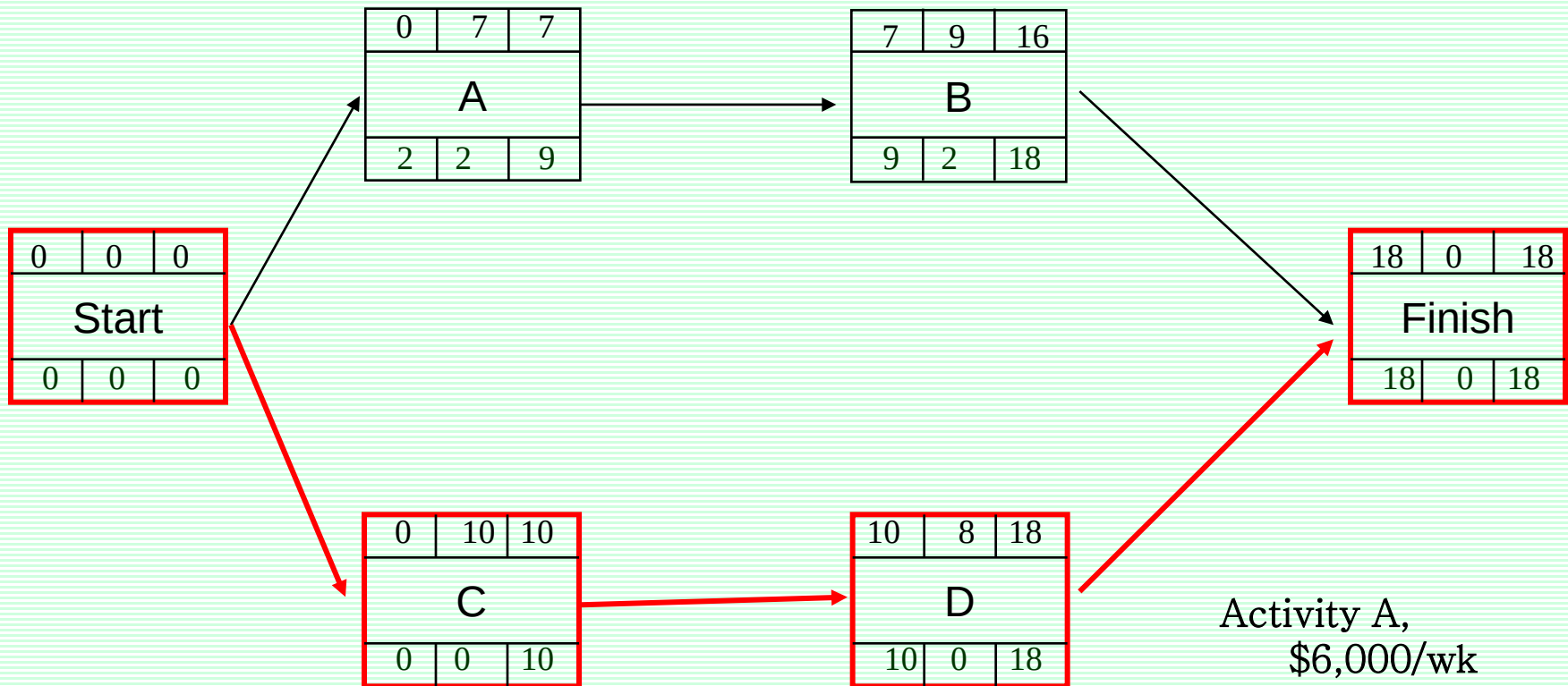


مدت زمان مقرر برای اتمام پروژه ۱۵ هفته می‌باشد.

مثال- مدل شماره یک



مثال- مدل شماره یک



Activity A,  
\$6,000/wk

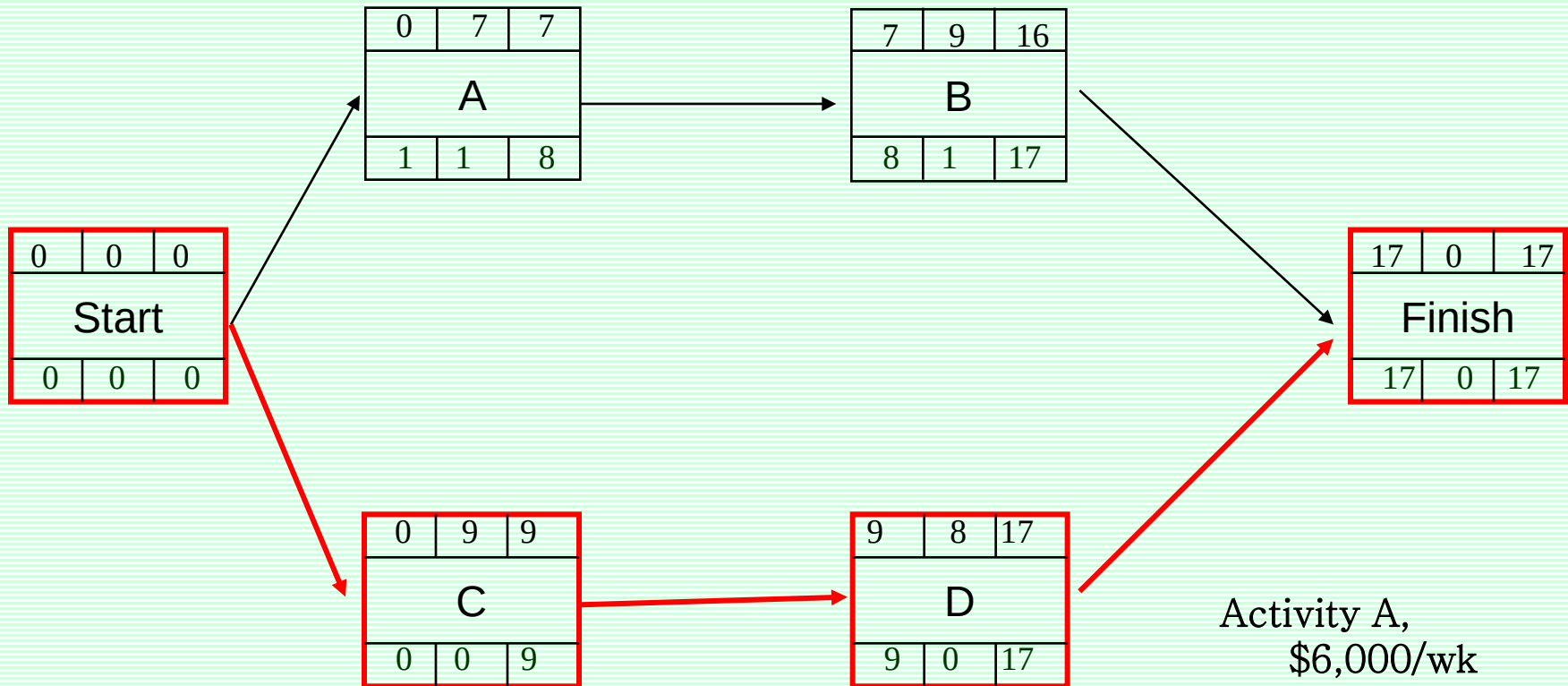
Activity B,  
\$10,000/wk

Activity C,  
\$5,000/wk



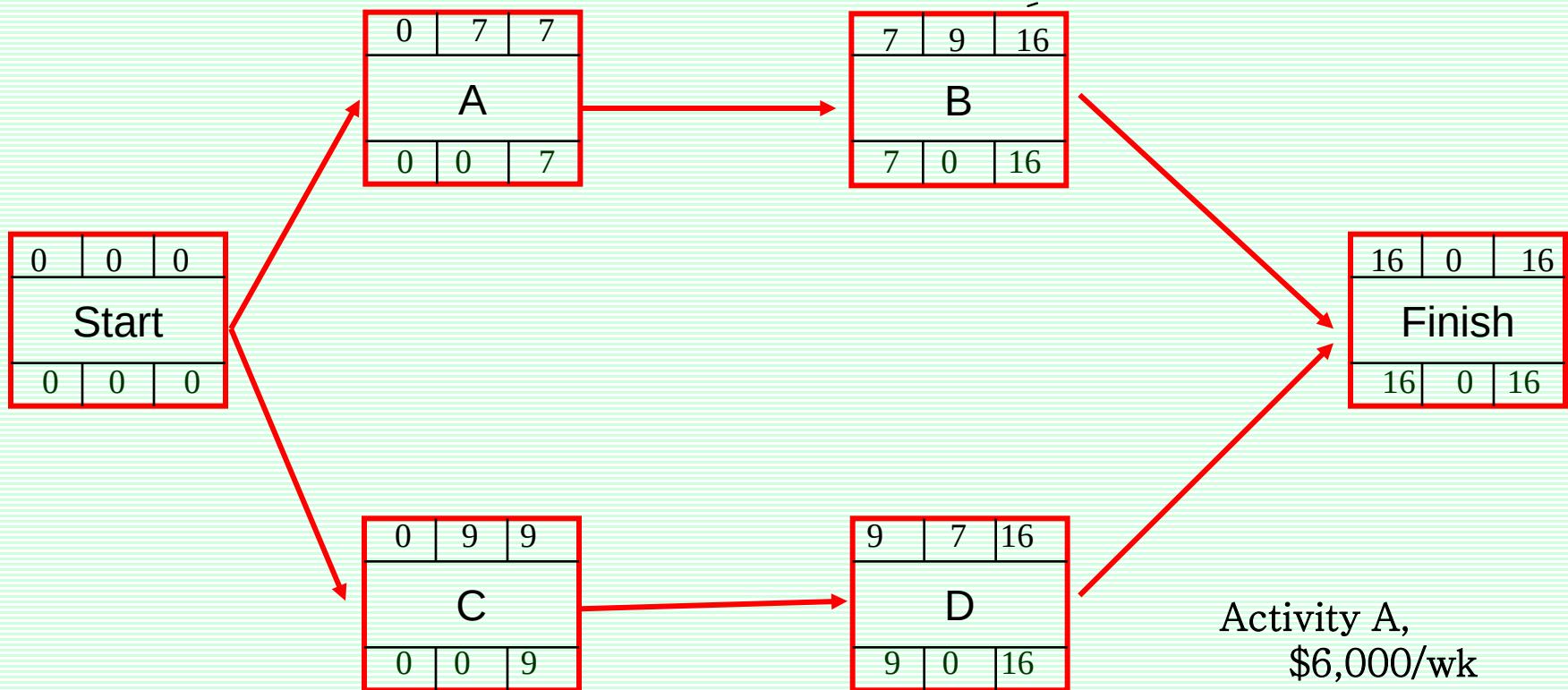
مثال- مدل شماره یک

قدم ۱- کاهش مدت زمان فعالیت C به میزان یک هفته



مثال- مدل شماره یک

قدم ۲- کاهش مدت زمان فعالیت D به میزان یک هفته



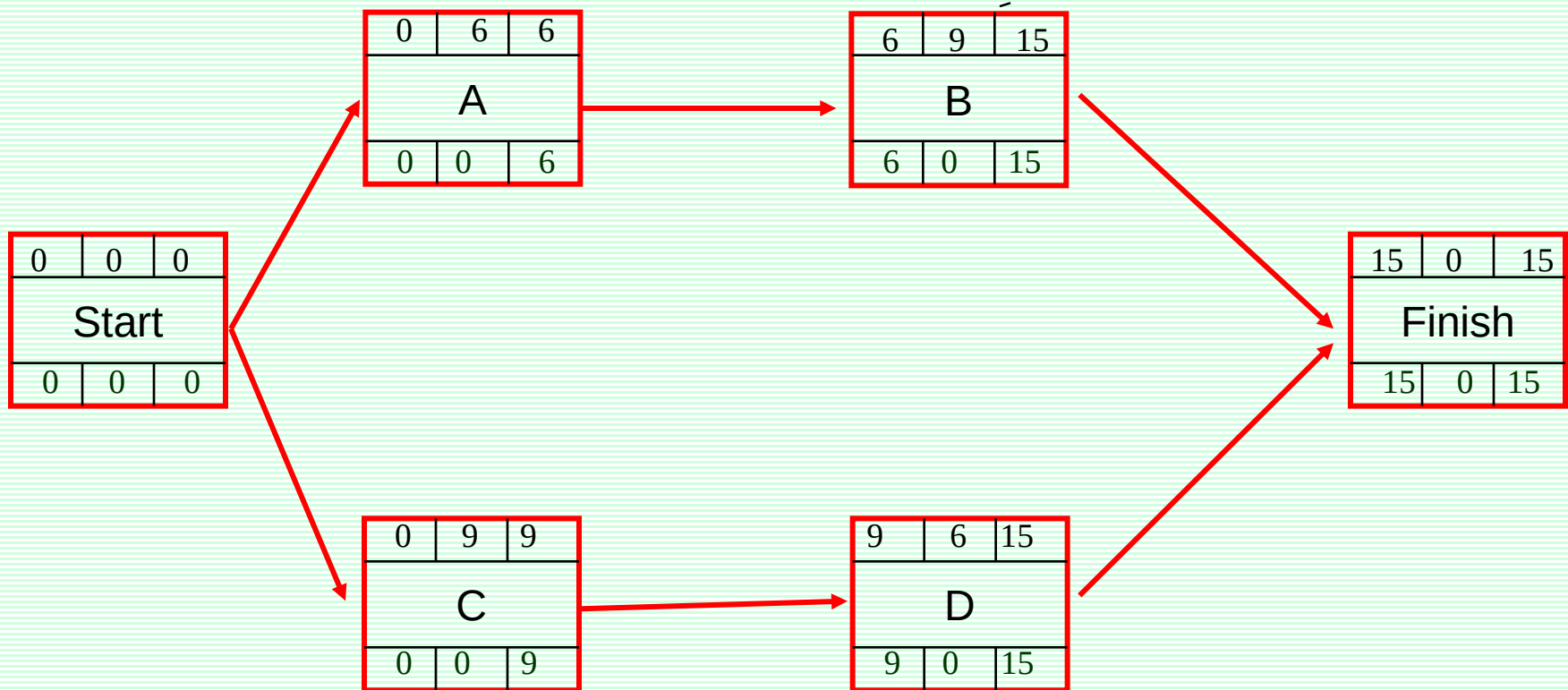
Activity A,  
\$6,000/wk

Activity B,  
\$10,000/wk

Activity C,  
\$5,000/wk

مثال- مدل شماره یک

قدم ۳- کاهش مدت زمان فعالیت‌های A و D به میزان یک هفته



مجموع افزایش هزینه‌های اجرای فعالیتها جهت کاهش زمان پروژه برابر ۲۳۰۰۰ دلار گردید.

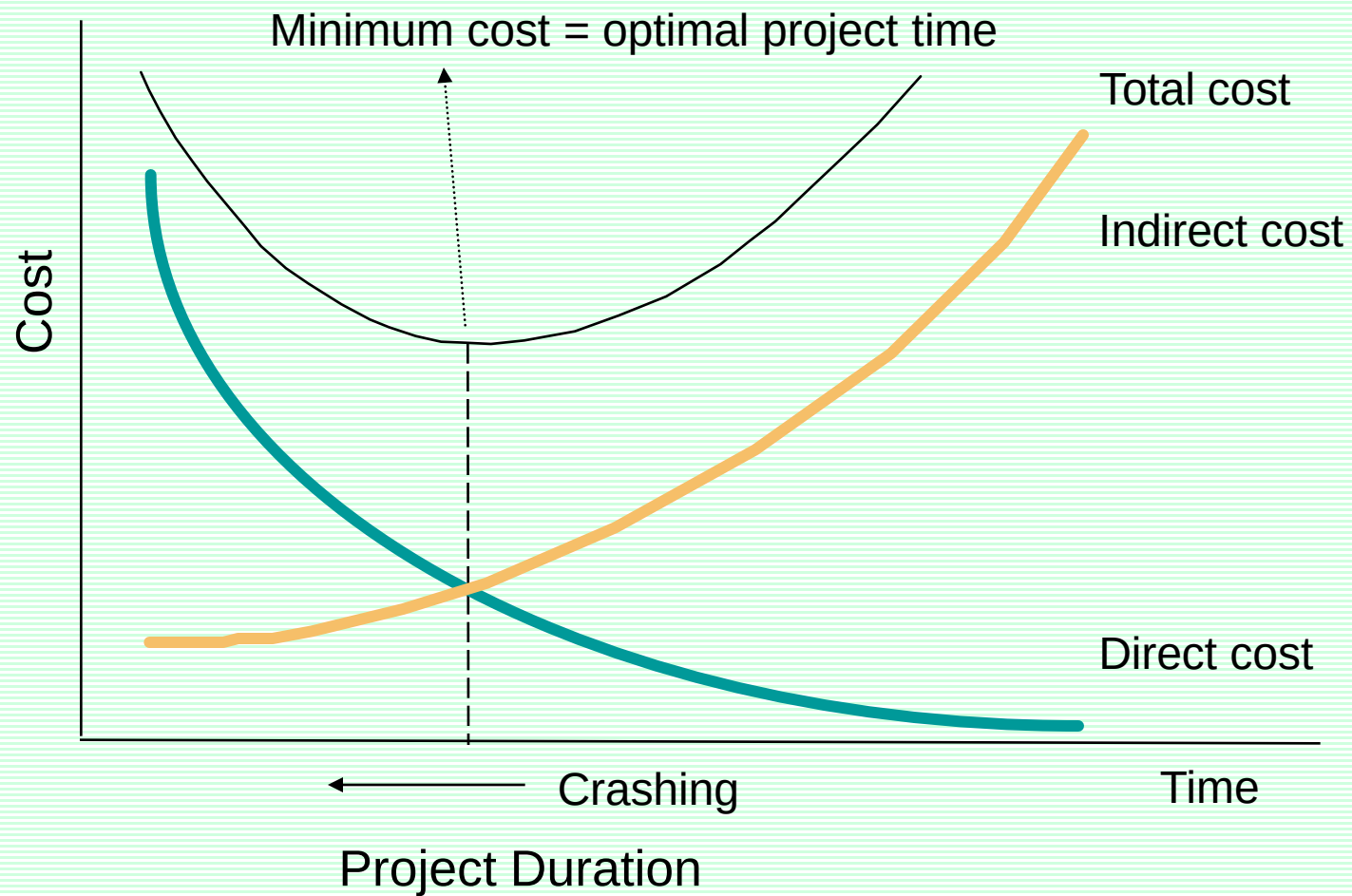
## مدل ۲ - کاهش هزینه‌های پروژه

❶ آیا فشردن زمانبندی پروژه، همواره به افزایش هزینه‌های پروژه منجر می‌شود؟

❷ جواب سؤال فوق، منفی است. زیرا هزینه‌های پروژه متشکل از دو بخش است:  
هزینه‌های مستقیم ( ACTIVITY BASED ) و هزینه‌های غیرمستقیم (PROJECT BASED).

❸ هزینه‌های مستقیم با فشردگی زمانبندی و کاهش مدت زمان پروژه، افزایش می‌یابد.

❹ هزینه‌های غیرمستقیم تابعی از مدت زمان پروژه می‌باشند و با کاهش مدت زمان پروژه، تقلیل می‌یابند.



رویکرد حل مدل شماره دو

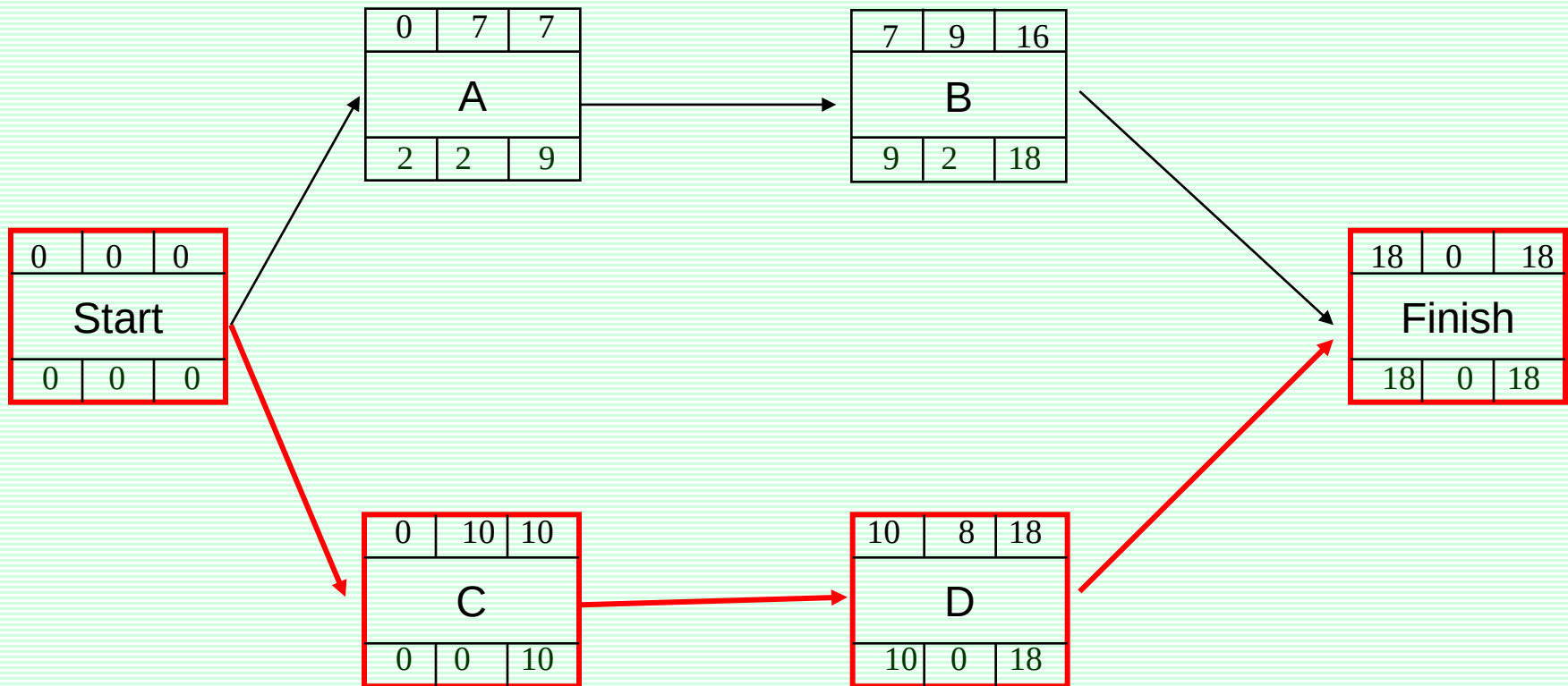
انجام محاسبات زمانبندی و تعیین مجموع هزینه‌های پروژه  
(جمع هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم)



کاهش مدت زمان پروژه تا زمانیکه با کاهش هزینه‌های پروژه همراه است.

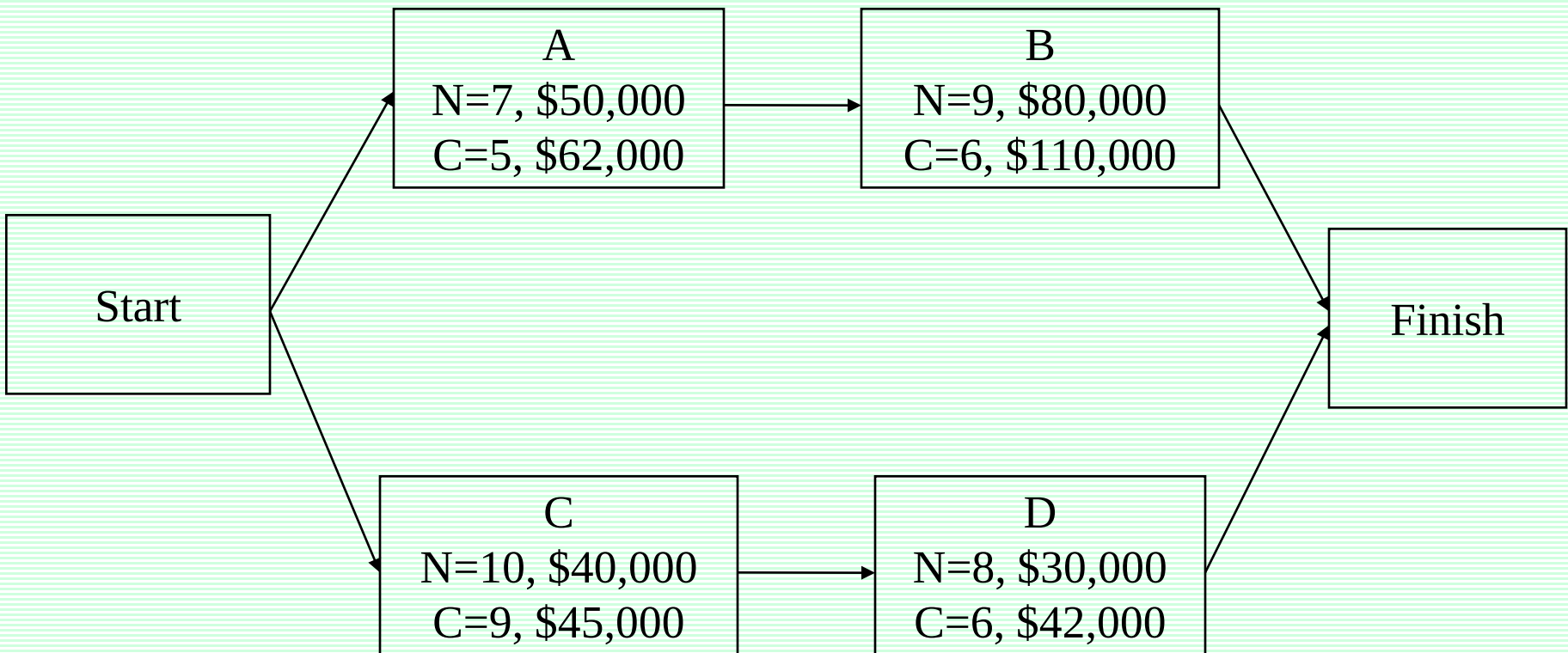
مثال - مدل شماره دو

قدم ۱ - انجام محاسبات زمانبندی با زمانهای نرمال



هزینه غیرمستقیم پروژه ۰ در هر هفته برابر ۱۰۰۰۰ دلار است.

مثال - مدل شماره دو



هزینه غیرمستقیم پروژ =  $7000 \times 18 = 126000$

جمع هزینه های پروژ =  $326000$

هزینه مستقیم پروژ =  $30000 + 40000 + 80000 + 50000 = 200000$



## Time - Cost Tradeoff

مثال- مدل شماره دو

قدم ۲- کاهش مدت پروژه به ۱۷ هفته (توسط کاهش فعالیت C)

Activity A, \$6,000/wk  
 Activity B, \$10,000/wk  
 Activity C, \$5,000/wk  
 Activity D, \$6,000/wk

|       |   |   |
|-------|---|---|
| 0     | 0 | 0 |
| Start |   |   |
| 0     | 0 | 0 |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 7 | 7 |
| A |   |   |
| 1 | 1 | 8 |

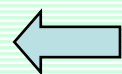
|   |   |    |
|---|---|----|
| 7 | 9 | 16 |
| B |   |    |
| 8 | 1 | 17 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 17     | 0 | 17 |
| Finish |   |    |
| 17     | 0 | 17 |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 9 | 9 |
| C |   |   |
| 0 | 0 | 9 |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 9 | 8 | 17 |
| D |   |    |
| 9 | 0 | 17 |

جمع هزینه های پروژه = ۳۲۴۰۰۰

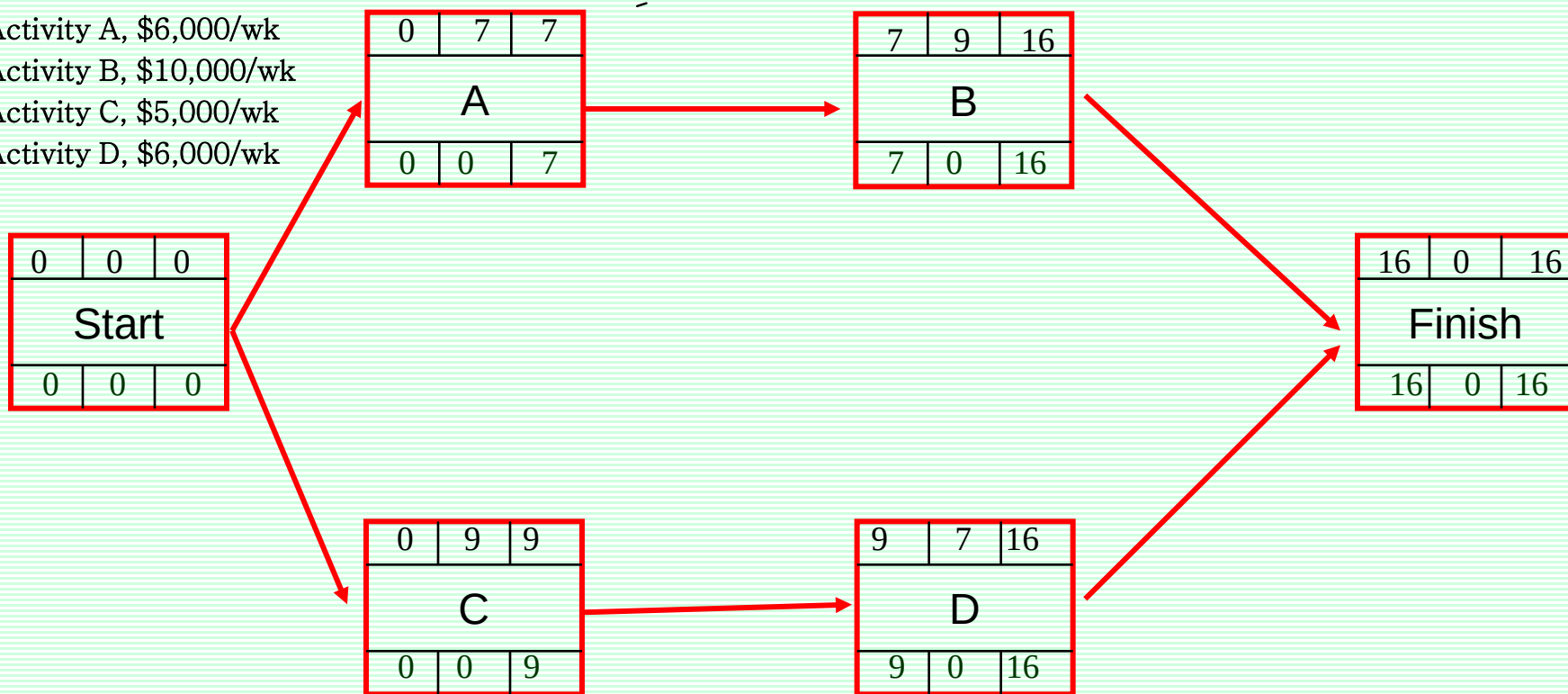
هزینه غیرمستقیم پروژه =  $۷۰۰۰ \times ۱۷ = ۱۱۹۰۰۰$ هزینه مستقیم پروژه =  $۲۰۰۰۰۰ + ۵۰۰۰۰ = ۲۰۵۰۰۰۰$

## Time - Cost Tradeoff

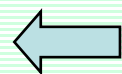
مثال- مدل شماره یک

قدم ۳- کاهش مدت زمان پروژه به ۱۶ هفته (توسط فعالیت D)

Activity A, \$6,000/wk  
 Activity B, \$10,000/wk  
 Activity C, \$5,000/wk  
 Activity D, \$6,000/wk



جمع هزینه های پروژه = ۳۲۳۰۰۰

هزینه غیرمستقیم پروژه =  $7000 \times 16 = 112000$ هزینه مستقیم پروژه =  $205000 + 6000 = 211000$

## Time - Cost Tradeoff

مثال- مدل شماره یک

قدم ۳- کاهش مدت زمان پروژه به ۱۵ هفته (توسط فعالیتهای A و D)

Activity A, \$6,000/wk  
 Activity B, \$10,000/wk  
 Activity C, \$5,000/wk  
 Activity D, \$6,000/wk

|       |   |   |
|-------|---|---|
| 0     | 0 | 0 |
| Start |   |   |
| 0     | 0 | 0 |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 6 | 6 |
| A |   |   |
| 0 | 0 | 6 |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 6 | 9 | 15 |
| B |   |    |
| 6 | 0 | 15 |

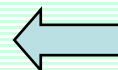
|        |   |    |
|--------|---|----|
| 15     | 0 | 15 |
| Finish |   |    |
| 15     | 0 | 15 |

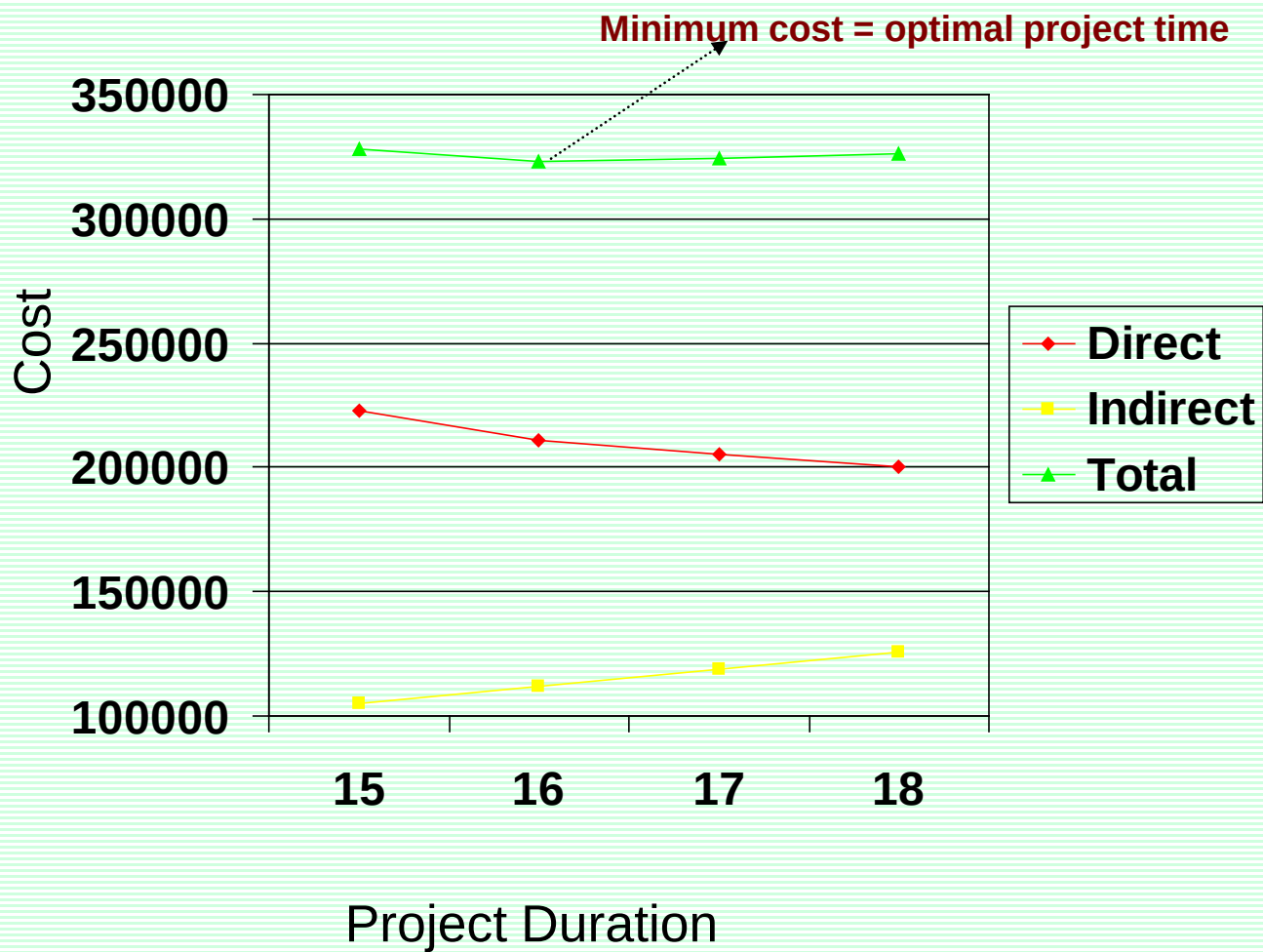
|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 9 | 9 |
| C |   |   |
| 0 | 0 | 9 |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 9 | 6 | 15 |
| D |   |    |
| 9 | 0 | 15 |

هزینه غیرمستقیم پروژه =  $15 \times 7000 = 105000$ هزینه مستقیم پروژه =  $12000 + 11000 = 23000$ 

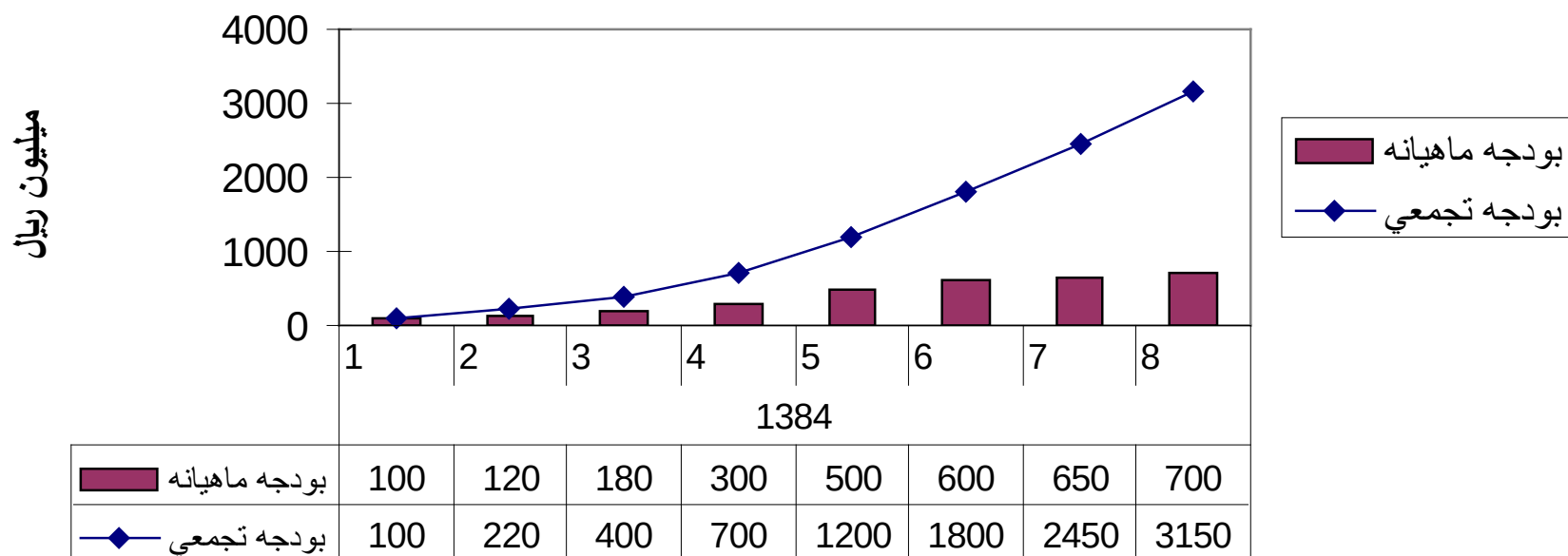
جمع هزینه های پروژه = ۳۲۸۰۰۰





جریان نقدی پروژه نشاندهنده میزان بودجه مورد نیاز جهت اجرای زمانبندی می باشد.

جریان نقدی پروژه



روند توسعه ماتریس مسئولیتها

تعیین سازمان اجرایی پروژه

تعیین مسئولین و نقش آنها در اجرای هر یک از فعالیتها

توسعه نهایی ماتریس مسئولیتها



## توسعه ماتریس مسئولیتها

## OBS (Organization Breakdown Structure)

[illegible]

## WBS(Work Breakdown Structure)



# برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره ۴ – برنامه ریزی منابع

استاد: دکتر حسن حاله

## برنامه‌ریزی منابع

### الف- تخصیص منابع محدود

## تخصیص منابع محدود

در محاسبات قبل، فرض بر این بود که منابع موردنیاز به اندازه کافی در دسترس باشند.

در صورتی که در منابع پروژه دارای محدودیتهایی باشیم می‌بایست محدودیت منابع را در زمانبندی پروژه منعکس نمود. زیرا در زمانبندی پروژه، میزان منابع موردنیاز باید از منابع در دسترس کمتر باشد.

اگر زمانبندی مراحل قبل محدودیت منابع را مراعات نکرد به تغییراتی در زمانبندی نیاز است که ممکن است به افزایش مدت پروژه منتج شود. این تغییرات غالباً به جابجایی زمانبندی برخی از فعالیت‌های پروژه برمی‌گردد که طبیعتاً منجر به تغییراتی در زمانهای نیاز به منابع می‌شود.

## مثالی برای تخصیص منابع محدود

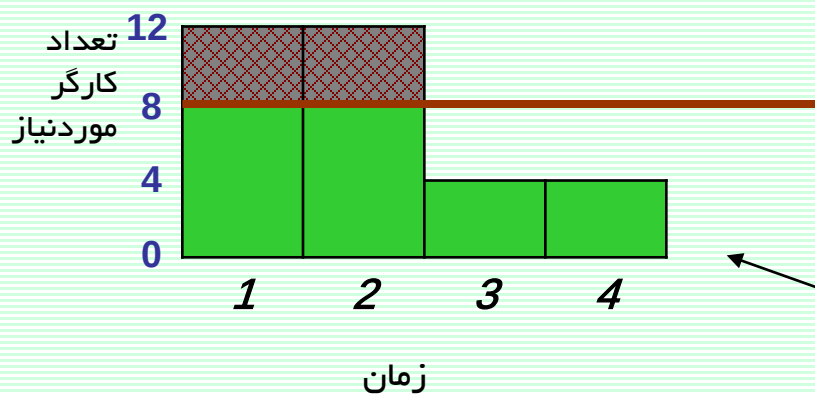
نمودار گانت پروژه

| نام/کد<br>فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|---|---|---|---|
| A                |   |   |   |   |
| B                |   |   |   |   |
| C                |   |   |   |   |
| D                |   |   |   |   |

اطلاعات فعالیت‌های پروژه

| کد فعالیت | پیشنیاز | مدت | تعداد کارگر موردنیاز |
|-----------|---------|-----|----------------------|
| A         | -       | 1   | 4                    |
| B         | A       | 1   | 4                    |
| C         | -       | 2   | 8                    |
| D         | C       | 2   | 4                    |

تعداد کارگر در دسترس طی هر روز: 8 نفر



Resource Graph

استراتژیهای حل مسئله منابع محدود

۱- استفاده از شناوری فعالیتها

۲- طولانی کردن مدت فعالیت و کاهش نیاز به منابع در واحد زمان

۳- گسیختگی زمانبندی یک فعالیت

۴- استفاده از اضافه کاری در جهت حل مسئله

۵- افزایش مدت زمان پروژه

## ۱ - استفاده از شناوری فعالیتها

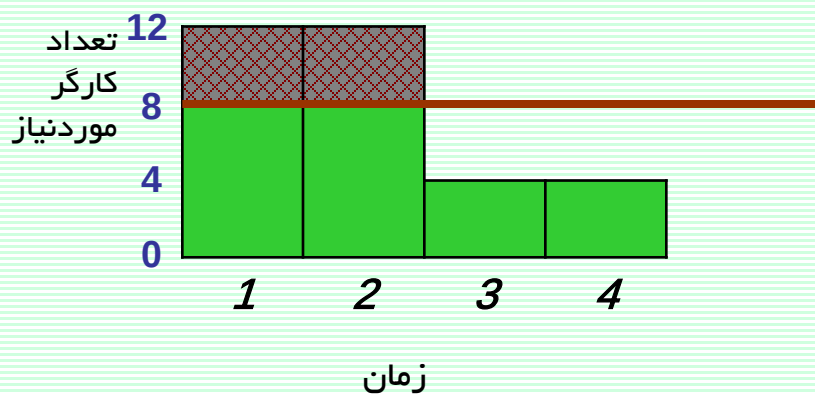
نمودار گانت پروژه

| نام/کد<br>فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|---|---|---|---|
| A                |   |   |   |   |
| B                |   |   |   |   |
| C                |   |   |   |   |
| D                |   |   |   |   |

اطلاعات فعالیت‌های پروژه

| کد فعالیت | پیشنیاز | مدت | تعداد کارگر<br>موردنیاز |
|-----------|---------|-----|-------------------------|
| A         | -       | 1   | 4                       |
| B         | A       | 1   | 4                       |
| C         | -       | 2   | 8                       |
| D         | C       | 2   | 4                       |

تعداد کارگر در دسترس طی هر روز: 8 نفر



## ۱ - استفاده از شناوری فعالیتها

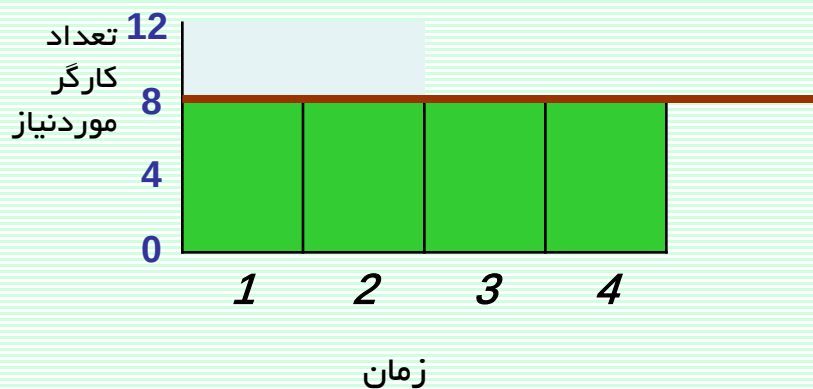
نمودار گانت پروژه

| نام/کد<br>فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|---|---|---|---|
| A                |   |   |   |   |
| B                |   |   |   |   |
| C                |   |   |   |   |
| D                |   |   |   |   |

اطلاعات فعالیت‌های پروژه

| کد فعالیت | پیشنیاز | مدت | تعداد کارگر<br>موردنیاز |
|-----------|---------|-----|-------------------------|
| A         | -       | 1   | 4                       |
| B         | A       | 1   | 4                       |
| C         | -       | 2   | 8                       |
| D         | C       | 2   | 4                       |

تعداد کارگر در دسترس طی هر روز: 8 نفر



۲- طولانی کردن مدت فعالیت و کاهش نیاز به منابع در واحد زمان

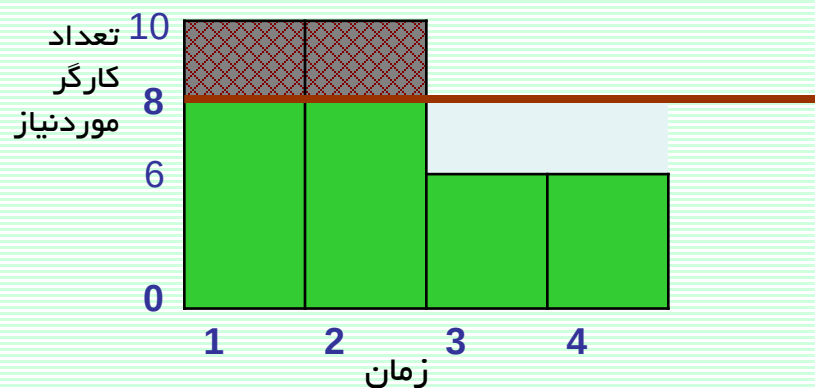
نمودار گانت پروژه

| نام/کد فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|---|---|---|---|
| A             |   |   |   |   |
| B             |   |   |   |   |
| C             |   |   |   |   |
| D             |   |   |   |   |

اطلاعات فعالیت‌های پروژه

| کد فعالیت | پیشنیاز | مدت | تعداد کارگر موردنیاز |
|-----------|---------|-----|----------------------|
| A         | -       | 1   | 4                    |
| B         | A       | 1   | 4                    |
| C         | -       | 2   | 6                    |
| D         | C       | 2   | 6                    |

تعداد کارگر در دسترس طی هر روز: 8 نفر





۲- طولانی کردن مدت فعالیت و کاهش نیاز به منابع در واحد زمان

نمودار گانت پروژه

| نام/کد<br>فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|---|---|---|---|
| A                |   |   |   |   |
| B                |   |   |   |   |
| C                |   |   |   |   |
| D                |   |   |   |   |

• افزایش مدت زمان فعالیت A به دو روز و کاهش کارگر موردنیاز به روزی دو کارگر

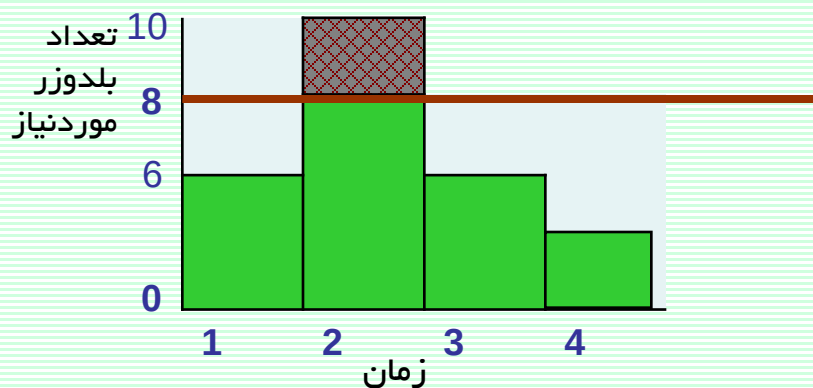
• افزایش مدت زمان فعالیت B به دو روز و کاهش کارگر موردنیاز به روزی دو کارگر



## ۳- گسیختگی زمانبندی یک فعالیت

نمودار گانت پروژه

| نام/کد<br>فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|---|---|---|---|
| A                |   |   |   |   |
| B                |   |   |   |   |
| C                |   |   |   |   |
| D                |   |   |   |   |
| E                |   |   |   |   |



اطلاعات فعالیت‌های پروژه

| تعداد<br>بلدوزر<br>مورد نیاز | مدت | پیشنیاز | کد فعالیت |
|------------------------------|-----|---------|-----------|
| 2                            | 2   | -       | A         |
| 2                            | 1   | A       | B         |
| 4                            | 1   | -       | C         |
| 8                            | 1   | C       | D         |
| 4                            | 2   | D       | E         |

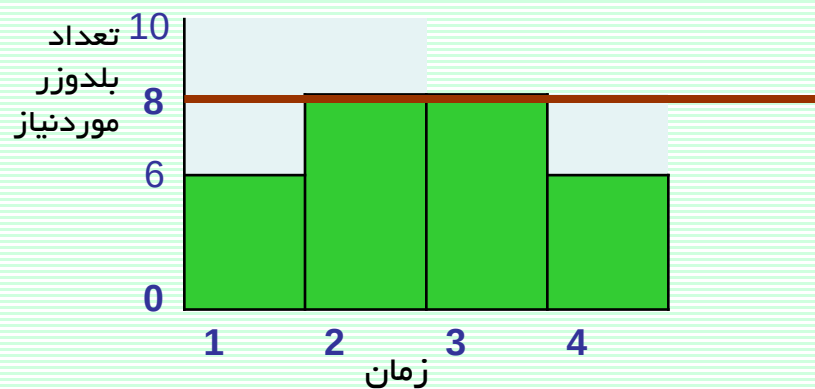
تعداد بلدوزر در دسترس طی هر روز: 8 نفر

## ۳- گسیختگی زمانبندی یک فعالیت

## نمودار گانت پروژه

| نام/کد<br>فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|---|---|---|---|
| A                |   |   |   |   |
| B                |   |   |   |   |
| C                |   |   |   |   |
| D                |   |   |   |   |
| E                |   |   |   |   |

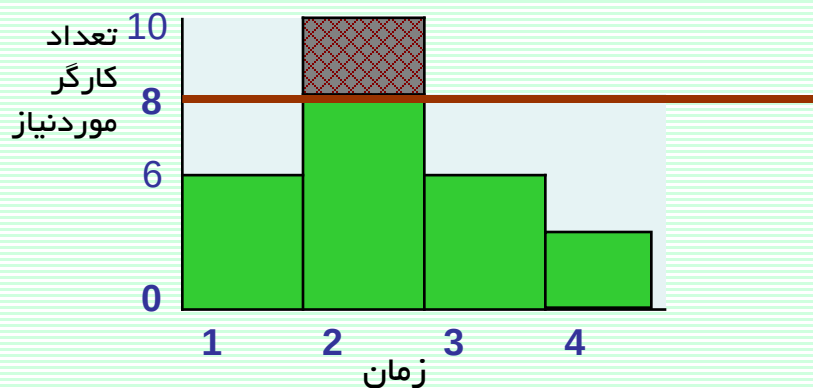
• شکستن فعالیت A به دو بخش



۴- استفاده از اضافه‌کاری در جهت حل مسئله

نمودار گانت پروژه

| نام/کد فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|---|---|---|---|
| A             |   |   |   |   |
| B             |   |   |   |   |
| C             |   |   |   |   |
| D             |   |   |   |   |
| E             |   |   |   |   |



اطلاعات فعالیت‌های پروژه

| تعداد کارگر مورد نیاز | مدت | پیشنیاز | کد فعالیت |
|-----------------------|-----|---------|-----------|
| 2                     | 2   | -       | A         |
| 2                     | 1   | A       | B         |
| 4                     | 1   | -       | C         |
| 8                     | 1   | C       | D         |
| 4                     | 2   | D       | E         |

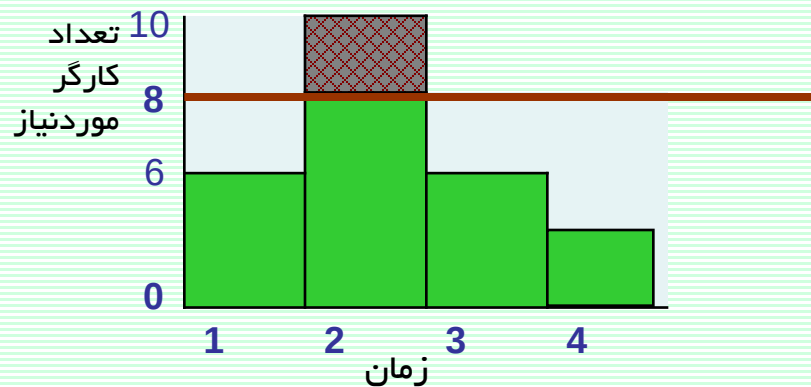
تعداد کارگر در دسترس طی هر روز: 8 نفر

۴- استفاده از اضافه‌کاری در جهت حل مسئله

نمودار گانت پروژه

| نام/کد فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|---|---|---|---|
| A             |   |   |   |   |
| B             |   |   |   |   |
| C             |   |   |   |   |
| D             |   |   |   |   |
| E             |   |   |   |   |

- در روز دوم با دادن اضافه‌کاری به کارگران، جبران کسری منابع صورت پذیرد.



## ۵- افزایش مدت زمان پروژه

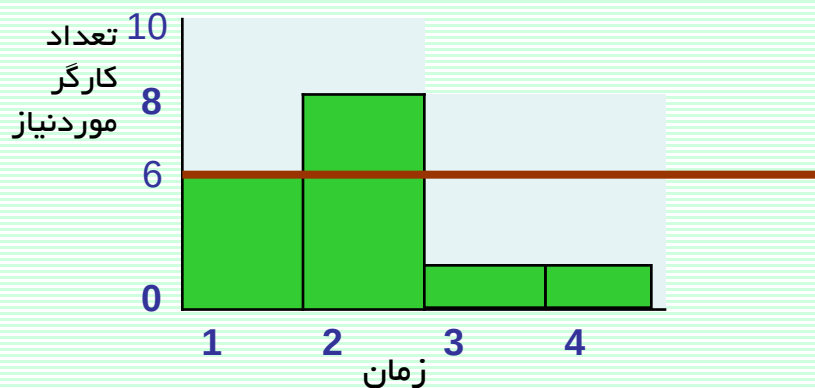
نمودار گانت پروژه

| نام/کد فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|---|---|---|---|
| A             |   |   |   |   |
| B             |   |   |   |   |
| C             |   |   |   |   |
| D             |   |   |   |   |
| E             |   |   |   |   |

اطلاعات فعالیت‌های پروژه

| کد فعالیت | پیشنیاز | مدت | تعداد کارگر مورد نیاز |
|-----------|---------|-----|-----------------------|
| A         | -       | 2   | 4                     |
| B         | A       | 2   | 1                     |
| C         | -       | 1   | 2                     |
| D         | C       | 1   | 4                     |
| E         | D       | 2   | 1                     |

تعداد کارگر در دسترس طی هر روز: 6 نفر

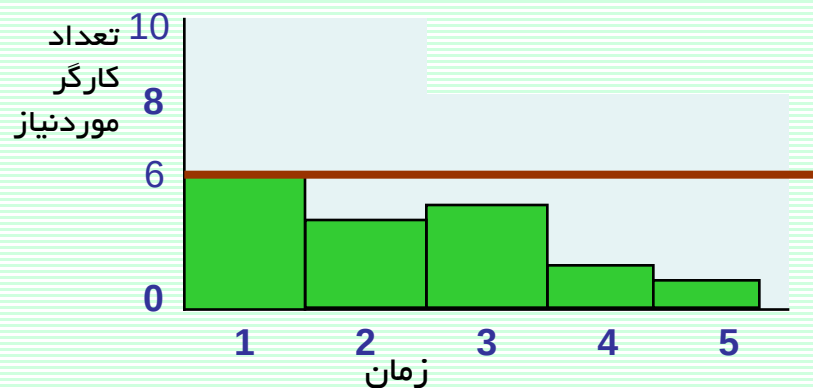


## ۵- افزایش مدت زمان پروژه

## نمودار گانت پروژه

| نام/کد فعالیت | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|---|---|---|---|---|
| A             |   |   |   |   |   |
| B             |   |   |   |   |   |
| C             |   |   |   |   |   |
| D             |   |   |   |   |   |
| E             |   |   |   |   |   |

- با افزایش یک واحد زمانی به مدت پروژه، کسری منابع جبران گردید.



الگوریتم تخصیص منابع محدود

فرضیات:

امکان بکارگیری استراتژی‌های زیر وجود ندارد.

۱- طولانی کردن مدت فعالیت و کاهش نیاز به منابع در واحد زمان

۲- گسیختگی زمانبندی یک فعالیت

۳- استفاده از اضافه کاری در جهت حل مسئله



## الگوریتم تخصیص منابع محدود

## قدم‌های الگوریتم:

قدم ۱- محاسبات زمانبندی رفت و برگشت معمول را انجام دهید و قرار دهید  $T=0$

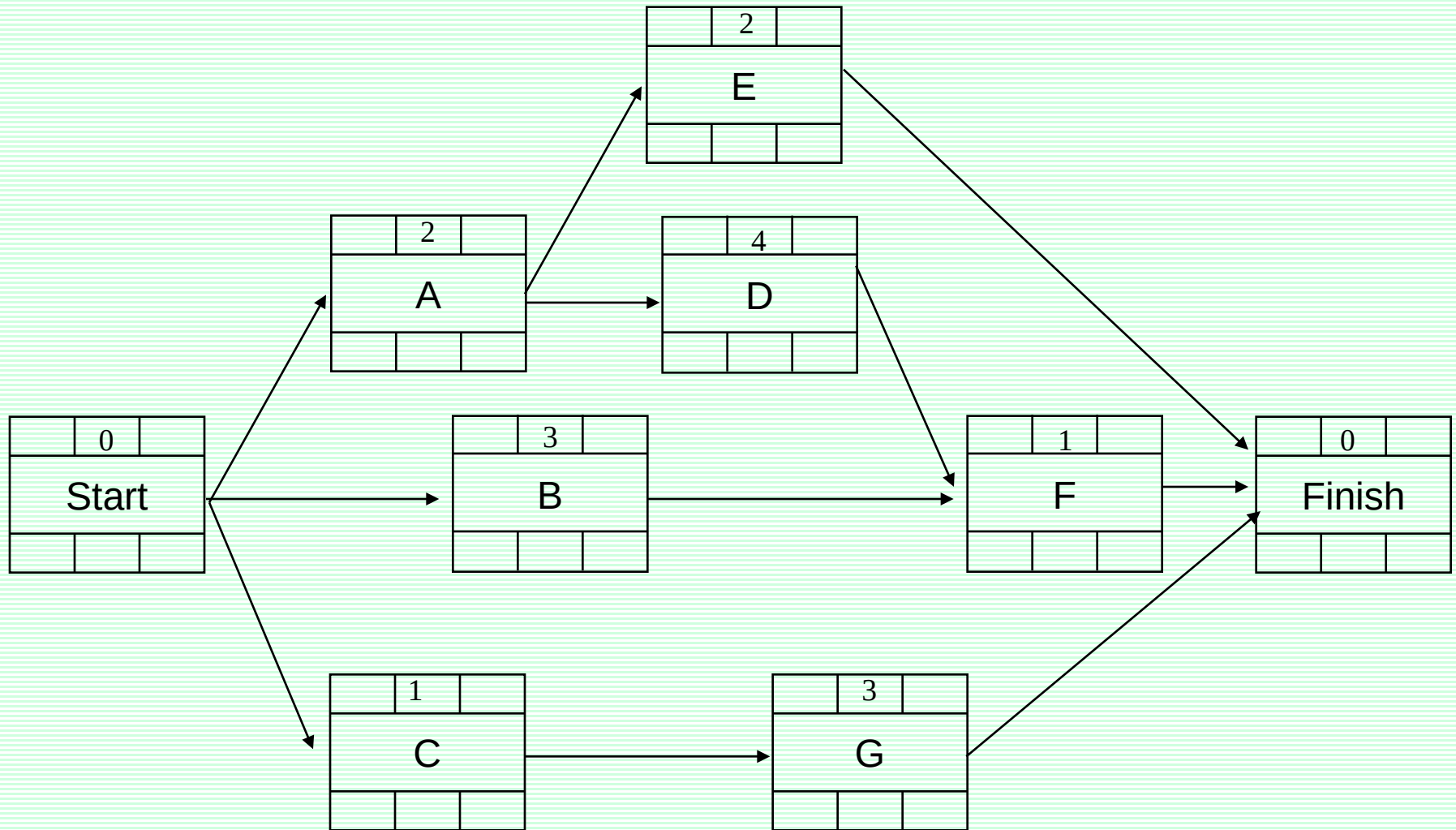
قدم ۲- مجموعه فعالیت‌های **EAS** (مجموعه فعالیت‌های واجد شرایط **Eligible Activity Set**) را مشخص کنید. این مجموعه شامل فعالیت‌هایی است که هنوز برنامه‌ریزی نشده‌اند و همچنین یا پیشنهاد ندارند یا پیشنهاد آنها تا زمان  $T$  برنامه‌ریزی و تمام شده باشند.

قدم ۳- براساس مجموعه فعالیت‌های **EAS**، مجموعه **OSS** (مجموعه فعالیت‌های مرتب شده برای برنامه‌ریزی **Ordered Scheduling Set**) را تشکیل دهید. در این مجموعه فعالیت‌های **EAS** براساس ترتیب صعودی **LS** مرتب شده‌اند و در صورت تساوی **LS** ملاک ترتیب صعودی مدت زمان فعالیت است.

قدم ۴- فعالیت‌های **OSS** را به ترتیب، در صورتی که برای فعالیت در کل زمان اجرا، منابع کافی وجود دارد آن فعالیت را برای شروع در زمان  $T$  برنامه‌ریزی کنید.

قدم ۴- در صورتیکه همه فعالیت‌ها برنامه‌ریزی شده‌اند توقف کنید. در غیر این صورت  $T=T+1$  و به قدم ۲ بازگردید.

## مثال

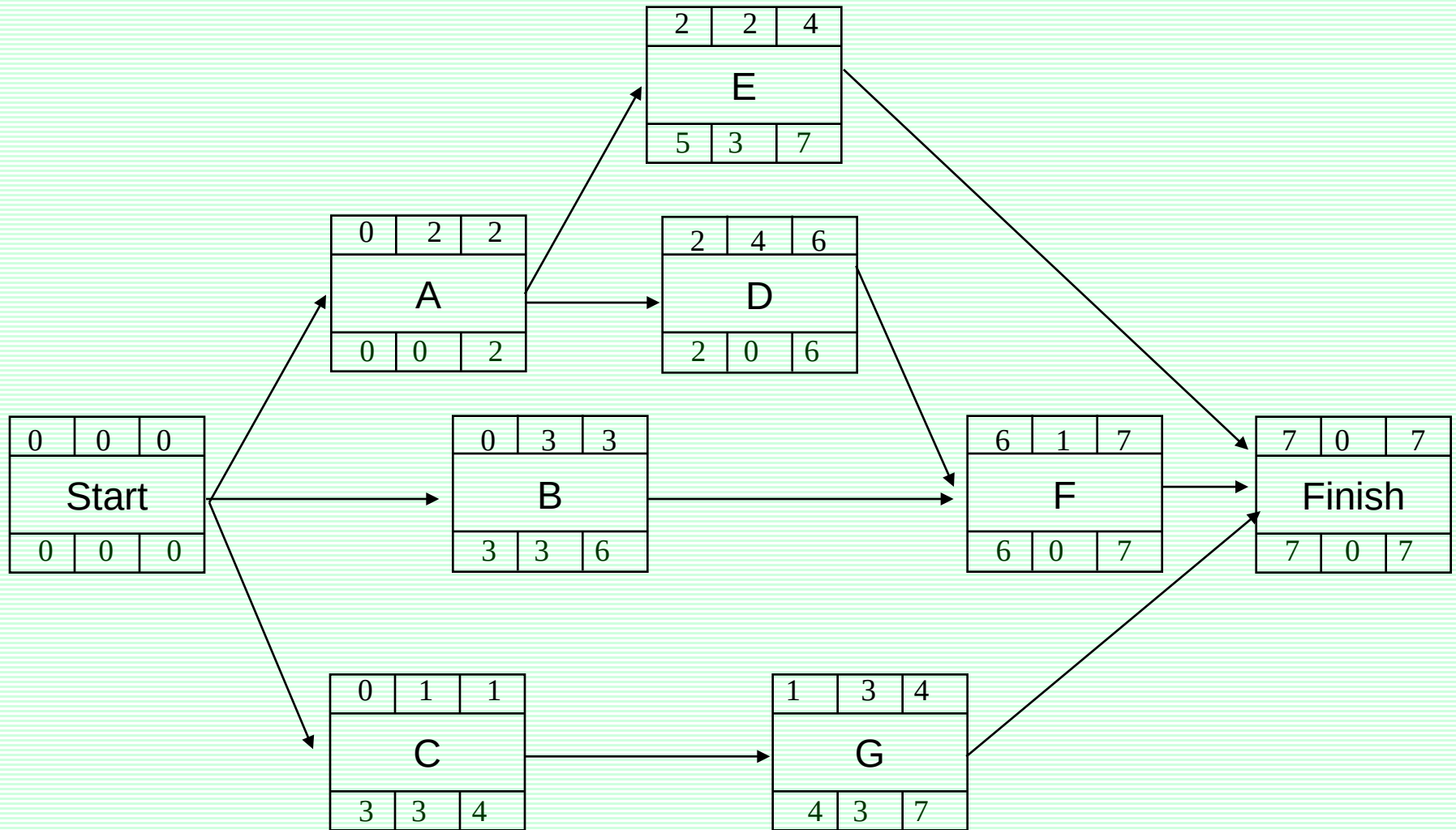


## مثال

در این پروژه، به دو نوع منبع نیاز است ماشین آلات ویژه (منبع نوع P) و کارگر (منبع نوع Q) برای اجرای پروژه، ۴ ماشین ویژه و ۵ کارگر در اختیار داریم. میزان نیاز فعالیتها به منابع در جدول زیر نشان داده شده است.

|   | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 2 | 4 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 |
| Q | 0 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 | 4 |

## حل مسئله و اجرای الگوریتم:



[illegible]

| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|------------------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|                              |    |    |   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  |

مرحله اول : T=0

EAS={A,B,C}

OSS: A→C→B

LS: 0 , 3 , 3

| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|------------------------------|----|----|---|------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div></div></div> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 |                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                              | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 5                                              | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  |

مرحله اول : T=0

EAS={A,B,C}

LS: 0 , 3 , 3

✓  
OSS: A→C→B

| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div></div></div>   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  |

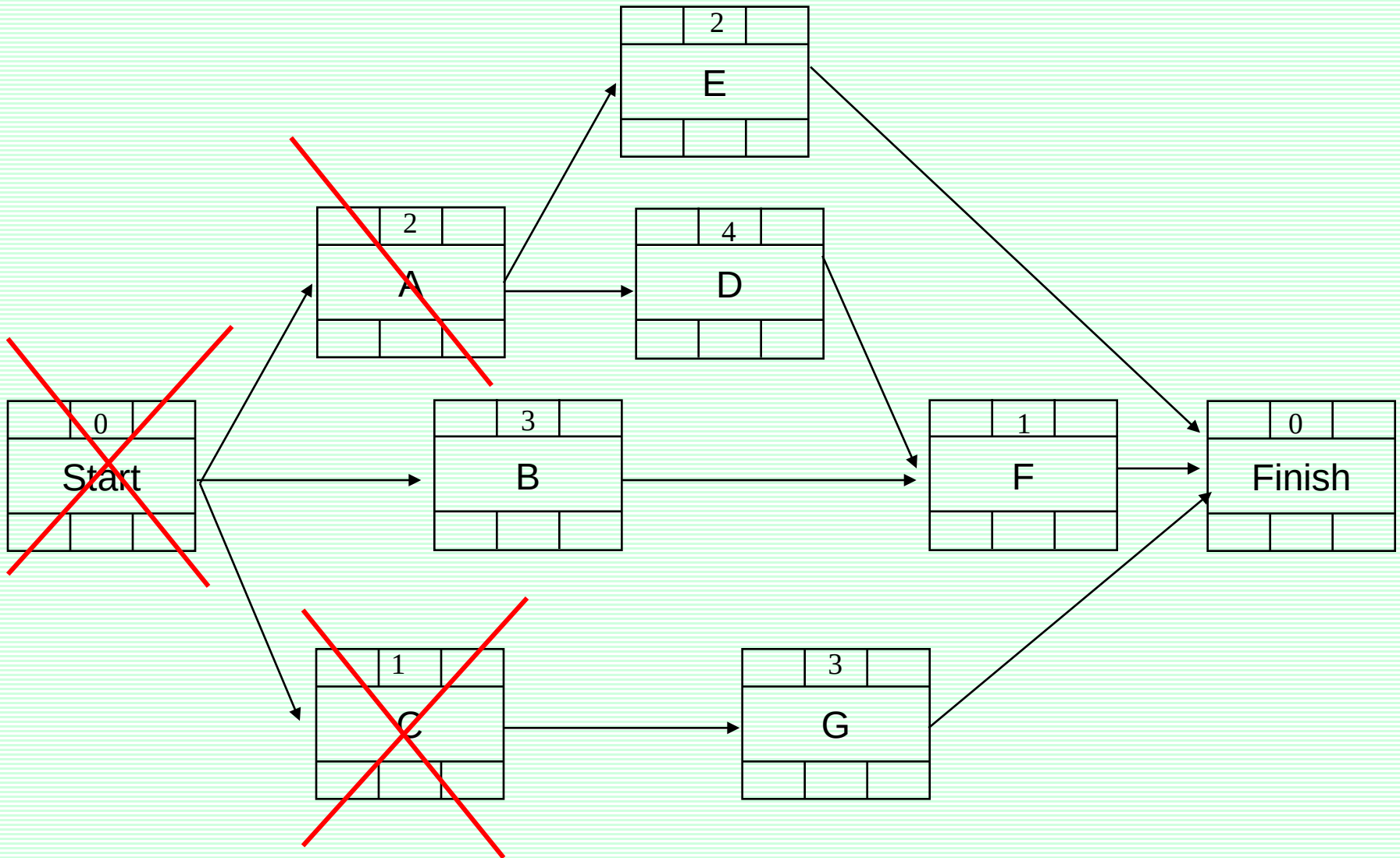
مرحله اول : T=0

EAS={A,B,C}

LS: 0 , 3 , 3

OSS: A→<sup>✓</sup>C→<sup>✓</sup>B<sup>x</sup>





| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
|------------------------------|----|----|---|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|
|                              |    |    |   | 0                                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>2020</div></div> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div></div>   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                     | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  |  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                     | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  |  |

مرحله دوم : T=1

EAS={B,G}

LS: 3 , 4

OSS: B→G<sup>x</sup>

| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |   |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div></div></div>   |                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div><div>04</div></div> |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                             | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4 |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                             | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5 |

مرحله دوم : T=1

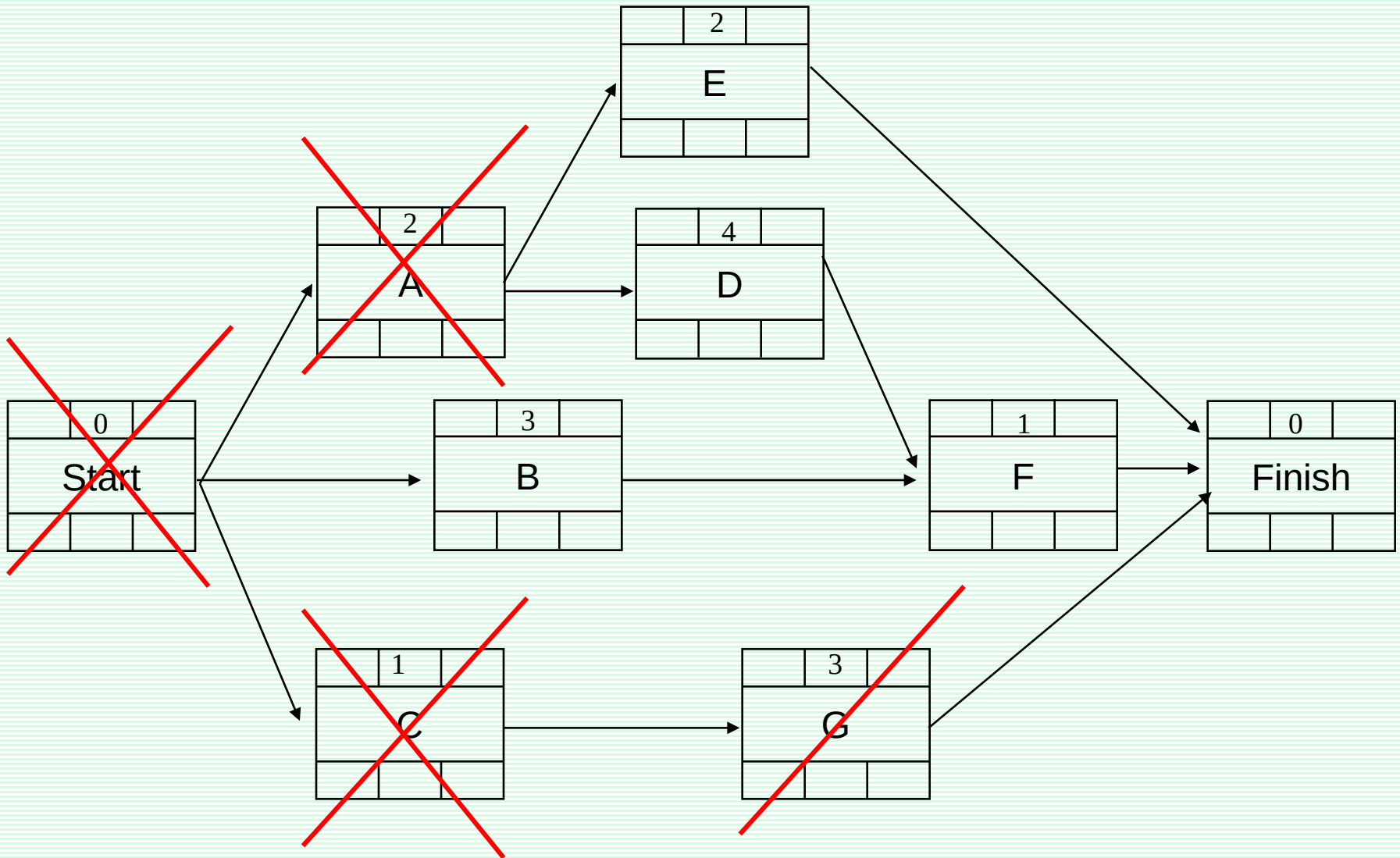
EAS={B,G}

LS: 3 , 4

x

✓

OSS: B→G



| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |   |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>2020</div><div></div></div> |                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div></div></div>   |                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>040404</div><div></div></div> |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                  | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4 |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                  | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5 |

مرحله سوم : T=2

EAS={B,E,D}

OSS: D→B →E

LS: 3 , 5 , 2

| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---|---|---|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                                | 4                                                | 5                                                | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div></div></div>   |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |   |   |   |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                                | 5                                                | 5                                                | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  |

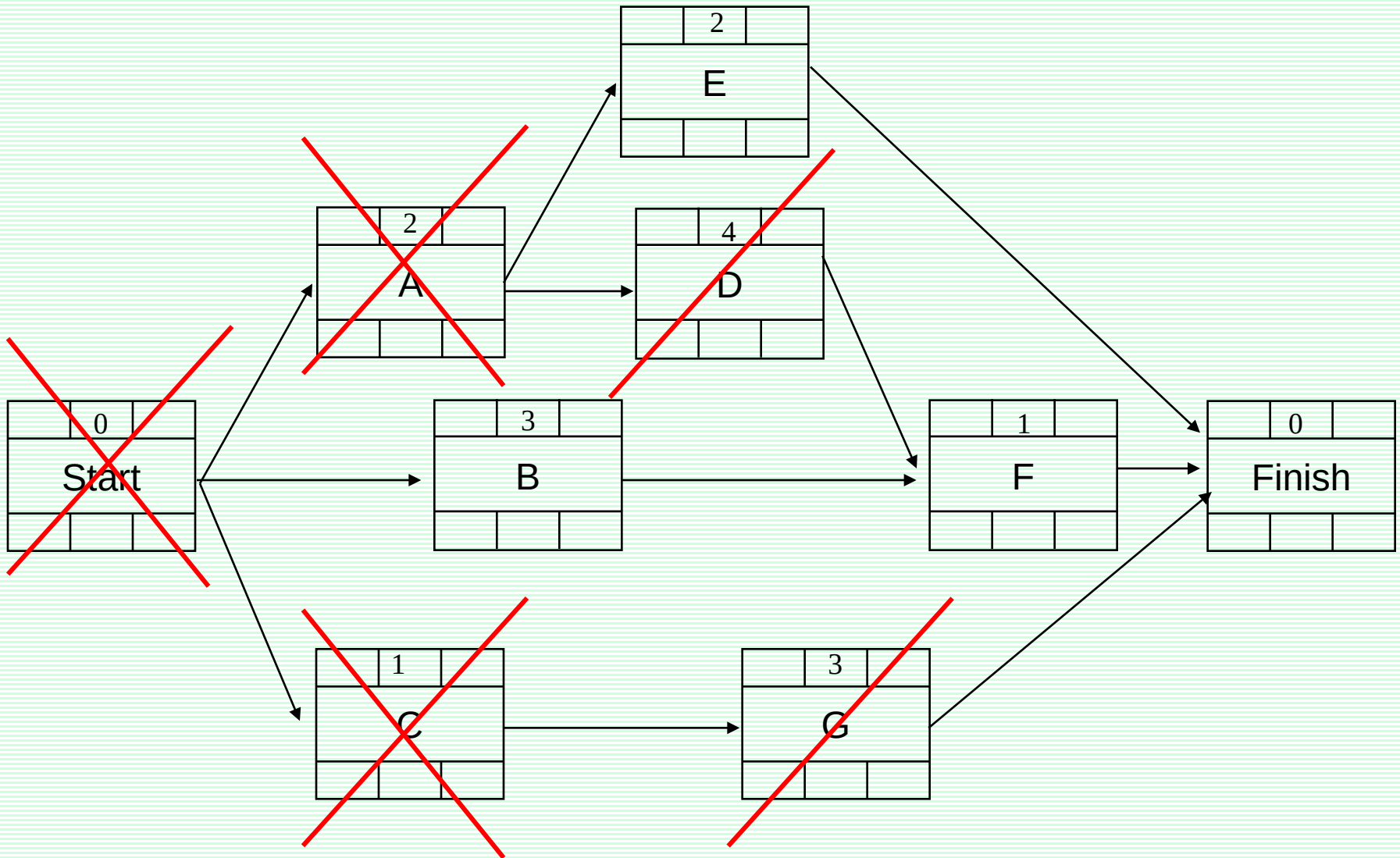
مرحله سوم : T=2

✓   x   x

EAS={B,E,D}

OSS: D→B →E

LS: 3 , 5 , 2



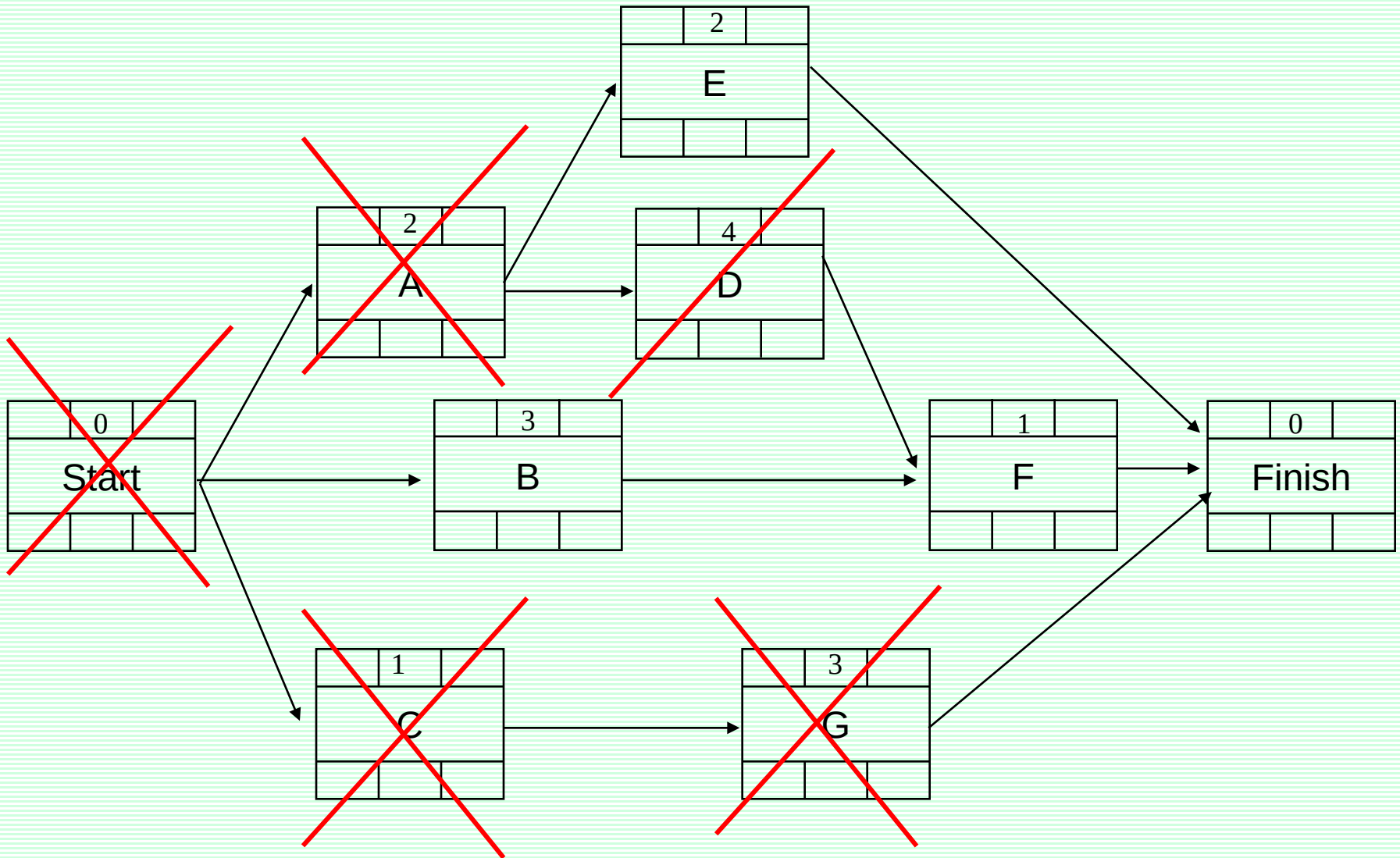
| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---|---|---|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                                | 4                                                | 5                                                | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div></div></div>   |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |   |   |   |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                                | 5                                                | 5                                                | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  |

EAS={B,E}  
LS: 3 , 5

× ×  
OSS: B → E

مرحله چهارم : T=3





| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---|---|---|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                                | 4                                                | 5                                                | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div></div></div>   |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |   |   |   |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                                | 5                                                | 5                                                | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  |

مرحله پنجم : T=4

x

EAS={B,E}

OSS: B → E

LS: 3 , 5

| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                |                                                  |                                                |   |   |   |   |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|---|---|---|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                              | 4                                                | 5                                              | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                |                                                  |                                                |   |   |   |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                |                                                  |                                                |   |   |   |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div></div></div>   |                                                  |                                                  |                                                |                                                  |                                                |   |   |   |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div></div></div> | <div><div></div><div>20</div><div></div></div>   | <div><div></div><div>20</div><div></div></div> |   |   |   |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> | <div><div></div><div>05</div><div></div></div> |   |   |   |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                |                                                  |                                                |   |   |   |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div></div></div>   | <div><div></div><div>04</div><div></div></div> |                                                  |                                                |   |   |   |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                              | 2                                                | 2                                              | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                              | 0                                                | 0                                              | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  |

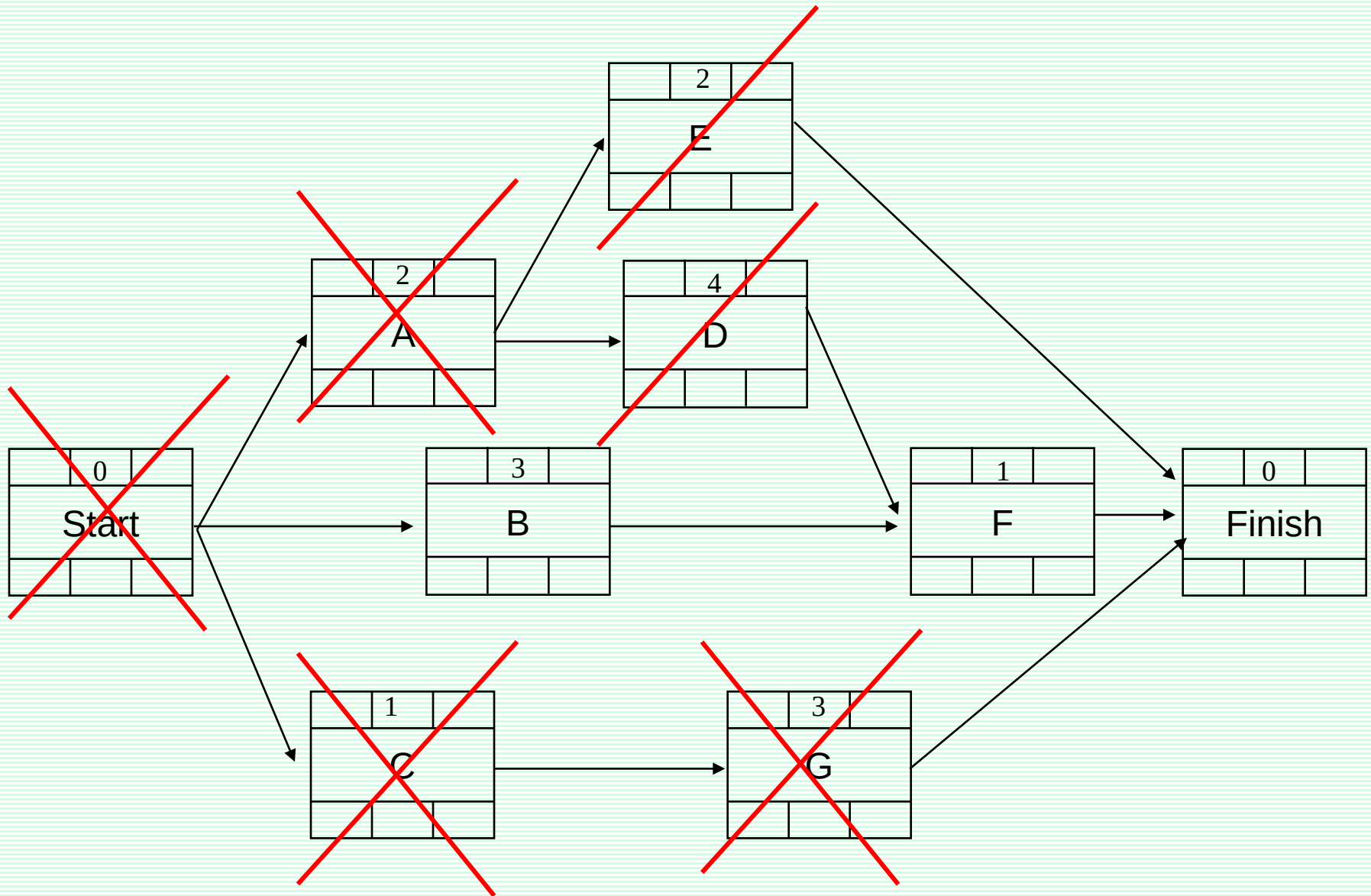
x    ✓

مرحله پنجم : T=4

EAS={B,E}

OSS: B → E

LS: 3 , 5



| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---|---|---|---|----|--|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                                | 4                                                | 5                                                | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div>03</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |   |   |   |   |    |  |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> |   |   |   |   |    |  |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 4 | 4 | 4 | 4 |    |  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                                | 0                                                | 0                                                | 5 | 5 | 5 | 5 |    |  |

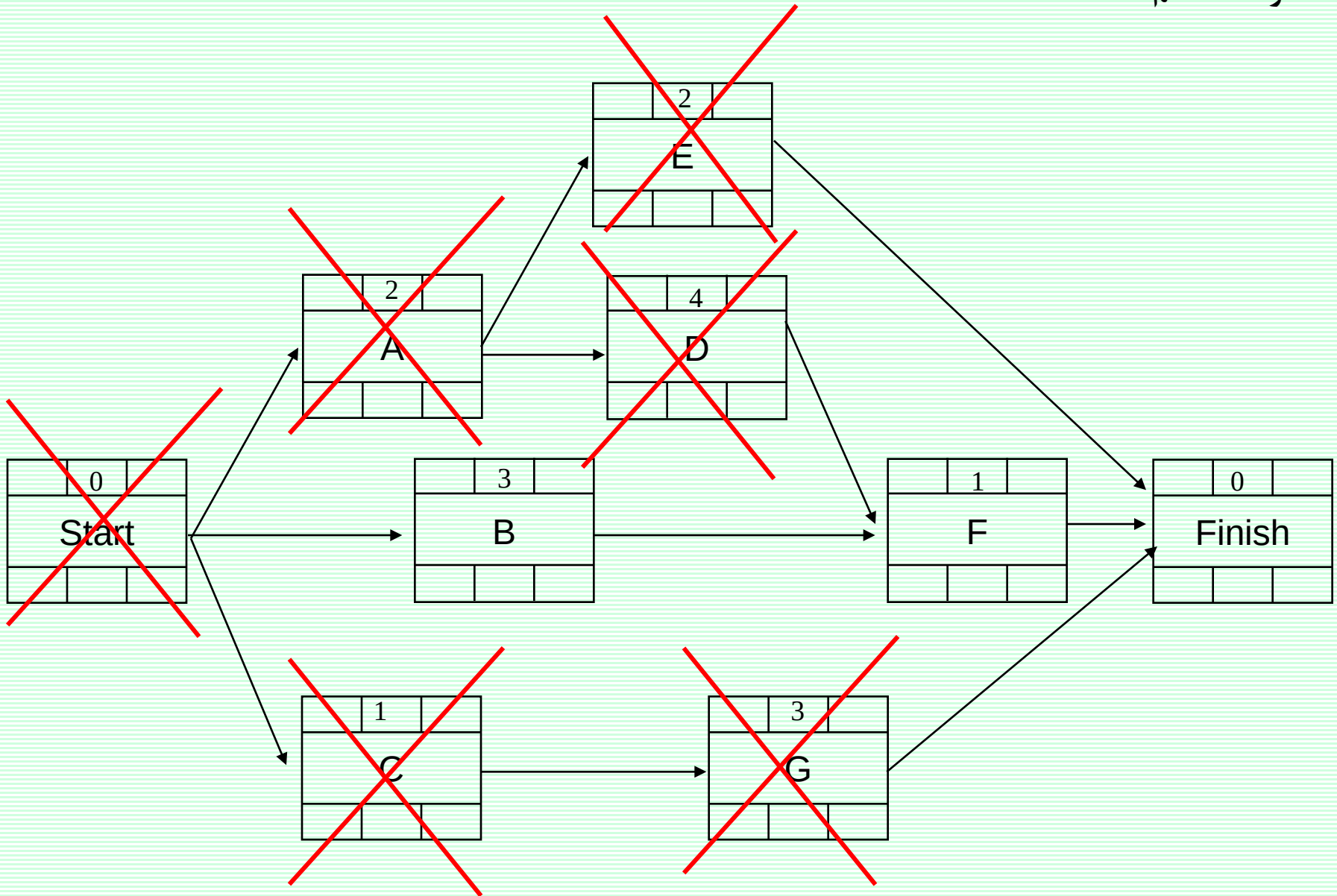
مرحله ششم : T=5

x

EAS={B}

OSS: B

LS: 3



| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---|---|---|---|----|--|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                                | 4                                                | 5                                                | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div>03</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |   |   |   |   |    |  |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> |   |   |   |   |    |  |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                  |                                                  |   |   |   |   |    |  |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 4 | 4 | 4 | 4 |    |  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                                | 0                                                | 0                                                | 5 | 5 | 5 | 5 |    |  |

مرحله هفتم : T=6

EAS={B}

OSS: B

LS: 3

| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                               |                                                                            |   |                                                             |   |                                                               |   |   |   |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------|---|---|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                             | 2                                                                          | 3 | 4                                                           | 5 | 6                                                             | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                               |                                                                            |   |                                                             |   |                                                               |   |   |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                               |                                                                            |   |                                                             |   | <div><div></div><div>40</div><div>40</div><div>40</div></div> |   |   |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div></div></div>   |                                                               |                                                                            |   |                                                             |   |                                                               |   |   |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                               | <div><div></div><div>20</div><div>20</div><div>20</div><div>20</div></div> |   |                                                             |   |                                                               |   |   |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                               |                                                                            |   | <div><div></div><div>05</div><div>05</div><div></div></div> |   |                                                               |   |   |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                               |                                                                            |   |                                                             |   |                                                               |   |   |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                                            |   |                                                             |   |                                                               |   |   |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                             | 2                                                                          | 2 | 2                                                           | 2 | 0                                                             | 0 | 0 | 0 | 4  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                             | 1                                                                          | 1 | 0                                                           | 0 | 5                                                             | 5 | 5 | 5 | 5  |

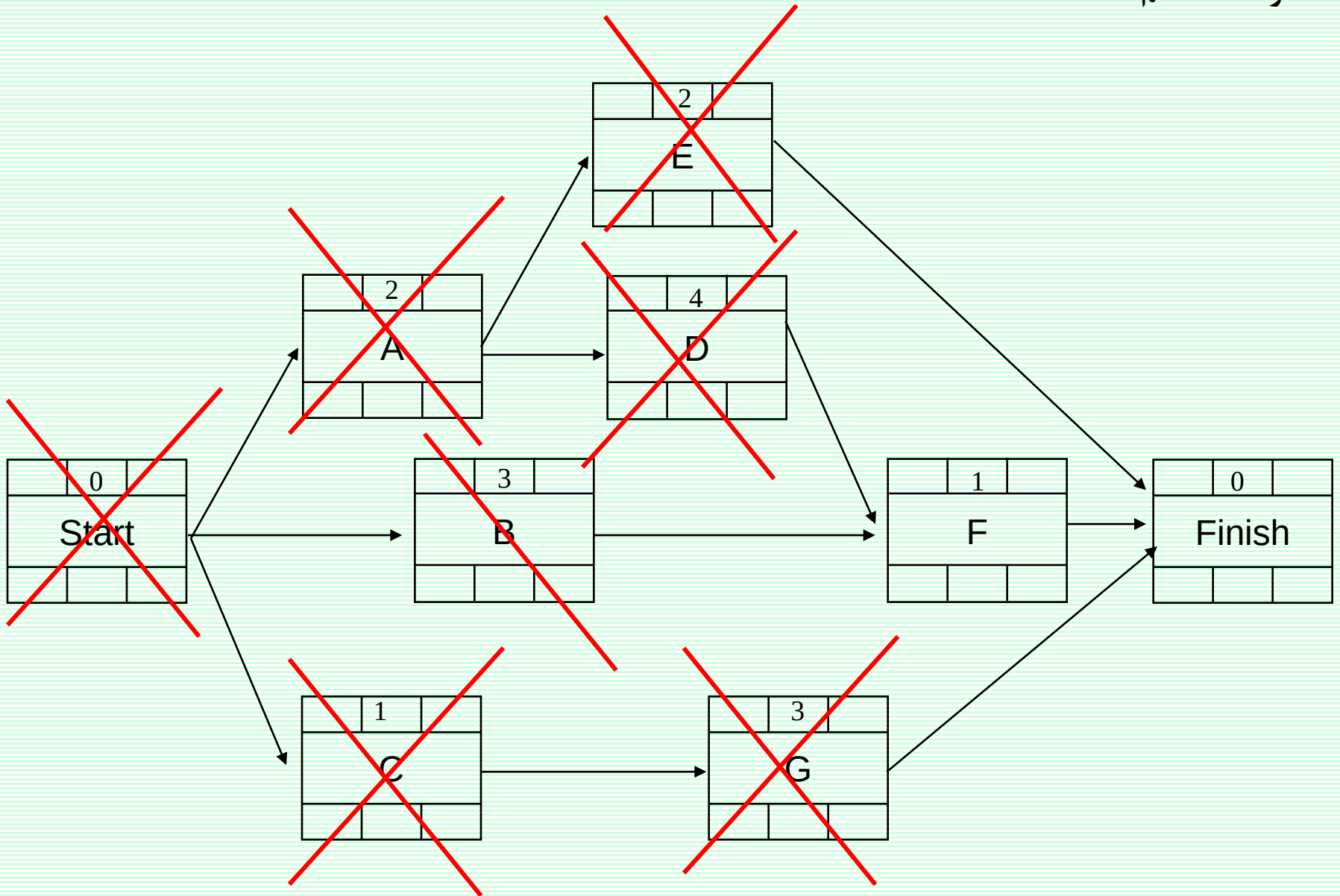
مرحله هفتم : T=6

EAS={B}

LS: 3

✓  
OSS: B

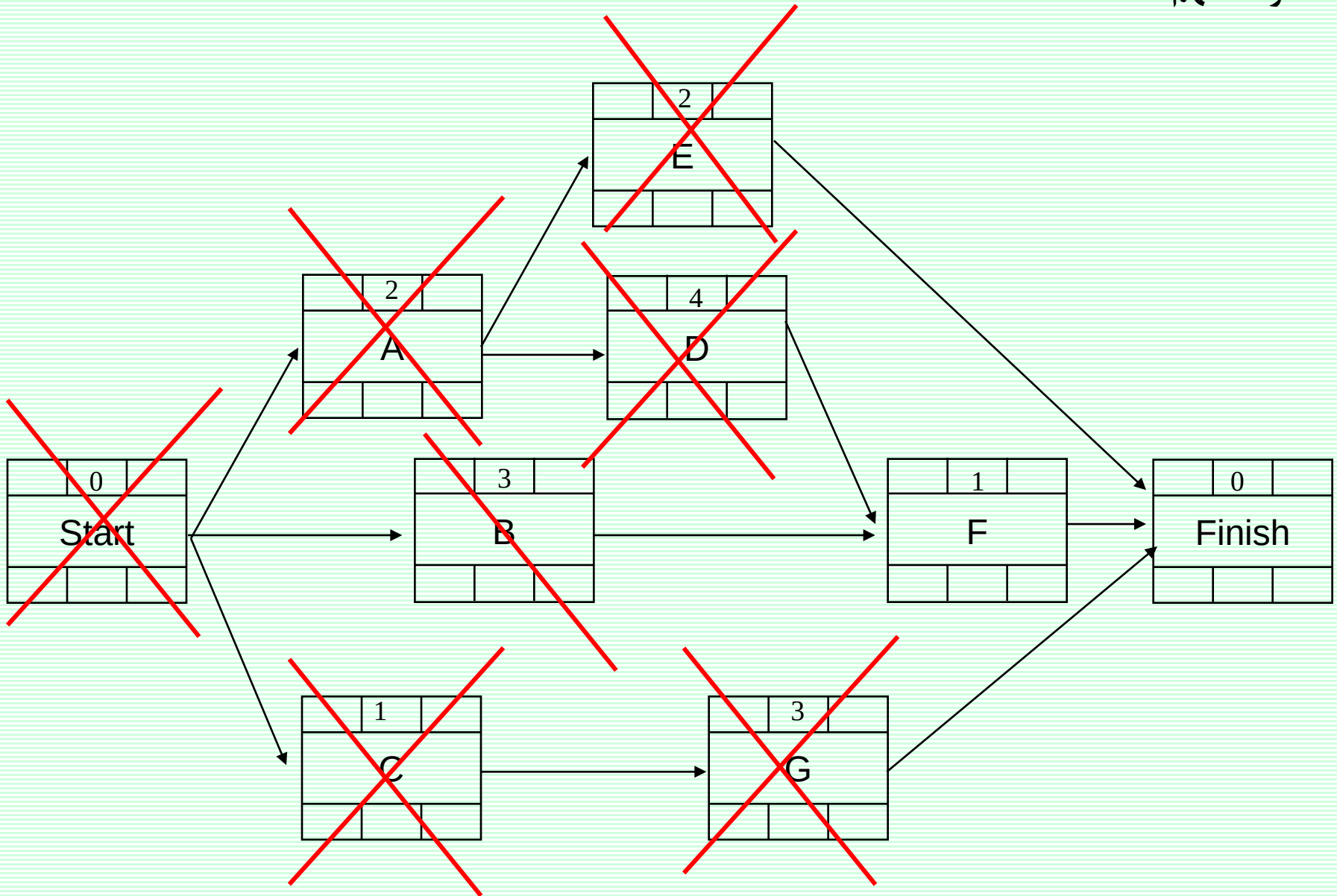




| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                                | 4                                                | 5                                                | 6                                                | 7                                                | 8                                                | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div>03</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 0                                                | 0                                                | 0                                                | 4 |    |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                                | 0                                                | 0                                                | 5                                                | 5                                                | 5                                                | 5 |    |

مرحله هشتم : T=7

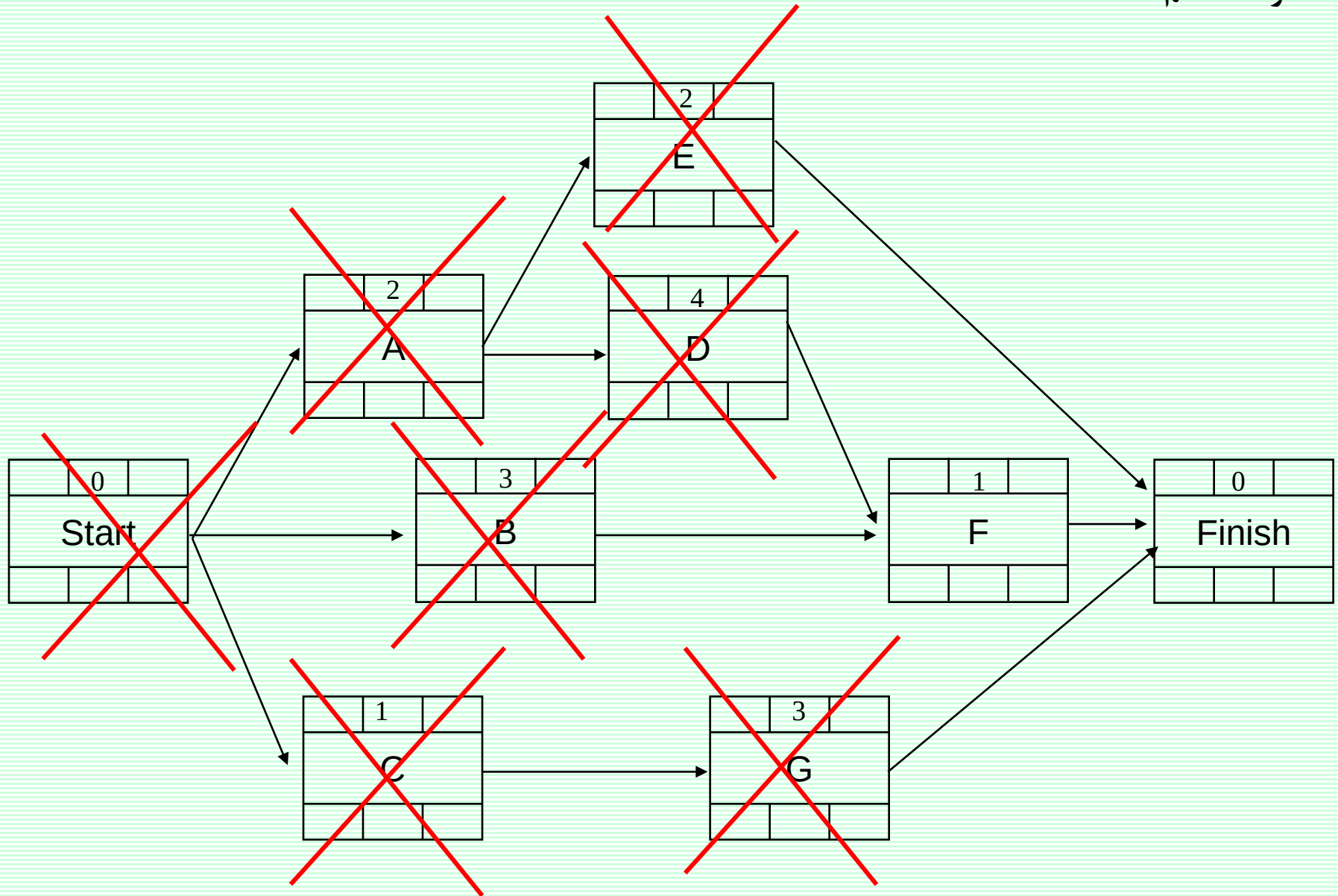
EAS={}



| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                                | 4                                                | 5                                                | 6                                                | 7                                                | 8                                                | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div>03</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 0                                                | 0                                                | 0                                                | 4 |    |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                                | 0                                                | 0                                                | 5                                                | 5                                                | 5                                                | 5 |    |

مرحله نهم : T=8

EAS={}



| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                                | 4                                                | 5                                                | 6                                                | 7                                                | 8                                                | 9 | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> |   |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div>03</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |   |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 0                                                | 0                                                | 0                                                | 0 | 4  |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                                | 0                                                | 0                                                | 5                                                | 5                                                | 5                                                | 5 | 5  |

EAS={F}

OSS: F

مرحله دهم : T=9

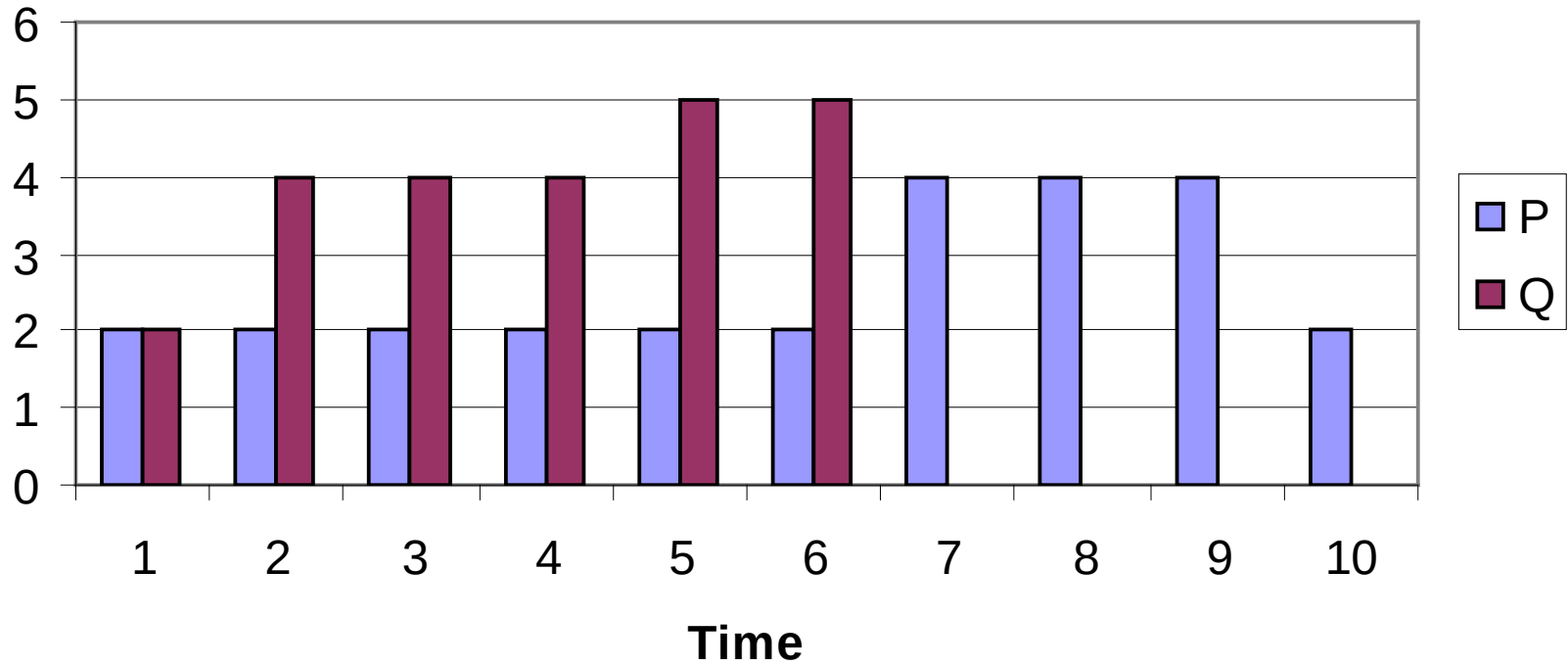
| ACTIVITY                     | ES | LS | D | T                                                |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |    |
|------------------------------|----|----|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----|
|                              |    |    |   | 0                                                | 1                                                | 2                                                | 3                                                | 4                                                | 5                                                | 6                                                | 7                                                | 8                                                | 9                                                | 10 |
| A                            | 0  | 0  | 2 | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |    |
| B                            | 0  | 3  | 3 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> | <div><div></div><div>40</div><div>40</div></div> |                                                  |    |
| C                            | 0  | 3  | 1 | <div><div></div><div>03</div><div>03</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |    |
| D                            | 2  | 2  | 4 |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> | <div><div></div><div>20</div><div>20</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |    |
| E                            | 2  | 5  | 2 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> | <div><div></div><div>05</div><div>05</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |    |
| F                            | 6  | 6  | 1 |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  | <div><div></div><div>30</div><div>30</div></div> |    |
| G                            | 1  | 4  | 3 |                                                  | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> | <div><div></div><div>04</div><div>04</div></div> |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |                                                  |    |
| مقدار منبع P تخصیص داده نشده |    |    |   | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 2                                                | 0                                                | 0                                                | 0                                                | 2                                                |    |
| مقدار منبع Q تخصیص داده نشده |    |    |   | 3                                                | 1                                                | 1                                                | 1                                                | 0                                                | 0                                                | 5                                                | 5                                                | 5                                                | 5                                                |    |

EAS={F}

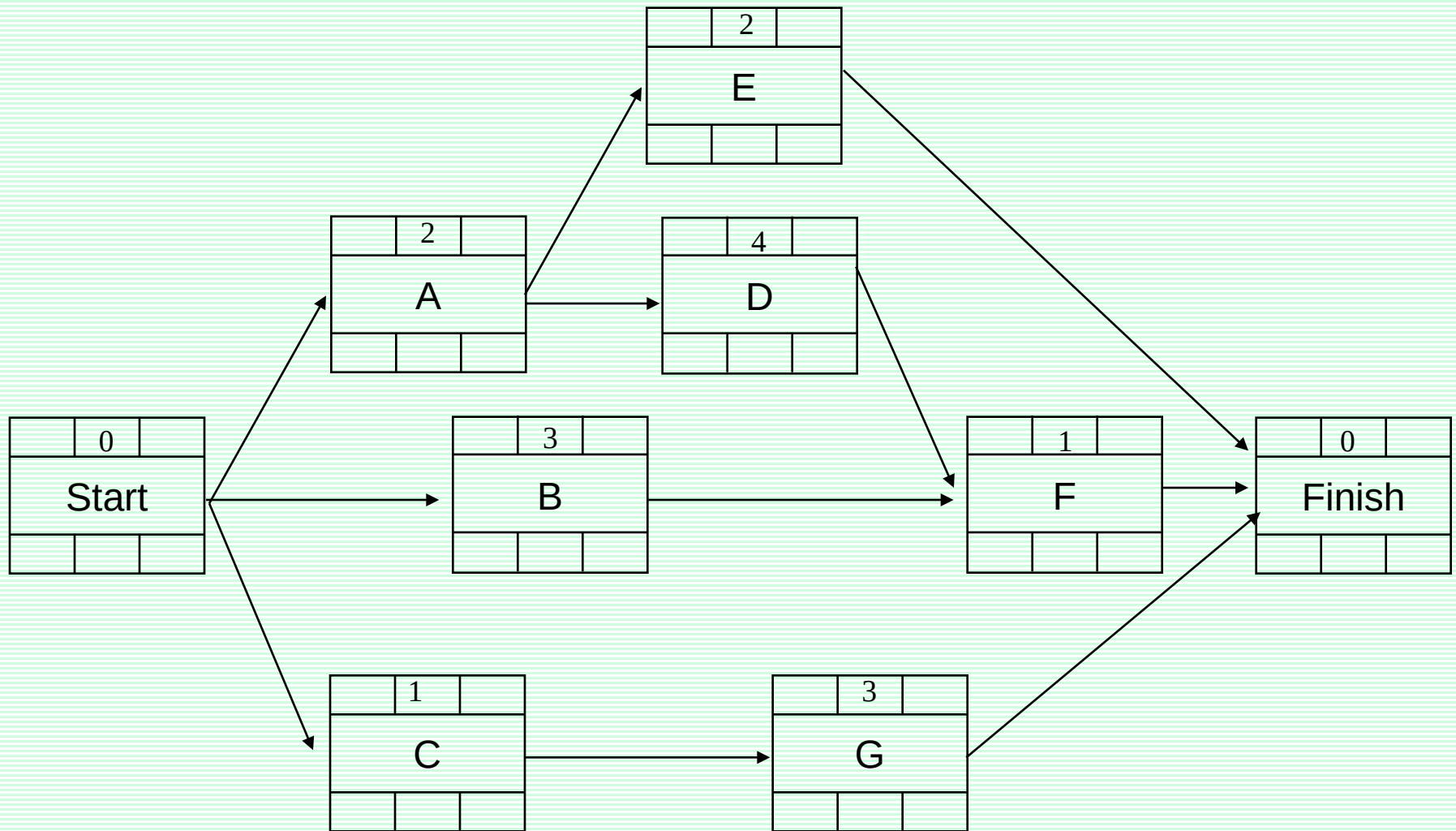
OSS: F✓

مرحله دهم : T=9

## Resource Graph





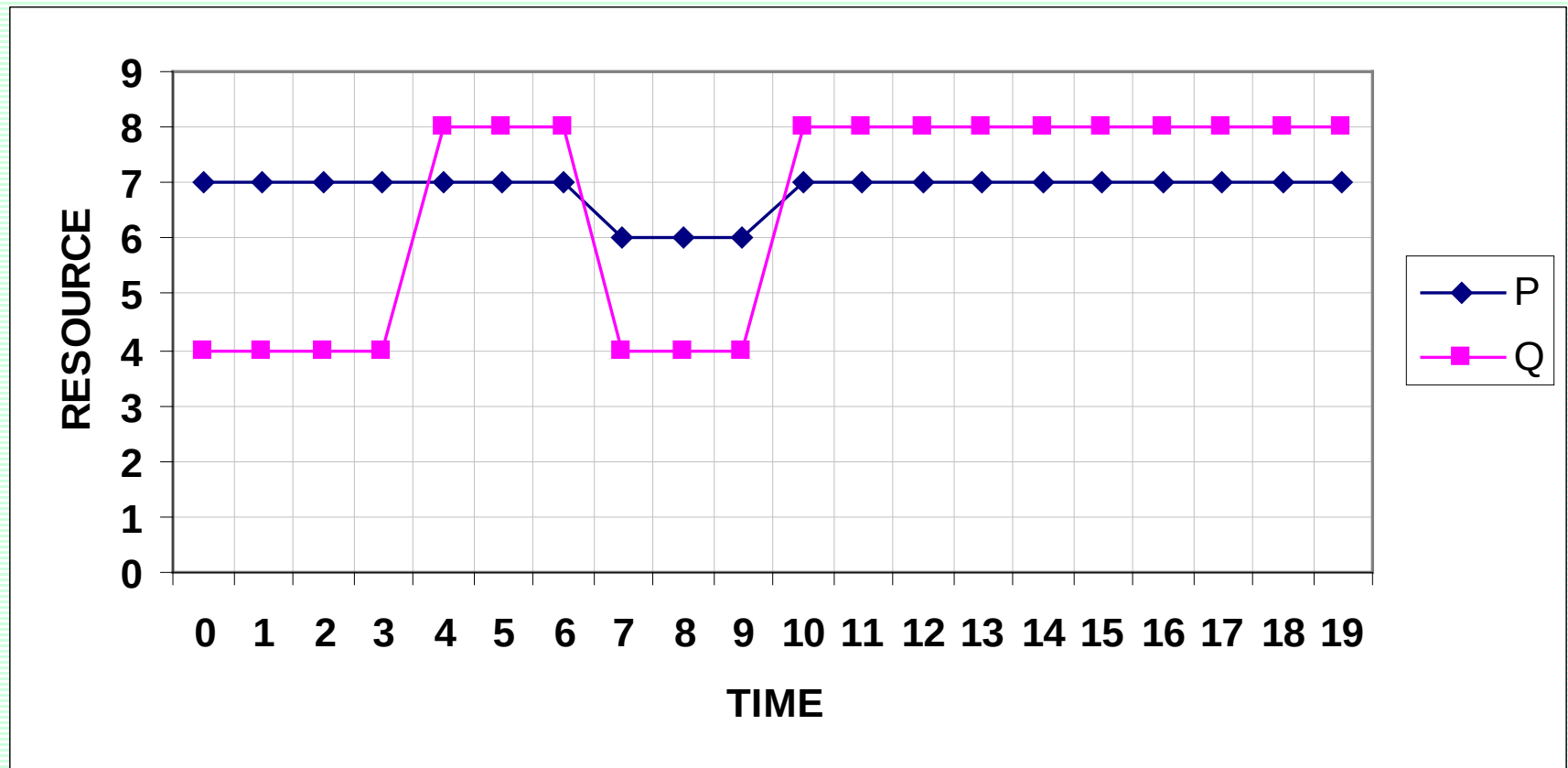


## تمرین

در این پروژه، به دو نوع منبع نیاز است ماشین آلات ویژه (منبع نوع P) و کارگر (منبع نوع Q) میزان نیاز فعالیتها به منابع در جدول زیر نشان داده شده است.

|   | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 2 | 4 | 1 | 2 | 0 | 3 | 1 |
| Q | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |

## میزان منابع در دسترس

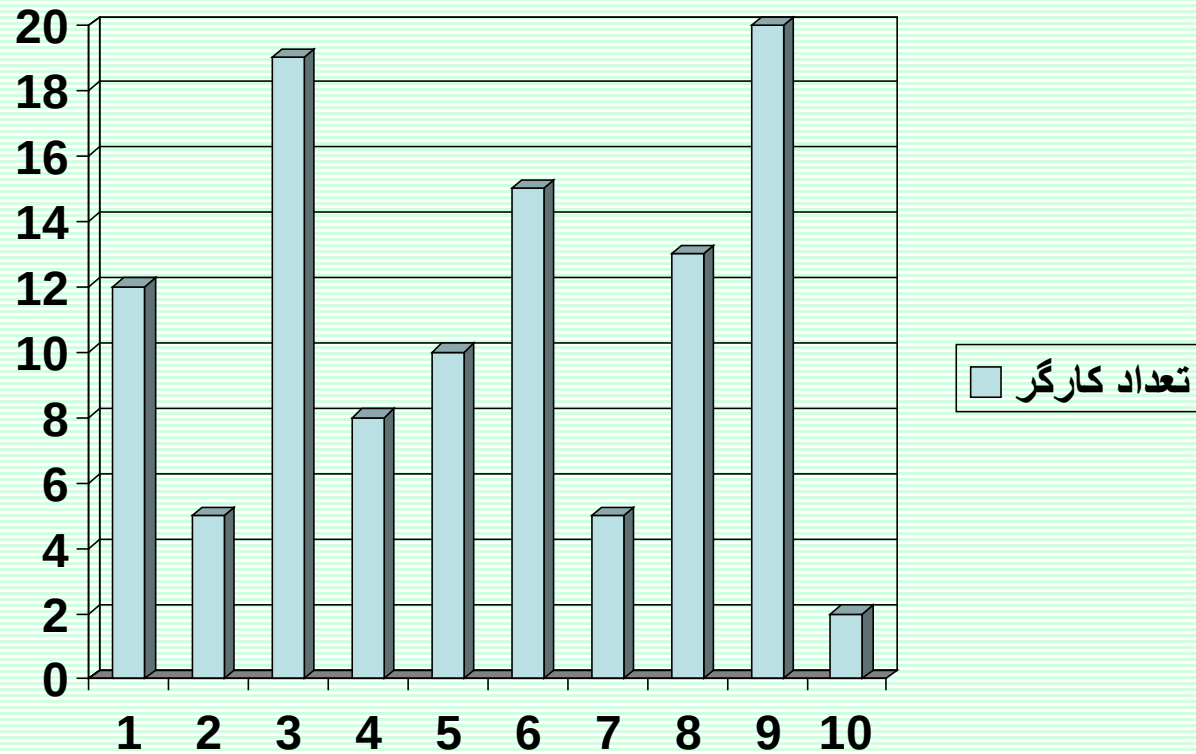


## برنامه‌ریزی منابع

ب- تخصیص منابع نامحدود (تسطیح منابع)

**Resource Leveling**

## *Resource Graph*



$r_t$  : تعداد منبع مورد استفاده در مقطع زمانی  $t$

$$\text{Min} \sum_{t=1}^{T_c} (r_{t+1} - r_t)^2$$

$$\text{Min} \sum_{t=1}^{T_c} (r_t)^2$$

## الگوریتم برگس (Burgess)

### قدم‌های الگوریتم:

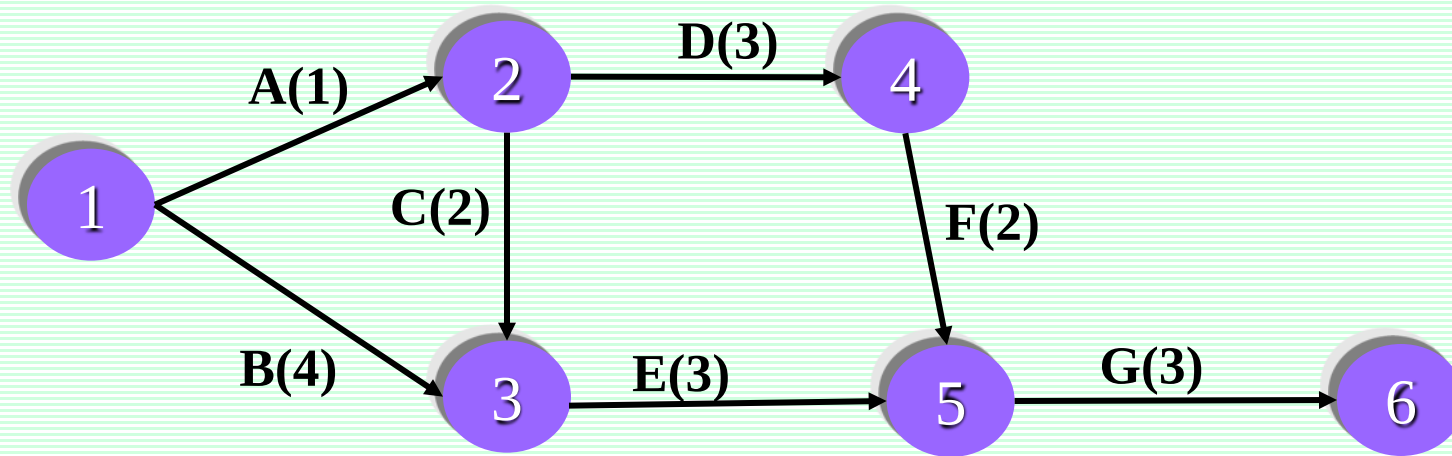
قدم ۱- فعالیتها را به ترتیب شماره گره پایانی و در صورتی که دو فعالیت دارای یک گره پایانی هستند به ترتیب افزایش شماره گره شروعی از بالا به پایین در جدول قرار دهید.

قدم ۲- از آخرین فعالیت (پایین لیست) شروع نموده و فعالیت را به نحوی برنامه ریزی کنید که رابطه  $z = \text{Min} \sum (r_t)^2$  در آن حداقل باشد در صورتی که این رابطه در دو یا چند وضعیت مختلف حداقل باشد وضعیتی را انتخاب کنید که فعالیت از حداکثر شناوری خود استفاده کرده باشد.

قدم ۳- عملیات مربوط به قدم ۲ را به ترتیب برای سایر فعالیتها از پایین به بالا تکرار کنید.

قدم ۴- پس از آنکه تمامی فعالیتها برنامه ریزی شدند مجدداً از پایین ترین فعالیت جدول، قدمهای ۲ و ۳ را برای تمامی فعالیتها تکرار می کنیم. این روند را آنقدر ادامه می دهیم تا کاهش بیشتری در تابع  $Z$  ممکن نباشد.

## مثال

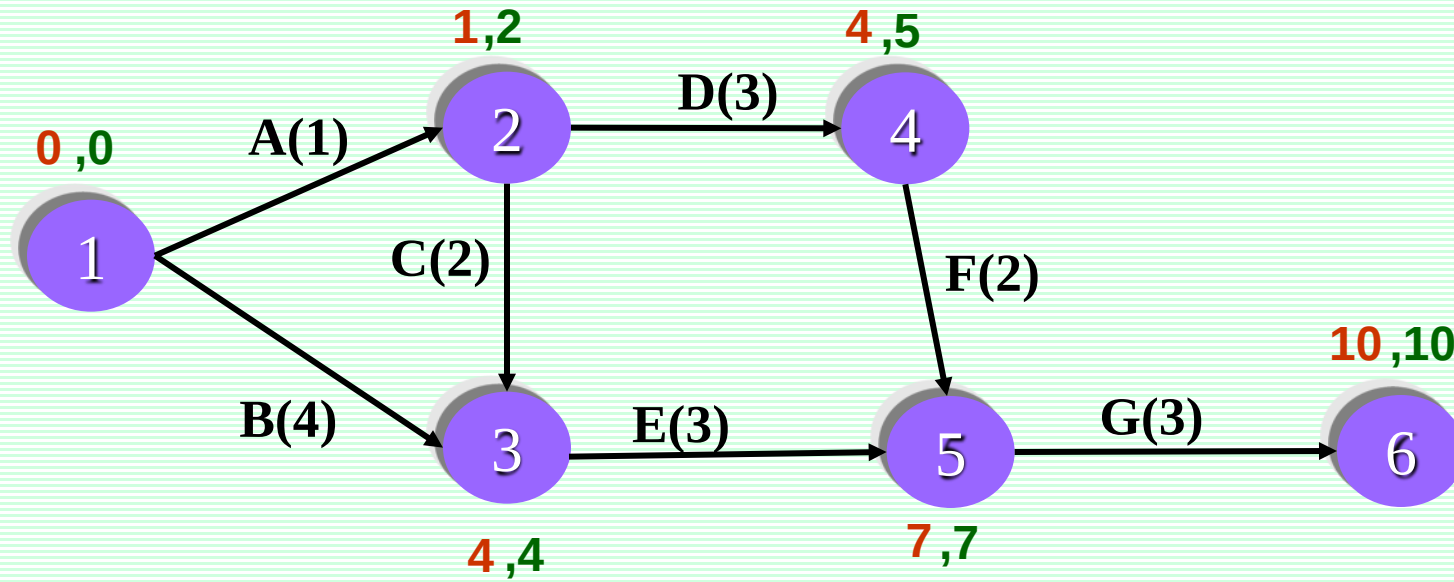


|                | A | B | C | D | E | F | G |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| تعداد<br>کارگر | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 4 | 4 |

کارگر را بعنوان منبع نامحدود در نظر بگیرید.



حل مسئله و اجرای الگوریتم:



[illegible]

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|--------------------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
|                                |    |    |   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |   |   |   |   |   |   |   | 4  | 4  | 4  |    |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 4  | 4  | 4  |    |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 16 | 16 | 16 |    |

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
|                                |    |    |   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |   |   |   |   |   | 4  | 4  |    |    |    |    |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |   |   |   |   |   |    |    | 4  | 4  | 4  |    |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   |   |   |   |   |   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |    |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   |   |   |   |   |   | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |    |

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
|                                |    |    |   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |   |   |   |   | 1 | 1  | 1  |    |    |    |    |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |   |   |   |   |   | 4  | 4  |    |    |    |    |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |   |   |   |   |   |    |    | 4  | 4  | 4  |    |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   |   |   |   |   | 1 | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  |    |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   |   |   |   |   | 1 | 25 | 25 | 16 | 16 | 16 |    |

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |
|--------------------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|--|
|                                |    |    |   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |  |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |   | 2 | 2 | 2 |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |   |   |   |   | 1 | 1  | 1  |    |    |    |    |  |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |   |   |   |   |   | 4  | 4  |    |    |    |    |  |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |   |   |   |   |   |    |    | 4  | 4  | 4  |    |  |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   |   | 2 | 2 | 2 | 1 | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  |    |  |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   |   | 4 | 4 | 4 | 1 | 25 | 25 | 16 | 16 | 16 |    |  |

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T        |          |          |    |          |    |    |          |    |    |    |
|--------------------------------|----|----|---|----------|----------|----------|----|----------|----|----|----------|----|----|----|
|                                |    |    |   | 0        | 1        | 2        | 3  | 4        | 5  | 6  | 7        | 8  | 9  | 10 |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 |          |          |          |    |          |    |    |          |    |    |    |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 | <b>2</b> |          |          |    |          |    |    |          |    |    |    |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |          |          | <b>3</b> |    |          |    |    |          |    |    |    |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |          | <b>2</b> |          |    |          |    |    |          |    |    |    |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |          |          |          |    | <b>1</b> |    |    |          |    |    |    |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |          |          |          |    | <b>4</b> |    |    |          |    |    |    |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |          |          |          |    |          |    |    | <b>4</b> |    |    |    |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   | 2        | 4        | 7        | 7  | 1        | 5  | 5  | 4        | 4  | 4  |    |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   | 4        | 16       | 49       | 49 | 1        | 25 | 25 | 16       | 16 | 16 |    |

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |  |
|--------------------------------|----|----|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|--|
|                                |    |    |   | 0        | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10 |  |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 | <b>1</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |          |          | <b>3</b> | <b>3</b> |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |          | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |          |          |          |          | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1</b> |          |          |          |    |  |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |          |          |          |          |          | <b>4</b> | <b>4</b> |          |          |          |    |  |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |          |          |          |          |          |          |          | <b>4</b> | <b>4</b> | <b>4</b> |    |  |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   | 3        | 4        | 7        | 7        | 1        | 5        | 5        | 4        | 4        | 4        |    |  |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   | 9        | 16       | 49       | 49       | 1        | 25       | 25       | 16       | 16       | 16       |    |  |

Z=222



| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |  |
|--------------------------------|----|----|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|--|
|                                |    |    |   | 0        | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10 |  |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 | <b>1</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |          |          | <b>3</b> | <b>3</b> |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |          | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |          |          |          |          | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1</b> |          |          |          |    |  |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |          |          |          |          |          | <b>4</b> | <b>4</b> |          |          |          |    |  |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |          |          |          |          |          |          |          | <b>4</b> | <b>4</b> | <b>4</b> |    |  |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   | 3        | 4        | 7        | 7        | 1        | 5        | 5        | 4        | 4        | 4        |    |  |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   | 9        | 16       | 49       | 49       | 1        | 25       | 25       | 16       | 16       | 16       |    |  |

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |  |
|--------------------------------|----|----|---|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|--|
|                                |    |    |   | 0 | 1  | 2  | 3  | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |  |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 | 1 |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 | 2 | 2  | 2  | 2  | 2 |    |    |    |    |    |    |  |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |   |    | 3  | 3  |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |   | 2  | 2  | 2  | 2 |    |    |    |    |    |    |  |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |   |    |    |    | 1 | 1  | 1  |    |    |    |    |  |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |   |    |    |    |   | 4  | 4  |    |    |    |    |  |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |   |    |    |    |   |    |    | 4  | 4  | 4  |    |  |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   | 3 | 4  | 7  | 7  | 1 | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  |    |  |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   | 9 | 16 | 49 | 49 | 1 | 25 | 25 | 16 | 16 | 16 |    |  |

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |  |
|--------------------------------|----|----|---|---|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|--|
|                                |    |    |   | 0 | 1 | 2  | 3  | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |  |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 | 1 |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 | 2 | 2 | 2  | 2  | 2 |    |    |    |    |    |    |  |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |   |   | 3  | 3  |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |   |   | 2  | 2  | 2 |    |    |    |    |    |    |  |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |   |   |    |    | 1 | 1  | 1  |    |    |    |    |  |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |   |   |    |    |   | 4  | 4  |    |    |    |    |  |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |   |   |    |    |   |    |    | 4  | 4  | 4  |    |  |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   | 3 | 2 | 7  | 7  | 3 | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  |    |  |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   | 9 | 4 | 49 | 49 | 9 | 25 | 25 | 16 | 16 | 16 |    |  |

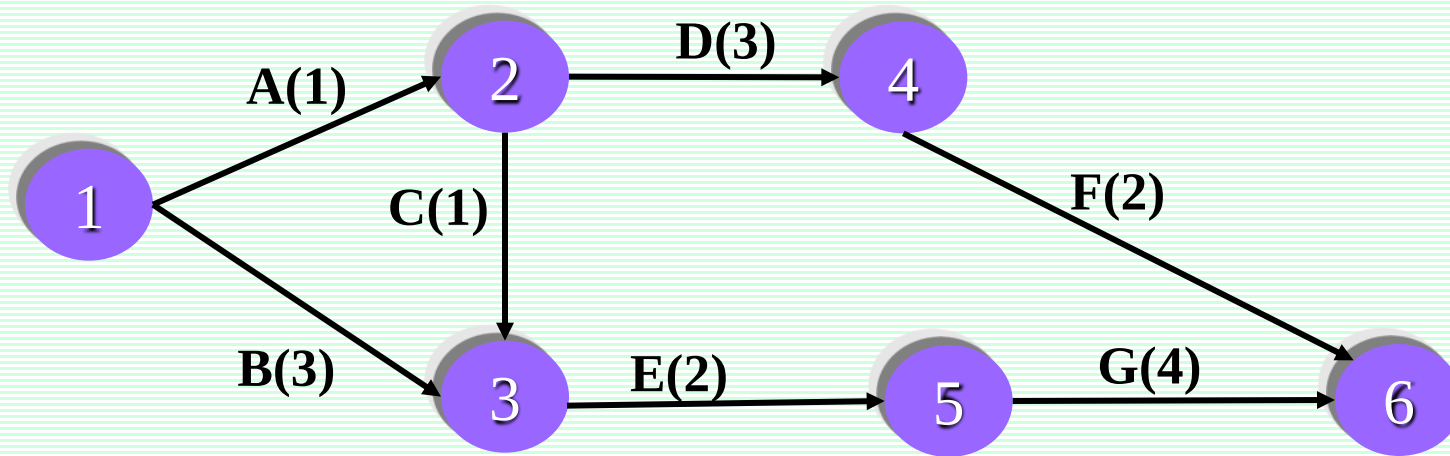
Z=218

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |  |
|--------------------------------|----|----|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|--|
|                                |    |    |   | 0        | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10 |  |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 | <u>1</u> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 | <u>2</u> | <u>2</u> | <u>2</u> | <u>2</u> |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |          |          | <u>3</u> | <u>3</u> |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |          |          | <u>2</u> | <u>2</u> | <u>2</u> |          |          |          |          |          |    |  |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |          |          |          |          | <u>1</u> | <u>1</u> | <u>1</u> |          |          |          |    |  |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |          |          |          |          |          | <u>4</u> | <u>4</u> |          |          |          |    |  |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |          |          |          |          |          |          |          | <u>4</u> | <u>4</u> | <u>4</u> |    |  |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   | 3        | 2        | 7        | 7        | 3        | 5        | 5        | 4        | 4        | 4        |    |  |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   | 9        | 4        | 49       | 49       | 9        | 25       | 25       | 16       | 16       | 16       |    |  |

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |  |
|--------------------------------|----|----|---|---|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|--|
|                                |    |    |   | 0 | 1 | 2  | 3  | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |  |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 | 1 |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 | 2 | 2 | 2  | 2  | 2 |    |    |    |    |    |    |  |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |   |   | 3  | 3  |   |    |    |    |    |    |    |  |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |   |   | 2  | 2  | 2 |    |    |    |    |    |    |  |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |   |   |    |    | 1 | 1  | 1  |    |    |    |    |  |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |   |   |    |    |   | 4  | 4  |    |    |    |    |  |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |   |   |    |    |   |    |    | 4  | 4  | 4  |    |  |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   | 3 | 2 | 7  | 7  | 3 | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  |    |  |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   | 9 | 4 | 49 | 49 | 9 | 25 | 25 | 16 | 16 | 16 |    |  |

| ACTIVITY                       | ES | LS | r | T        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |  |
|--------------------------------|----|----|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|--|
|                                |    |    |   | 0        | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10 |  |
| 1-2                            | 0  | 1  | 1 | <b>1</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 1-3                            | 0  | 0  | 2 | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 2-3                            | 1  | 2  | 3 |          | <b>3</b> | <b>3</b> |          |          |          |          |          |          |          |    |  |
| 2-4                            | 1  | 2  | 2 |          |          | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> |          |          |          |          |          |    |  |
| 3-5                            | 4  | 4  | 1 |          |          |          |          | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1</b> |          |          |          |    |  |
| 4-5                            | 4  | 5  | 4 |          |          |          |          |          | <b>4</b> | <b>4</b> |          |          |          |    |  |
| 5-6                            | 7  | 7  | 4 |          |          |          |          |          |          |          | <b>4</b> | <b>4</b> | <b>4</b> |    |  |
| r <sub>t</sub>                 |    |    |   | 3        | 5        | 7        | 4        | 3        | 5        | 5        | 4        | 4        | 4        |    |  |
| (r <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> |    |    |   | 9        | 25       | 49       | 16       | 9        | 25       | 25       | 16       | 16       | 16       |    |  |

## تمرین



|                | A | B | C | D | E | F | G |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| تعداد<br>کارگر | 1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 |

کارگر را بعنوان منبع نامحدود در نظر بگیرید.

# برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره ۵- شبکه‌های پیشنیازی PN

استاد: دکتر حسن حاله



**تعیین توالی فعالیتها (بسته‌های کاری)**

**تعریف :** به فعالیت Y پیش‌نیاز (Predecessor) فعالیت X گفته می‌شود اگر انجام فعالیت X به انجام فعالیت Y وابسته باشد.



- در این صورت به فعالیت X نیز پی‌آمد (Successor) فعالیت Y اطلاق می‌شود.

## انواع ارتباط و وابستگی بین فعالیتها

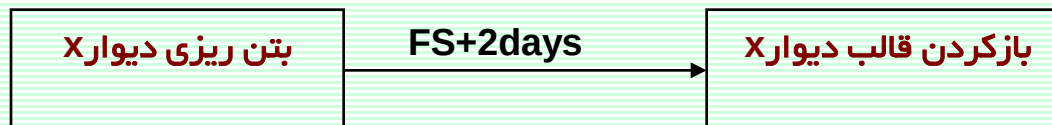
بطور کلی ۴ نوع رابطه پیشینازی بین فعالیتها وجود دارد:

### ۱ - پایان به شروع (FS) Finish to Start

ارتباط از فعالیتی که می‌باید خاتمه یابد به فعالیتی که می‌تواند پس از خاتمه آن شروع شود. بدین ترتیب آغاز فعالیت پی‌آمد منوط به پایان فعالیت پیش‌نیاز است.



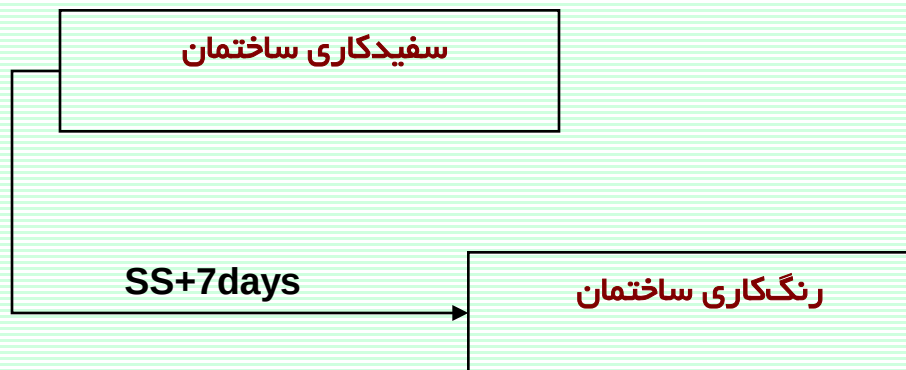
ارتباط می‌تواند همراه با یک تاخیر زمانی **Lag** باشد.



## انواع ارتباط و وابستگی بین فعالیتها

### ۲- شروع به شروع (SS) Start to Start

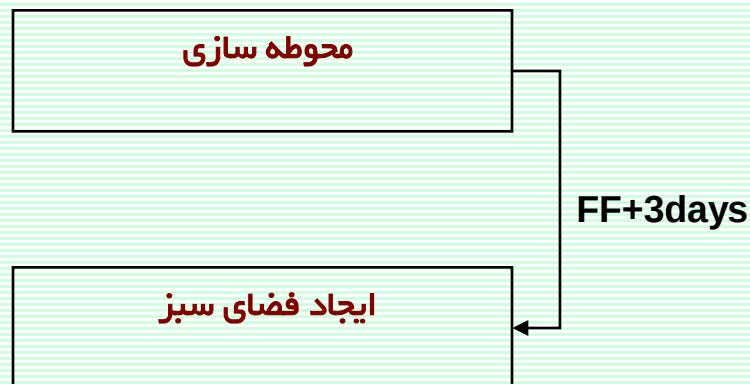
ارتباط از فعالیتی که می‌باید شروع شود به فعالیتی که می‌تواند پس از آغاز آن شروع شود. بدین ترتیب آغاز فعالیت پی‌آمد منوط به شروع فعالیت پیشیاز است.



## انواع ارتباط و وابستگی بین فعالیتها

## ۳- پایان به پایان (FF) Finish to Finish

ارتباط از فعالیتی که می‌باید خاتمه یابد به فعالیتی که می‌تواند پس از خاتمه آن پایان پذیرد. بدین ترتیب تکمیل فعالیت پی‌آمد وابسته به پایان فعالیت پیشیازی است.



## انواع ارتباط و وابستگی بین فعالیتها

### ۴- شروع به پایان (SF) Start to Finish

ارتباط از فعالیتی که می‌باید شروع شود به فعالیتی که می‌تواند پس از آغاز آن خاتمه یابد. بدین ترتیب تکمیل فعالیت پی‌آمد منوط به شروع فعالیت پیشیاز است.



چند مثال

$F_A F_B - 10\text{days}$

$S_A S_B + 30\text{days}$

$S_A F_B + 4\text{days}$

$F_A S_B + 8\text{days}$

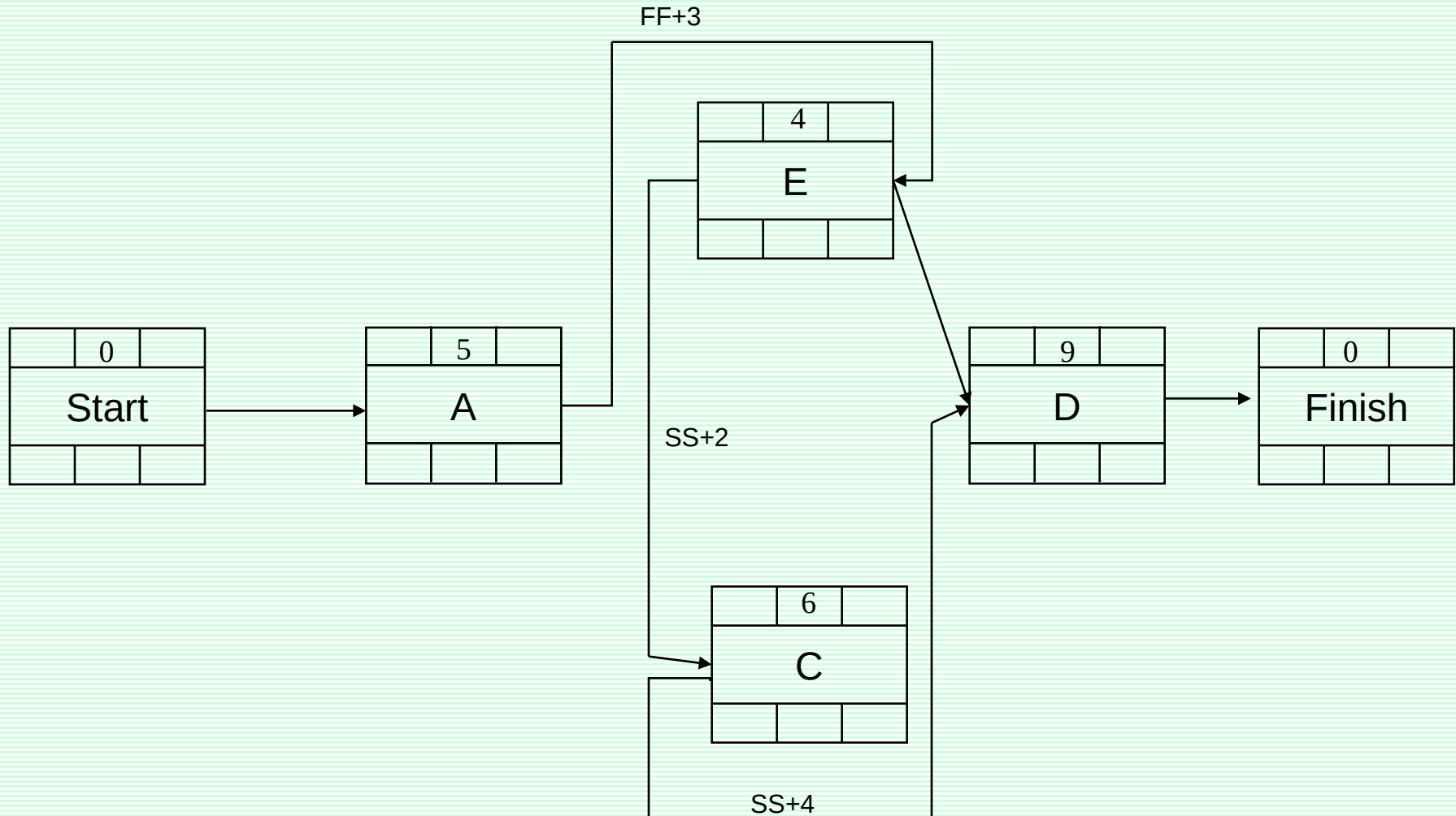
$S_A S_B + 50\%$

## ترسیم شبکه پیشیازی

ترسیم شبکه پیشیازی بصورت گرهی بوده ولیکن در بردارها، نوع روابط مشخص می شوند.

مثال:

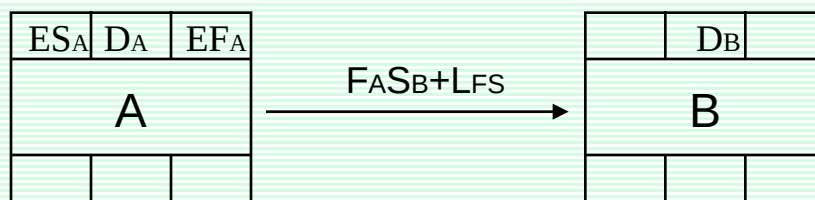
| پیشیاز           | مدت | فعالیت |
|------------------|-----|--------|
| -                | 5   | A      |
| $F_A F_B + 3$    | 4   | B      |
| $S_B S_C + 2$    | 6   | C      |
| $B; S_C S_D + 4$ | 9   | D      |





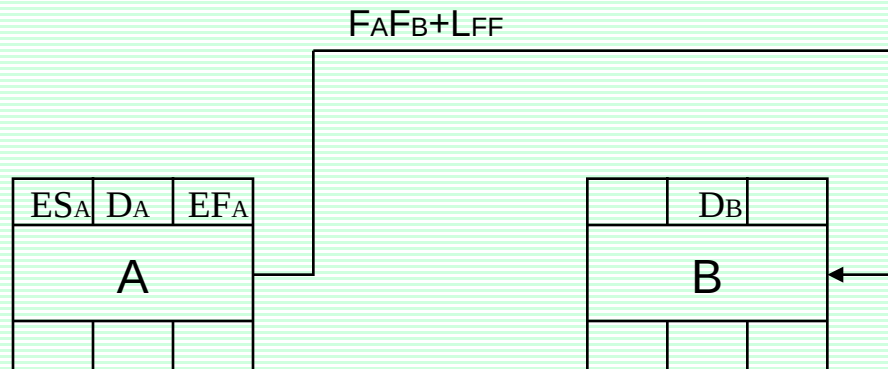
## محاسبات زمانبندی در شبکه پیشینازی

محاسبات رفت



$$ES_B = EF_A + L_{FS}$$

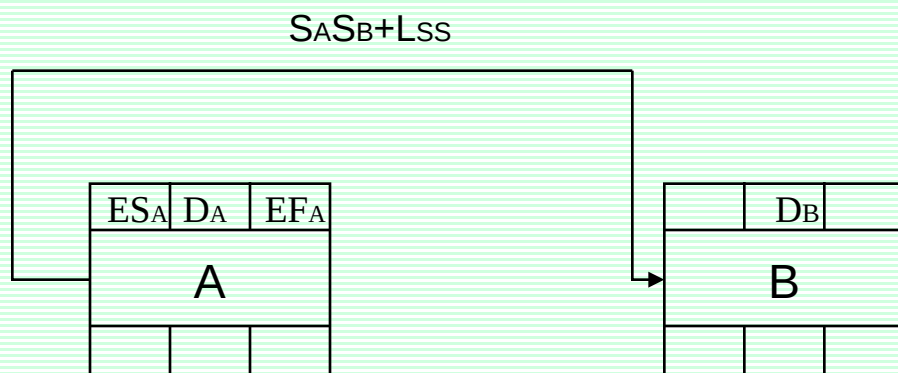
## محاسبات زمانبندی در شبکه پیشیازی



محاسبات رفت

$$ES_B = EF_A + L_{FF} - D_B$$

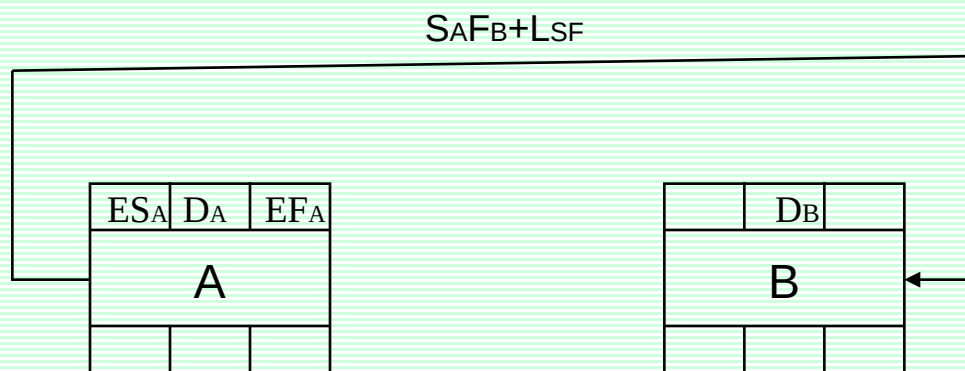
## محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی



محاسبات رفت

$$ES_B = ES_B + L_{SS}$$

## محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی



محاسبات رفت

$$ES_B = ES_A + L_{SF} - D_B$$

$$\begin{aligned}
 \text{ES}_i &= \text{زودترین زمان شروع فعالیت } i & \text{(Earliest Start)} \\
 \text{EF}_i &= \text{زودترین زمان پایان فعالیت } i & \text{(Earliest Finish)} \\
 \text{D}_i &= \text{مدت زمان فعالیت } i & \text{(Duration)}
 \end{aligned}$$

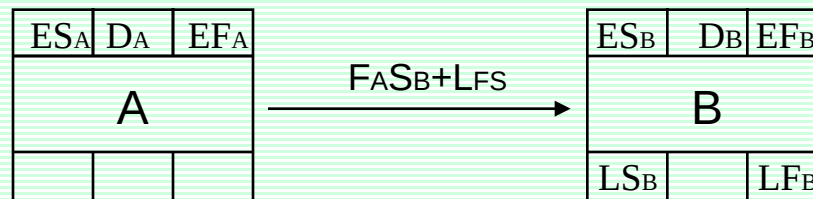
قواعد محاسبات رفت:

- 1)  $\text{ES (start)} = 0$
- 2)  $\text{ES}_i = \text{Max}\{\text{ES}_i\}$  به ازای تمامی روابط پیش نیازی فعالیت
- 3)  $\text{EF}_i = \text{ES}_i + \text{D}_i$

$\text{EF(finish)}$  حداقل زمانی است که پروژه انجام می شود.

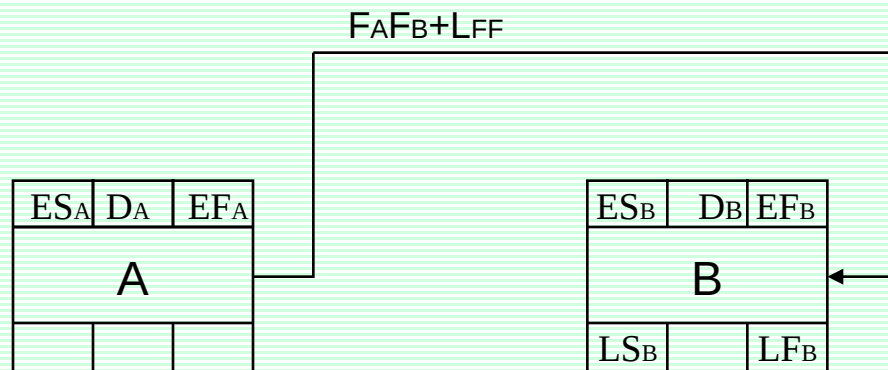
## محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی

محاسبات برگشت



$$LF_A = LS_B - LFS$$

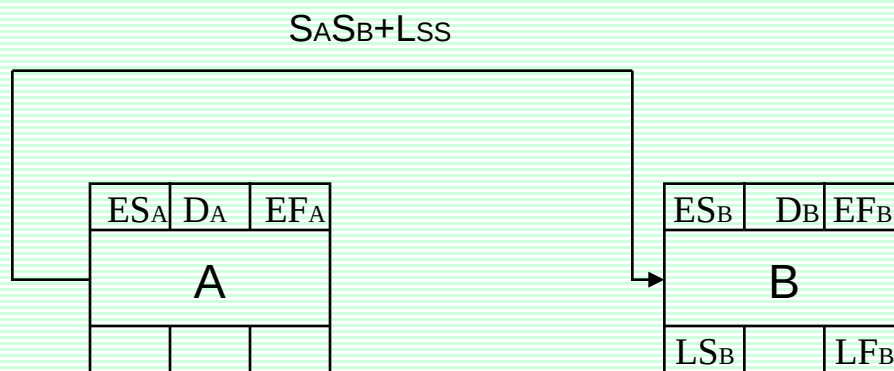
## محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی



محاسبات رفت

$$LF_A = LF_B - LFF$$

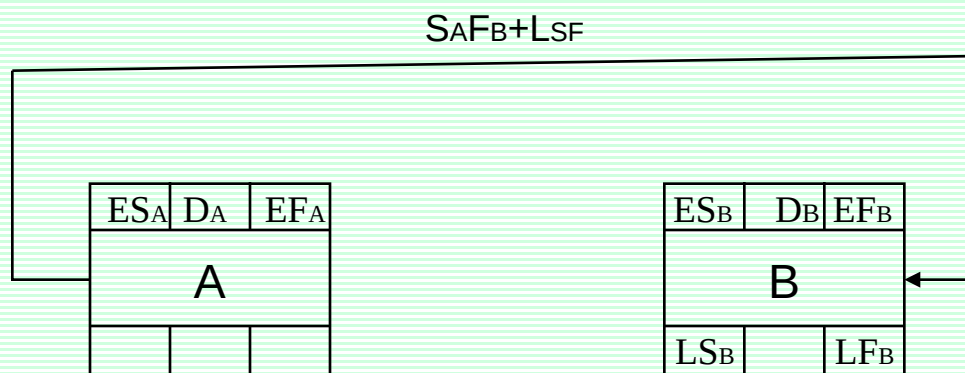
## محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی



محاسبات رفت



## محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی



محاسبات رفت

$$LF_A = LF_B - L_{SF} + D_A$$

$LS_i$  = دیرترین زمان شروع فعالیت  $i$  (Latest Start)

$LF_i$  = دیرترین زمان پایان فعالیت  $i$  (Latest Finish)

$D_i$  = مدت زمان فعالیت  $i$  (Duration)

قواعد محاسبات برگشت:

- 1)  $LF(\text{finish}) = EF(\text{finish})$
- 2)  $LF_i = \text{Min}\{LF_j\}$  به ازای تمامی روابط پیش نیازی فعالیت  $i$
- 3)  $LS_i = LF_i - D_i$

$LF(\text{Finish})$  می تواند عددی غیر از  $EF(\text{Finish})$  باشد (طبیعتاً" باید عددی بزرگتر از  $EF(\text{Finish})$

باشد) در این صورت ما برای اتمام پروژه مهلتی پیش از حداقل زمان پروژه تعیین کرده.

## Precedence Network (PN)

## شبکه‌های پیشیازی

پروژه‌ای با 5 فعالیت زیر را در نظر بگیرید.

| Activity | A | C  | B  | D | E |
|----------|---|----|----|---|---|
| Duration | 8 | 12 | 16 | 9 | 4 |

در روابط بین فعالیتها شرایط زیر حاکم است:

- 1- فعالیت B, C نمی‌توانند قبل از تکمیل فعالیت A آغاز شود.
- 2- فعالیت C بعد از شروع فعالیت B می‌تواند شروع شود اما لازم است که پایانش حداقل 2 روز بعد از پایان B باشد.
- 3- فعالیت D می‌تواند 7 روز بعد از شروع فعالیت C و 4 روز بعد از آغاز فعالیت B شروع شود ولی این فعالیت نمی‌تواند قبل از تکمیل فعالیت C پایان یابد. همچنین فعالیت D نمی‌تواند زودتر از 1 روز بعد از تکمیل B تمام شود.
- 4- حداقل 2 روز فاصله زمانی بین تکمیل D و آغاز E زمان نیاز است.

# برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره ۶ – PERT

استاد: دکتر حسن حاله

تکنیکهای اولیهٔ زمانبندی پروژه در اواخر دههٔ ۱۹۵۰ میلادی ابداع شدند. اولین روش نظام‌مند که در جهت زمانبندی پروژه با هدف بهیئگی توسعه داده شد، روش مسیر بحرانی [1] می‌باشد. این روش که تجزیه و تحلیل مسیر بحرانی نیز نام دارد [2] نتیجهٔ همکاری دوپونت [3] و رمینگتون رند [4] در سال ۱۹۵۷ میلادی است. در این روش مدت انجام فعالیتها به صورت یک مقدار عددی تخمین زده می‌شود و فرض می‌شود که تغییرات این مدت بسیار ناچیز و قابل چشم پوشی است. این شرایط در پروژه‌هایی عینیت دارد که سابقاً نمونه‌ای شبیه به آنها اجرا شده و یا تجاربی از مدت اجرای فعالیتها در دست باشد.

همزمان با معرفی روش مسیر بحرانی در زمانبندی پروژه‌ها، نیروی دریایی ایالات متحده با همکاری مشاوران مدیریت بوز آلن همیلتون [5] و همینطور شرکت هواپیماسازی لاکهید [6]، تکنیک ارزیابی و مرور پروژه [7] را در زمانبندی پروژهٔ زیردریایی پولاریس ارایه کرد. موفقیت این روش در زمانبندی پروژهٔ پولاریس به گسترش استفاده از این روش در سالهای بعد منتهی شد. کاربرد اصلی روش ارزیابی و مرور برنامه در پروژه‌هایی است که عدم قطعیت در مدت انجام فعالیتها وجود دارد و نمی‌توان از یک مقدار عددی ثابت برای تخمین زمان انجام فعالیتها استفاده کرد.

---

[1] Critical Path Method (CPM)

[2] Critical Path Analysis (CPA)

[3] De Pont

[4] Remington Rand

[5] Booz-Allen Hamilton

[6] Lockheed Corporation

[7] Project Evaluation & Review Technique (PERT)

## مثال

فعالیت طراحی موتور جدید در یک پروژه تحقیقاتی .

از ۱۰ نفر کارشناس مربوطه در خصوص مدت زمان فعالیت نظرخواهی شده و اطلاعات زیر حاصل شده است.

| مدت زمان<br>فعالیت (ماه) | تعداد<br>کارشناس<br>دارای نظر | درصد<br>کارشناسان<br>دارای نظر |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1                        | 1                             | 10/0                           |
| 2                        | 2                             | 20/0                           |
| 3                        | 5                             | 50/0                           |
| 5                        | 1                             | 10/0                           |
| 6                        | 1                             | 10/0                           |

میانگین مدت زمان =  $1/3$

واریانس مدت زمان =  $89/1$

## استفاده از تخمین سه زمانه

در روش PERT غالباً از ۳ تخمین برای مدت زمان فعالیت استفاده می کنند:

### زمان خوش بینانه (a) Optimistic Time :

تعداد کمی از کارشناسان این حدس را زده اند و این تعداد با دید خوشبینانه زمان را پیش بینی کرده اند. و این زمان کمترین مقدار است.

### زمان محتمل (m) Most Likely Time :

زمانی که بیشترین تعداد کارشناسان این حدس را زده اند و یا در بیشتر مواقع زمان انجام فعالیت این باشد.

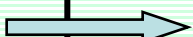
### زمان بد بینانه (b) Pessimistic Time :

تعداد کمی از کارشناسان این حدس را زده اند و این تعداد با دید بدبینانه زمان را پیش بینی کرده اند. و این زمان کمترین مقدار است.

## مثال

فعالیت طراحی موتور جدید در یک پروژه تحقیقاتی.

از ۱۰ نفر کارشناس مربوطه در خصوص مدت زمان فعالیت نظرخواهی شده و اطلاعات زیر حاصل شده است.

| درصد<br>کارشناسان<br>دارای نظر | تعداد<br>کارشناس<br>دارای نظر | مدت زمان<br>فعالیت (ماه) |                                                                                           |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10/0                           | 1                             | 1                        |  a=1   |
| 20/0                           | 2                             | 2                        |                                                                                           |
| 50/0                           | 5                             | 3                        |  m=3 |
| 10/0                           | 1                             | 5                        |                                                                                           |
| 10/0                           | 1                             | 6                        |  b=6 |



فرمولهای تقریب میانگین و واریانس فعالیتها

میانگین مدت زمان فعالیت  $E(D) = (a+4m+b)/6$

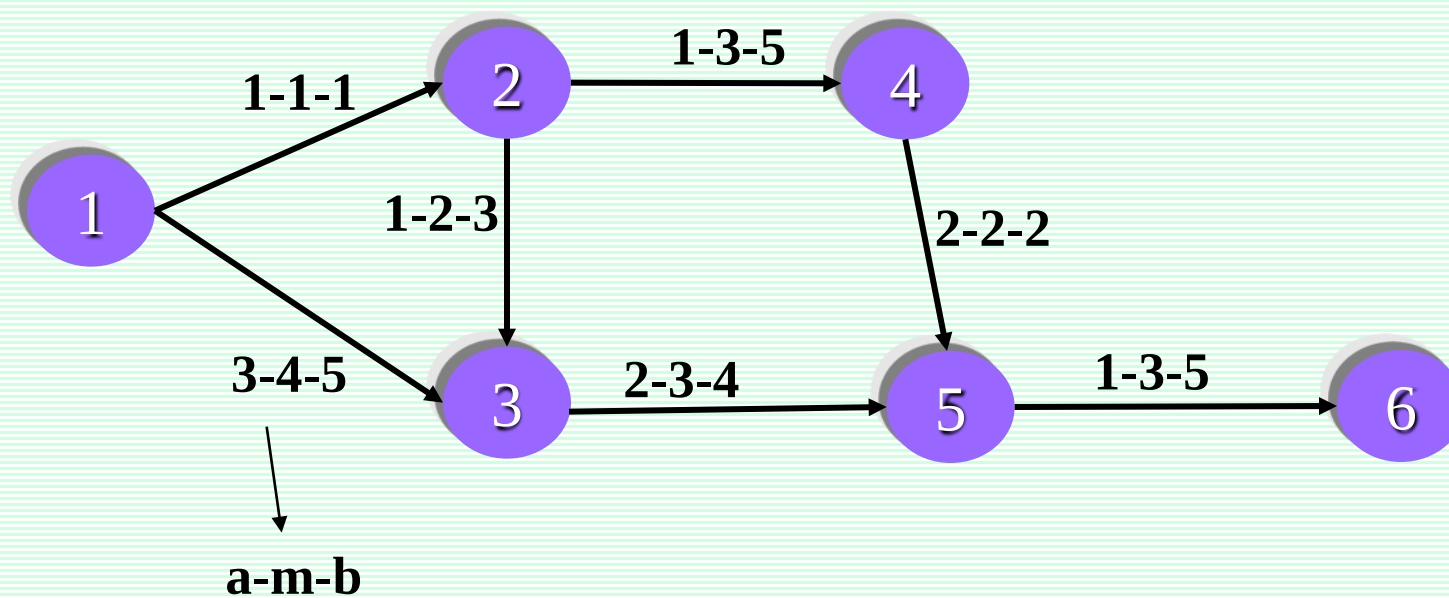
واریانس مدت زمان فعالیت  $Var(D) = [(b-a)/6]^2$  سیستم بازه ۰٪ تا ۱۰۰٪

$Var(D) = [(b-a)/3.2]^2$  سیستم بازه ۵٪ تا ۹۵٪

محاسبات زمانبندی در *PERT*

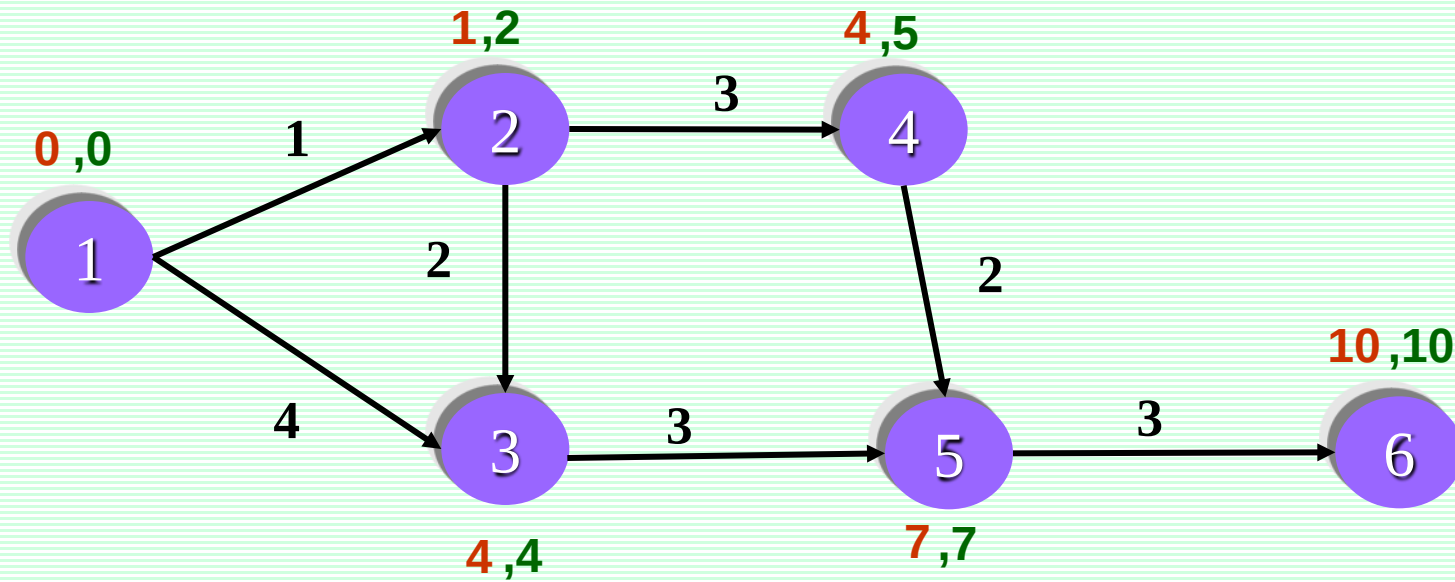
گام اول در محاسبات *PERT* محاسبه میانگین و انحراف معیار فعالیتهاست.  
گام دوم محاسبات رفت و برگشت با استفاده از میانگین زمان فعالیتهاست.  
گام سوم تشخیص مسیر بحرانی است.  
گام چهارم انجام تحلیل ها می باشد.

مثال

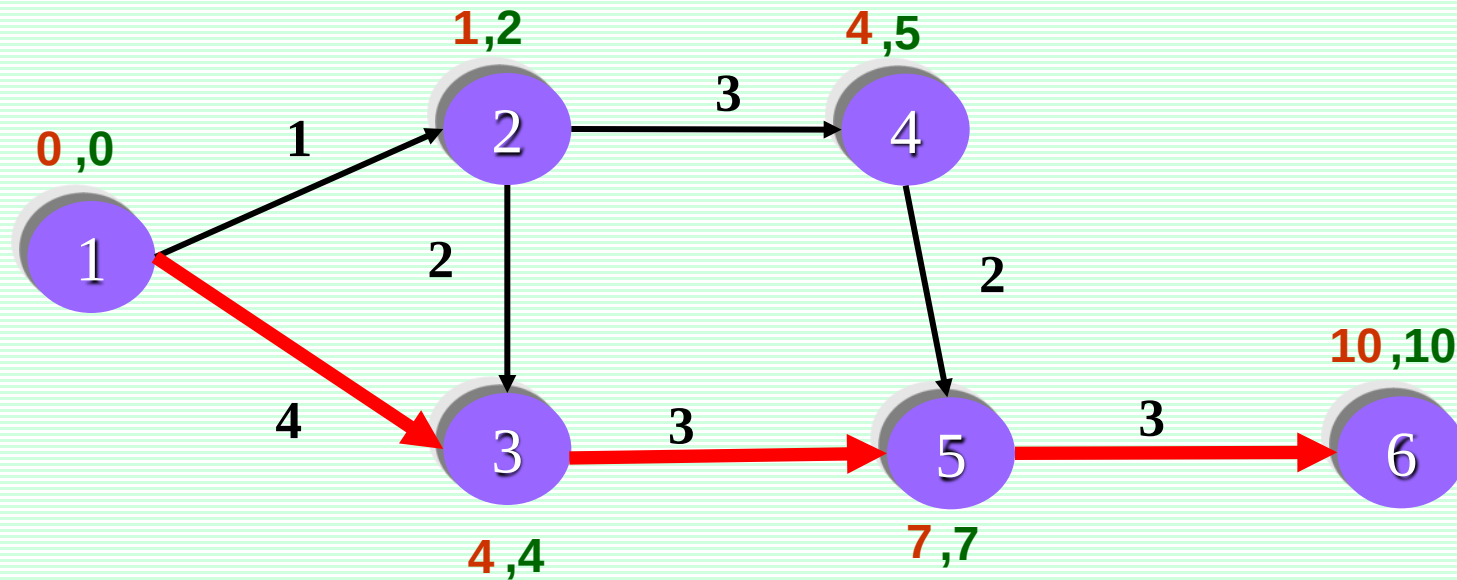


سیستم بازه ۰٪ تا ۱۰۰٪

| فعالیت              | 1-2 | 1-3           | 2-3           | 2-4           | 3-5           | 4-5 | 5-6           |
|---------------------|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|---------------|
| میانگین مدت<br>زمان | 1   | 4             | 2             | 3             | 3             | 2   | 3             |
| واریانس مدت<br>زمان | 0   | $\frac{1}{9}$ | $\frac{1}{9}$ | $\frac{4}{9}$ | $\frac{1}{9}$ | 0   | $\frac{4}{9}$ |



## تشخیص مسیر بحرانی



مسیرهای بحرانی شامل فعالیت‌های ۱-۳ و ۳-۵ و ۵-۶ می‌باشد.

مدت زمان اجرای پروژه برابر است با مجموع فعالیتهای مسیر بحرانی.  
اگر  $T$  برابر مدت زمان اجرای پروژه تعریف شود می توان گفت که  $T$  برابر مدت زمان مسیر بحرانی است یا به عبارتی  $T$  برابر مجموع مدت زمان فعالیتهای مسیر بحرانی است و چون زمان فعالیتهای متغیر تصادفی (احتمالی) می باشد و مدت زمان آنها از هم مستقل است طبق قضیه حد مرکزی  $T$  دارای توزیع نرمال با میانگین زمان مسیر بحرانی و واریانس برابر مجموع واریانسهای فعالیتهای مسیر بحرانی است.

$$T=D(1-3)+D(3-5)+D(5-6)$$

$$E[T]=E[D(1-3)]+E[D(3-5)]+E[D(5-6)]$$

$$E[T]=4+3+3=10$$

$$\text{Var}[T]=\text{Var} [D(1-3)]+\text{Var} [D(3-5)]+\text{Var} [D(5-6)]$$

$$\begin{aligned}\text{Var}[T]&= \frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{4}{9} \\ &= \frac{6}{9}\end{aligned}$$

$$T \sim N(10, \frac{6}{9})$$



$$P(T \leq H) = P\left(Z \leq \frac{H - E(D)}{\sqrt{\text{Var}(D)}}\right)$$

با چه احتمالی پروژه در کمتر از ۱۱ روز به اتمام میرسد؟

$$P(T \leq 11) = P\left(Z \leq \frac{11-10}{\sqrt{\frac{6}{9}}}\right) = P(Z \leq 1.5) = 0.93$$

با چه احتمالی پروژه بین ۹ تا ۱۱ روز به اتمام میرسد؟

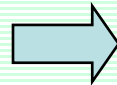
$$P(9 \leq T \leq 11) = P\left(\frac{9-10}{\sqrt{\frac{6}{9}}} \leq Z \leq \frac{11-10}{\sqrt{\frac{6}{9}}}\right) = P(-1.5 \leq Z \leq 1.5)$$

$$= P(Z \leq 1.5) - P(Z \leq -1.5) = 0.93 - 0.07 = 0.86$$

زمانی که به احتمال ۹۰ درصد پروژه قبل از آن به اتمام رسیده است؟

$$P(T \leq H) = P\left(Z \leq \frac{H - 10}{\sqrt{\frac{4}{9}}}\right) = 0.90$$

$$\frac{H - 10}{\sqrt{\frac{4}{9}}} = 1.28$$



$$H = 10.85$$

سایر موارد

خطا در محاسبات PERT

شبیه سازی مونت کارلو در PERT

GERT