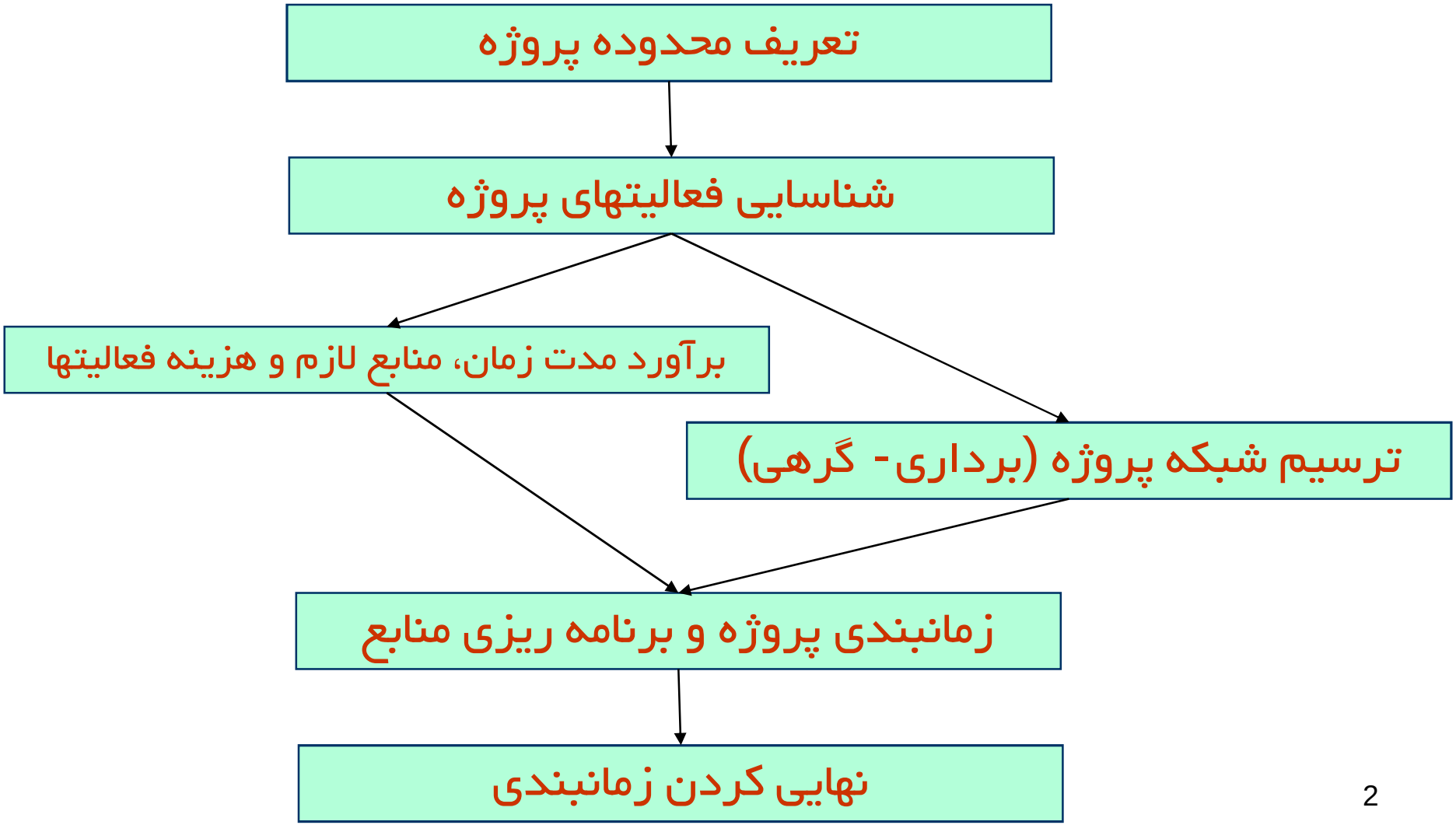
بنام خدا

برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره 1 - برنامه ریزی پروژه

استاد: امیرعباس نجفی

فرآیند برنامه‌ریزی در یک نگاه



Scope of Project

محدوده پروژه

محدوده پروژه

Scope of Project

1- دلایل اجرای پروژه

2- 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

1- دلایل اجرای پروژه

2- شرح محصول یا مقصد (Goal)

3- اقلام تحویلی پروژه(Deliverables)

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

مثلا یک پروژه نرم‌افزاری دارای اقلام تحویلی بشرح زیر است:

کدهای برنامه‌نویسی، راهنمای کاربران و آموزش نرم‌افزار

Scope of Project

محدوده پروژه

1- دلایل اجرای پروژه

2- شرح محصول یا مقصد (Goal)

3- اقلام تحویلی پروژه(Deliverables)

4- اهداف (Objectives) پروژه

معیارهای قابل سنجشی است که می‌بایستی موفقیت در اجرای پروژه را در حصول به آنها دانست.

برخی از این معیارها از ابعاد هزینه، زمانی و کیفیتی می‌باشند. لازم است که ارزش مقداری معیارها تعیین شده باشد.

عده‌ای به غلط محصولات پروژه را همان اهداف پروژه می‌دانند، در حالیکه اهداف پروژه شامل فاکتورهای مهم تعیین میزان موفقیت در اجرای پروژه می‌باشد.

بسیاری از پروژه‌ها به بهره‌برداری می‌رسند، اما بسیاری از اهداف خود از ابعاد اقتصادی و یا اجتماعی و یا بسیاری از ابعاد دیگر نایل نمی‌شوند.

محدوده پروژه

Scope of Project

1- دلایل اجرای پروژه

2- شرح محصول یا مقصد (Goal)

3- اقلام تحویلی پروژه(Deliverables)

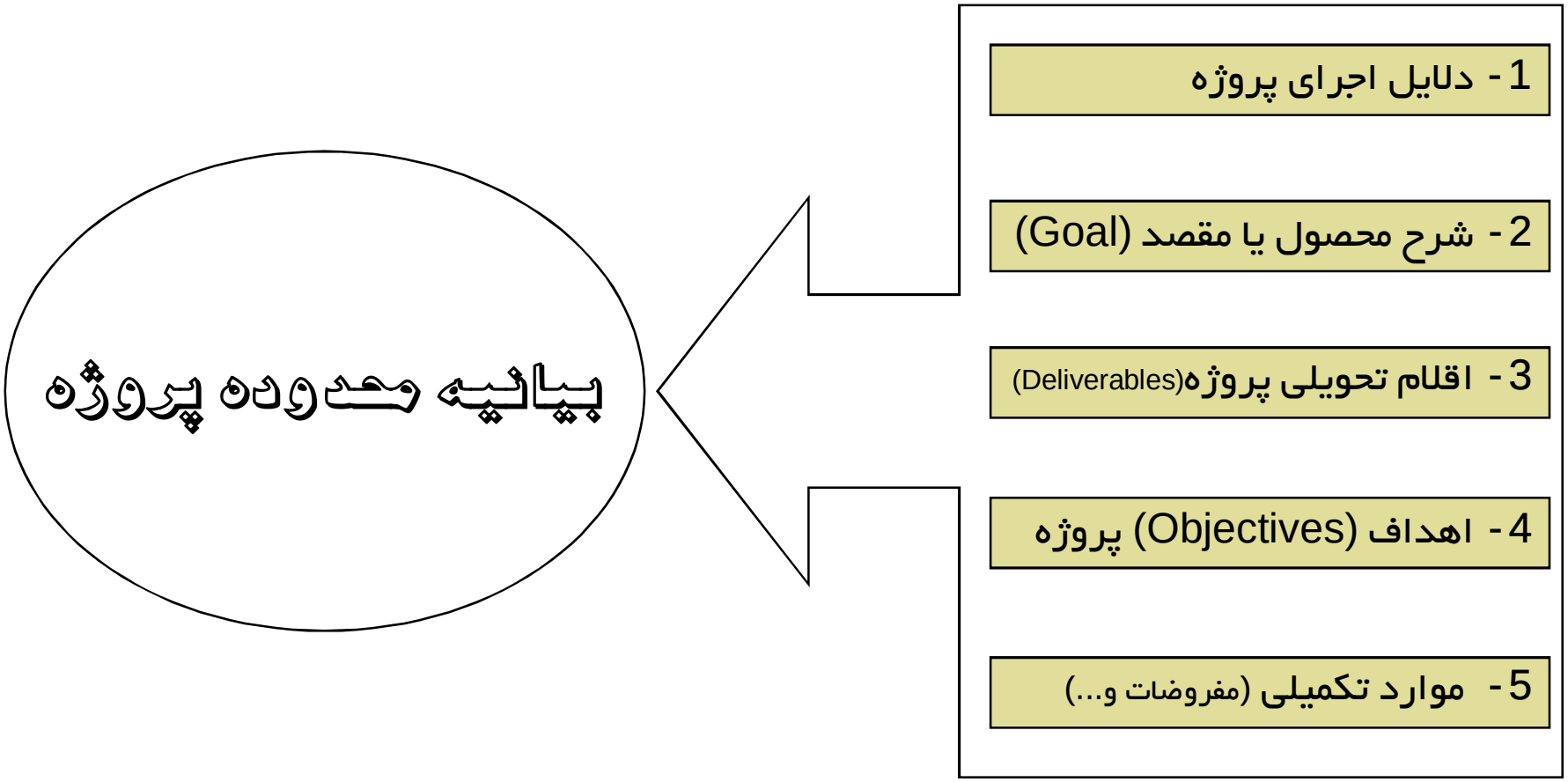
4- اهداف (Objectives) پروژه

5- موارد تکمیلی

- فرضیات، ریسک‌ها و موانع
- آنالیزهای اقتصادی پروژه
- محدودیتهای کاری و محیطی و...

محدوده پروژه

Scope of Project



شناسایی فعالیتهای پروژه

Identify Project Activites

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

1- این‌امر راهکار اصولی برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل یک پروژه در جهت نیل به اهداف آن است.

2- دقت بالاتری در برآوردهای زمان، هزینه و منابع را بوجود می‌آورند.

3- باعث تسهیل در واگذاری اختیارات و اعطای مسئولیتها می‌شود.

4- مبنای مناسبی برای کنترل و ارزیابی عملکرد می‌گردد.

5- شناسایی فعالیتهایی که اقلام تحویلی پروژه را تضمین می‌کنند.

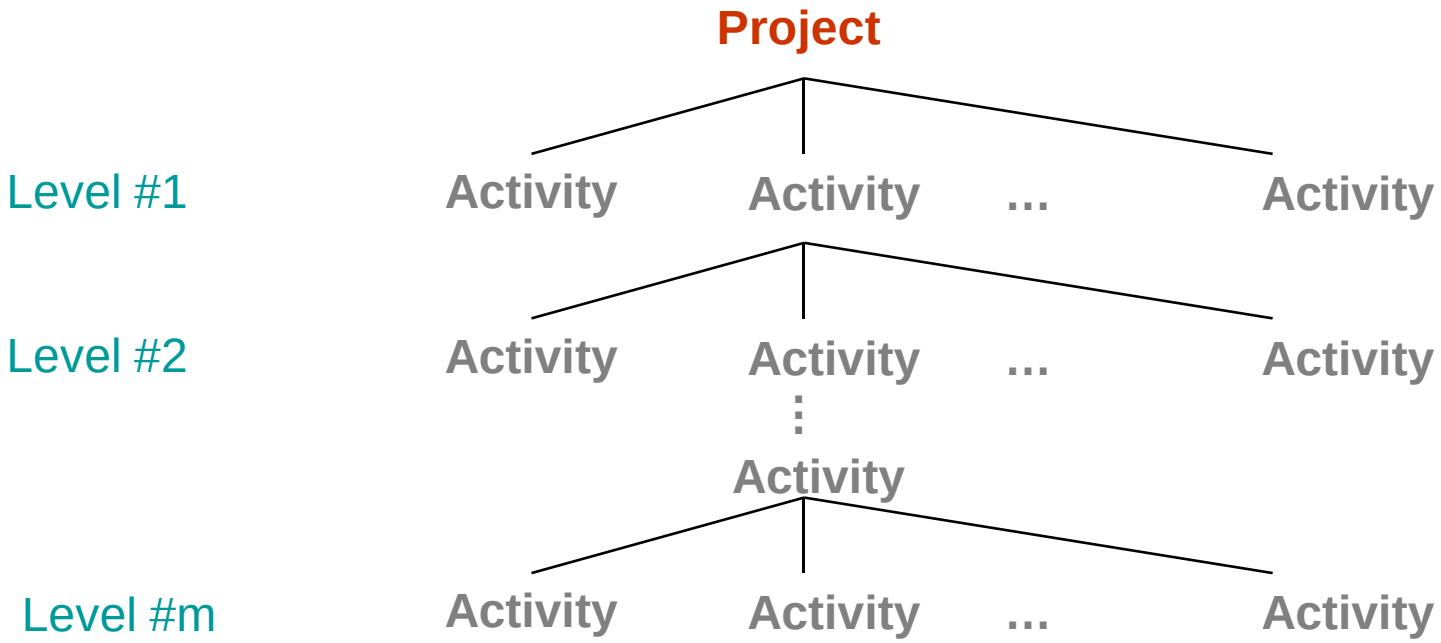
شناسایی فعالیتهای پروژه

Identify Project Activites

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

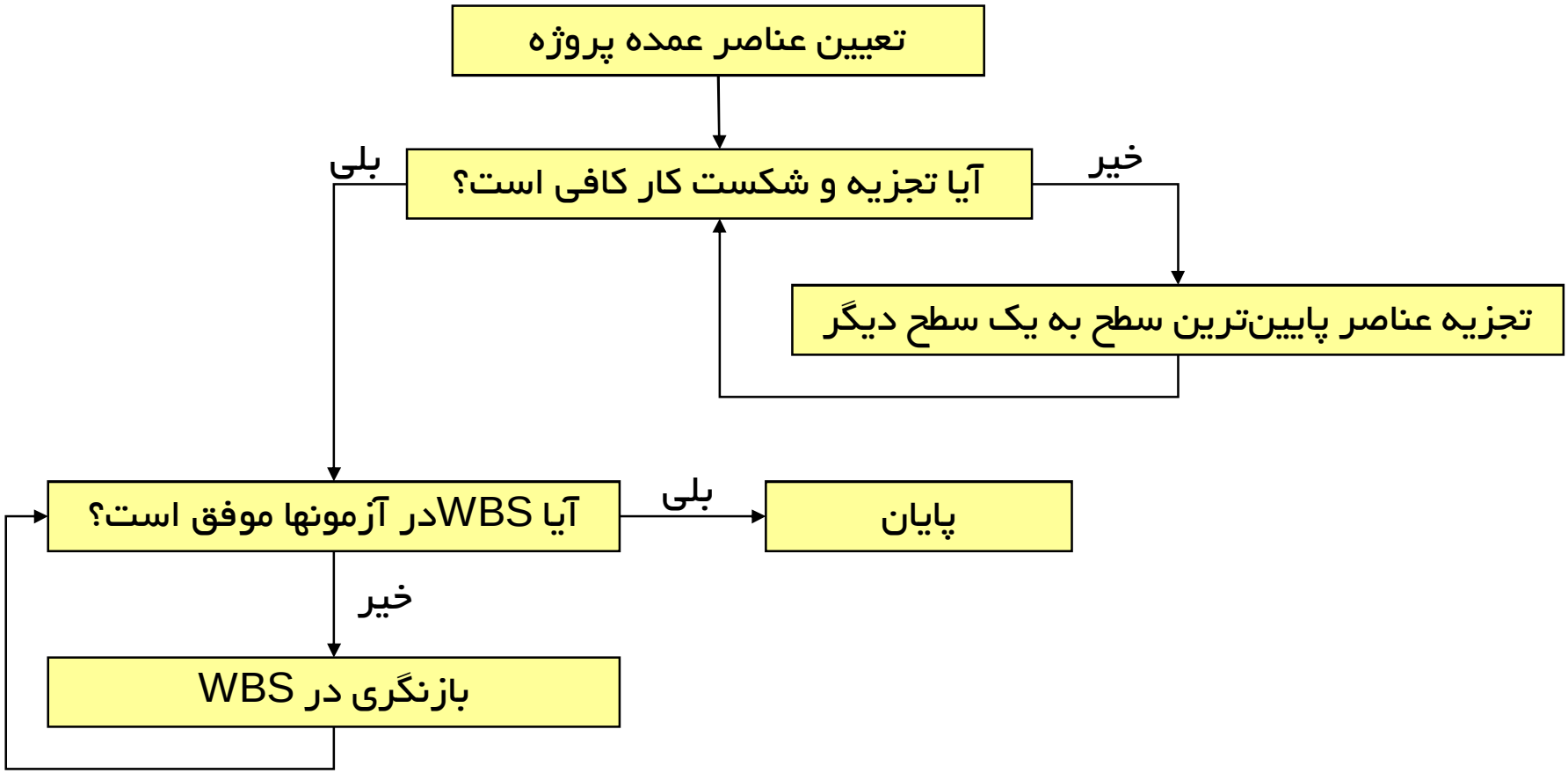
ساختار شکست کار	Work Breakdown Structure (WBS)

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



شناسایی فعالیتهای پروژه

مراحل توسعه ساختار شکست کار



شناسایی فعالیتهای پروژه

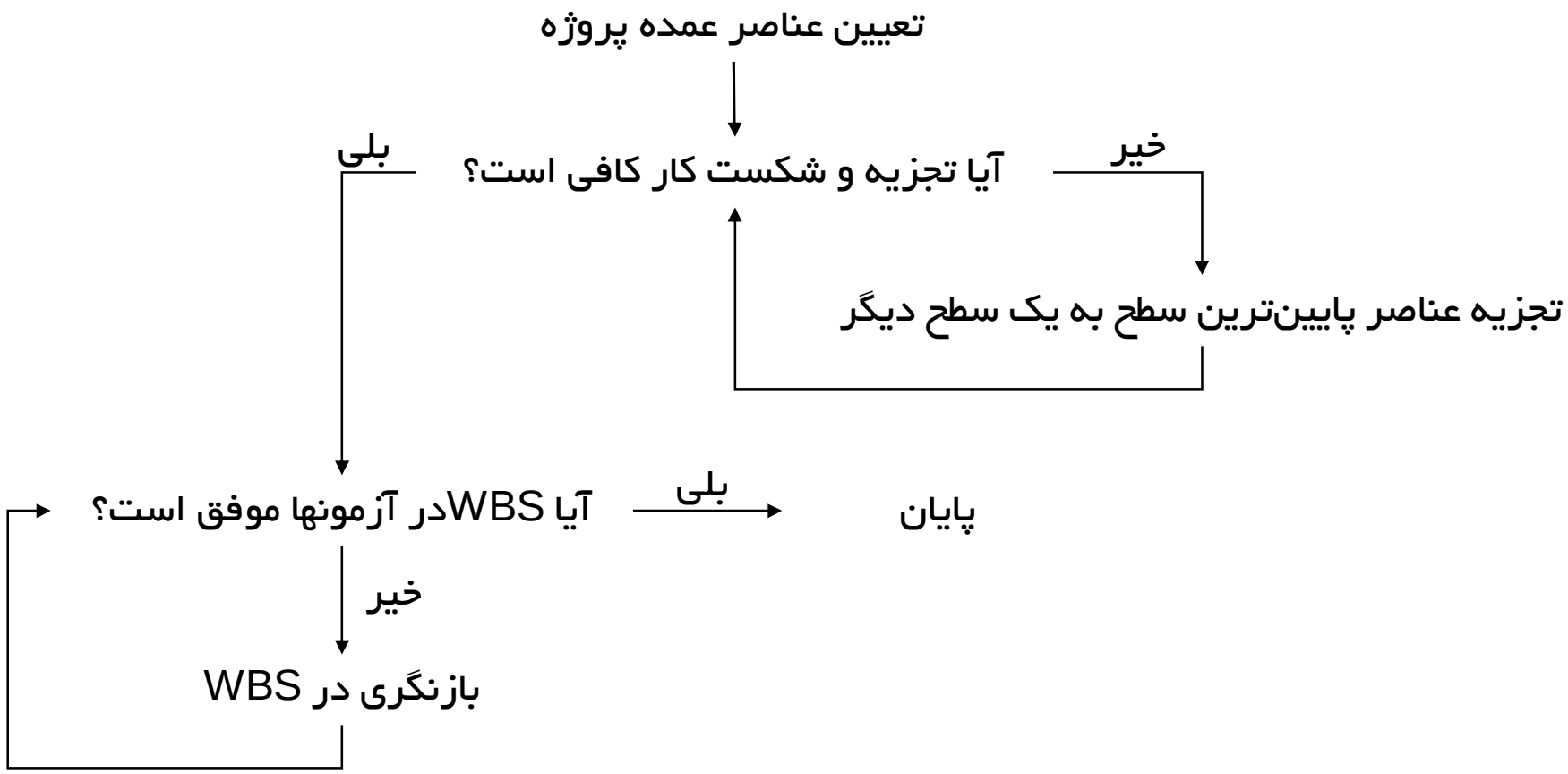
Identify Project Activites

تعیین عناصر عمده پروژه

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

شناسایی فعالیتهای پروژه

مراحل توسعه ساختار شکست کار



شناسایی فعالیتهای پروژه

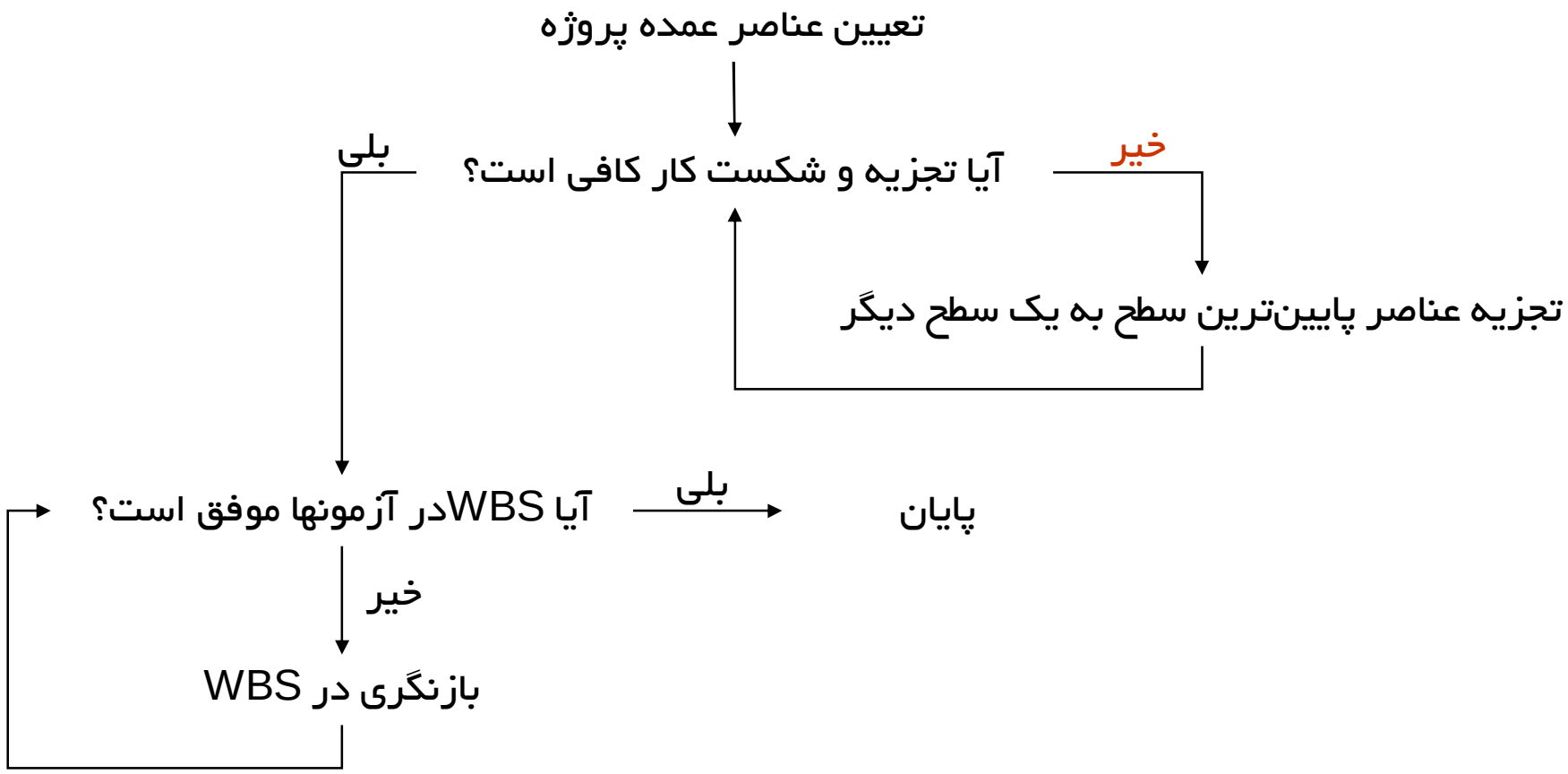
Identify Project Activites

آیا تجزیه و شکست کار کافی است؟

- کل نگری باعث می‌شود که به فواید تجزیه کار بدرستی دست نیافت.
- تجزیه عناصر به جزییات نیز در ابتدای پروژه شاید مقدور نباشد.
- آیا سطح شکست کار، برنامه‌ریزی دقیقی را ایجاد می‌کند؟
- آیا امکان کنترل مناسب بر روی اجرای پروژه وجود خواهد داشت؟
- جزییات بیش از حد، باعث بالا رفتن هزینه‌های برنامه‌ریزی و کنترل پروژه می‌شود.
- بطورکلی سطح شکست کار به عواملی چون اندازه پروژه و هدف برآورد و کنترل بستگی دارد.
- به فعالیتهای پایین‌ترین سطح، اصطلاحا " بسته کاری Work Package" اطلاق می‌شود.

شناسایی فعالیتهای پروژه

مراحل توسعه ساختار شکست کار



شناسایی فعالیتهای پروژه

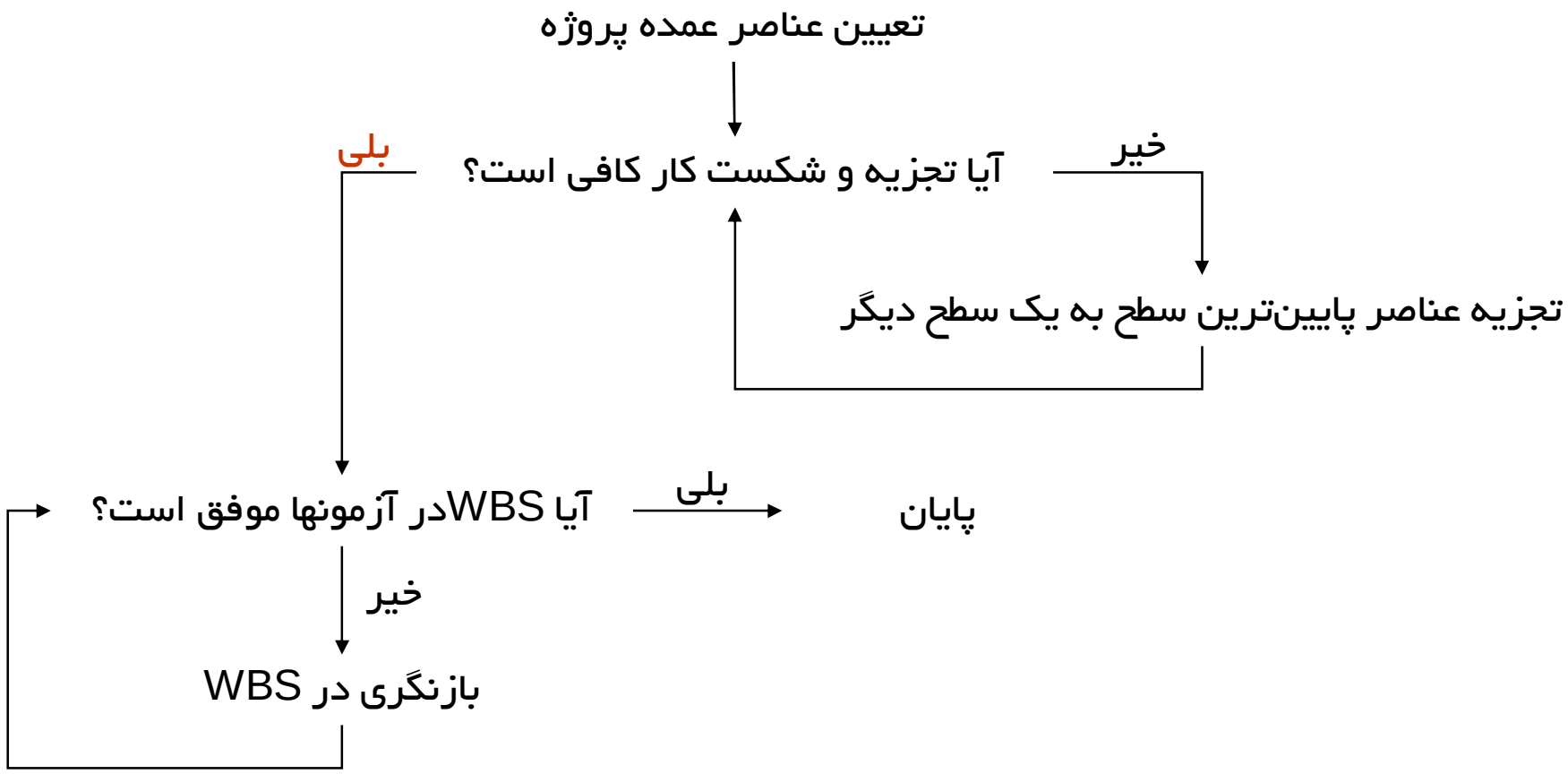
Identify Project Activites

تجزیه عناصر پایین‌ترین سطح به یک سطح دیگر

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

شناسایی فعالیتهای پروژه

مراحل توسعه ساختار شکست کار



شناسایی فعالیتهای پروژه

Identify Project Activites

آیا WBSدر آزمونها موفق است؟

- آیا فعالیتهای ریزتر، فعالیت سطح بالاتر را پوشش کامل می دهند؟ (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؟

شناسایی فعالیتهای پروژه

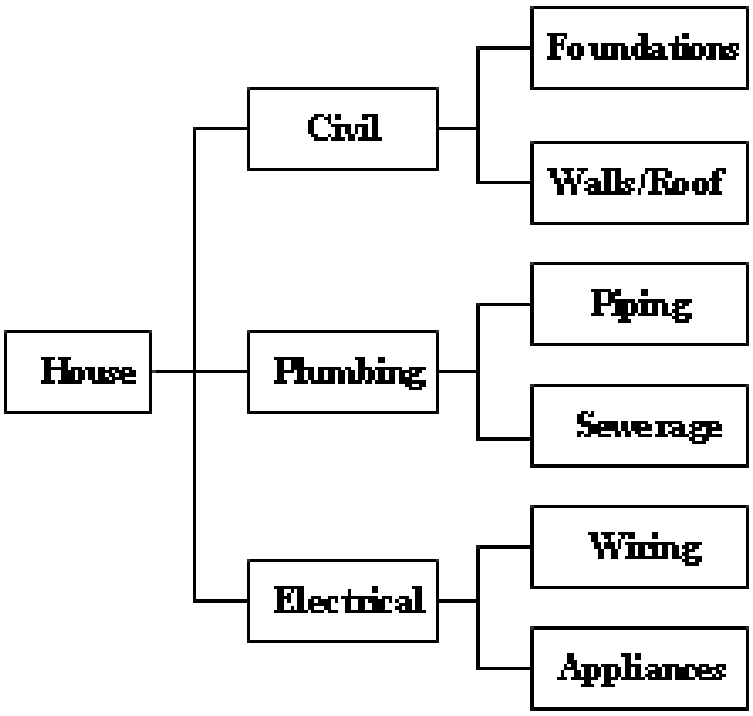
آیا WBSدر آزمونها موفق است؟

- 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 WBSتکرار شود!
- مدت زمان اجرای فعالیتها در یک محدوده قابل قبول باشد؟

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

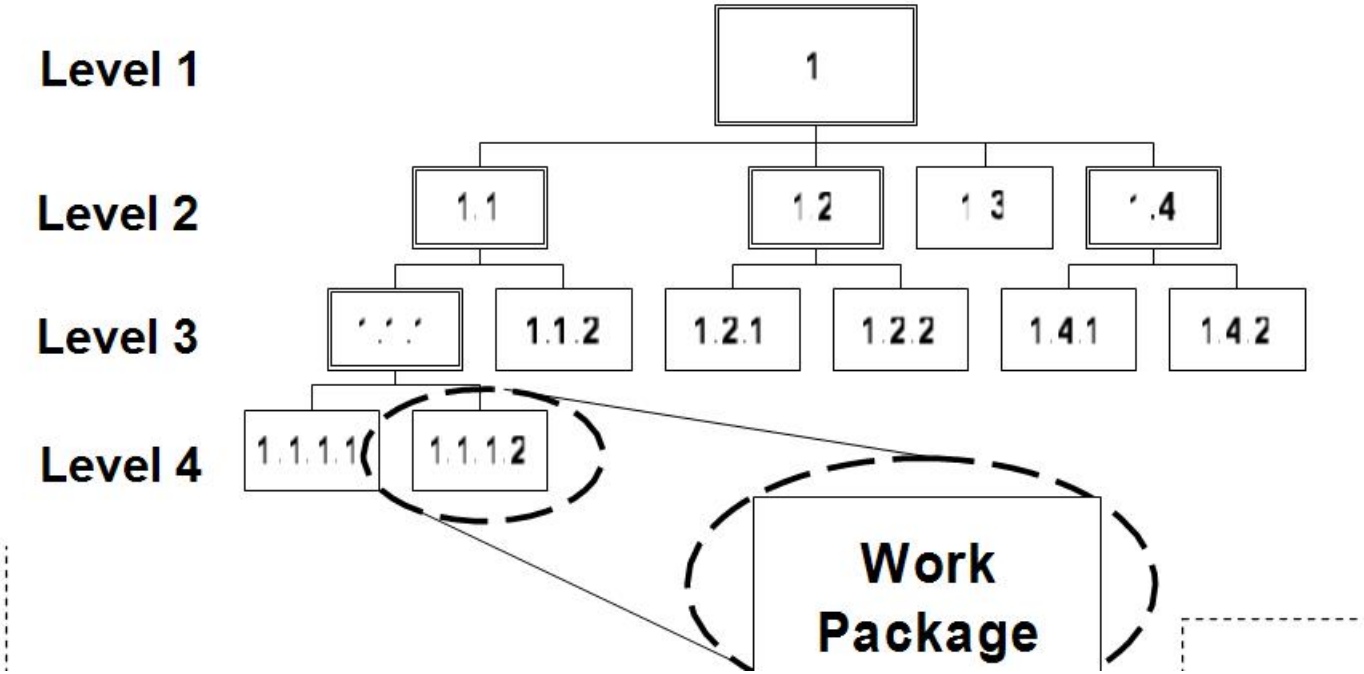
شناسایی فعالیتهای پروژه

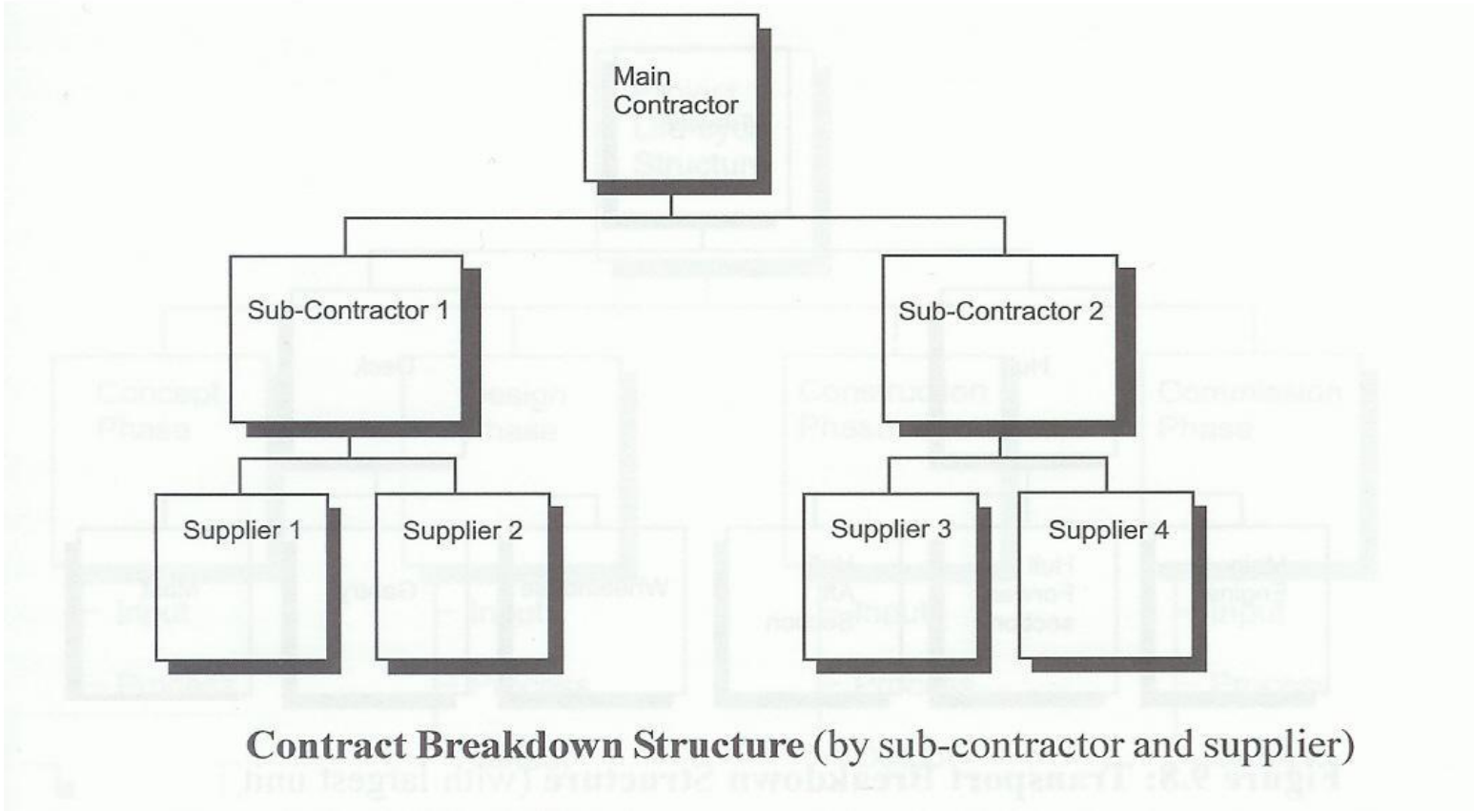
Identify Project Activites

جمع بندی شناسایی فعالیتها

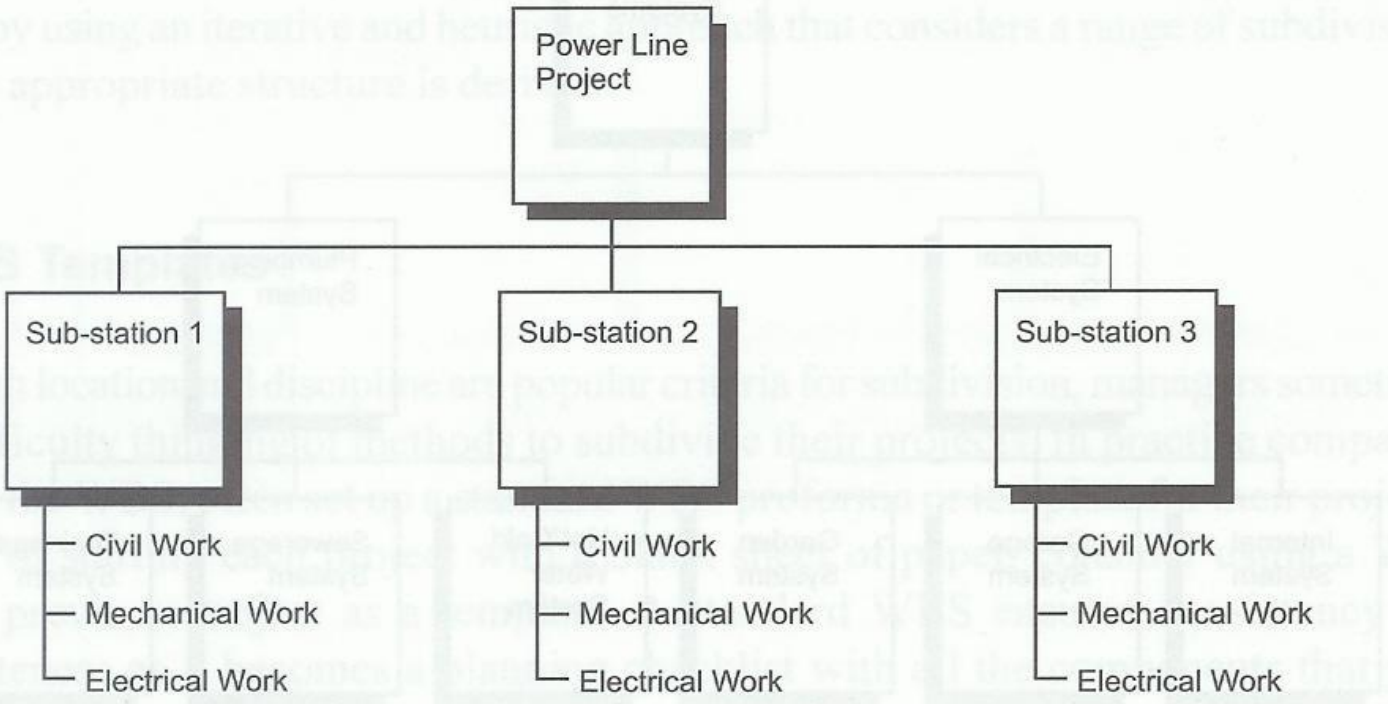
- لیست فعالیتهای پروژه
- الگوسازی WBS در سازمانهایی که پروژه های یکسان دارند.
- دیکشنری WBS

بسته های کاری

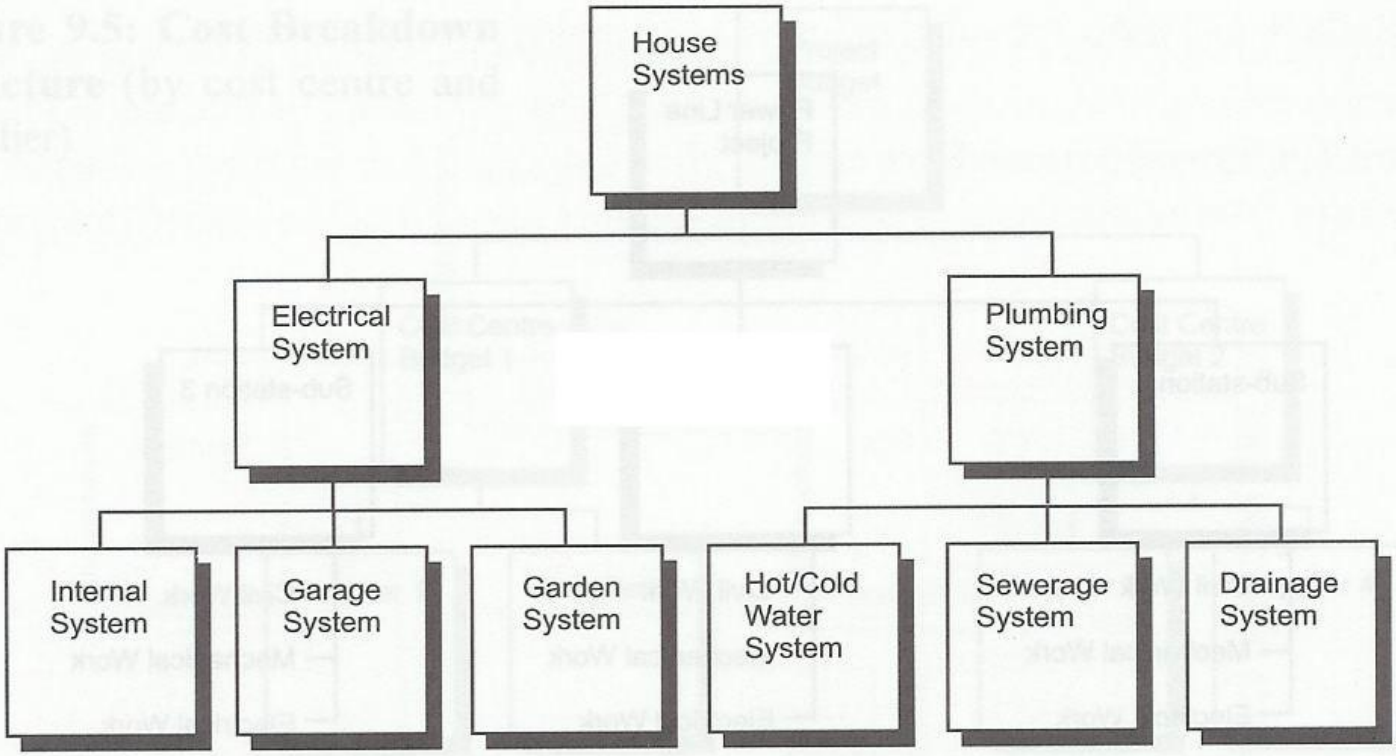




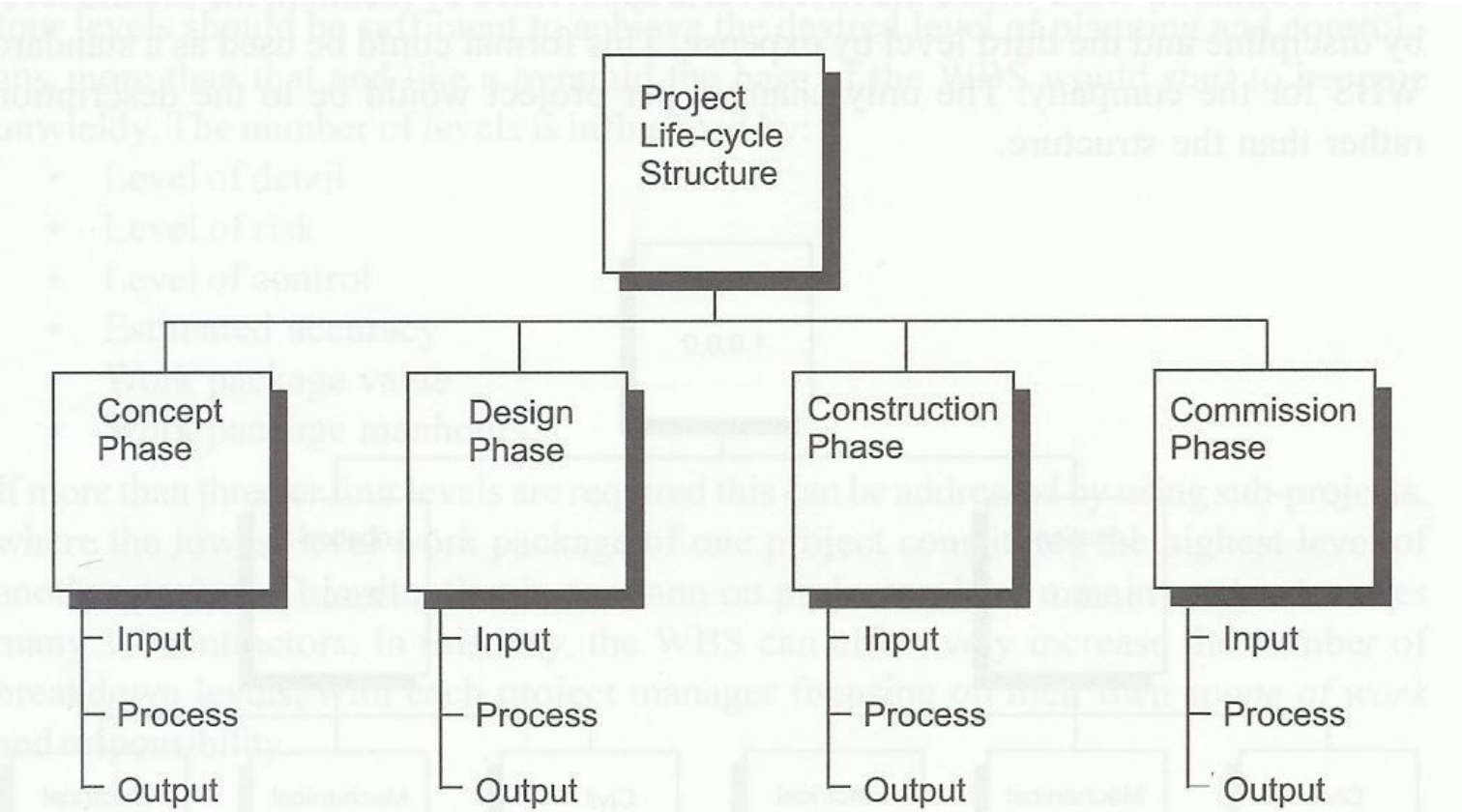
Contract Breakdown Structure (by sub-contractor and supplier)



Location Breakdown Structure (power line project)

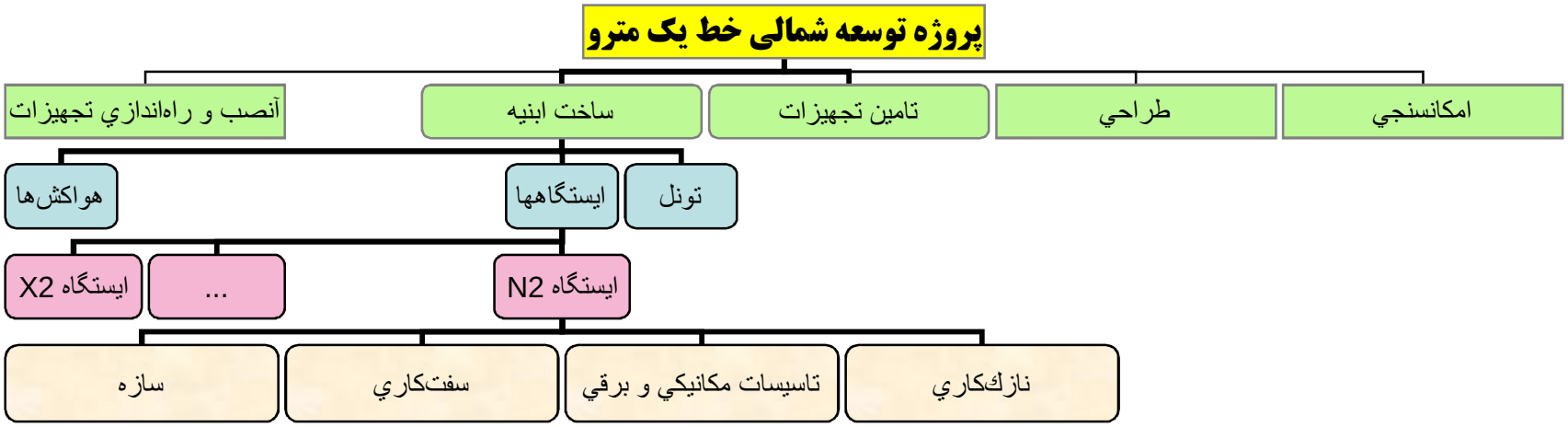


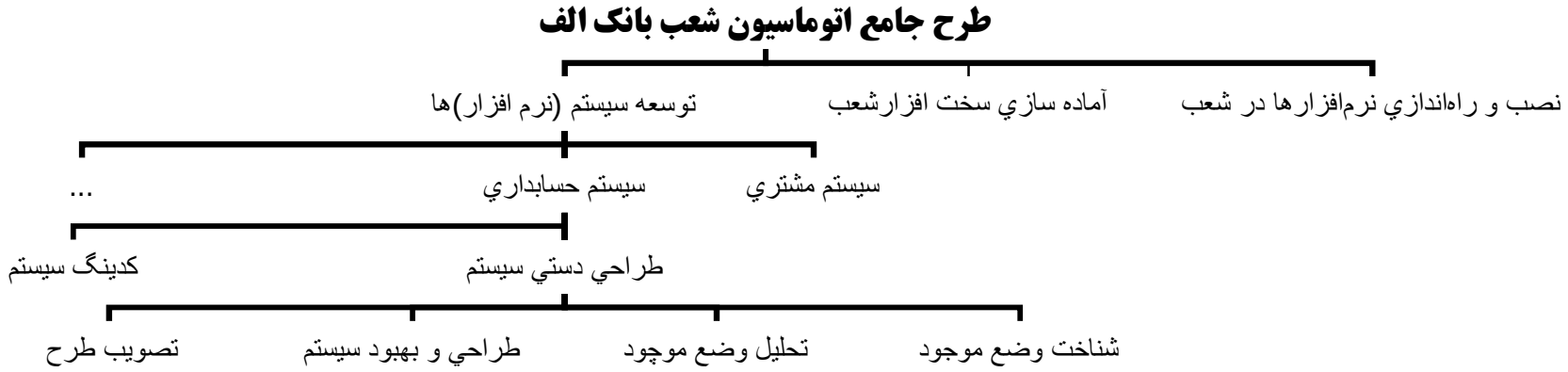
System Breakdown Structure (House project)



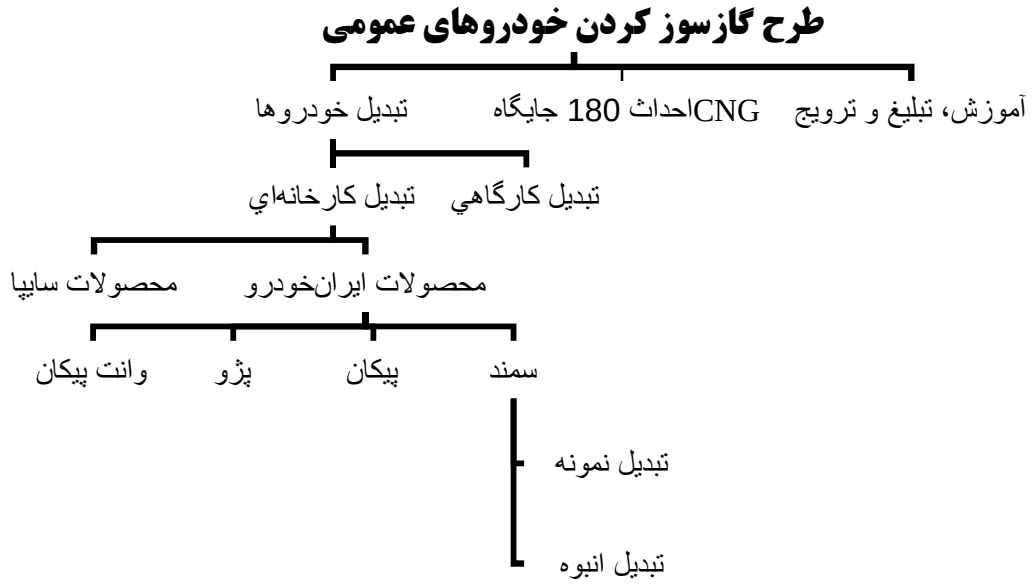
Project Life-Cycle Structure

یک نمونه WBS


پروژه توسعه شمالی خط یک مترو
آنصب و راه‌اندازي تجهيزات
ساخت ابنيه
تامين تجهيزات
طراحي
امكانسنجي
هواكش‌ها
ايستگاهها
تونل
ايستگاه X2
...
ايستگاه N2
سازه
سفتكاري
تاسيسات مكانيكي و برقي
نازككاري


طرح جامع اتوماسیون شعب بانک الف
نصب و راه‌اندازي نرم‌افزارها در شعب
آماده سازي سخت افزارشعب
توسعه سيستم (نرم افزار)ها
سيستم مشتري
سيستم حسابداري
...
طراحي دستي سيستم
كدينگ سيستم
شناخت وضع موجود
تحليل وضع موجود
طراحي و بهبود سيستم
تصويب طرح

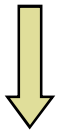
یک نمونه WBS


طرح گازسوز کردن خودروهای عمومی
آموزش، تبلیغ و ترویج
احداث 180 جایگاه CNG
تبدیل خودروها
تبدیل کارگاهي
تبدیل کارخانه‌اي
محصولات ایران‌خودرو
محصولات سایپا
سمند
پیکان
پژو
وانت پیکان
تبدیل نمونه
تبدیل انبوه

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 وتاخر آنها نسبت به یکدیگر نشان داده شده است.

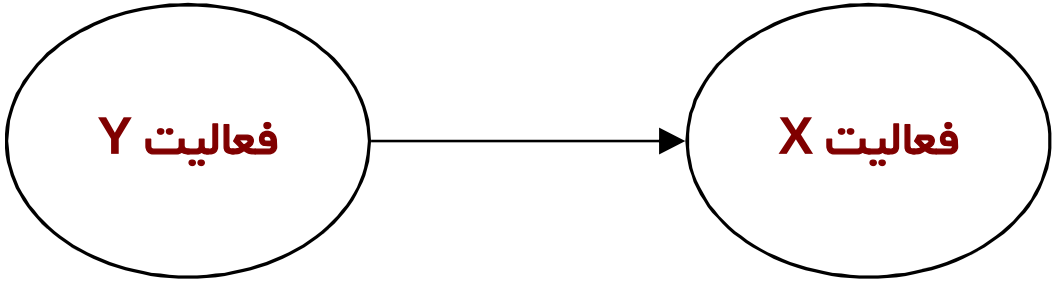
تعیین توالی فعالیتها (بسته‌های کاری)

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

انواع وابستگی و ارتباط بین فعالیتها	1- وابستگی‌های الزامی (وابستگی سخت یا منطقی) برخی از فعالیتها با یکدیگر دارای روابط ذاتی و فیزیکی هستند لذا انجام آنها منوط به رعایت این وابستگی است.
	2- وابستگی‌های ترجیحی(وابستگی نرم) برخی از وابستگی‌های بین فعالیتها توسط گروه اجرایی ایجاد می‌شوند (می‌بایست بدقت و با مستندات کافی تبیین شود)
	3- وابستگی‌های خارجی وابستگی‌های بین فعالیتهای اجرایی و محیط خارج از پروژه موردنظر است.

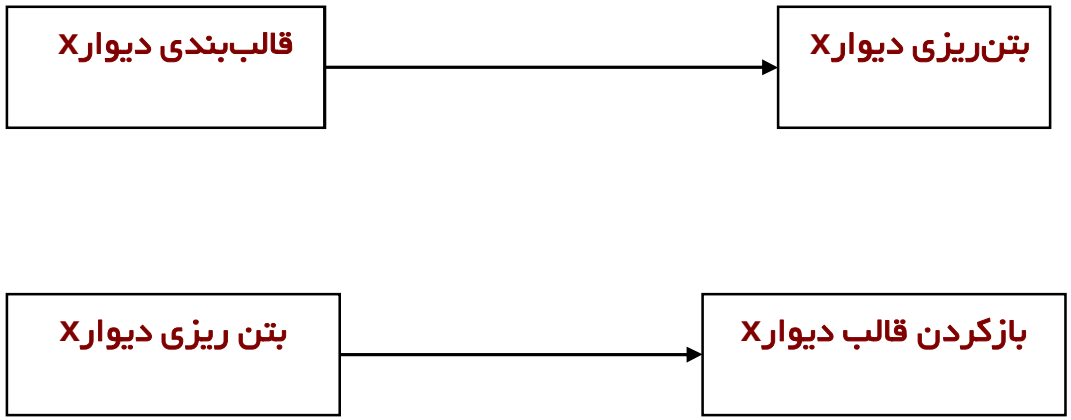
تعیین توالی فعالیتها (بسته‌های کاری)

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

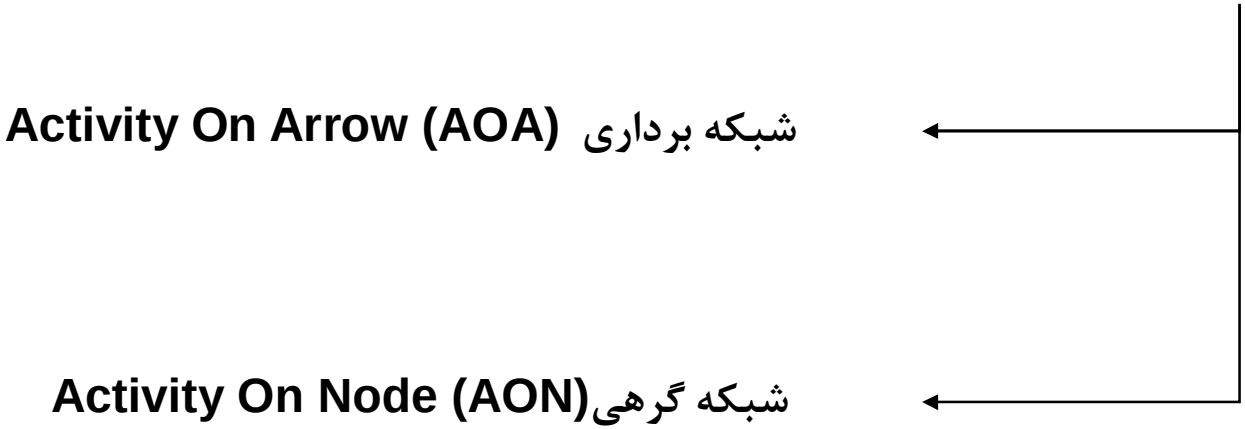

قالب‌بندی دیوارX
بتن‌ریزی دیوارX
بتن ریزی دیوارX
بازکردن قالب دیوارX

مستندسازی توالی فعالیتها

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

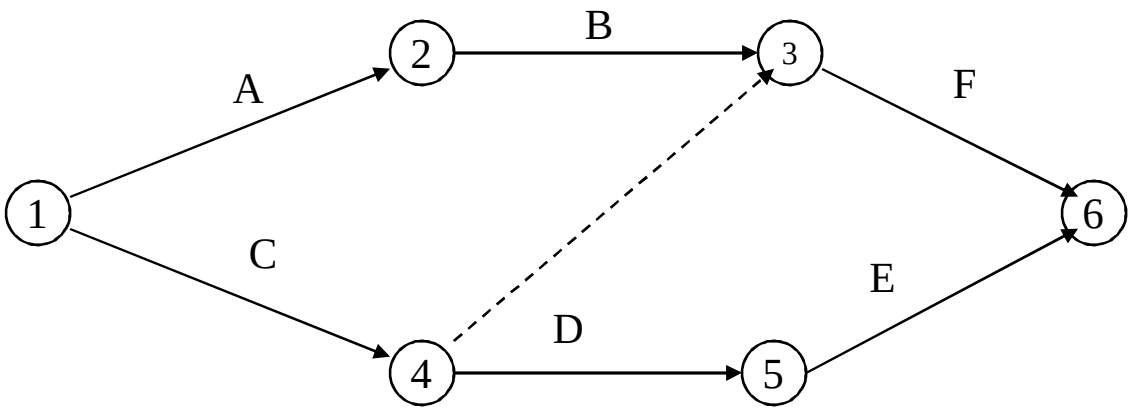
ترسیم شبکه پروژه

انواع شبکه پروژه



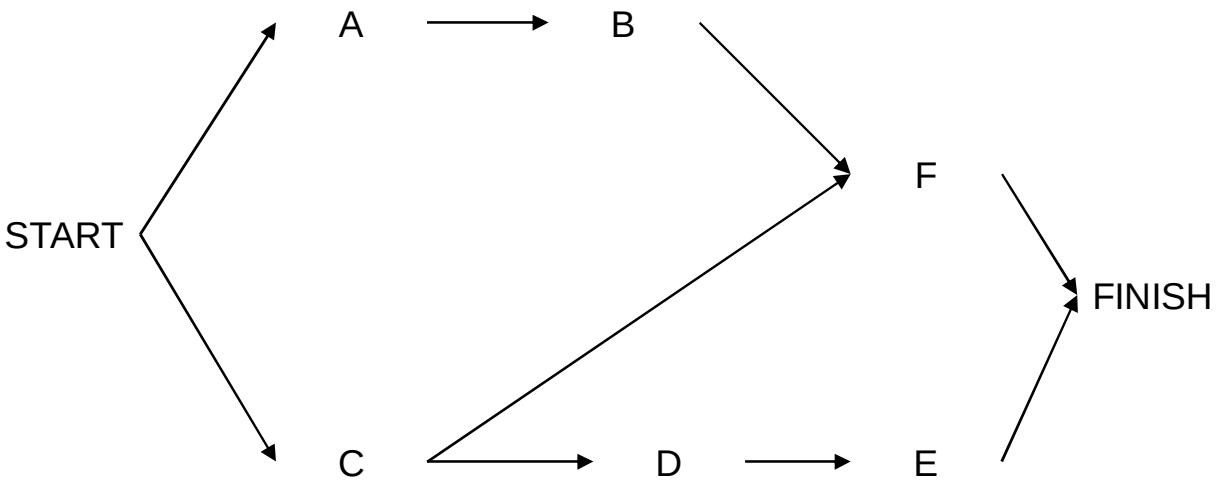
شبکه برداری

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



شبکه گرهی

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



شرح نمادها:

E فعالیت

بردار بیانگر روابط بین فعالیتها

شبکه گرهی(Activity On Node (AON

ما ابتدا شبکه‌های گره‌ای را مورد توجه قرار می دهیم.

مثال: پروژه ی ساختمانی

ردیف	نام فعالیت	پیش نیاز ها
1	طراحی سازه	--
2	ساخت سازه	1
3	طراحی ساختمان	1
4	اجرای فاز 1 ساختمان	2و3
5	اجرای فاز 2 ساختمان	4
6	طراحی تاسیسات مکانیکی	3
7	خرید تجهیزات مکانیکی	6
8	نصب و اجرای تجهیزات مکانیکی	5و7
9	طراحی تاسیسات برقی	3
10	خرید تجهیزات برقی	9
11	نصب و اجرای تجهیزات برقی	5و10
12	طراحی معماری داخلی	6و9
13	خرید اقلام مورد نیاز معماری داخلی	12
14	نصب و اجرای معماری داخلی	8و11و13

چند نکته در ترسیم شبکه گره ای

1) فعالیتها توسط گره‌ها و روابط پیشنیازي توسط بردارها نمایش پیدا مي‌کنند.

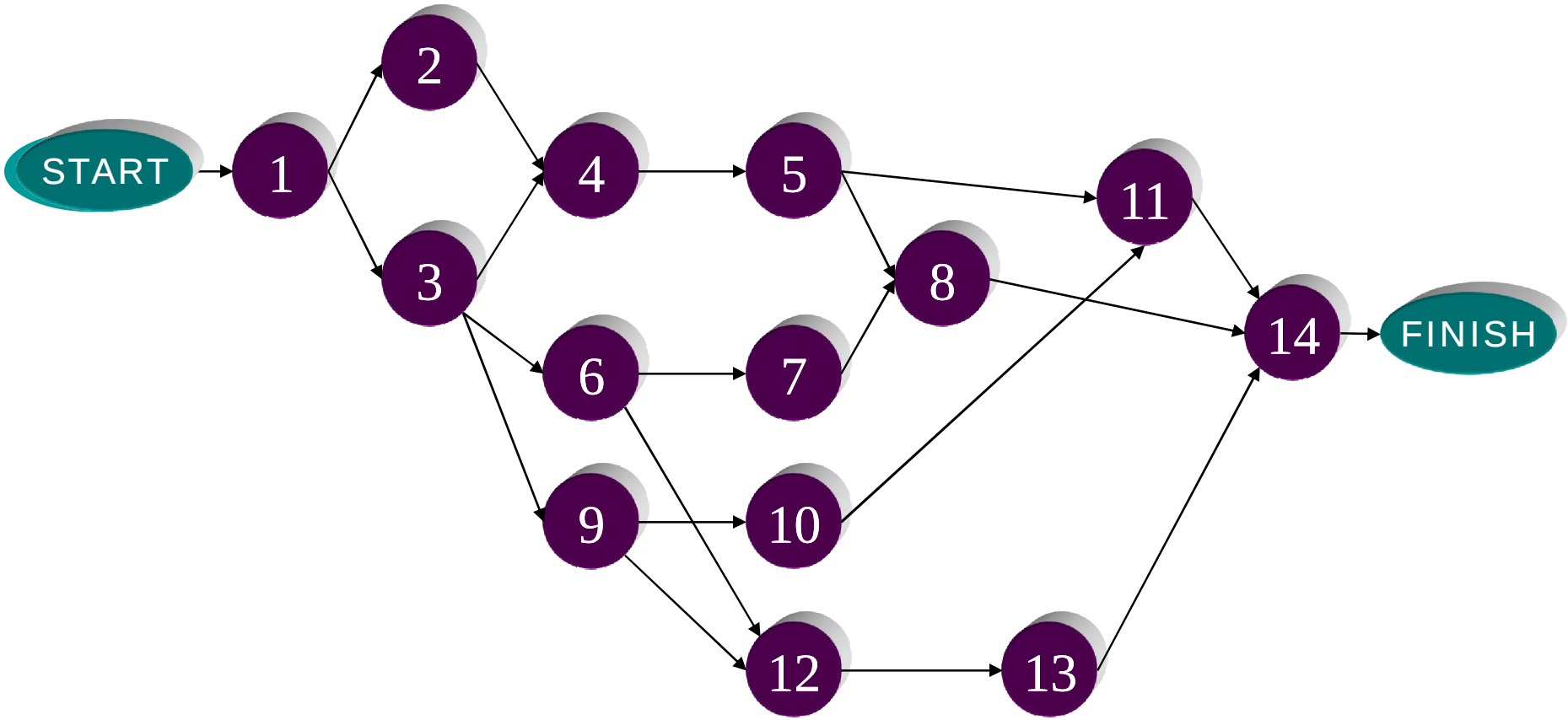
2) شبکه گره‌ای حتما" با گره شروع آغاز می شود و سپس تمام فعالیت های بدون پیش نیاز به گره شروع متصل می شود.

3) شبکه گره ای حتما" با گره پایان به اتمام می رسد لذا فعالیت هایی که پس نیاز ندارند به گره پایان متصل می شوند.

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

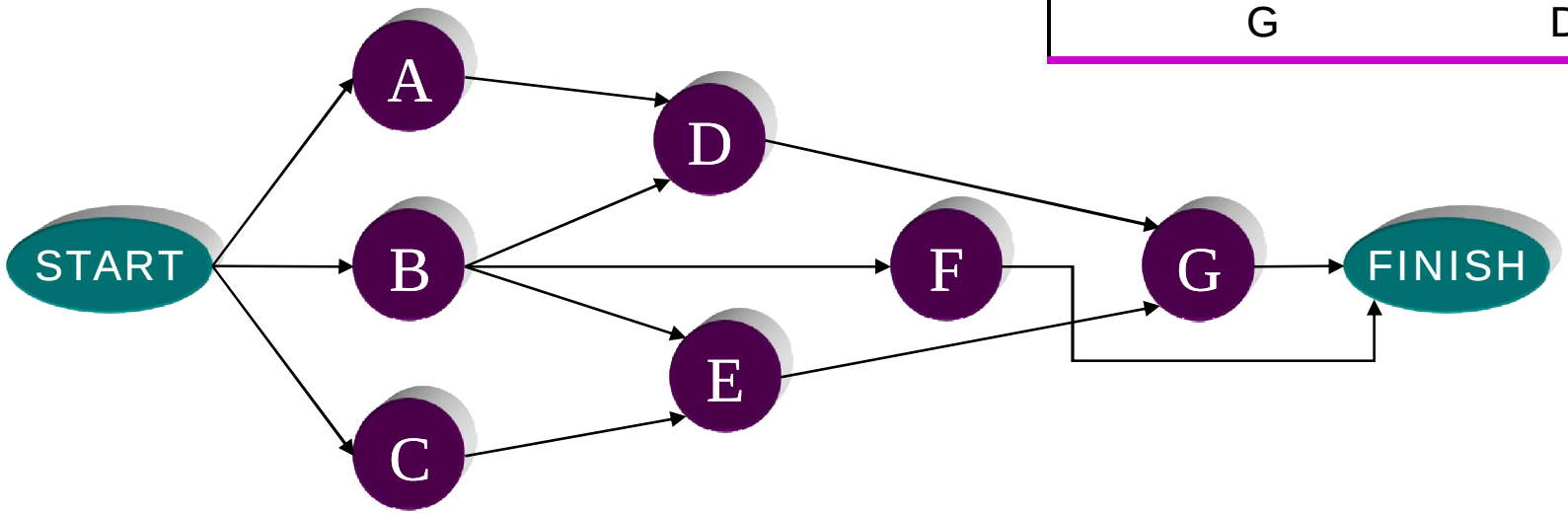
5) برای هر فعالیت فقط و فقط یک گره در شبکه وجود دارد.

مثال: پروژه ی ساختمانی



مثال شبکه پیش نیازی با فعالیت های زیر را رسم کنید

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



برآورد مدت زمان فعالیتها

برآورد مدت زمان فعالیتها

Activity Duration Estimating

برآورد مدت‌زمان فعالیت، فرآیند تخمین تعداد دوره زمانی لازم برای تکمیل آن و جهت استفاده در زمانبندی پروژه می‌باشد.

نکات مهم

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

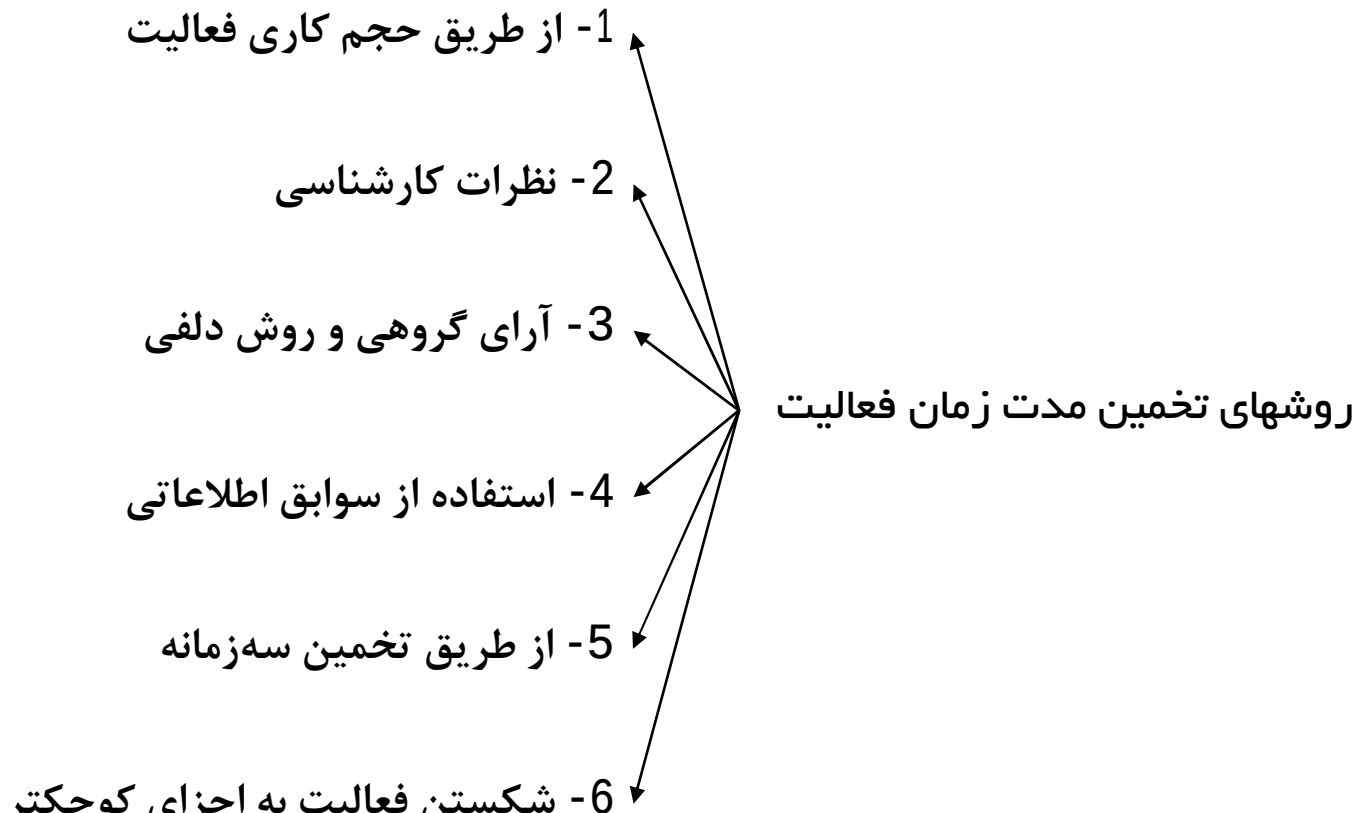
2- واحد زمانی فعالیتها بصورت یکسان و استاندارد باشد. بطورمثال: روز

3- در تخمین مدت زمان فعالیتها، روزهای کاری(Working Days) موردنظر هستند و نه ایام تقویمی.
لازم است که تقویم‌کاری(روزهای کاری و تعطیل) هر فعالیت مشخص شود.

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

5- در برآورد مدت زمان فعالیتها شرایط معمول درنظر گرفته می‌شوند و اتفاقات غیر مترقبه مانند سیل و زلزله درصورتیکه غیرقابل پیش‌بینی هستند لحاظ نمی گردند.

برآورد مدت زمان فعالیتها



برآورد مدت زمان فعالیتها

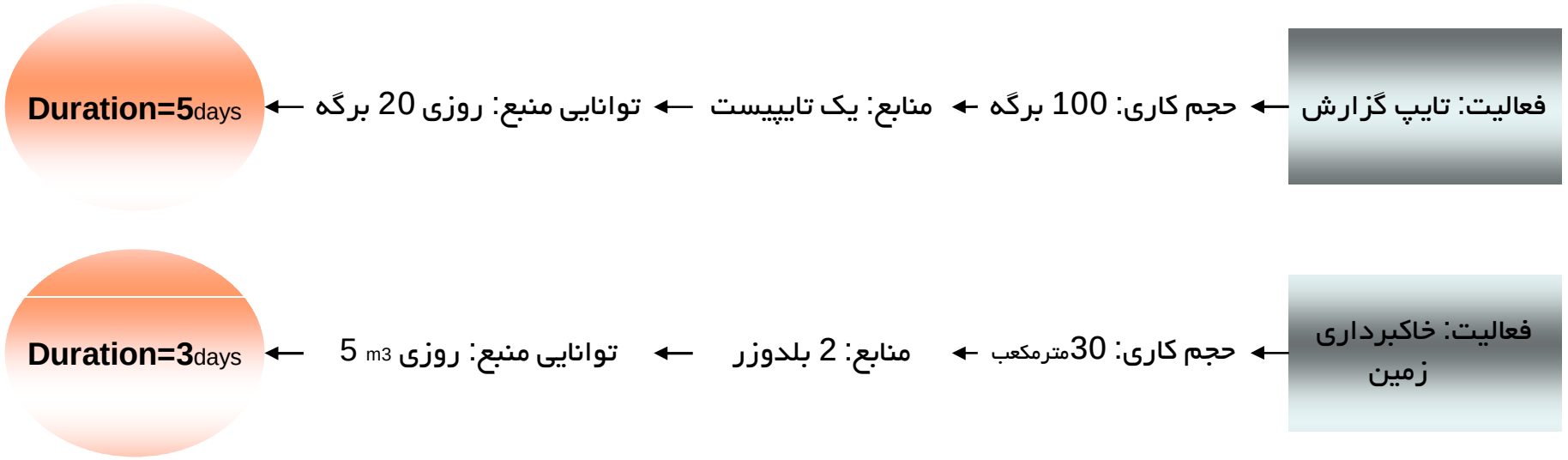
روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

↓

1- از طریق حجم کاری فعالیت

در این روش ابتدا حجم کاری فعالیت اندازه‌گیری شده و براساس منابع در دسترس و توانایی کاری منابع، مدت زمان فعالیت برآورد می‌شود.

مثال:



برآورد مدت زمان فعالیتها

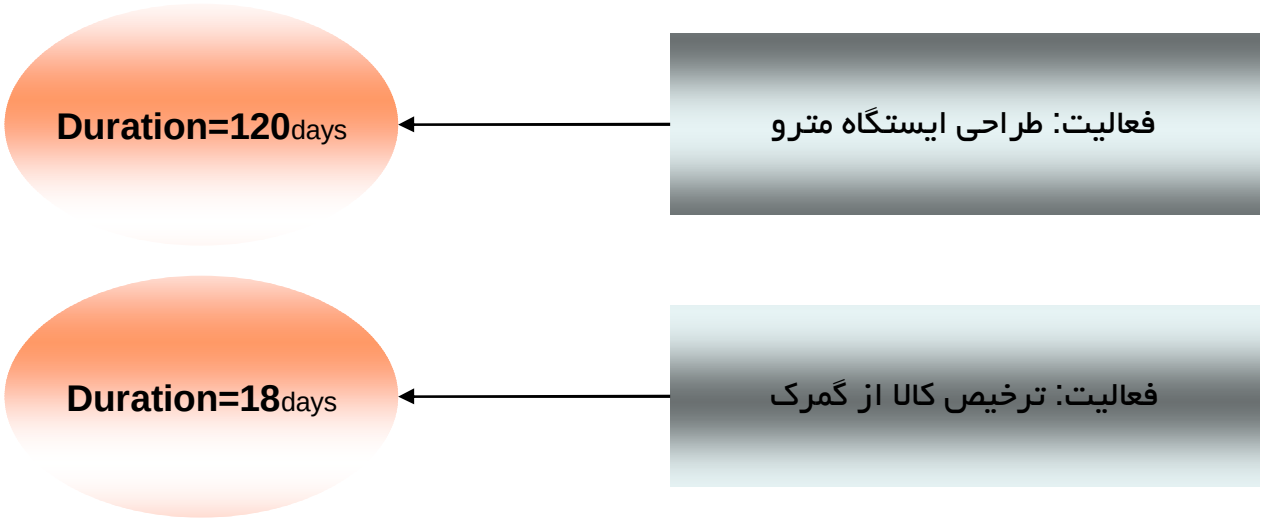
روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

↓

2- نظرات کارشناسی

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

مثال:

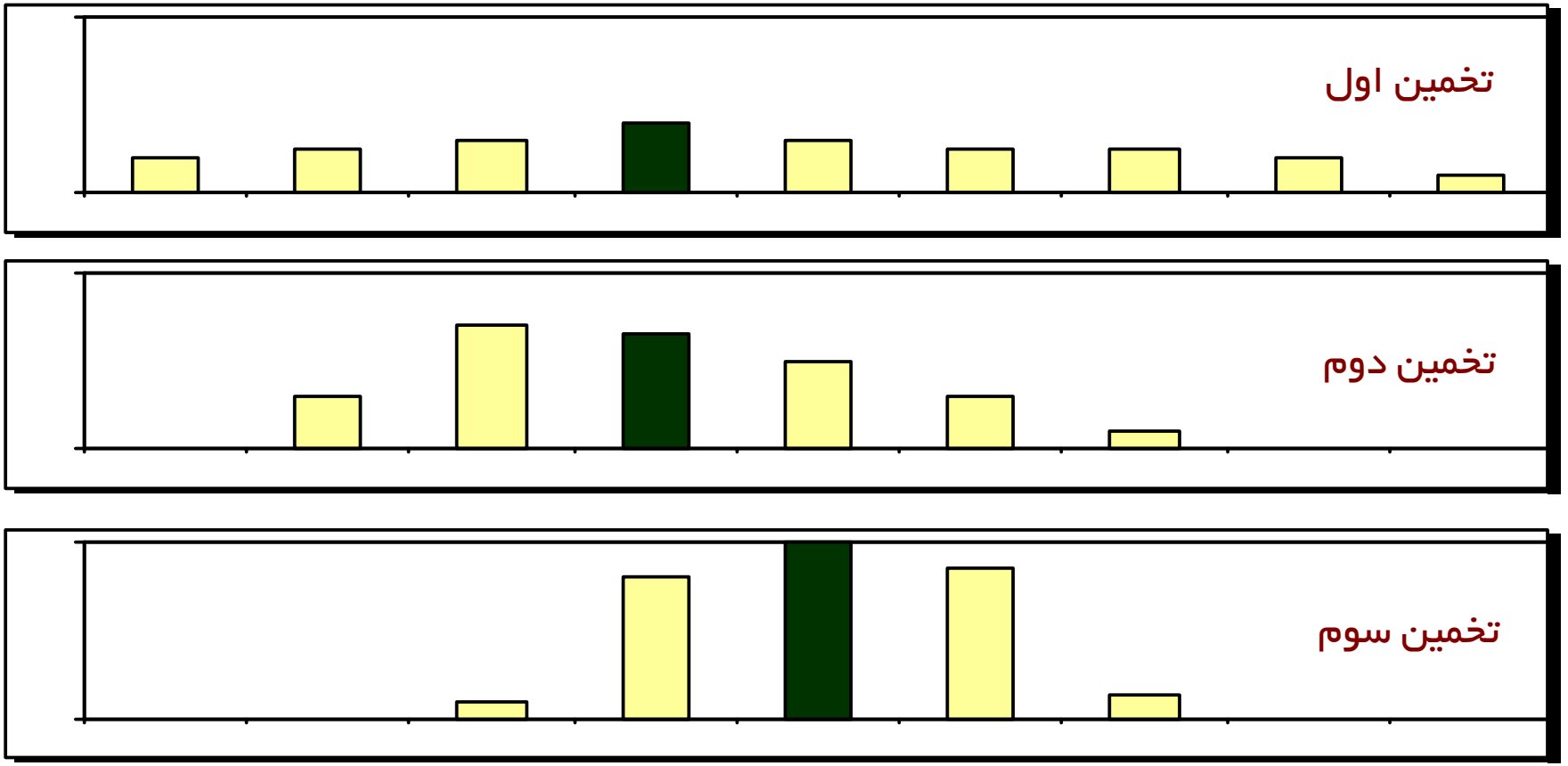


برآورد مدت زمان فعالیتها

روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

↓

3- آرای گروهی و روش دلفی



برآورد مدت زمان فعالیتها

روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

↓

4- 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)
1	01/09/81	10/10/81	40
2	10/02/82	01/04/82	52
3	05/04/82	23/05/82	48

برآورد مدت زمان فعالیت =46 روز

برآورد مدت زمان فعالیتها

روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

↓

4- از طریق تخمین سه‌زمانه

برای هر فعالیت، سه برآورد مدت زمان(خوش‌بینانه، محتمل و بدبینانه)ارائه شده و براساس آنها مدت زمان فعالیت پیش‌بینی می‌شود.

O: Optimistic خوش‌بینانه

P: Pessimistic بدبینانه

M: Most likely محتمل

⇨ Duration=(O+4M+P)/6

برآورد مدت زمان فعالیتها

روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

↓

6- شکستن فعالیت به اجزای کوچکتر

می‌توان فعالیت را به‌اجزای 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.

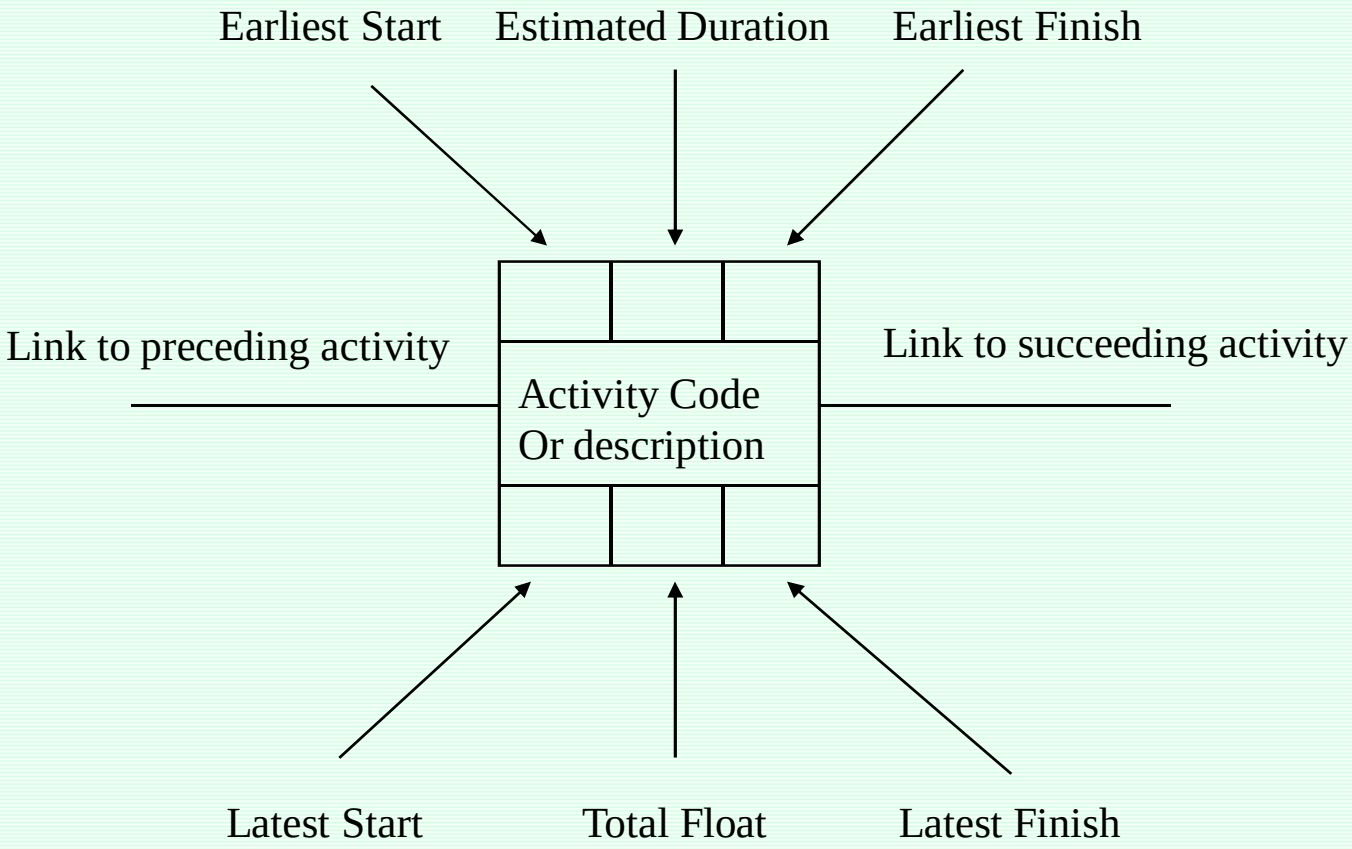
بیشترین کاربرد این روش در مواقعی است که **WBS** در سطوح بالا متوقف شده و بصورت کلان به برنامه‌ریزی نگاه می‌شود.

زمانبندی پروژه

زمانبندی پروژه

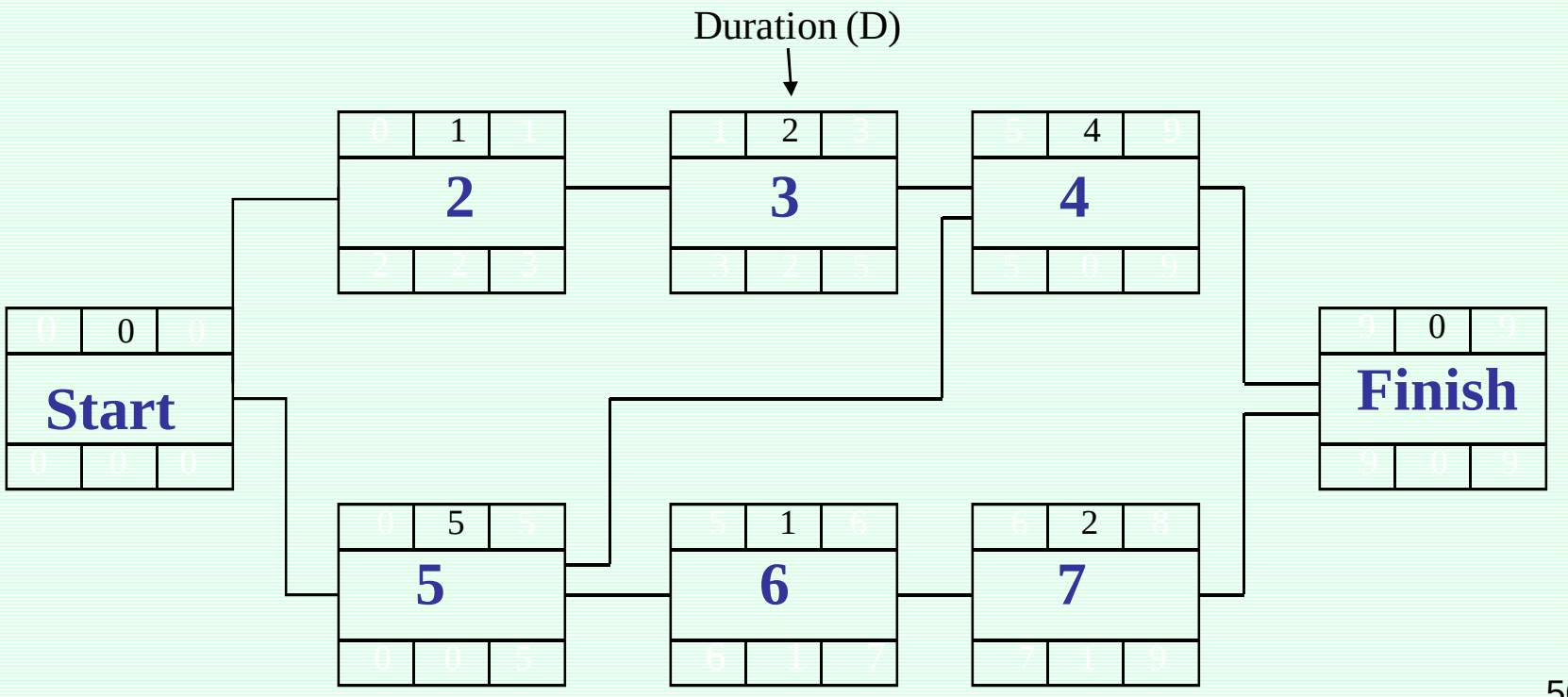
تهیه زمانبندی پروژه، فرآیند تعیین زمانهای شروع و پایان فعالیتهای پروژه است.

زمانبندی در شبکه گرهی

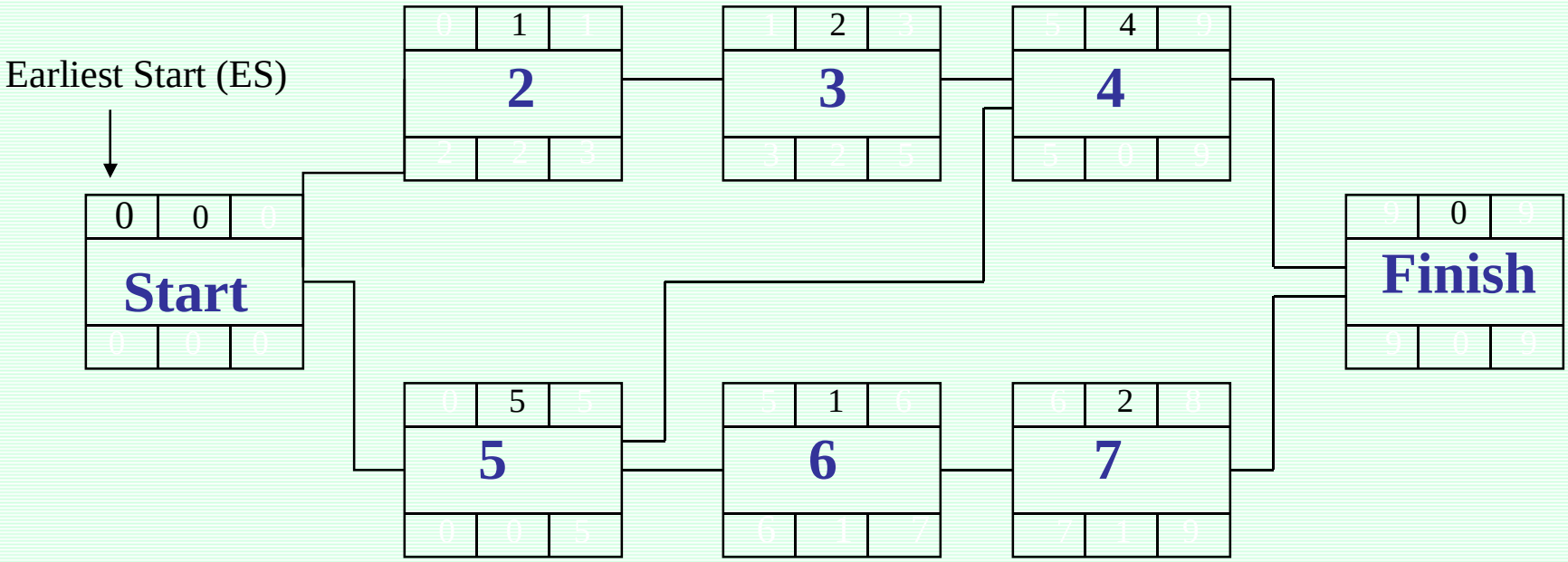


نمادگذاری یک فعالیت در زمانبندی شبکه گرهی

زمانبندی در شبکه گرهی

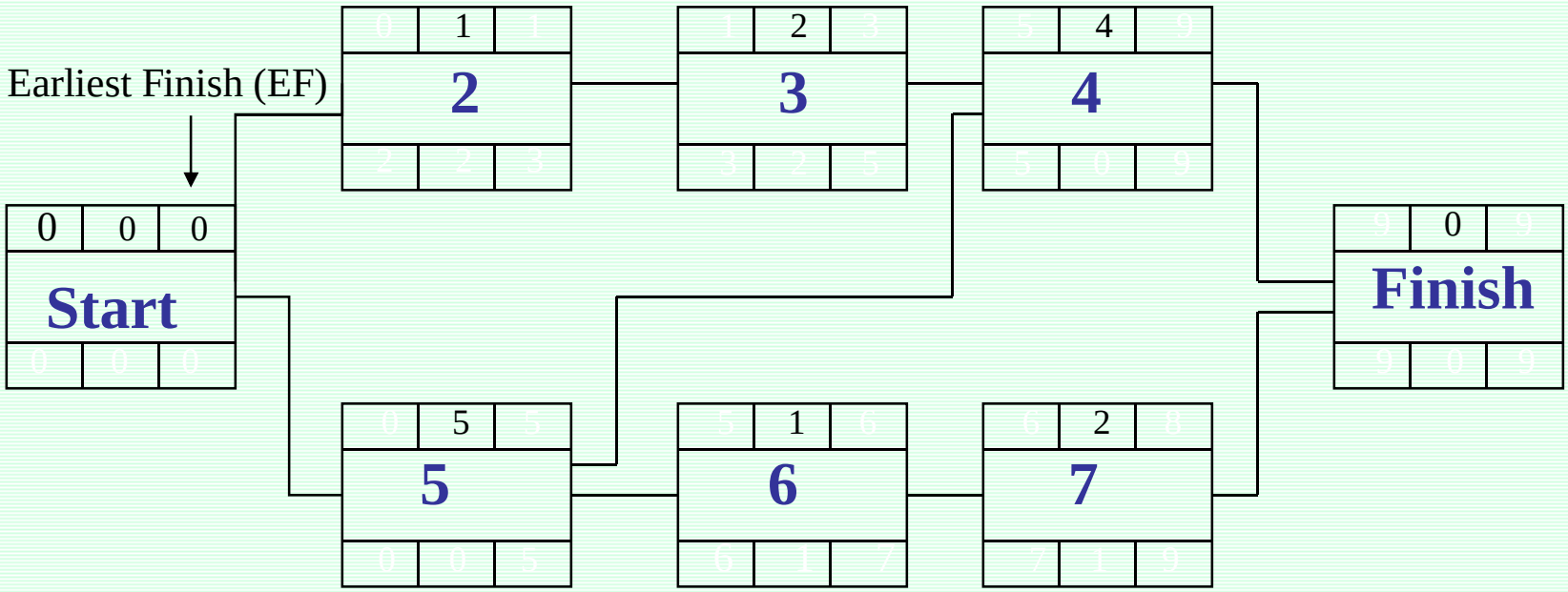


زمانبندی در شبکه گرهی



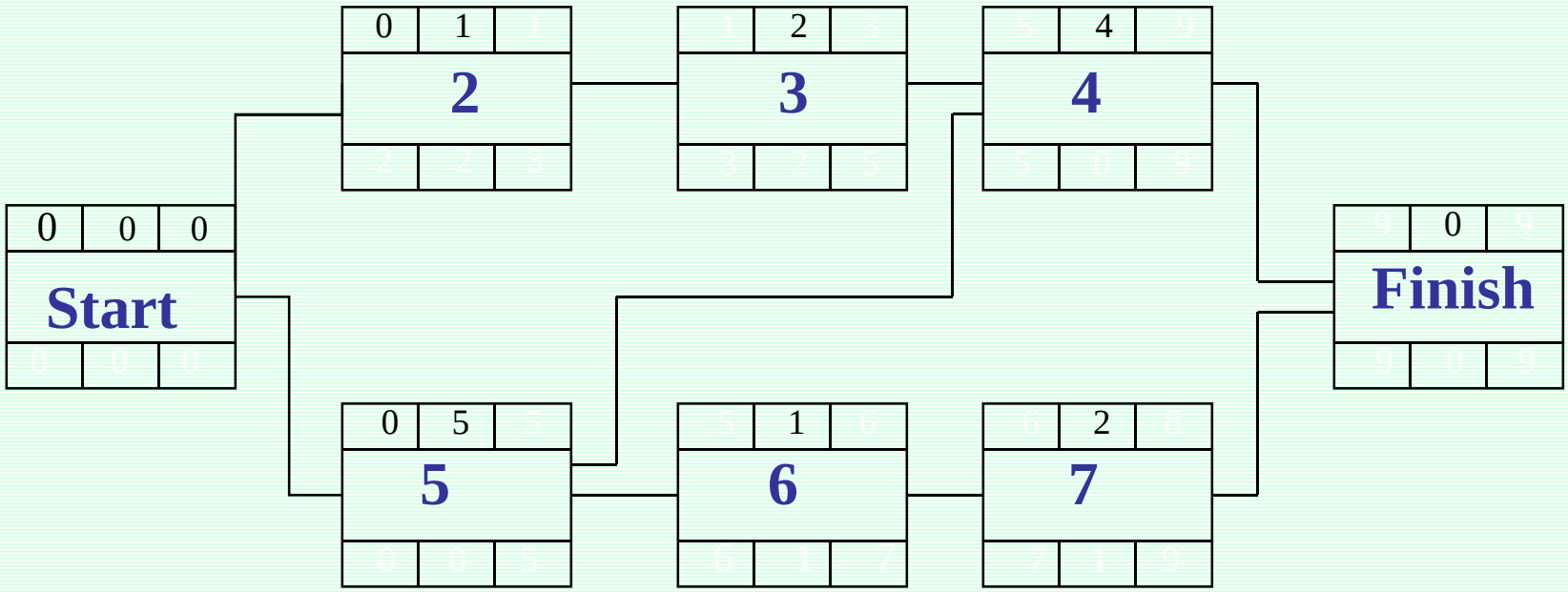
ES= 0 برای فعالیت شروعی داریم :

زمانبندی در شبکه گرهی



EF= ES + D

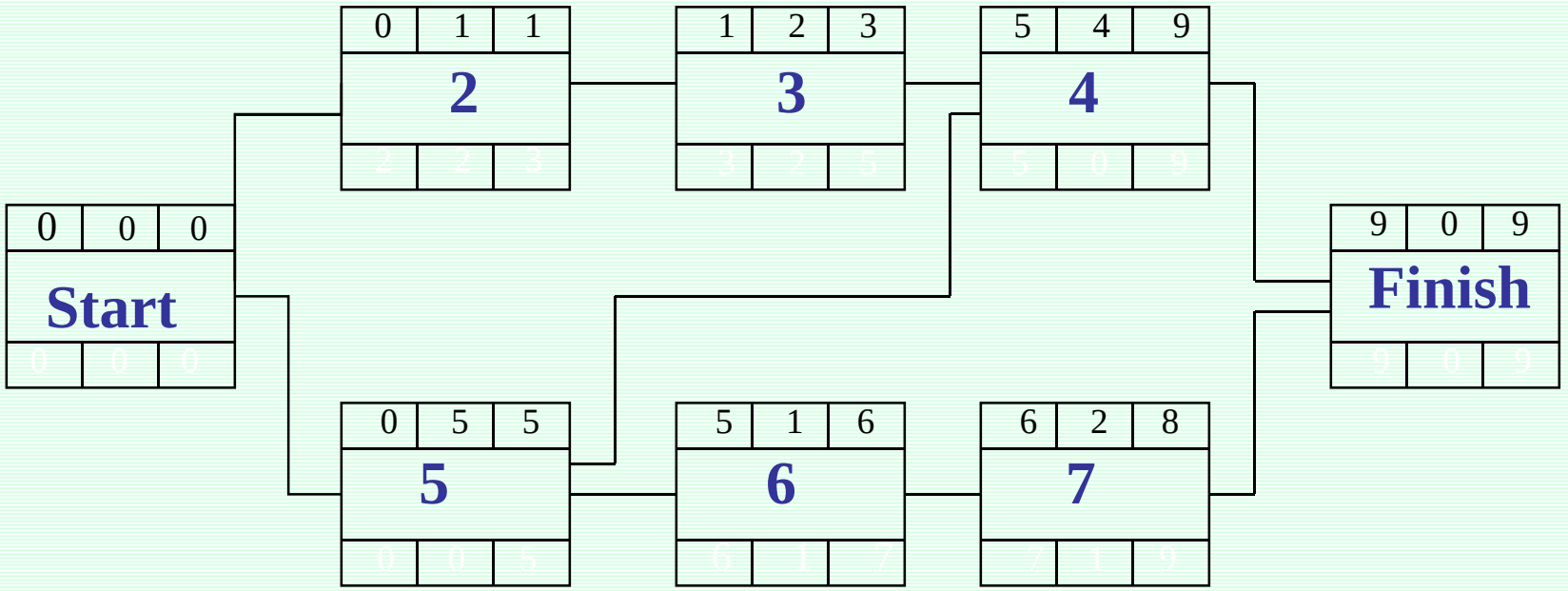
زمانبندی در شبکه گرهی



ES= max{EF} for all Predecessor

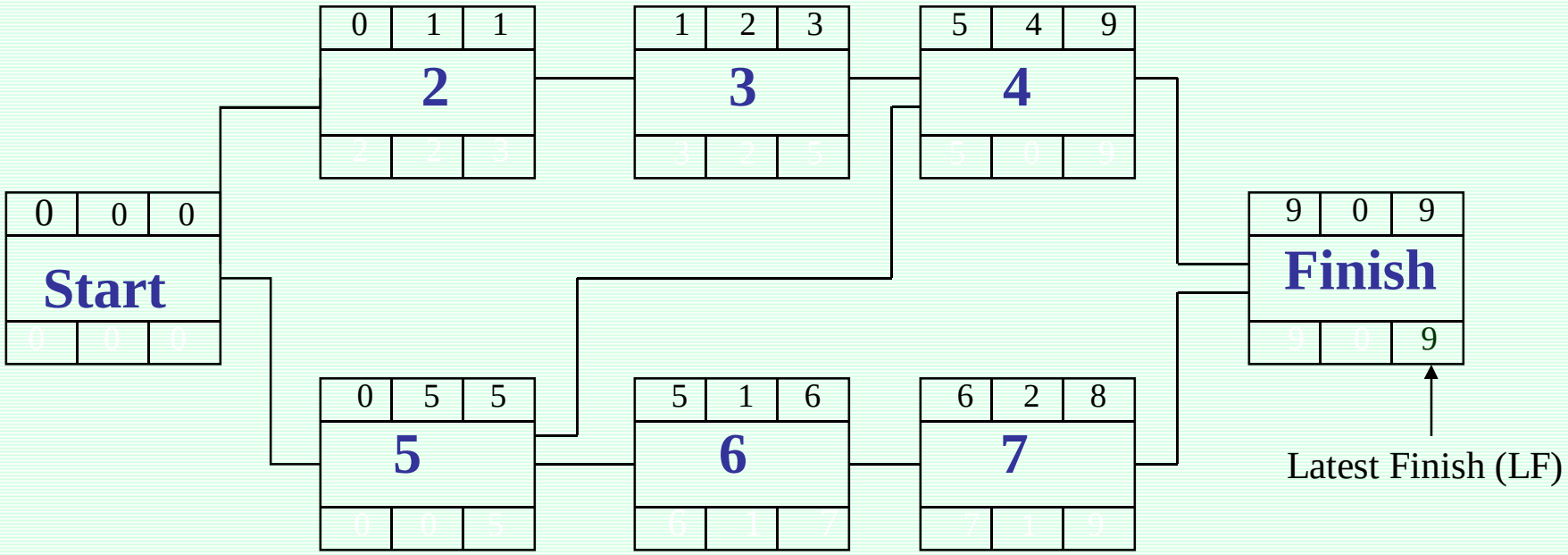
برای فعالیتهای غیر شروعی داریم:

زمانبندی در شبکه گرهی



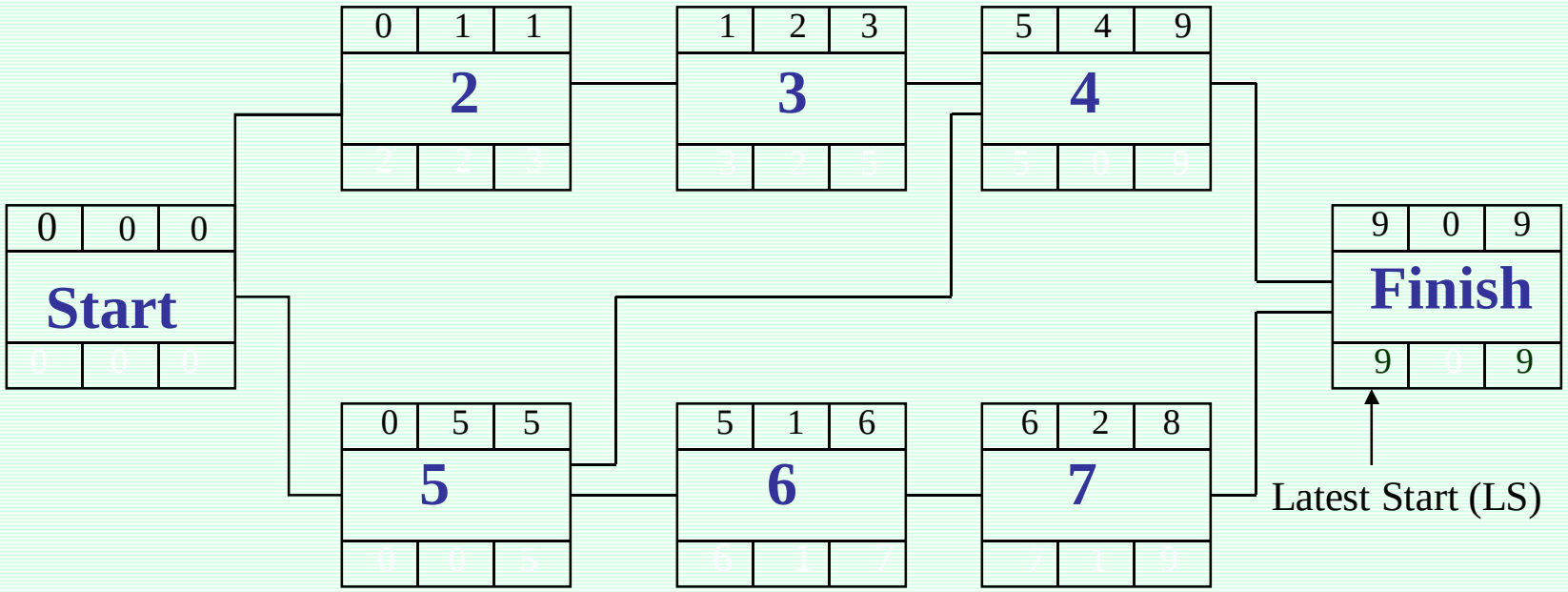
$EF_{(Finish)}$ = زودترین زمان اتمام پروژه

زمانبندی در شبکه گرهی



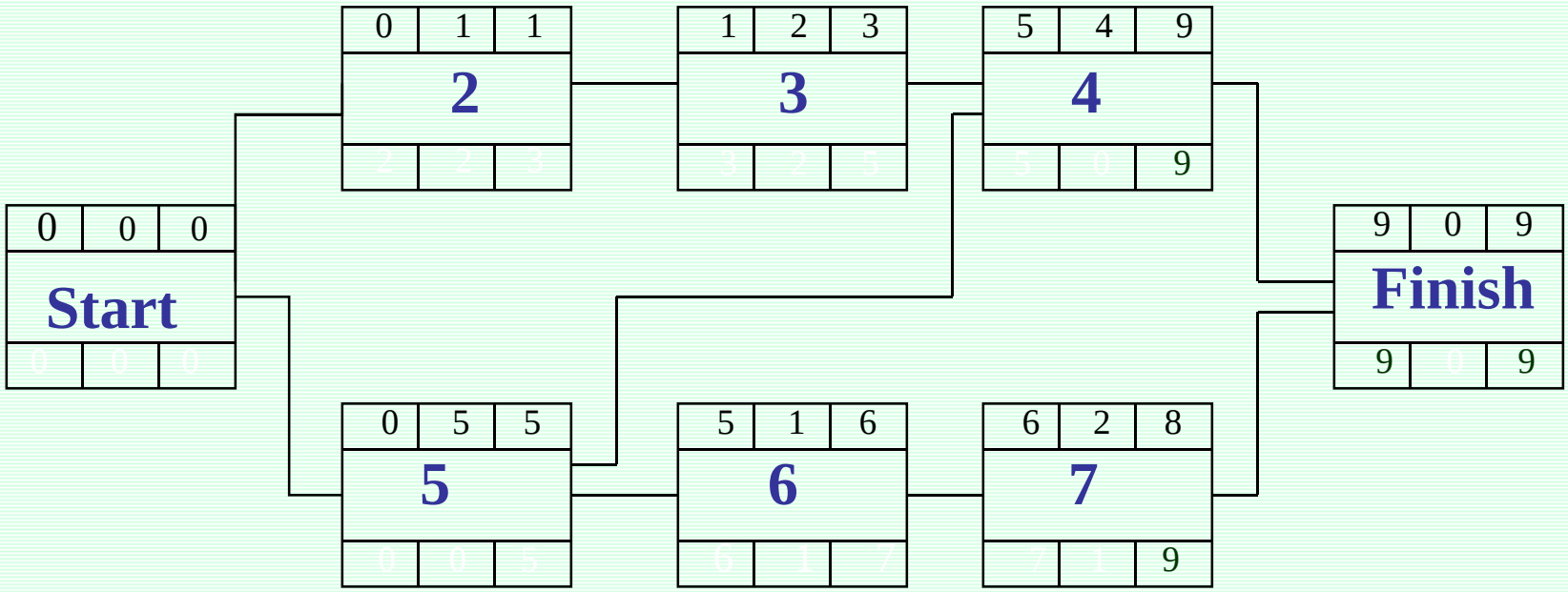
برای فعالیت پایانی داریم : $LF = EF_{(Finish)}$

زمانبندی در شبکه گرهی



LS= LF - D

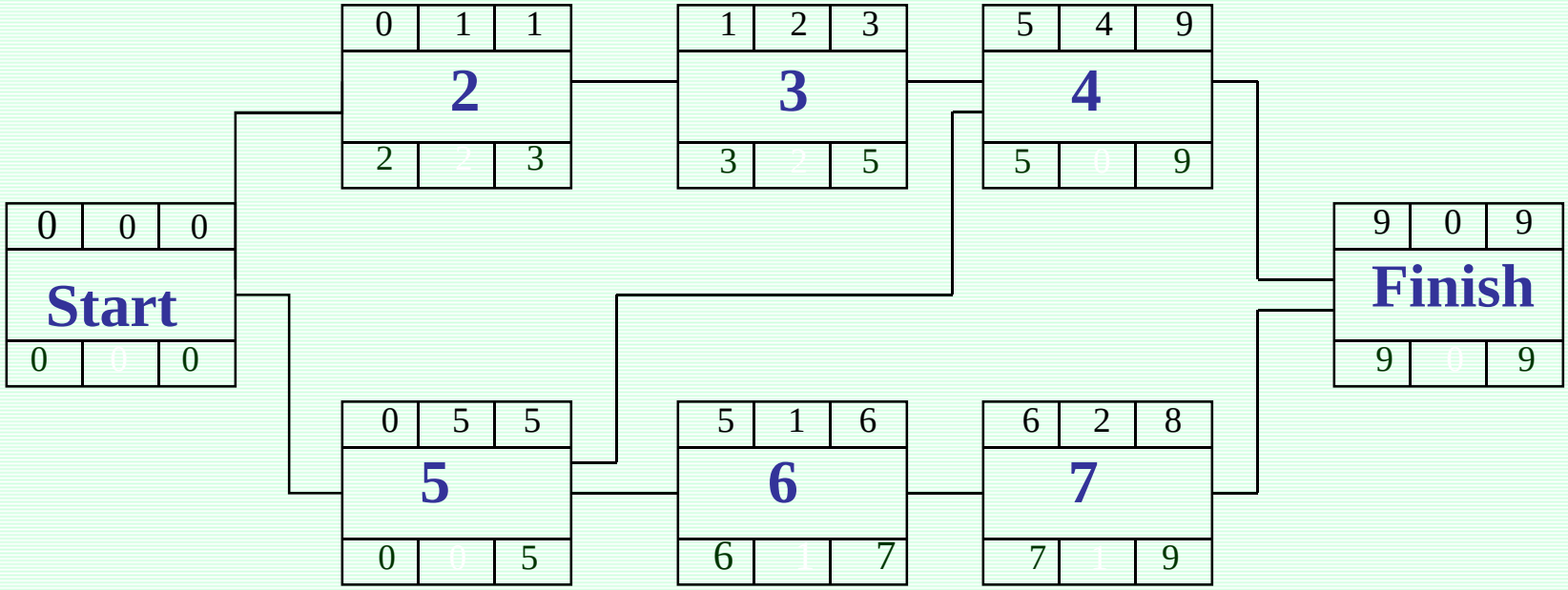
زمانبندی در شبکه گرهی



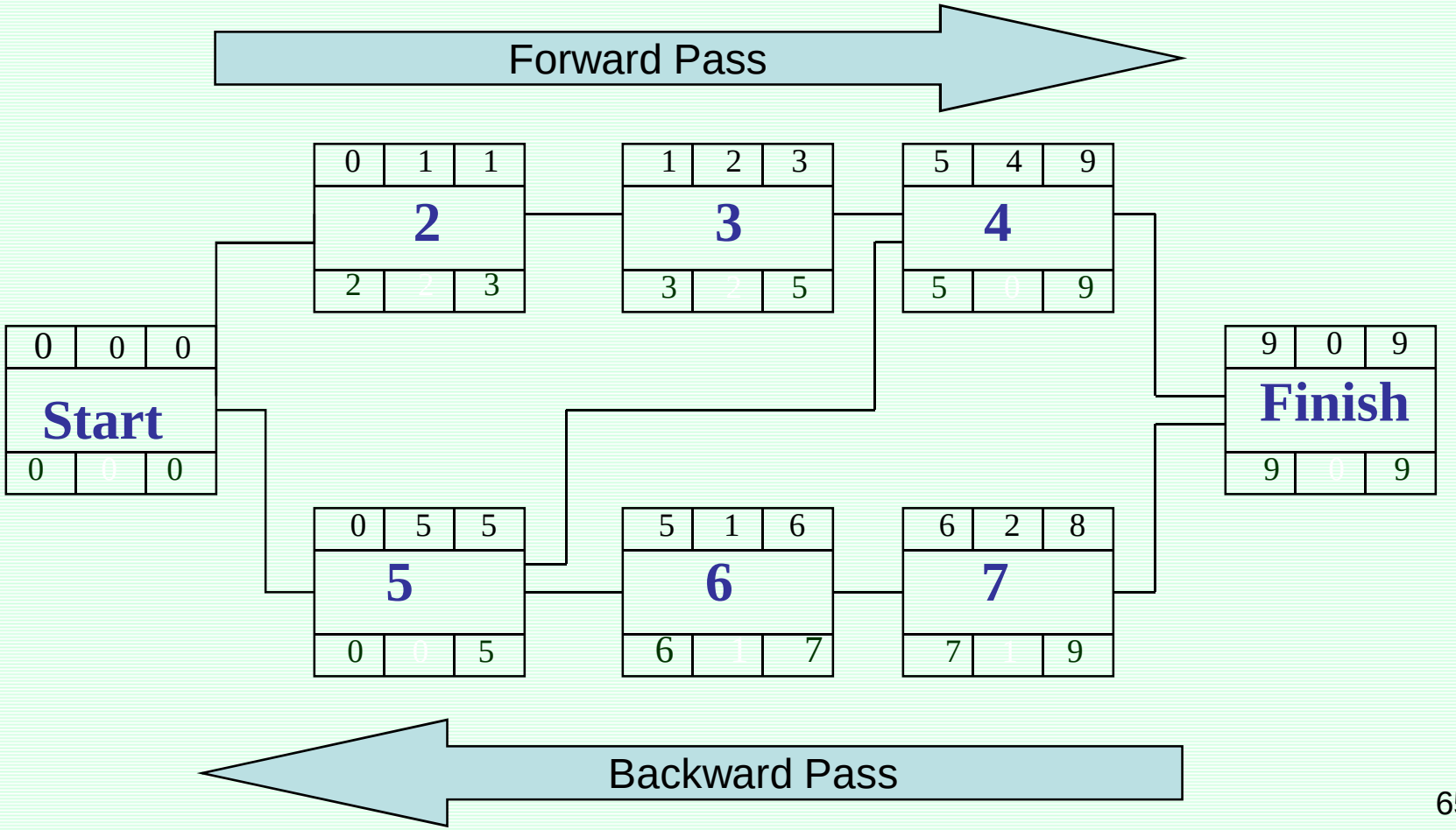
LF= min{LS} for all Succecessor

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

محاسبات زمانبندی پروژه

محاسبات رفت

(Earliest Start) ESi = زودترین زمان شروع فعالیت i

(Earliest Finish) EFi = زودترین زمان پایان فعالیت i

(Duration) Di = مدت زمان فعالیت i

قواعد محاسبات رفت:

A) ES (start) = 0

B) ESi = Max{EFj} j={مجموعه فعالیتهای پیش نیاز فعالیت}

C) EFi =ESi+Di

EF(finish) حداقل زمانی است که پروژه انجام می شود.

محاسبات زمانبندی پروژه

محاسبات برگشت

(Latest Start)	LSi	=	دیرترین زمان شروع فعالیت i
(Latest Finish)	LFi	=	دیرترین زمان پایان فعالیت i
(Duration)	Di	=	مدت زمان فعالیت i

قواعد محاسبات برگشت:

A) LF (finish) = EF(finish)

B) $LFi = Min\{LS_k\}$ $k=\{i$ مجموعه فعالیتهای پس نیاز$\}$

C) LSi =LFi-Di

(LFFinish) می تواند عددی غیر از(EF(Finish باشد(طبیعتا" باید عددی بزرگتر از (EF(Finish باشد) در این صورت ما برای اتمام پروژه مهلتی پیش از حداقل زمان پروژه تعیین کرده.

چند تعریف

شناوری کل فعالیت(Total slaok) Total Float :

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

$$TF = LSi - ESi$$

OR

$$TF = LFi - EFi$$

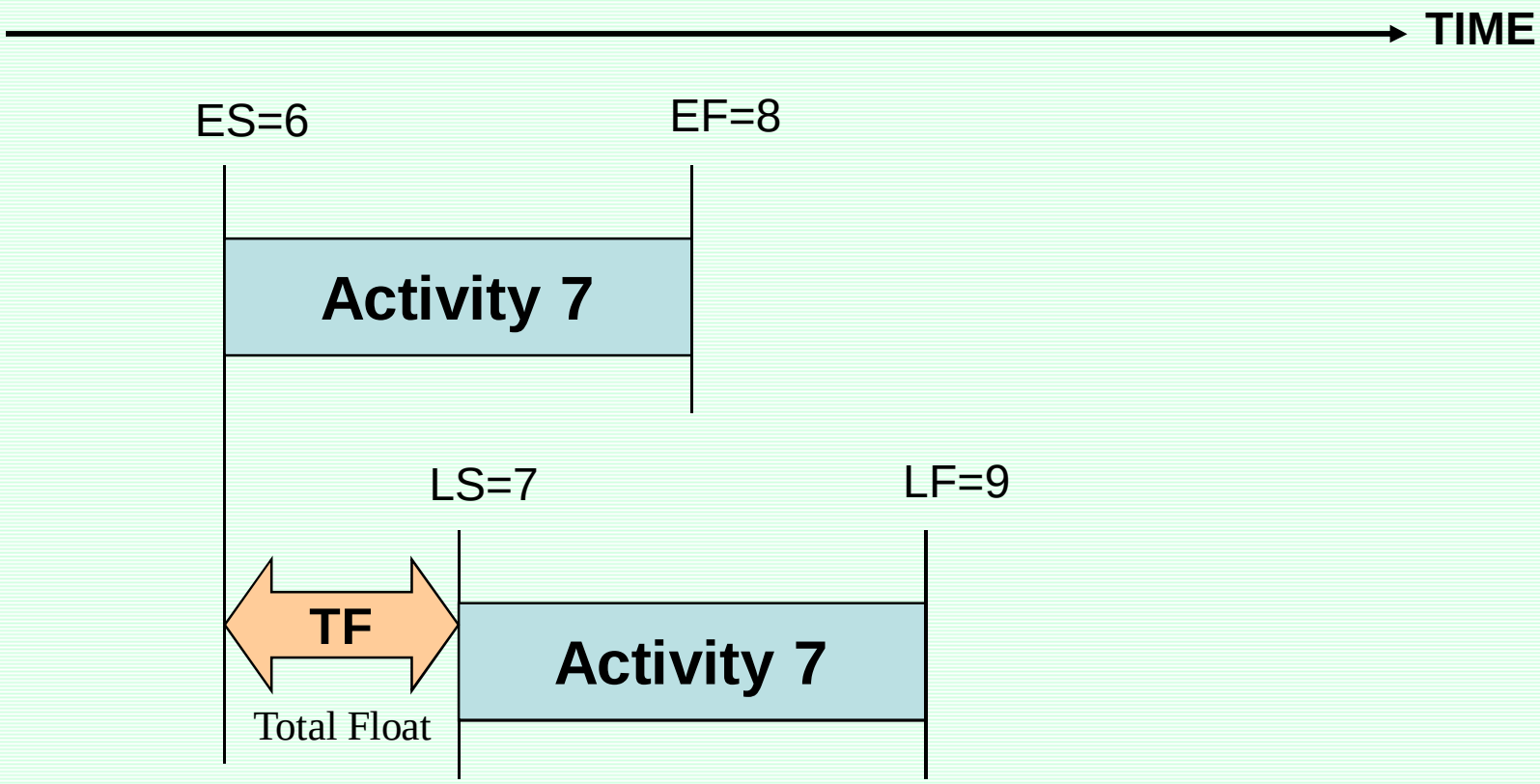
شناوری آزاد(FF)(Free Float) :

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

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

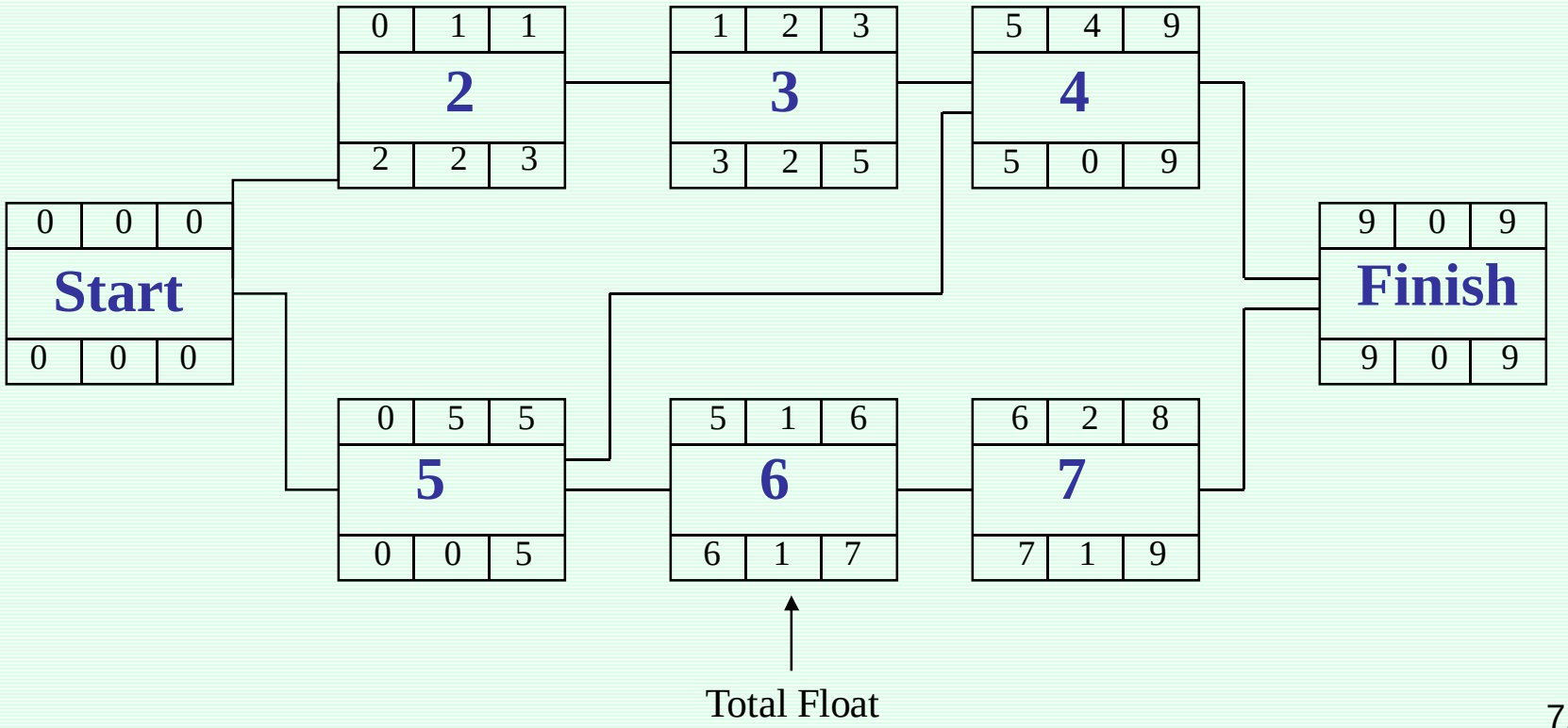
j={i مجموعه فعالیت های پس نیاز }

شناوری کل در شبکه گرهی

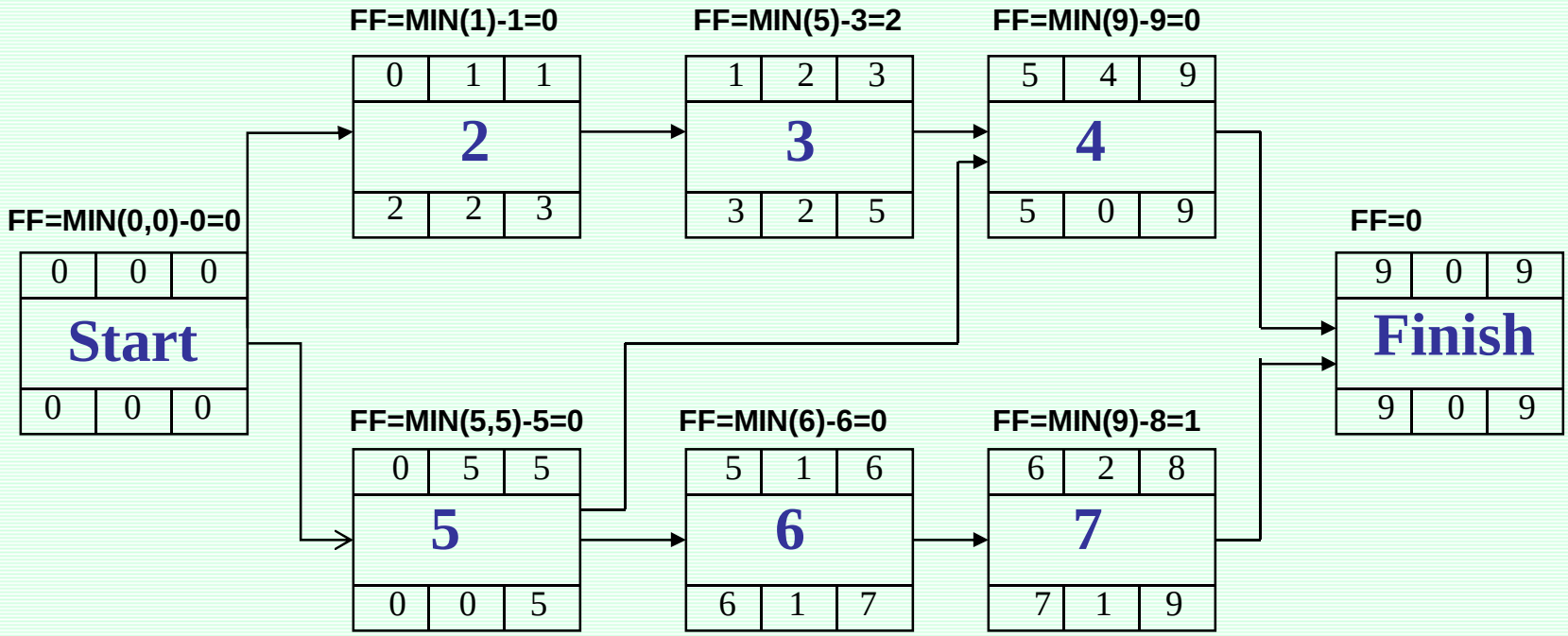


TF=LS-ES or TF=LF-EF

شناوری کل در شبکه گرهی



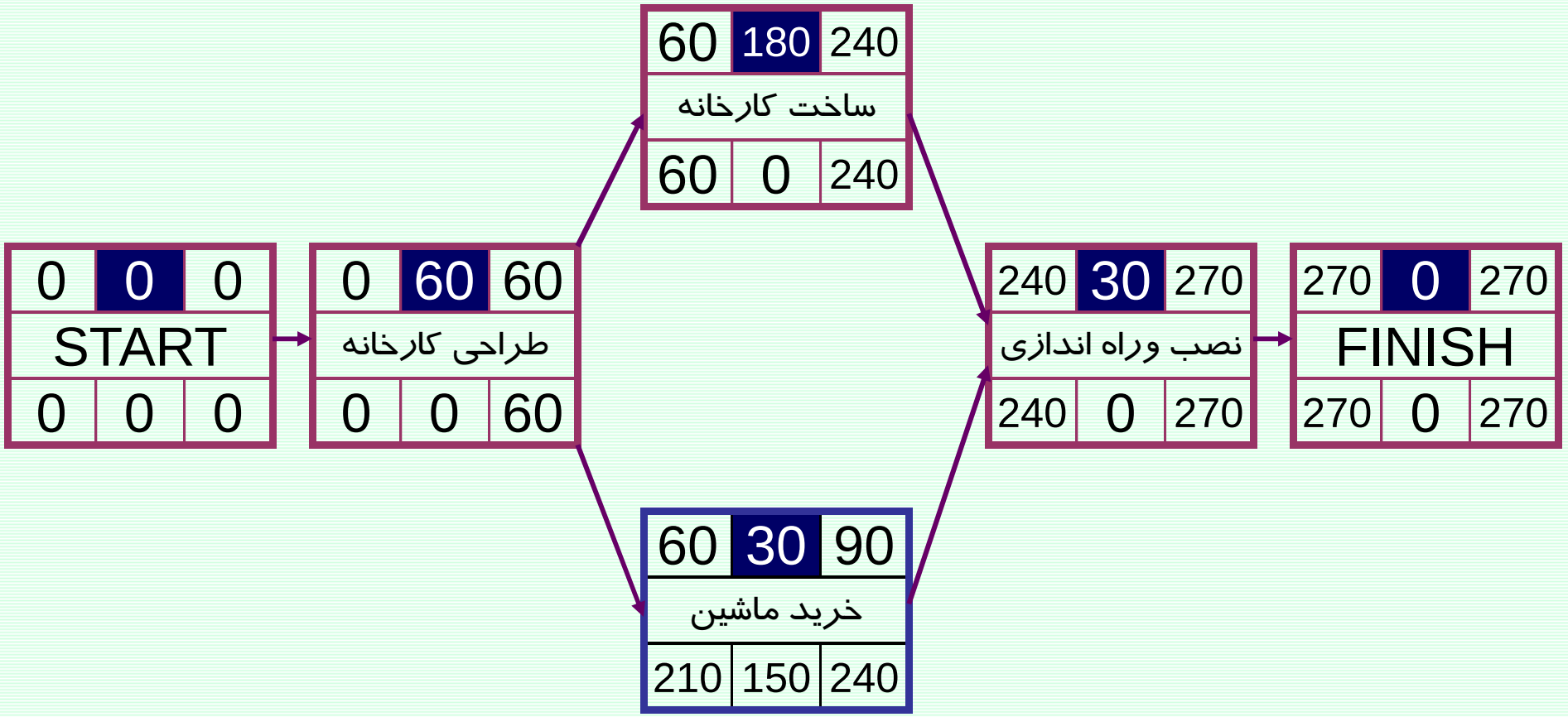
شناوری آزاد در شبکه گرهی



مثال : طراحی وایجاد یک کارخانه را در نظر بگیرید

مقرر شده است که کارخانه‌ای جهت تولید قطعات خودرو ایجاد شود. مطابق بررسی ها انجام شده ابتدا لازم است که طراحی کارخانه (که 60 روز زمان می‌برد) انجام شود. پس از اتمام طراحی، دو فعالیت می‌توانند شروع شوند فعالیت ساخت کارخانه (طی 180 روز) و فعالیت خرید ماشین‌آلات (طی 30 روز) . پس از اتمام فعالیتهای ساخت کارخانه و همچنین خرید ماشین‌آلات، نصب و راه اندازی ماشین آلات در کارخانه طی 30 روز انجام می‌شود.

زمانبندی و همچنین شناوری کل و شناوری آزاد فعالیتها را بدست آورید.


0 0 0
START
0 0 0
0 60 60
طراحی کارخانه
0 0 60
60 180 240
ساخت کارخانه
60 0 240
60 30 90
خرید ماشین
210 150 240
240 30 270
نصب وراه اندازی
240 0 270
270 0 270
FINISH
270 0 270

چند تعریف

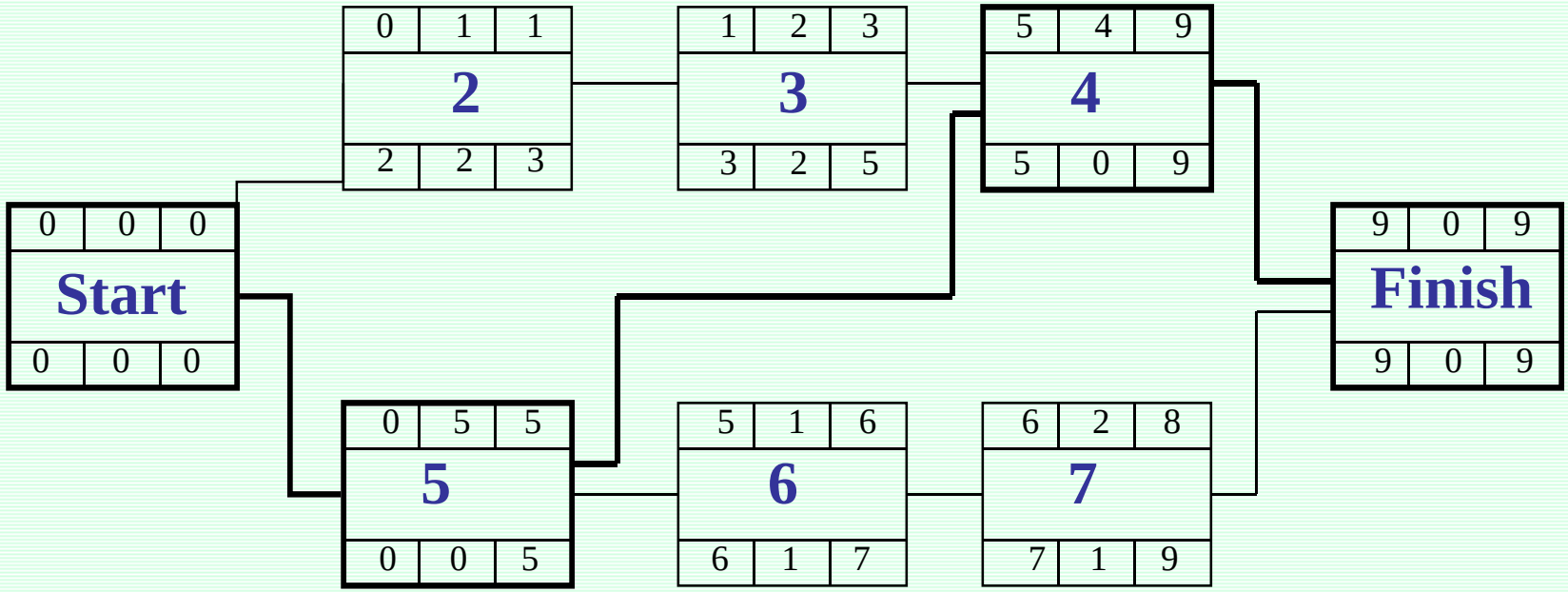
- **مسیر Path**: دنباله‌ای از فعالیتها که از گره شروعی آغاز و به گره پایانی منتهی شوند.

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

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

- درصورتیکه در جرکت 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

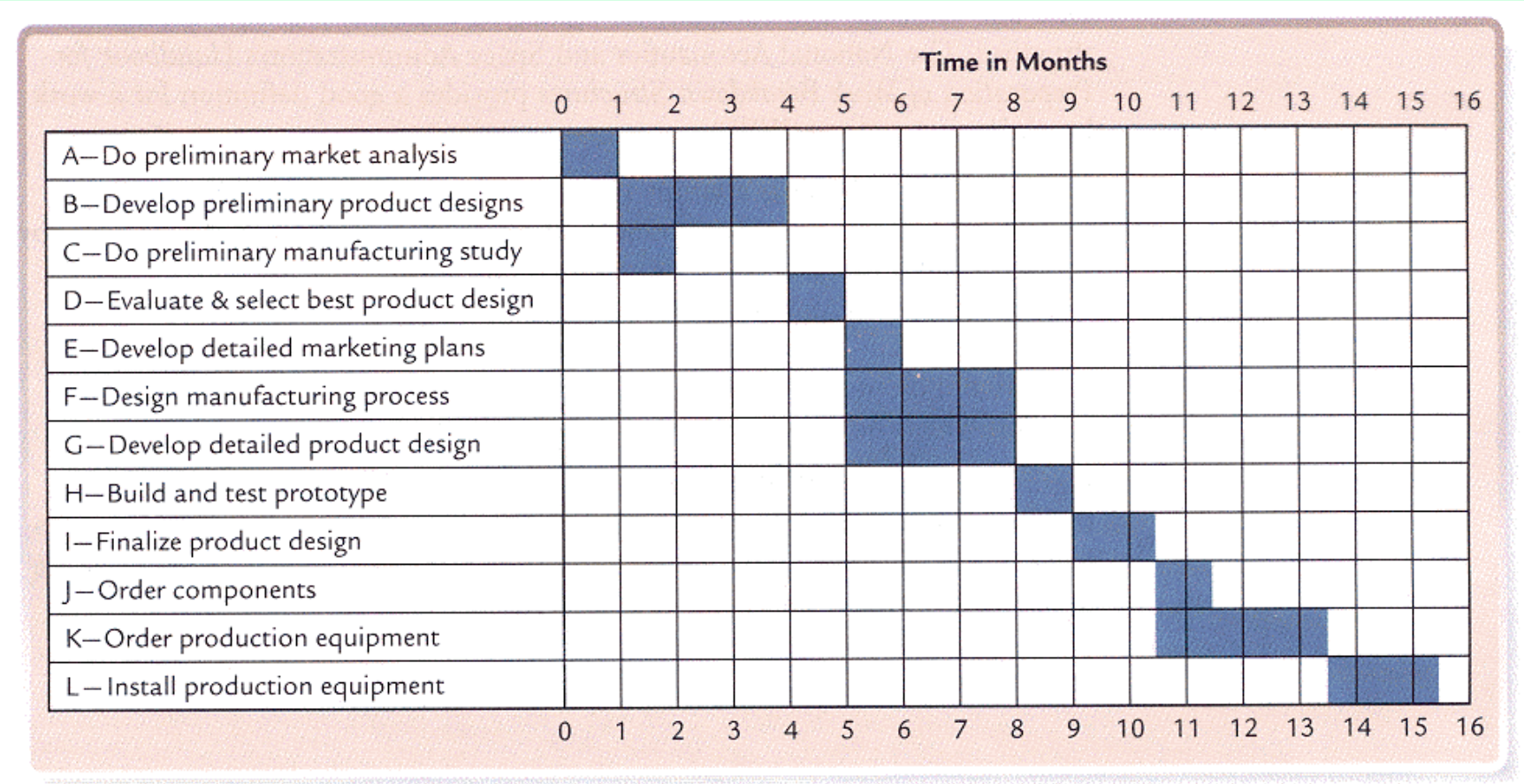


روش زمانبندی که در اسلایدهای قبل اشاره شد به **روش مسیر بحرانی** مشهور است.

CPM

(Critical Path Method)

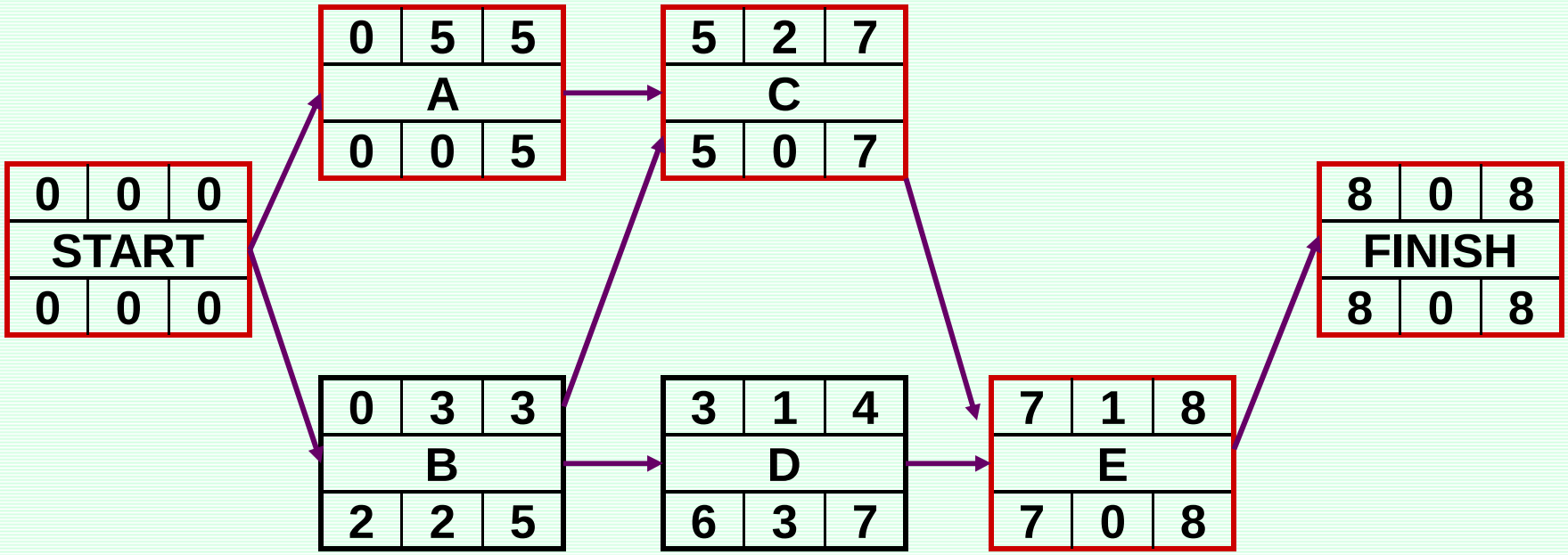
GANTT CHART نمودار گانت



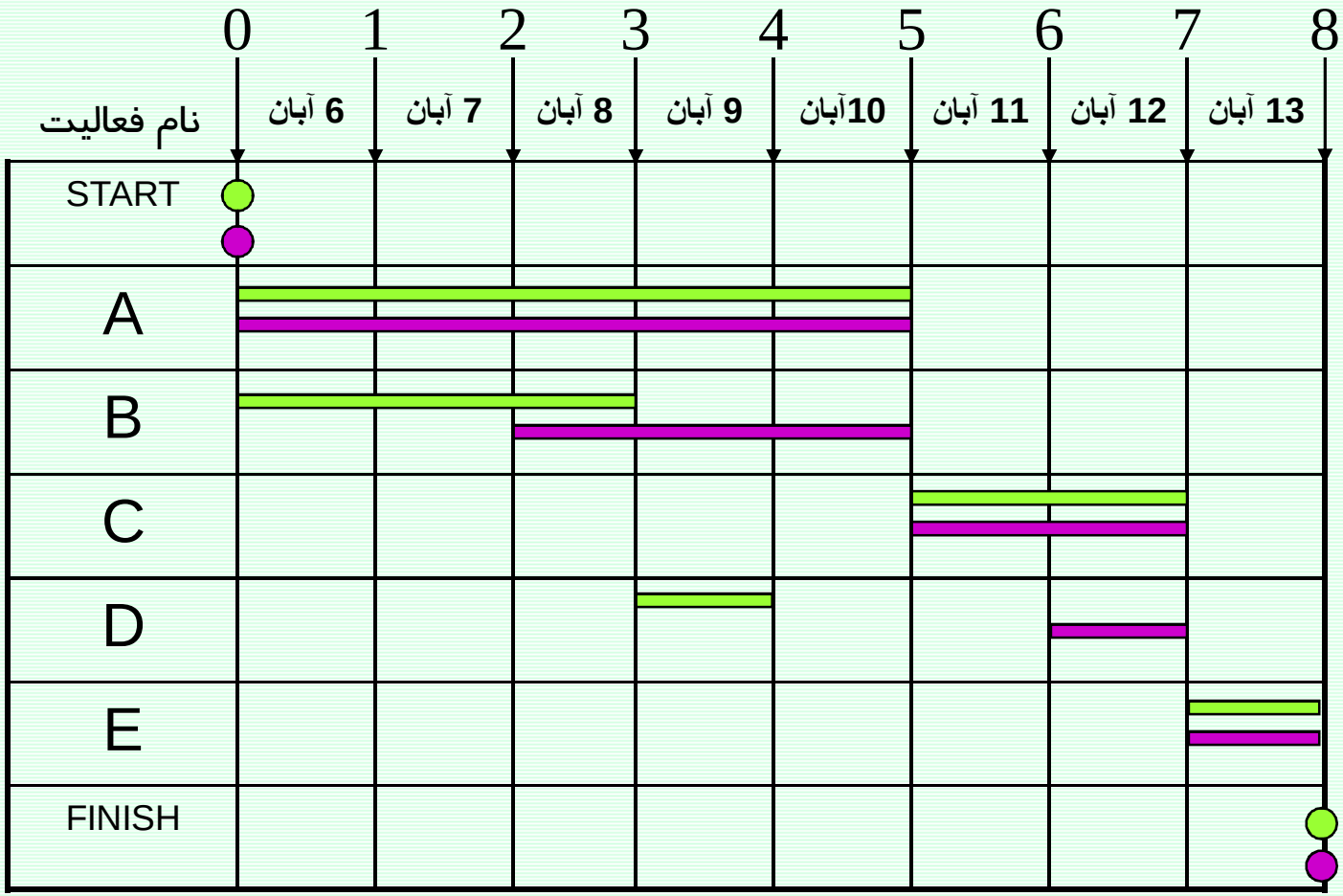
نمودار میله ای زمانبندی پروژه– گانت چارت GANTT CHART

مثال

پروژه با شبکه ی زیر را درنظر بگیرید



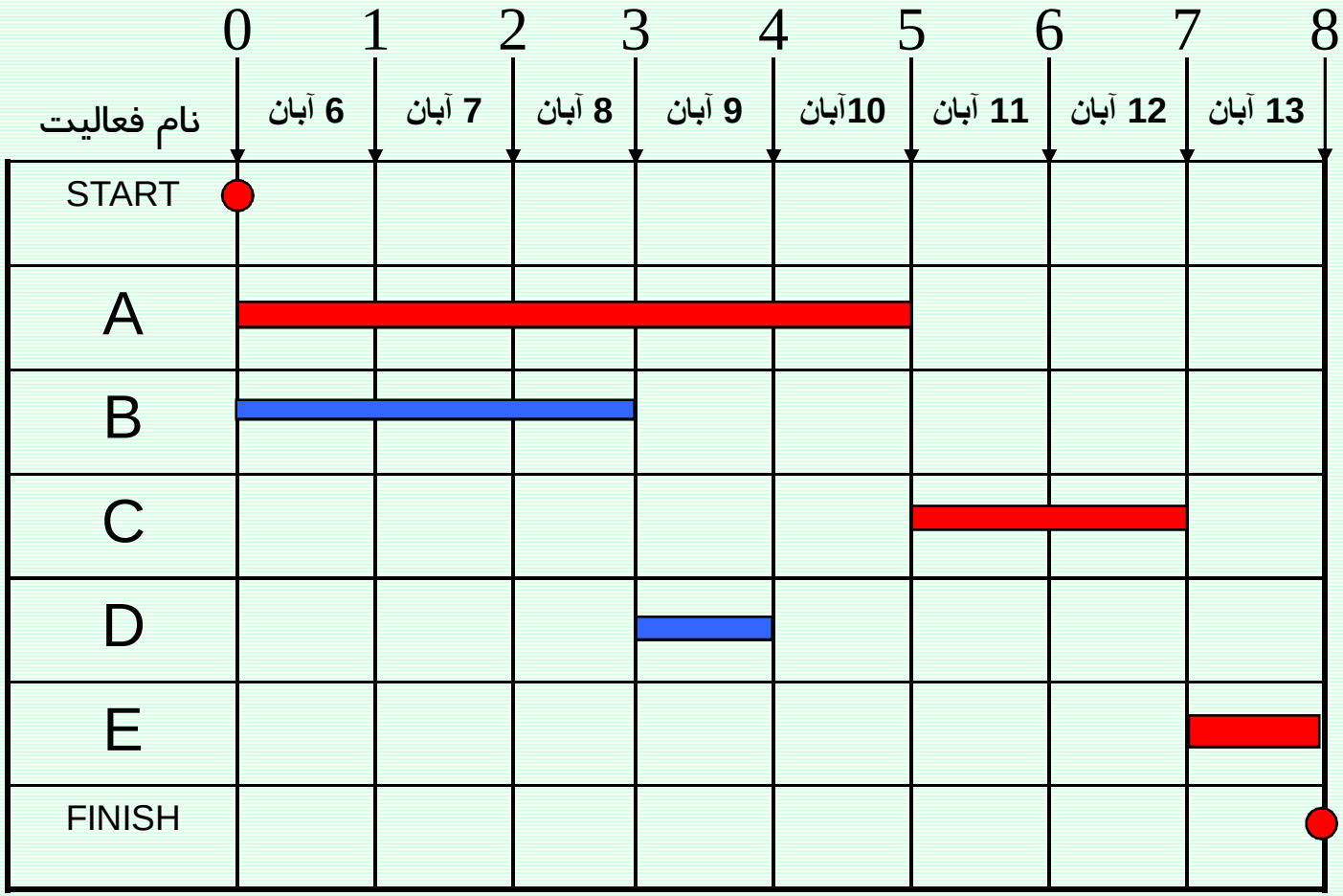
نمودار گانت GANTT CHART



دیرترین زمان

زودترین زمان

نمودار گانت با تعیین فعالیتهای بحرانی

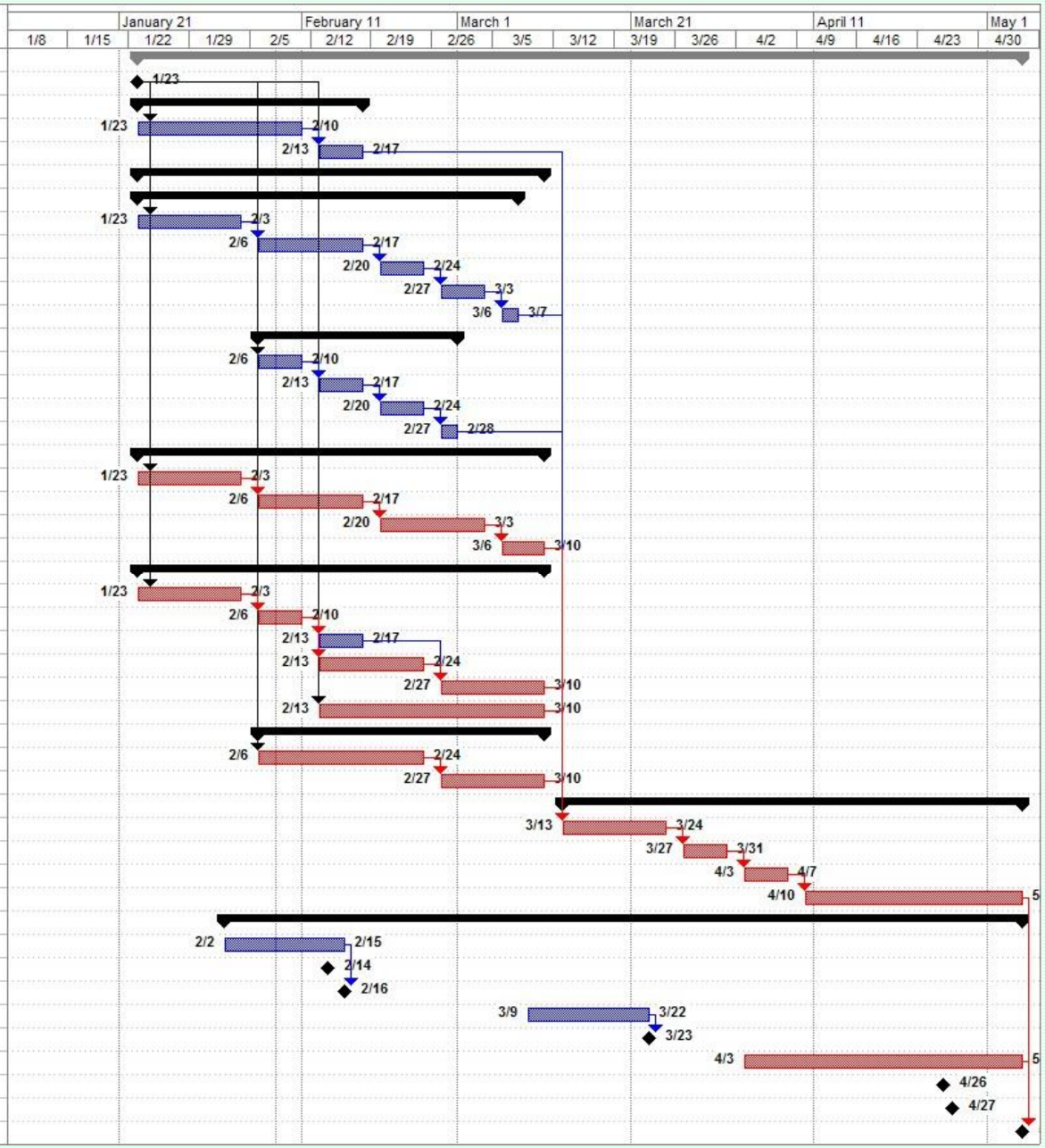


فعالیتهای بحرانی

فعالیتهای غیربحرانی

یک نمونه نمودار گانت

ID	Task Name
0	**Wave Energy Power Generator**
1	1 Project Start
2	**2 Alternator Test**
3	2.1 Set up Alternator test equipment
4	2.2 Obtain performance curves
5	**3 Fabricate prototype subsystems**
6	**3.1 Buoy**
7	3.1.1 Finalize buoy design
8	3.1.2 Purchase buoy material
9	3.1.3 Fabricate mold
10	3.1.4 Fabricate FRP structure
11	3.1.5 Fill with foam
12	**3.2 Spring Reel**
13	3.2.1 Finalize Spring Reel design
14	3.2.2 Purchase Spring Reel material
15	3.2.3 Machine components
16	3.2.4 Assemble components
17	**3.3 Gearbox**
18	3.3.1 Finalize Gearbox design
19	3.3.2 Purchase Gearbox material
20	3.3.3 Machine components
21	3.3.4 Assemble components
22	**3.4 Electronics**
23	3.4.1 Design Electronic circuitry
24	3.4.2 Purchase electronics
25	3.4.3 Set up encoder
26	3.4.4 Set up microcontroller
27	3.4.5 Assemble circuitry
28	3.5 Fabricate Other components
29	**4 Develop control system**
30	4.1 Design control system
31	4.2 Program microcontroller
32	**5 Prototype testing**
33	5.1 Assemble prototype
34	5.2 Set up test equipment
35	5.3 Size flywheel
36	5.4 Test and validate prototype
37	**6 Reports and Presentations**
38	6.1 Preparations for Written Report and Progress Presentation I
39	6.2 Written Report due
40	6.3 Project Plan & Progress Presentation I
41	6.4 Preparations for Progress Presentation II
42	6.5 Progress Presentation II
43	6.6 Preparations for Design Day, Final Report and Presentation
44	6.7 Design Day
45	6.8 Final Report Due
46	6.9 Final Presentation



تنظیم برنامه مبنای پروژه یا (Baseline):

در اکثر پروژه ها در پایان مرحله برنامه ریزی یک زمانبندی پروژه تحت عنوان برنامه اولیه یاBaseline ارائه می شود که مبنای کنترل اجرای پروژه می شود برنامهBaseline 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

شبکه های 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.

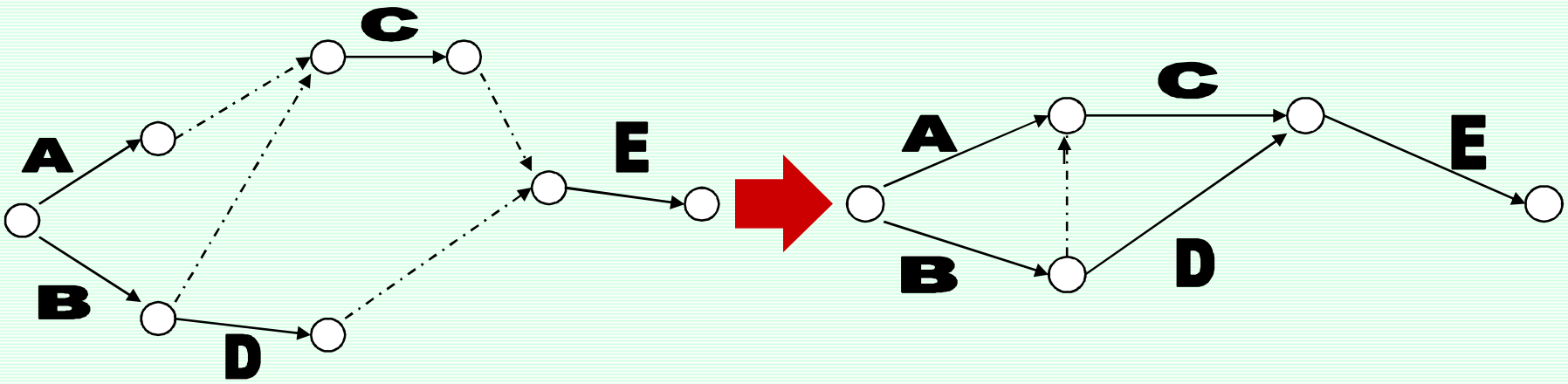
5) برای تعریف برخی از وابستگی های بین فعالیت ها می توانیم از فعالیت موهومیDummy Actirity استفاده کنیم. فعالیت موهومی وجود خارجی ندارد، مدت زمان صفر بوده و فقط برای ترسیم شبکه کشیده می شود.

در شبکه می بایست حاقل 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.

مثال

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



محاسبات زمانبندی پروژه در شبکه‌های برداری

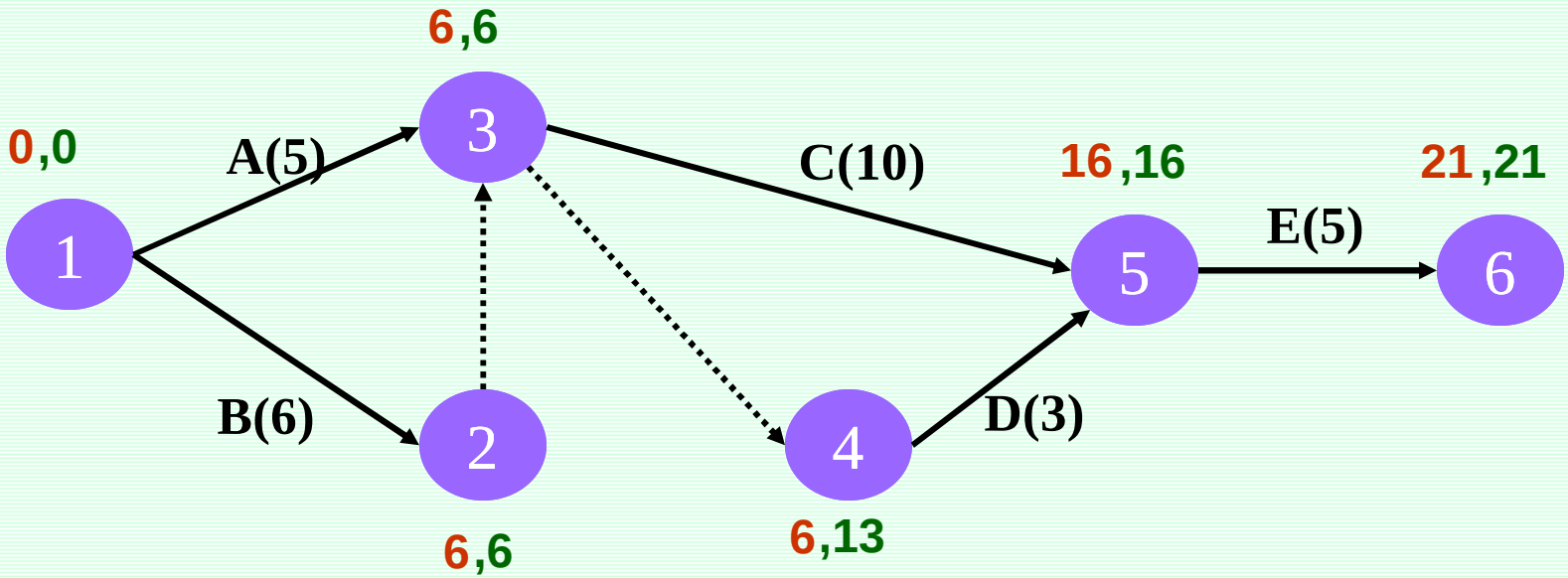
مثال

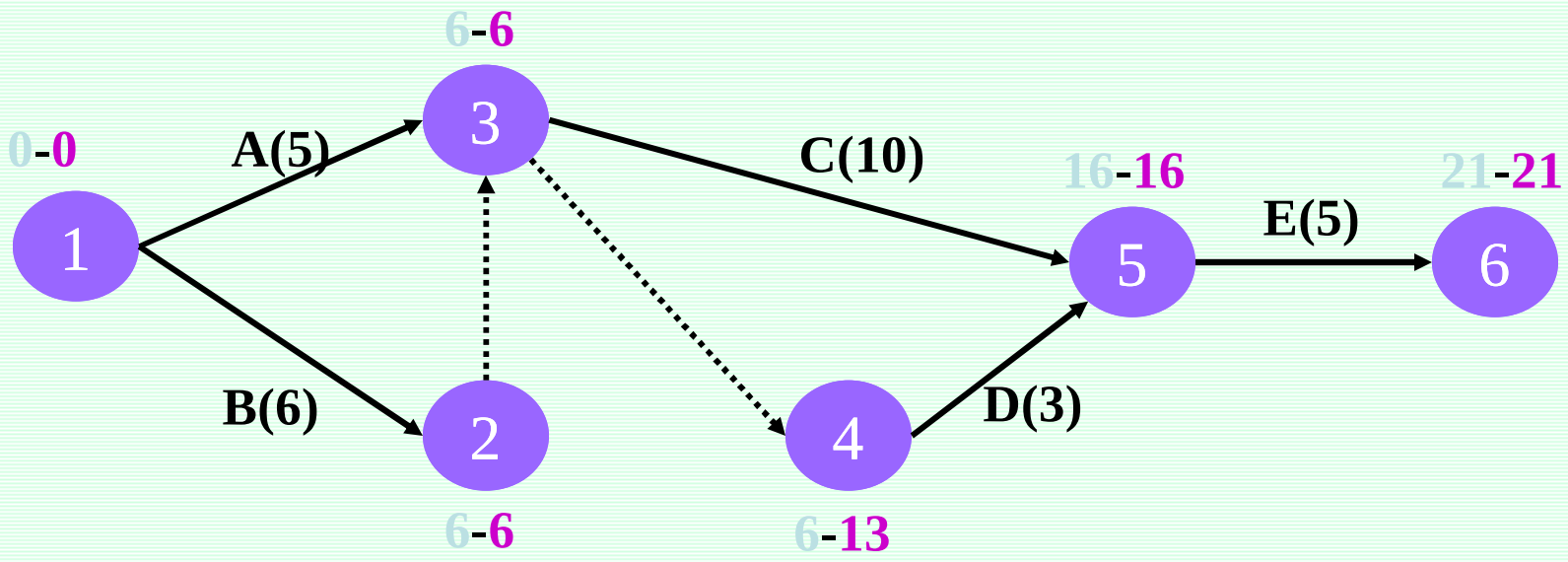
پیش نیاز	فعالیت	مدت زمان (روز)
--	A	5
--	B	6
A,B	C	10
A,B	D	3
D,C	E	5

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 زمانبندی در شبکه برداری

محاسبات رفت

زودترین زمان وقوع گره شروعی = **0**

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

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

محاسبات زمانبندی در شبکه برداری

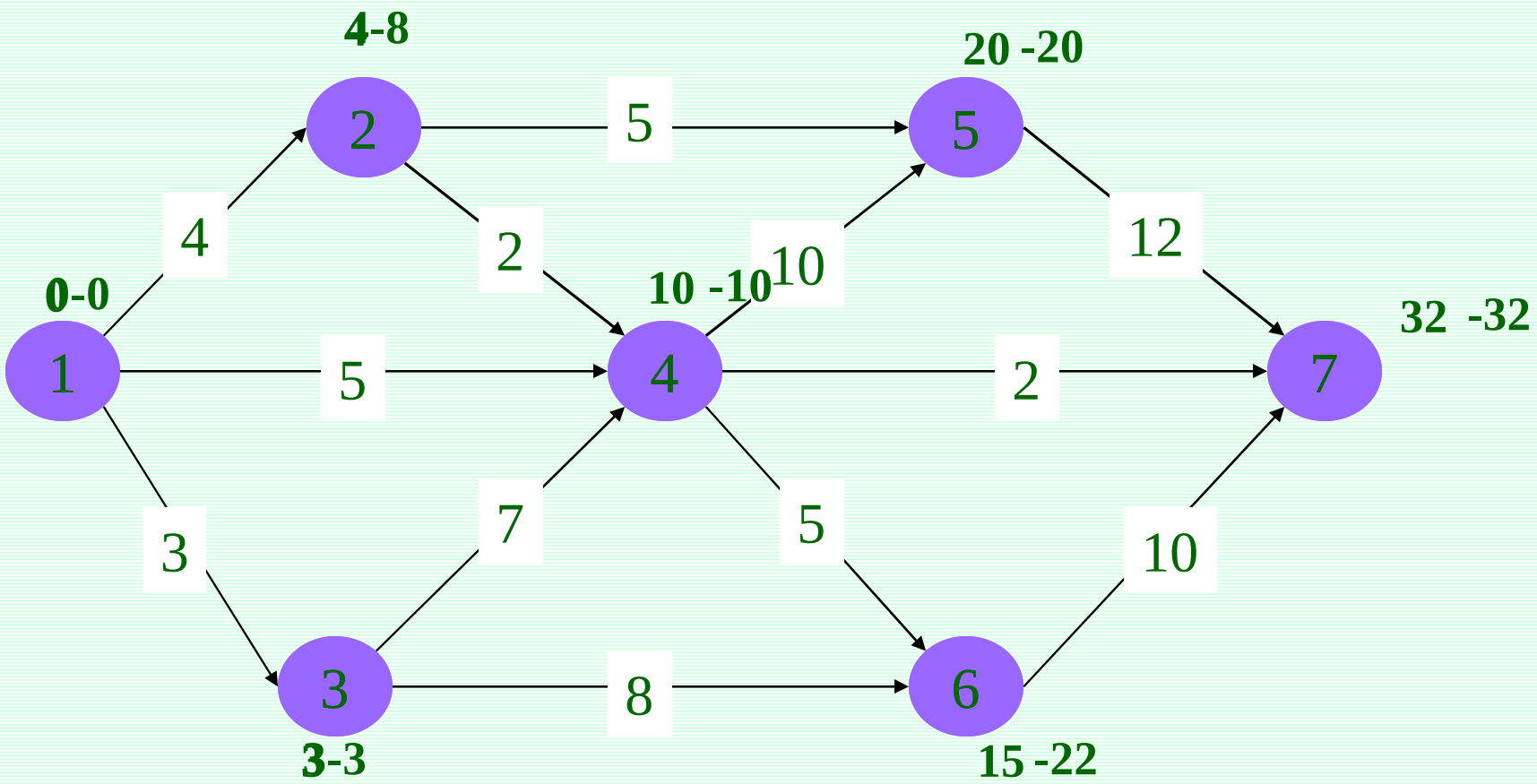
زودترین زمان وقوع گره **i** = **ES** زودترین زمان شروع فعالیت **i - j**

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

دیرترین زمان وقوع **j** = **LF** دیرترین زمان پایان فعالیت **i – j**

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

مثال



مثال

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

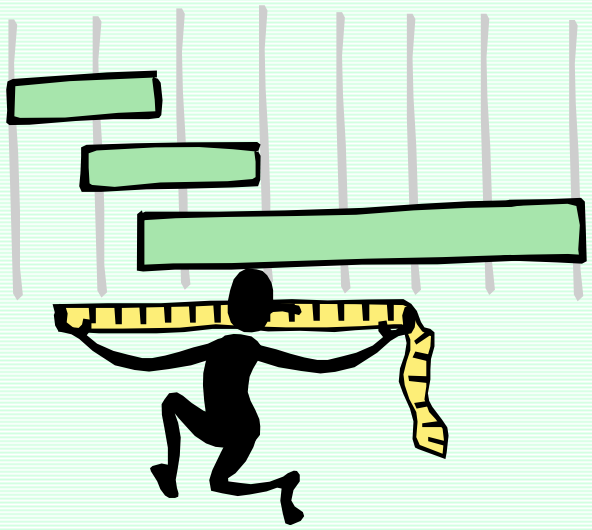
بنام خدا

برنامه ریزی و کنترل پروژه

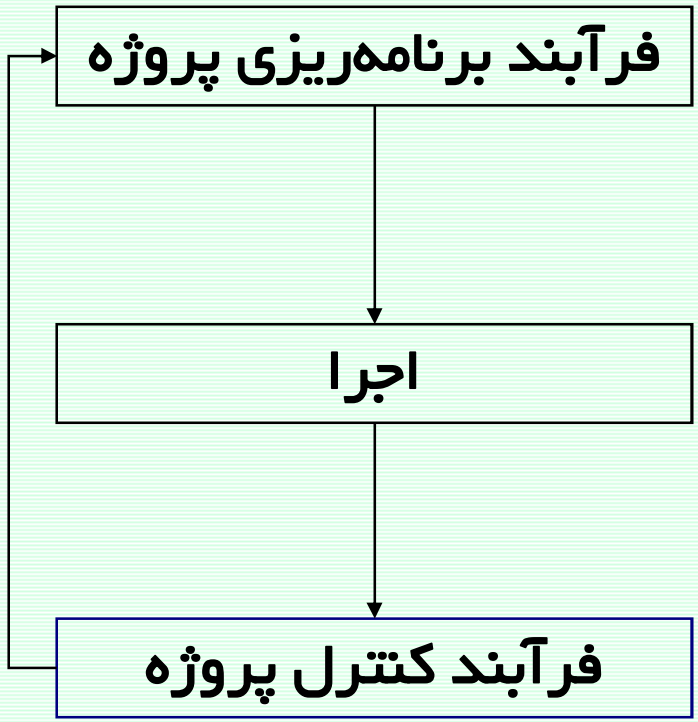
جزوه شماره 2- کنترل پروژه

استاد: امیرعباس نجفی

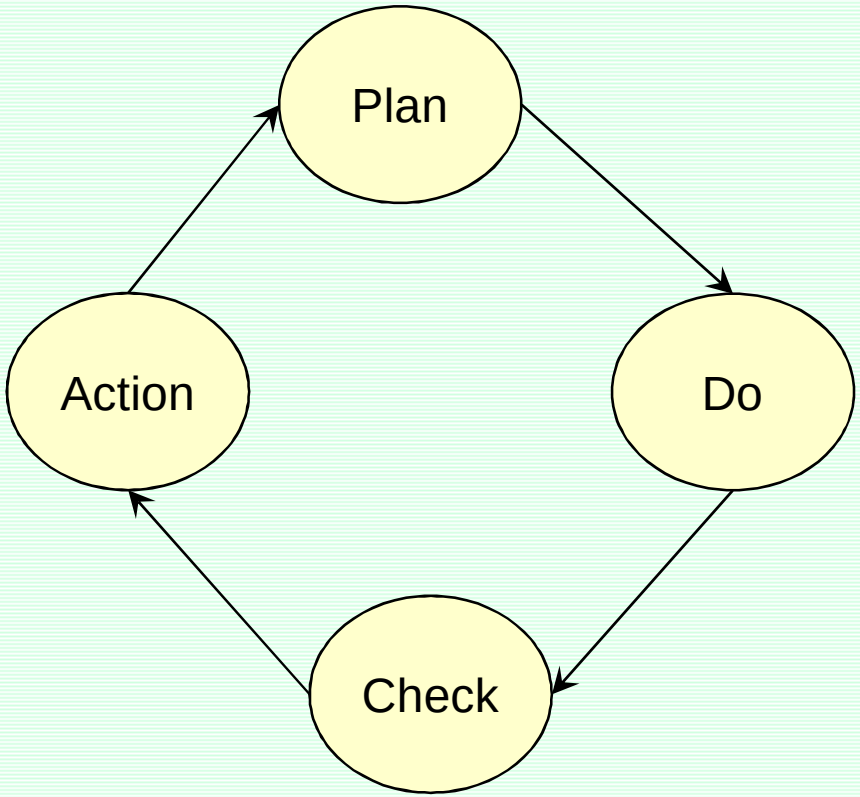
فرآیند کنترل پروژه



مقدمه‌ای بر کنترل پروژه



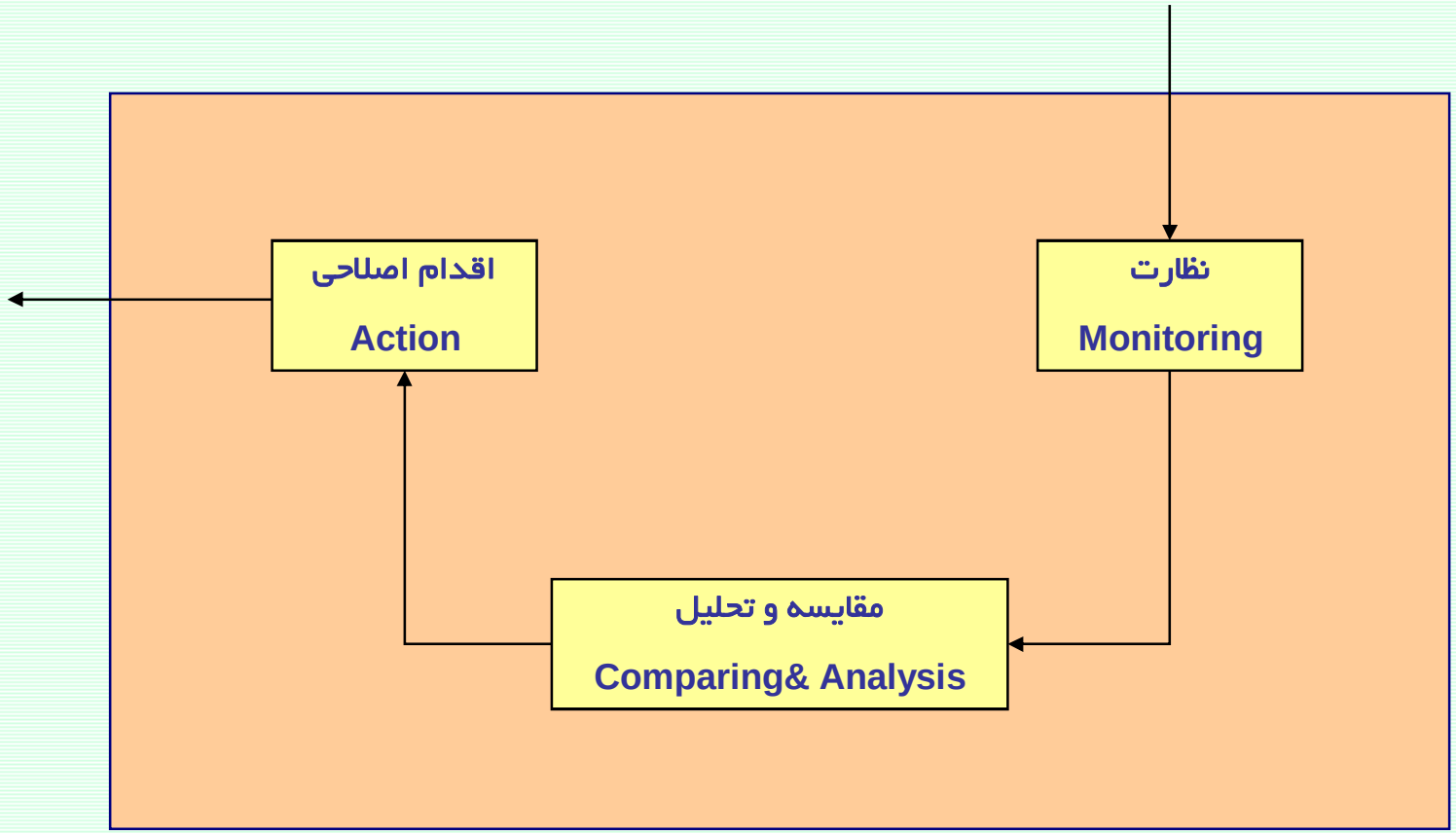
ارتباط فرآیندهای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه



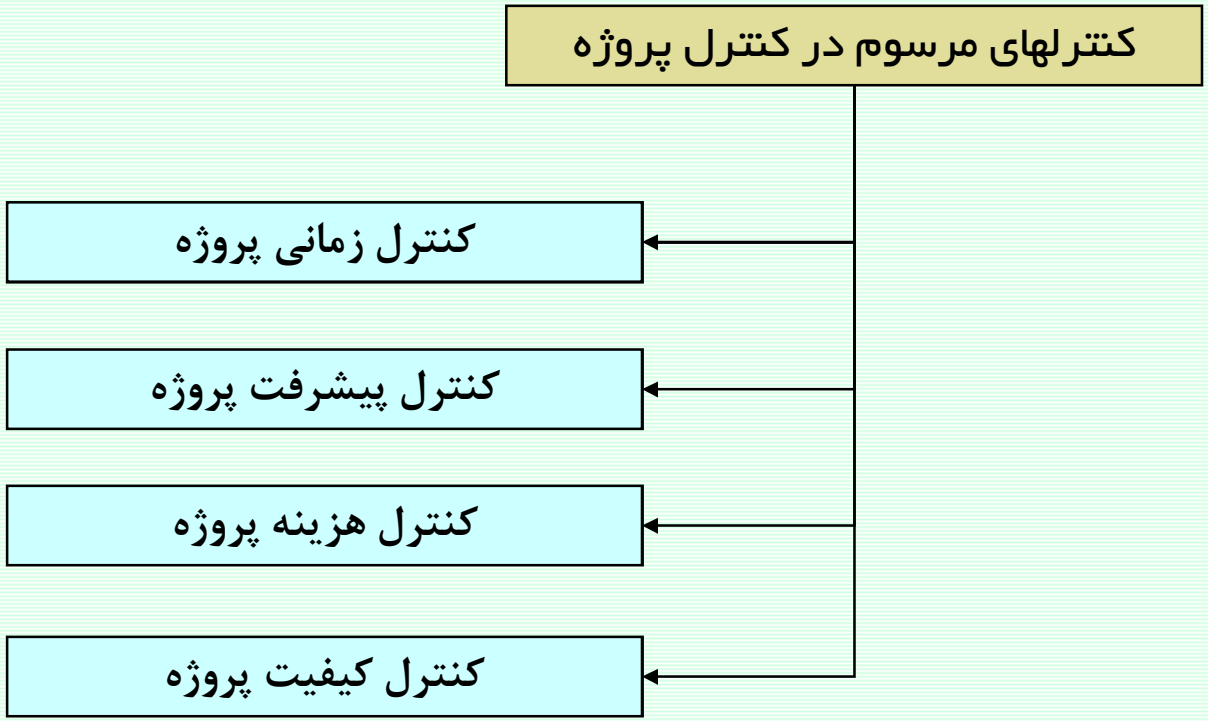
چرخه دمینگ در برنامه‌ریزی و کنترل

فرآیند کنترل پروژه

تجزیه فرآیند کنترل پروژه



فرآیند کنترل پروژه



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 سئوال فوق، می‌توان به سئوالات زیر نیز پاسخ داد:

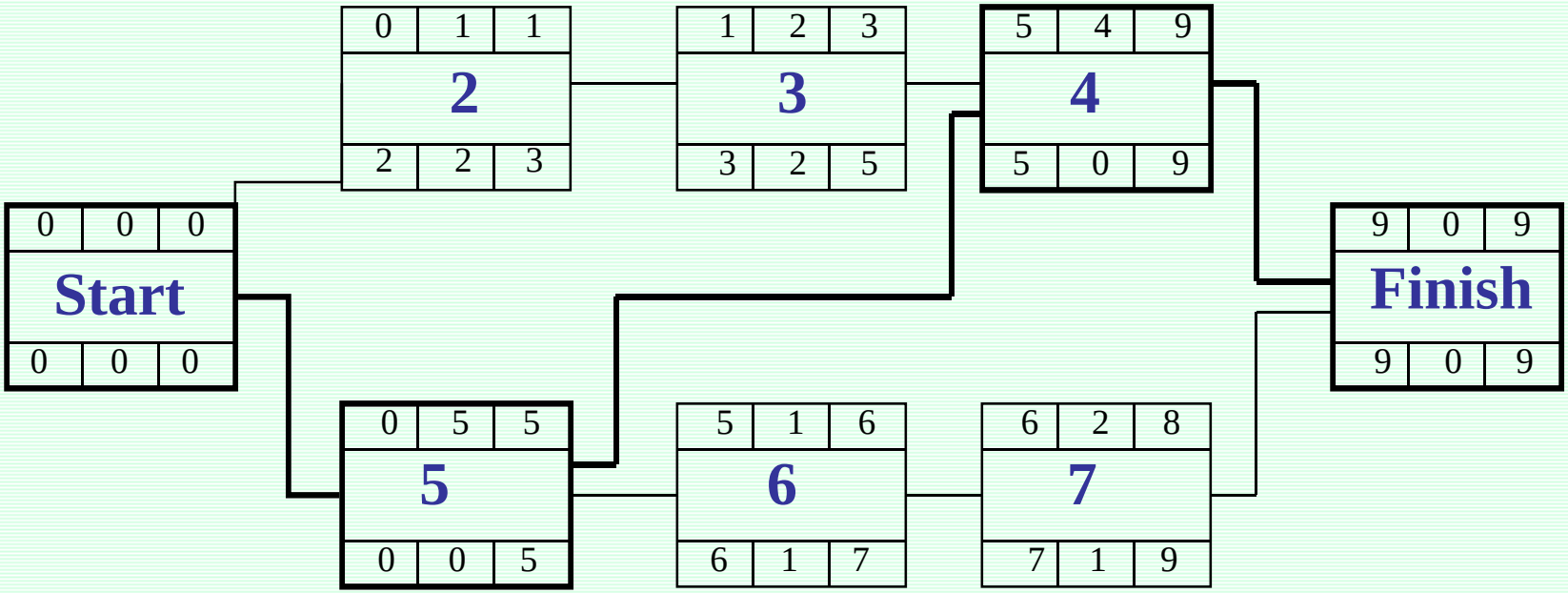
- **میزان تاخیر (و یا جلوافتادگی) پروژه در شرایط کنونی چقدر می‌باشد؟**
- **در صورتیکه پروژه دچار تاخیر شده، تاخیر مذکور از چه فعالیتهایی ریشه گرفته و علل آن چیست؟**
- **برنامه زمانبندی جدید پروژه در شرایط جدید چیست؟ (زمانبندی بهنگام)**
- **مسیر بحرانی جدید پروژه کدام است و شناوری فعالیتها به چه مقداری تغییر یافته؟**

کنترل زمانی پروژه

برای انجام کنترل زمانی باید به این سوالات پاسخ دهیم :

- آیا فعالیت شروع شده است یا خیر؟ در صورتی که شروع شده، تاریخ وا قعی شروع فعا لیت چیست؟
- آیا فعالیت به اتمام رسیده است؟ در صورتی که به اتمام رسیده، تاریخ واقعی پایان فعالیت چیست؟
- در صورتی که فعالیتی شروع شده و به اتمام نرسیده، چه‌مدت از اجرای آن باقی مانده هست؟

مثال برای کنترل زمانی پروژه



شبکه گرهی یک پروژه

مثال برای کنترل زمانی پروژه

نمودار گانت پروژه

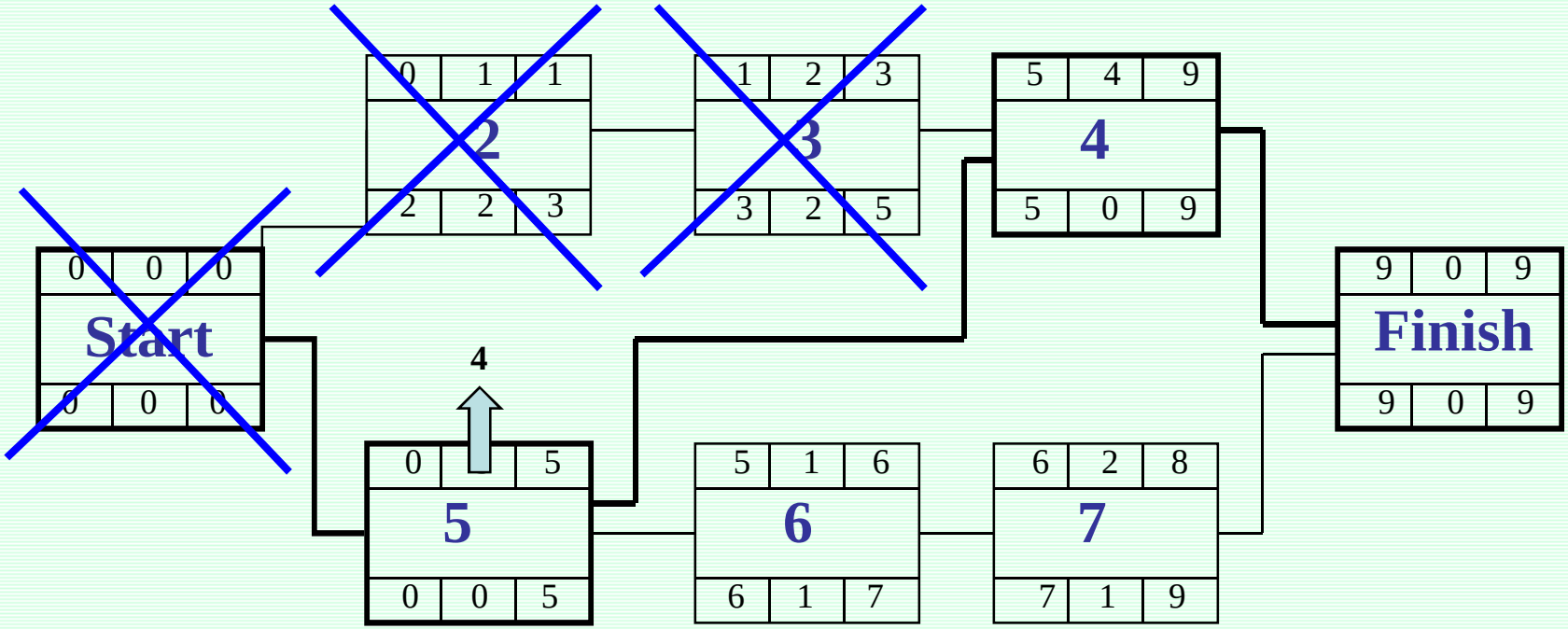
نام/کد فعالیت	10 بهمن	11 بهمن	12 بهمن	13 بهمن	14 بهمن	15 بهمن	16 بهمن	17 بهمن	18 بهمن
Start									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Finish									

مثال برای کنترل زمانی پروژه

در پایان مورخ 12 بهمن (سه روز پس از شروع پروژه) گزارشی شامل اطلاعات ذیل دریافت می‌شود:

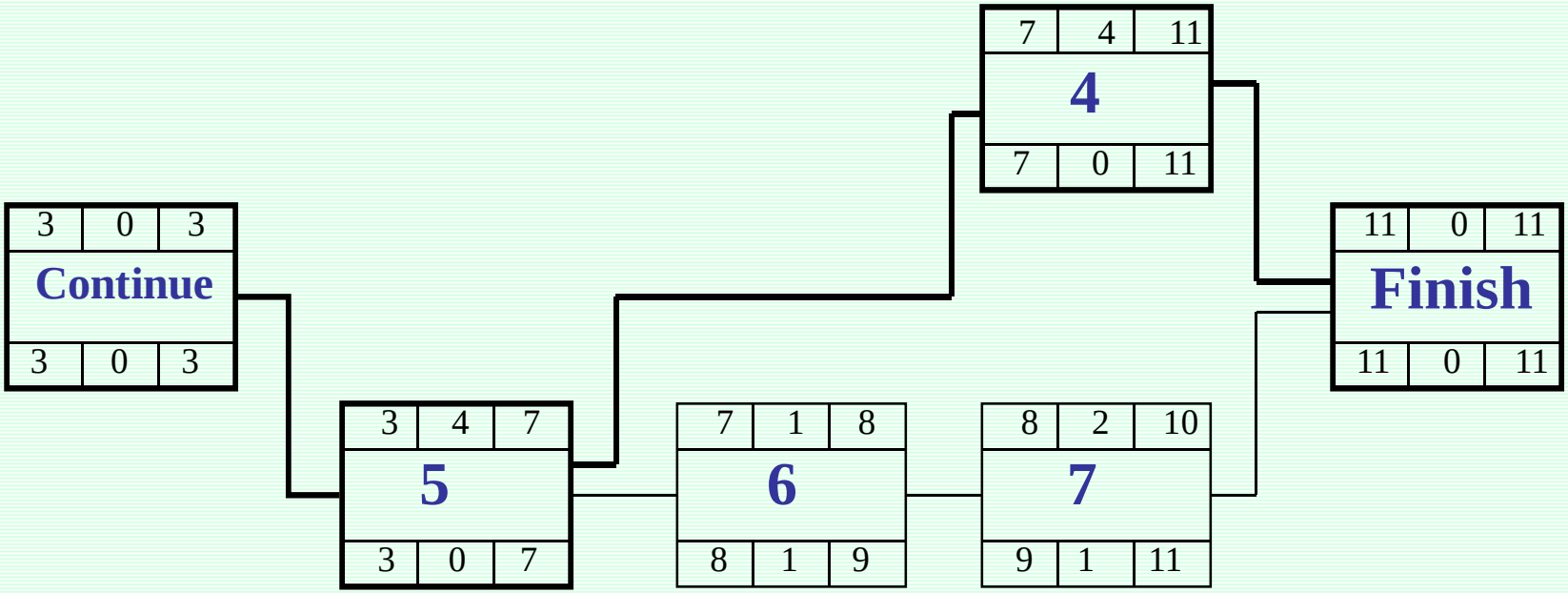
کد فعالیت	تاریخ شروع واقعی	تاریخ پایان واقعی	مدت زمان باقیمانده
2	10 بهمن ساعت 8	10 بهمن ساعت 17	
3	11 بهمن ساعت 8	12 بهمن ساعت 17	
5	12 بهمن ساعت 8	-	4
سایر فعالیتها شروع نشده اند.			

مثال برای کنترل زمانی پروژه



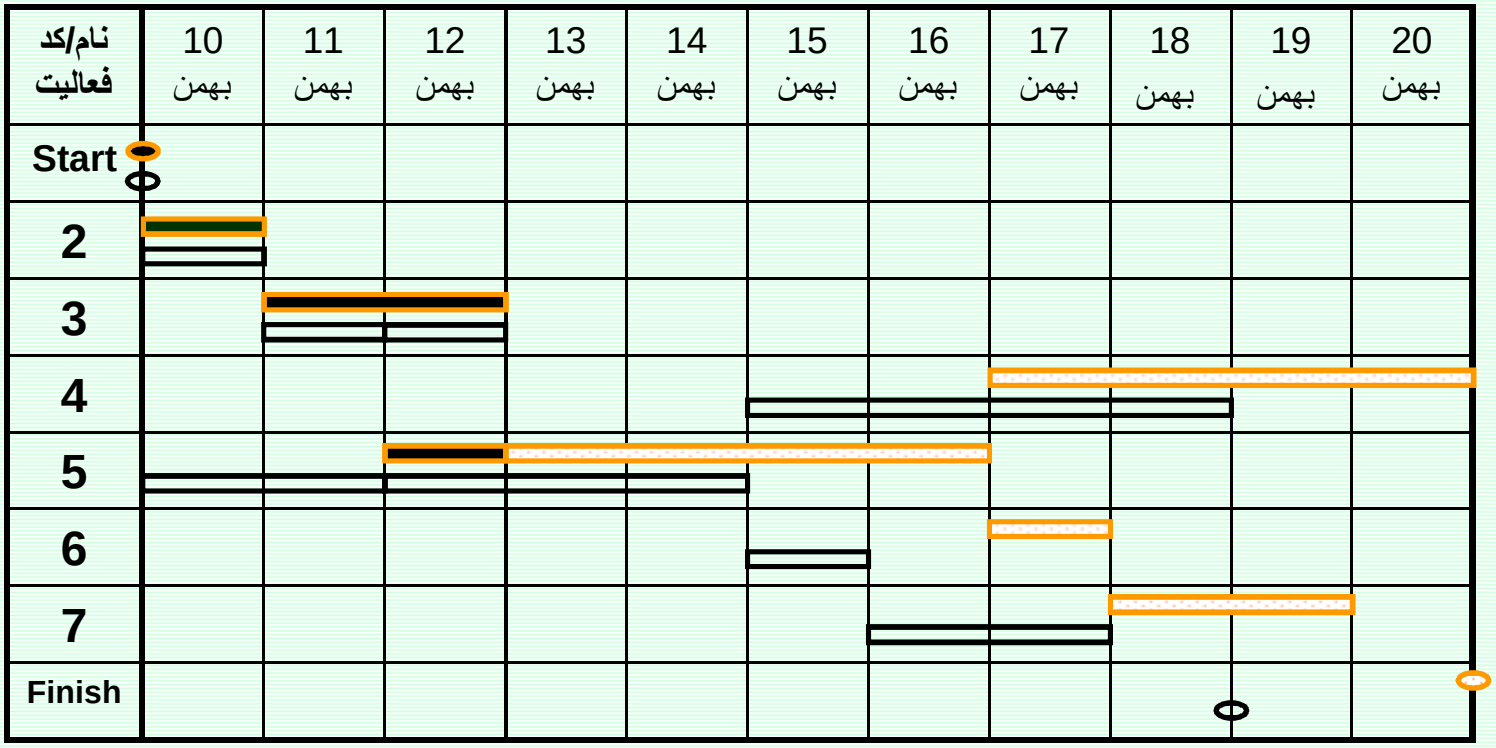
مثال برای کنترل زمانی پروژه

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)

فرآیند کنترل پروژه

مثال برای کنترل زمانی پروژه

نتیجه گیری و تحلیلهای مربوطه:

- **پروژه دچار دو روز تاخیر زمانی شده است.**
- **تاخیر دو روزه پروژه بعلت تاخیر در شروع فعالیت 5 بوده است.**
- **برنامه زمانبندی جدید پروژه در نمودار گانت بهنگام ارائه شد.**
- **مسیر بحرانی جدید پروژه کماکان فعالیتهای 4و5 می باشند. شناوری جدید فعالیتها در شبکه بهنگام محاسبه شده است.**

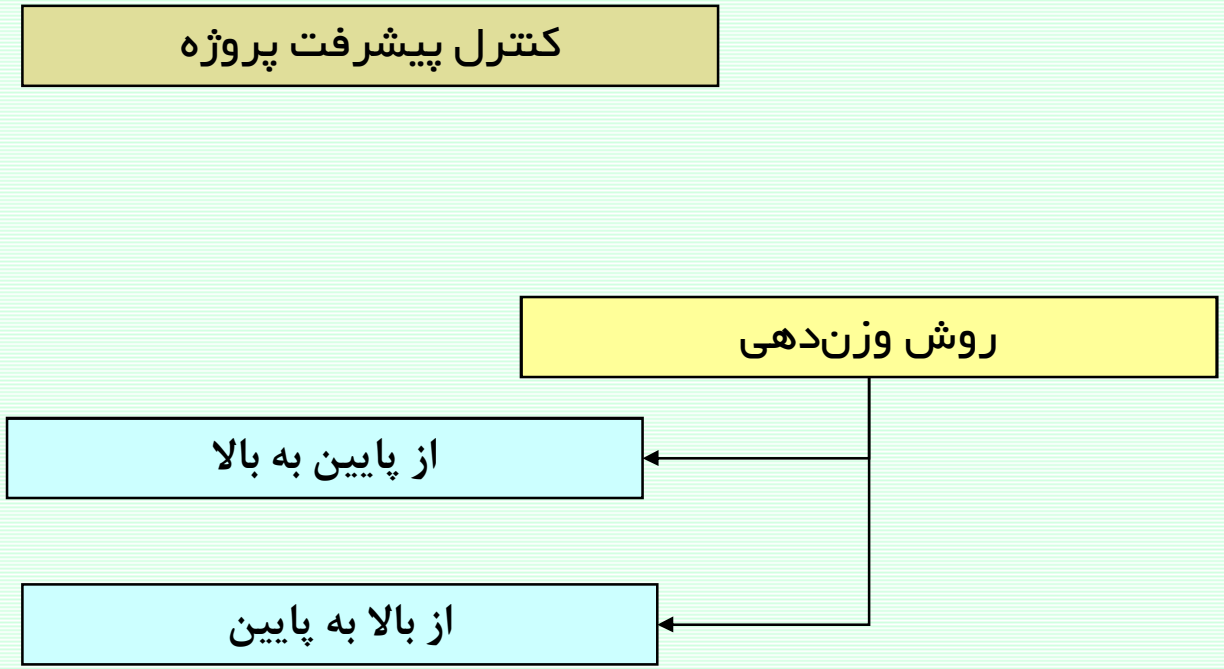
کنترل پیشرفت پروژه

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 یاخیر؟ درصد پیشرفت بعنوان شاخص اصلی کنترل این مقوله استفاده می‌شود؟

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

فرآیند کنترل پروژه

فرآیند کنترل پروژه



فرآیند کنترل پروژه

کنترل پیشرفت پروژه

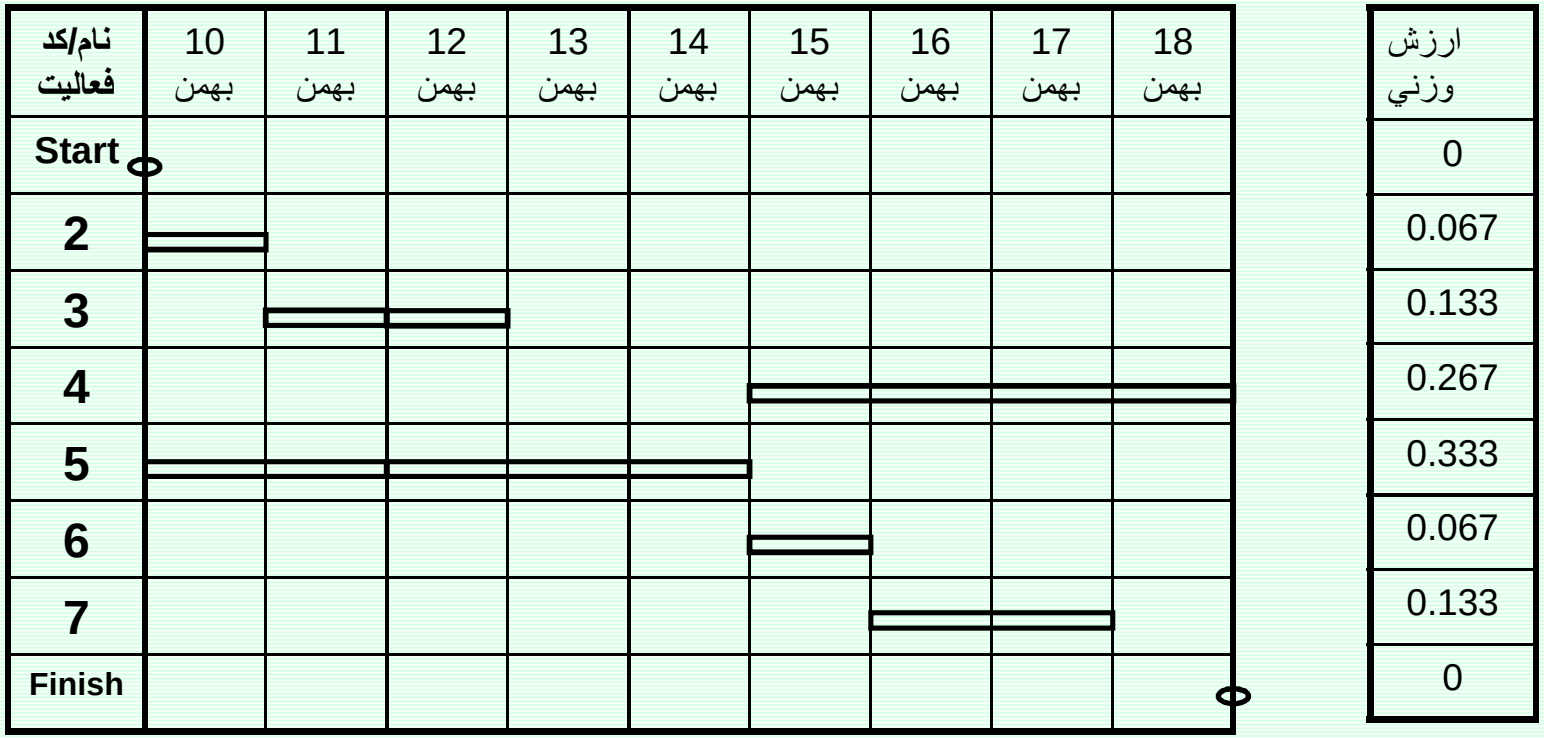
محاسبه درصد پیشرفت پروژه

(ارزش وزنی فعا لیت) (درصدپیشرفت فعا لیت) $\sum$= درصدپیشرفت پروژه

همه فعا لیت ها

مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

نمودار گانت پروژه



ارزش وزني
0
0.067
0.133
0.267
0.333
0.067
0.133
0

مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

در پایان مورخ 12 بهمن (سه روز پس از شروع پروژه) گزارشی شامل اطلاعات ذیل دریافت می‌شود:

کد فعالیت	تاریخ شروع واقعی	تاریخ پایان واقعی	مدت زمان باقیمانده	درصد پیشرفت فعالیت
2	10 بهمن ساعت 8	10 بهمن ساعت 17		%100
3	11 بهمن ساعت 8	12 بهمن ساعت 17		%100
5	12 بهمن ساعت 8	-	4	%20
سایر فعالیتها شروع نشده اند.				%0

مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

درصدپیشرفت پروژه = (0.067) (100%) +(0.133) (100%)+ (0.333) (20%)

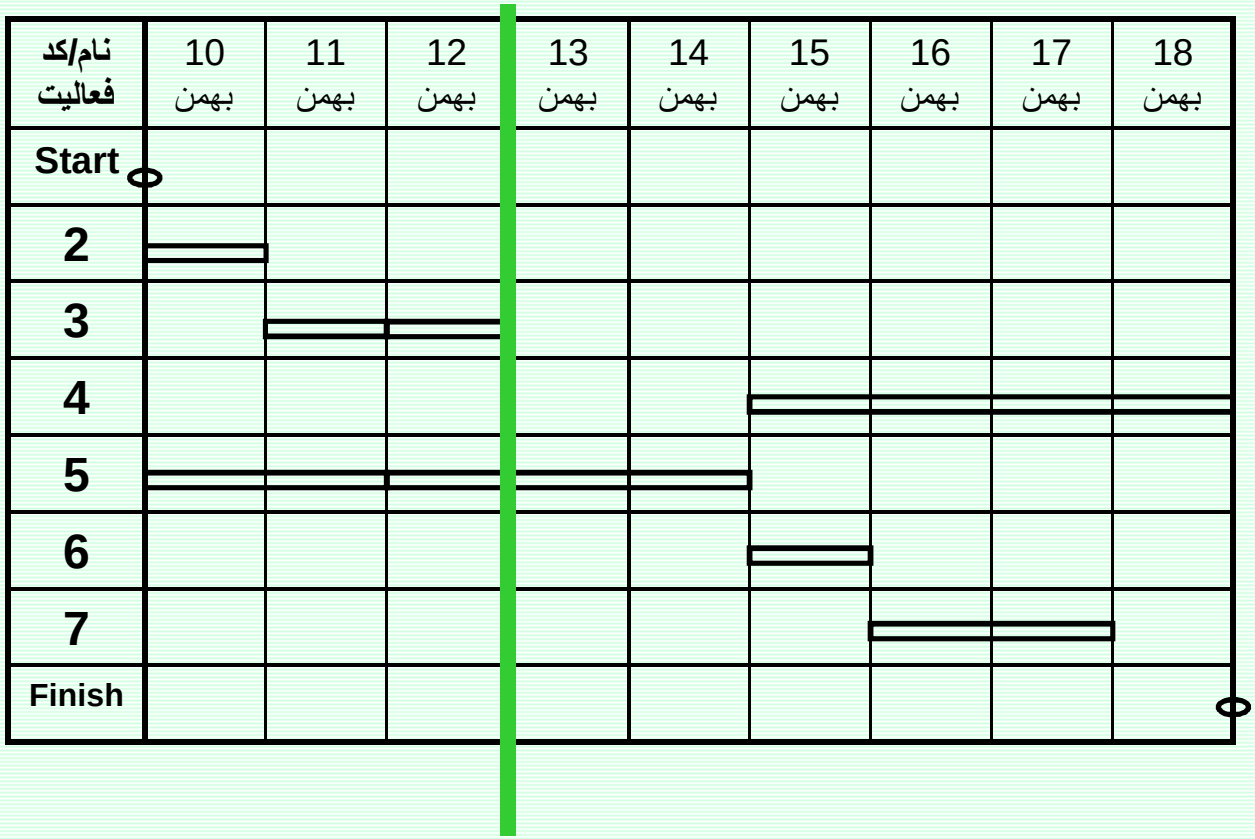
= 26.6%

www.spowpowerplant.blogfa.com

وبلاگ یک مهندس

مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

نمودار گانت پروژه



پیشرفت برنامه‌اي تا تاريخ بررسي
100%
100%
100%
0%
60%
0%
0%
0%

مثال برای کنترل پیشرفت پروژه

درصدپیشرفت برنامه‌ای پروژه = (0.067) (100%) +(0.133) (100%)+ (0.333) (60%)

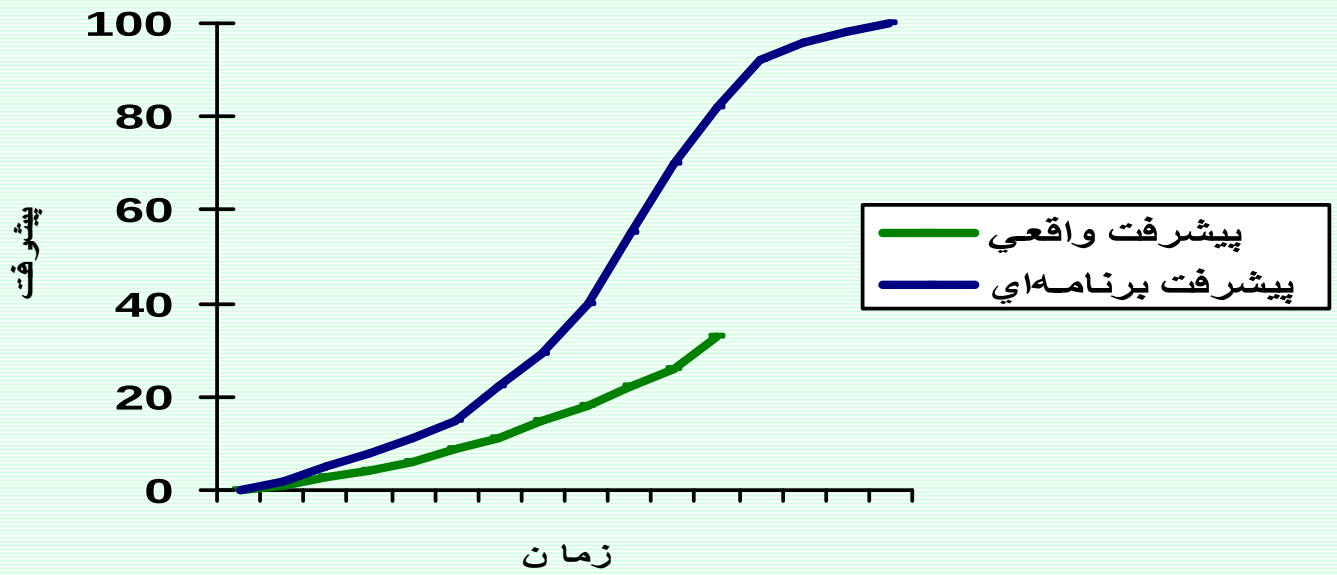
= 40%

درصد تاخیر پروژه = 40%-26.6%= 13.4%

فرآیند کنترل پروژه

کنترل پیشرفت پروژه

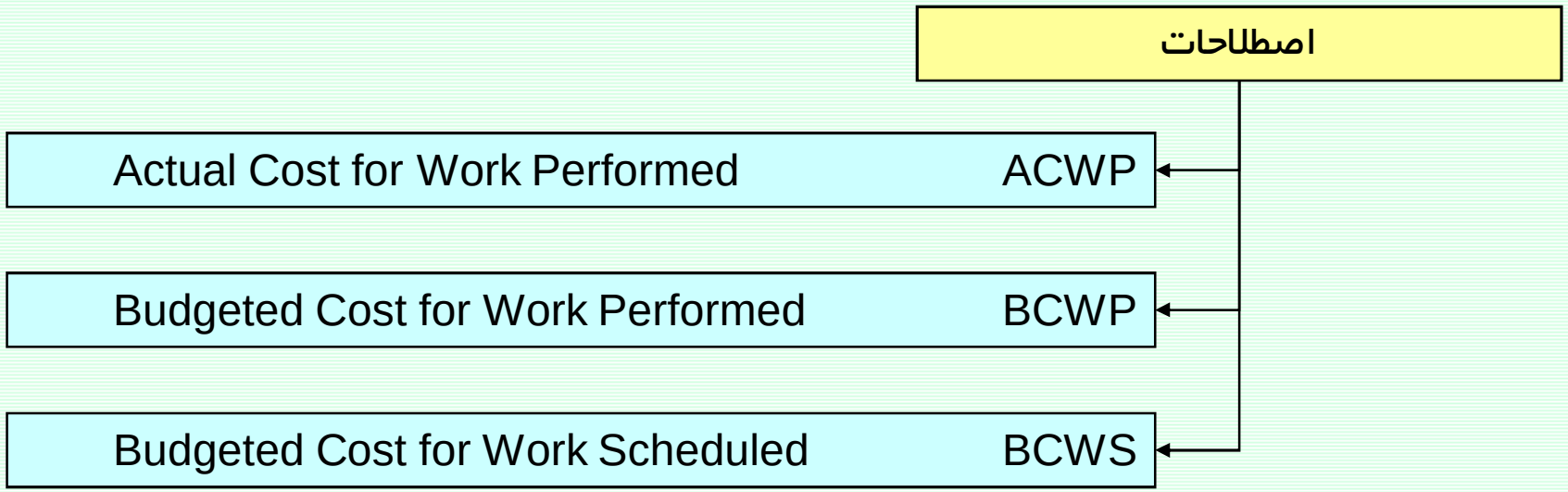
نمودار روند پیشرفت پروژه S-Curve



کنترل هزینه پروژه

Earned Value Management (EVM)

مدیریت ارزش حاصله



مثال برای کنترل هزینه پروژه

نمودار گانت پروژه

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

BCWS	150	350	550	600	650	1000	1250	1500	1700

بودجه (واحد پولي)
0
100
300
800
250
150
100
0

120

کنترل هزینه پروژه

در پایان مورخ 12 بهمن (سه روز پس از شروع پروژه) گزارشی شامل اطلاعات ذیل دریافت می‌شود:

کد فعالیت	تاریخ شروع واقعی	تاریخ پایان واقعی	مدت زمان باقیمانده	هزینه انجام شده
2	10 بهمن ساعت 8	10 بهمن ساعت 17		120
3	11 بهمن ساعت 8	12 بهمن ساعت 17		310
5	12 بهمن ساعت 8	-	4	50
سایر فعالیتها شروع نشده اند.				0

121

جمع هزینه‌های انجام شده در پروژه برابر 480 واحد پولی می‌باشد. ACWP=480

مثال برای کنترل هزینه پروژه

BCWS=550 ACWP=480

70 واحد پولی کمتر از مقدار مقرر خرج شده، آیا صرفه‌جویی شده است؟

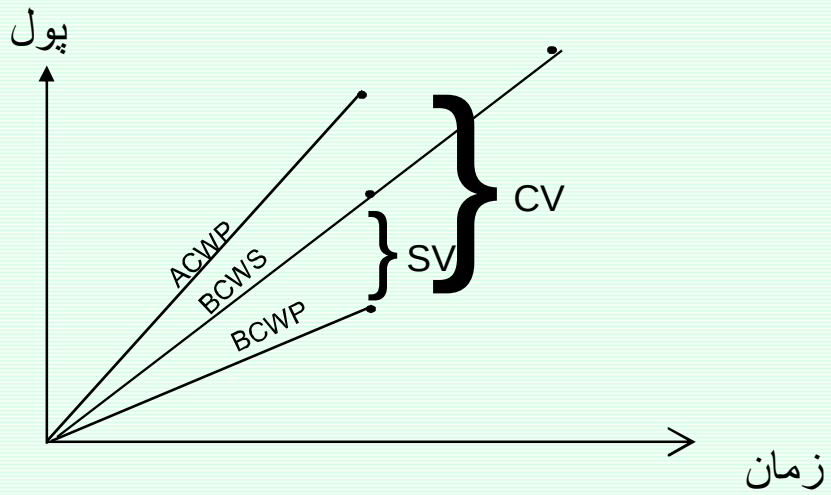
BCWP=100+300+50=450

خیر، 30 واحد پولی بیشتر از بودجه درنظر گرفته شده خرج شده است.

CV=Cost Variance= BCWP- ACWP=450-480=-30

SV=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}

فرآیند کنترل پروژه

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 عملکرد		SV & SPI		
		>0 & >1.0	=0 & =1.0	<0 & <1.0
CV & CPI	>0 & >1.0	جلو از زمانبندي کمتر از بودجه	طبق زمانبندي زير بودجه	عقب از زمانبندي کمتر از بودجه
	=0 & =1.0	جلو از زمانبندي طبق بودجه	طبق زمانبندي طبق بودجه	عقب از زمانبندي طبق بودجه
	<0 & <1.0	جلو از زمانبندي بيش از بودجه	طبق زمانبندي بيش از بودجه	عقب از زمانبندي بيش از بودجه

برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره 3- موازنه زمان و هزینه

استاد: امیرعباس نجفی

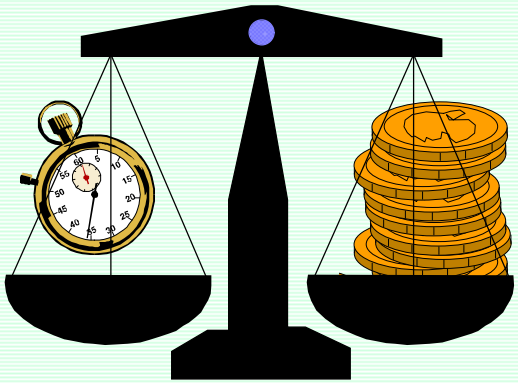
موازنه زمان - هزینه

مدلهای موازنه زمان- هزینه

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

1- کاهش مدت زمان پروژه به مقداری قابل قبول

2- کاهش مجموع هزینه‌های پروژه

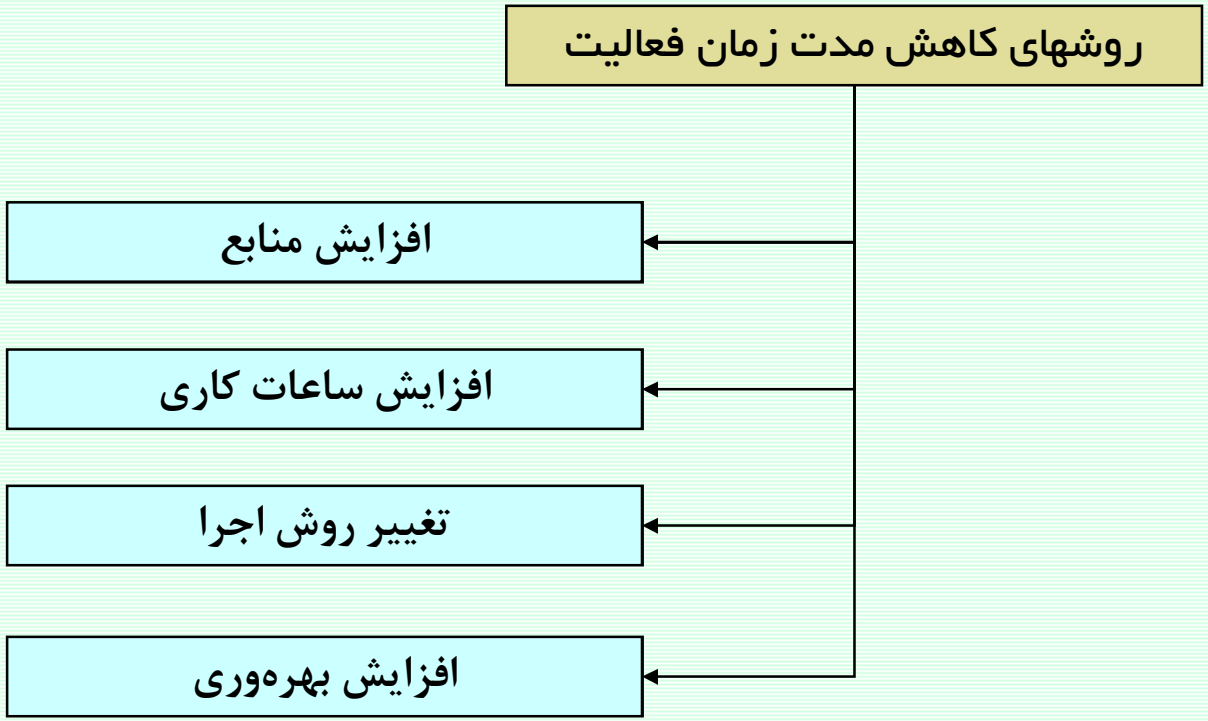


موازنه زمان - هزینه

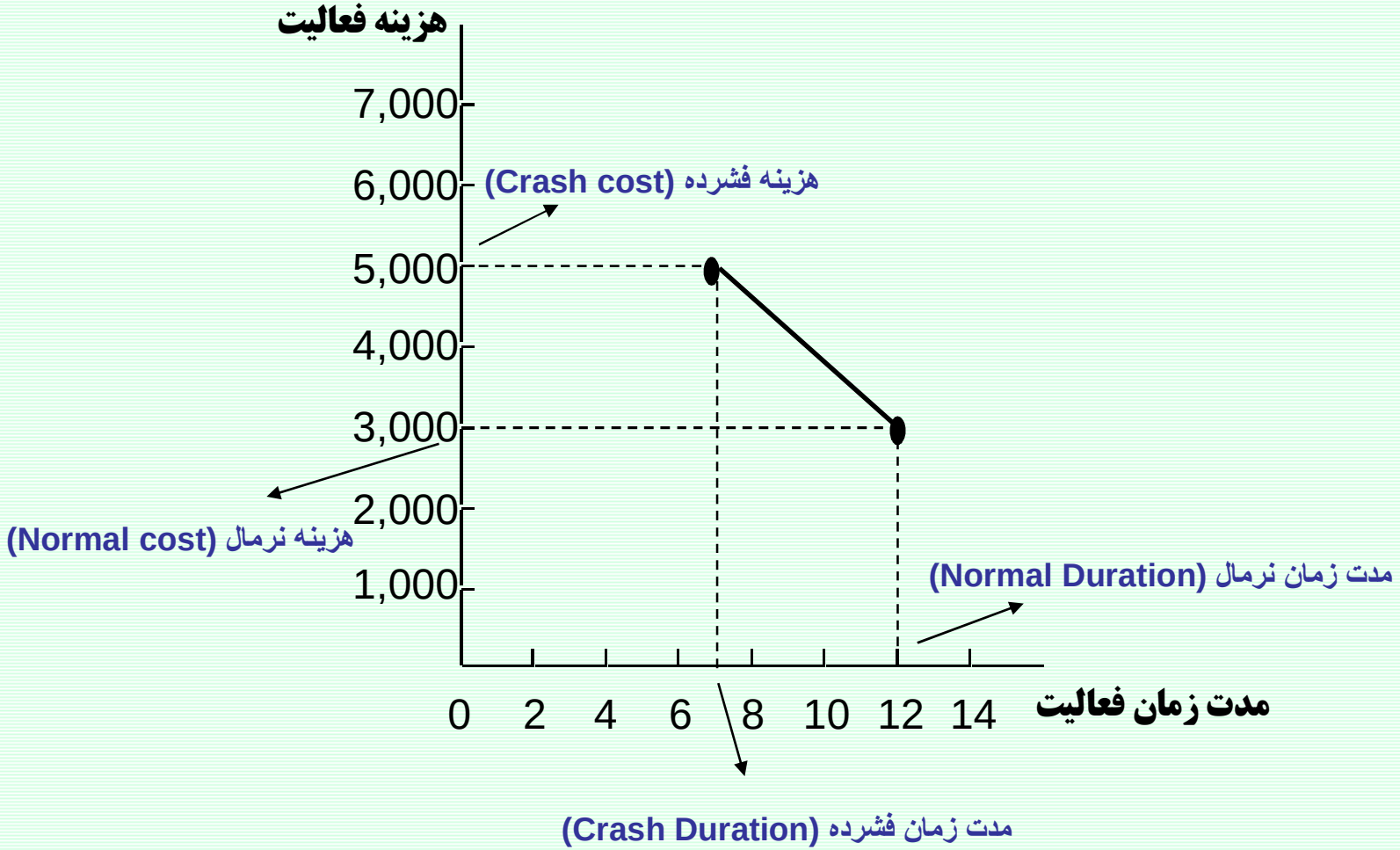
مدل1 - کاهش مدت زمان پروژه به مقداری قابل قبول

- ممکن است زمانبندی بدست آمده از روشهای قبل بعلت عدم رعایت اهداف زمانی پروژه قابل قبول نیست.
- بعبارتی دیگر مدت زمان بدست آمده از طریق روشهای زمانبندی، بیش از زمان مقرر می‌باشد.
- برای کاهش زمان پروژه، می‌بایست مدت زمان فعالیتها را کاهش یابد.
- سئوال اصلی این است که مدت زمان کدام فعالیتها باید کاهش یابند؟
- همچنین باید روشهای کاهش مدت زمان فعالیتها را دانست.

موازنه زمان - هزینه



تاثیر کاهش مدت زمان فعالیت بر هزینه های آن



رویکرد حل مدل شماره یک

تعیین مدت زمانی که زمانبندی اولیه پروژه می‌بایست کاهش یابد.

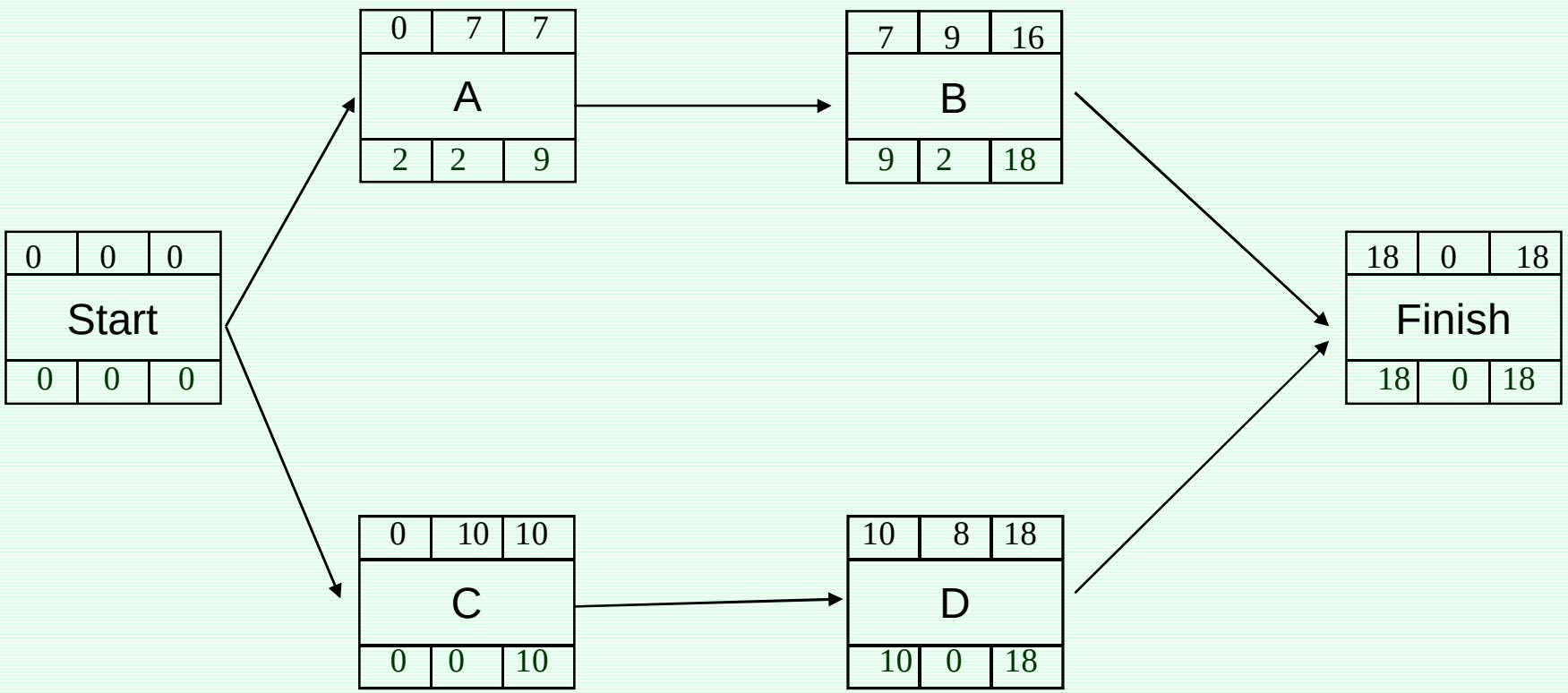
↓

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

www.spowpowerplant.blogfa.com

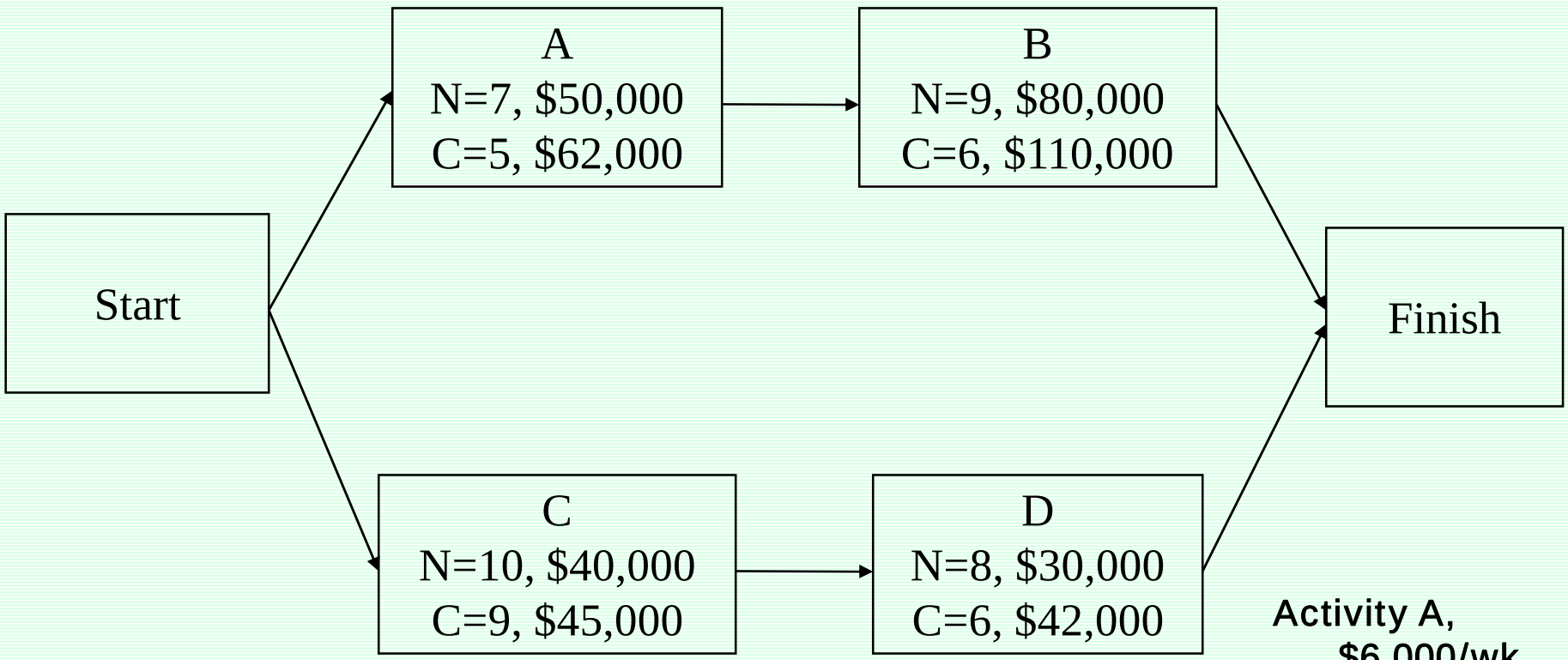
وبلاگ یک مهندس

مثال- مدل شماره یک



مدت زمان مقرر برای اتمام پروژه 15 هفته می‌باشد.

مثال- مدل شماره یک

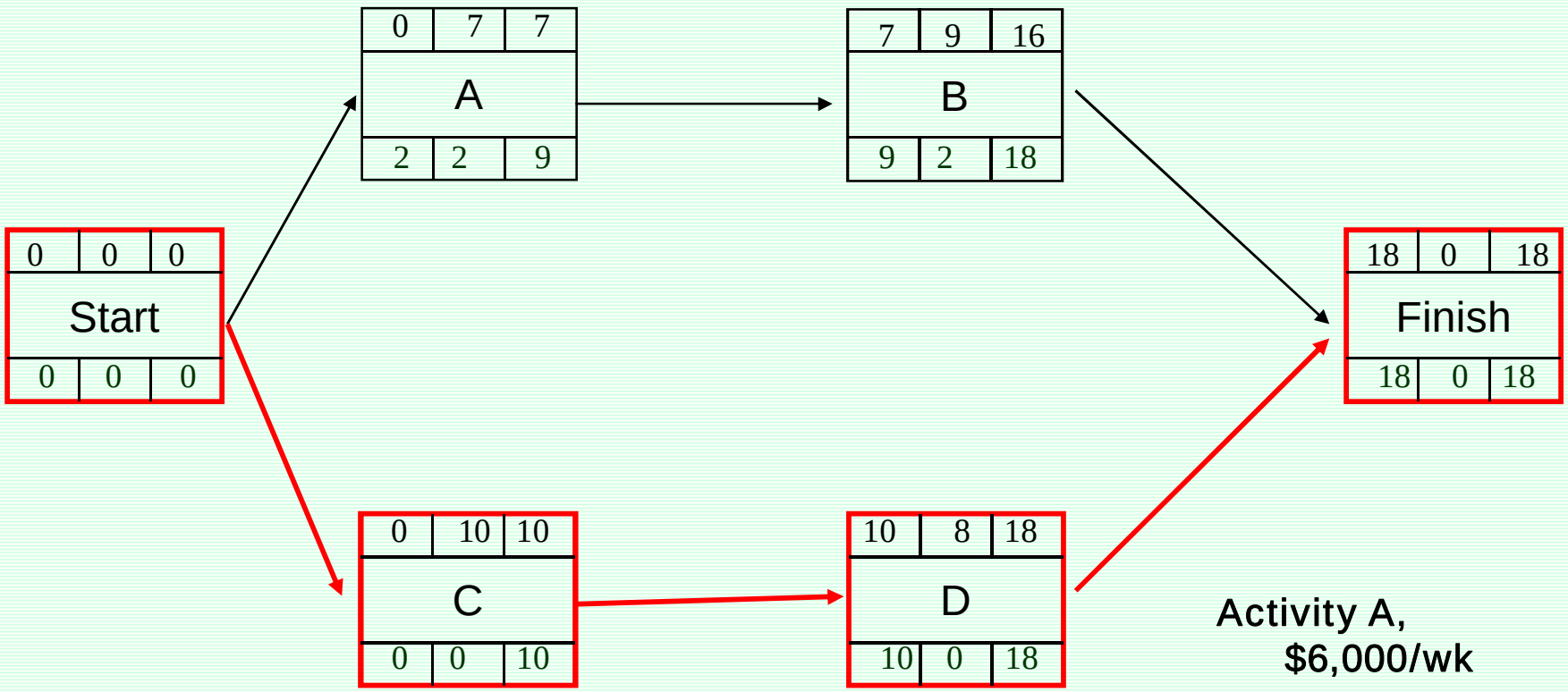


Activity A, $6,000/wk

Activity B, $10,000/wk

Activity C,

مثال- مدل شماره یک



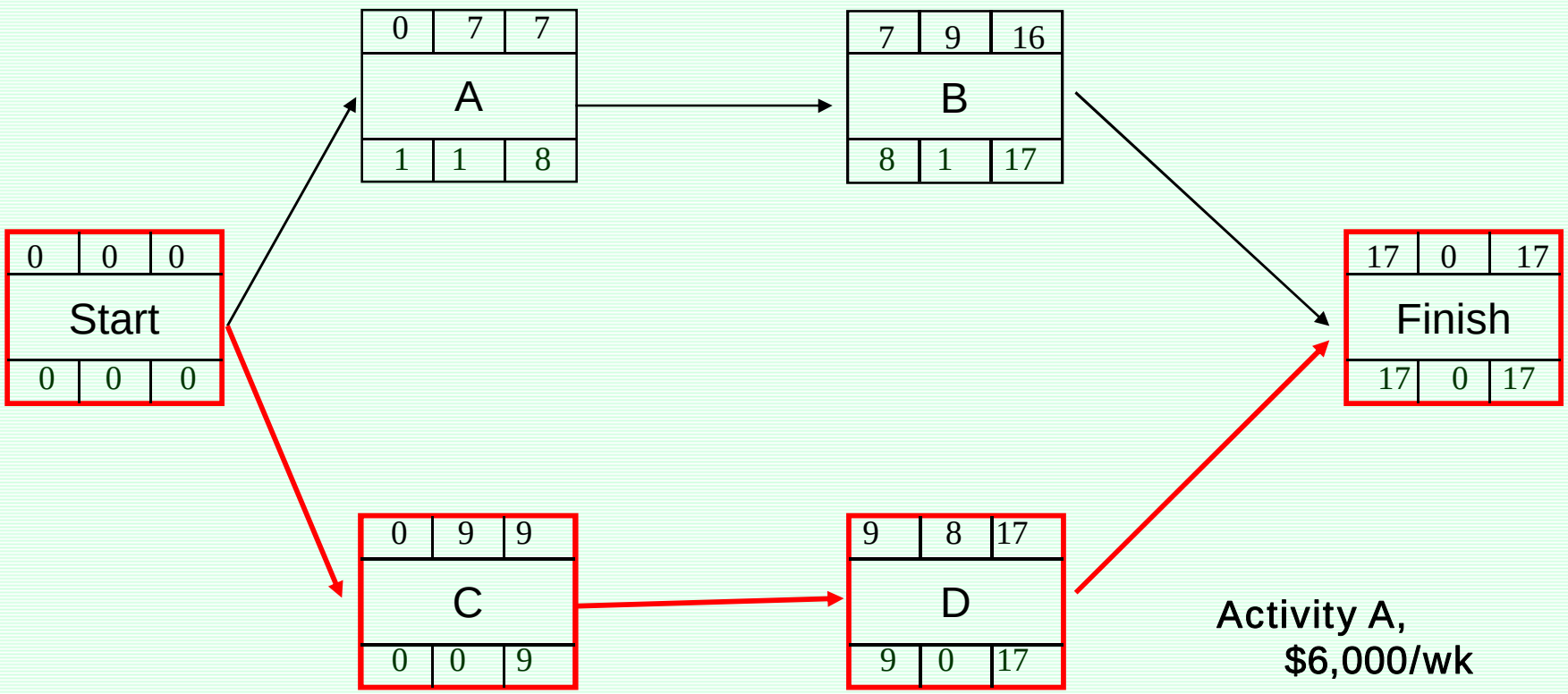
Activity A,
$6,000/wk

Activity B,
$10,000/wk

Activity C,

مثال- مدل شماره یک

قدم1- کاهش مدت زمان فعالیت C به میزان یک هفته



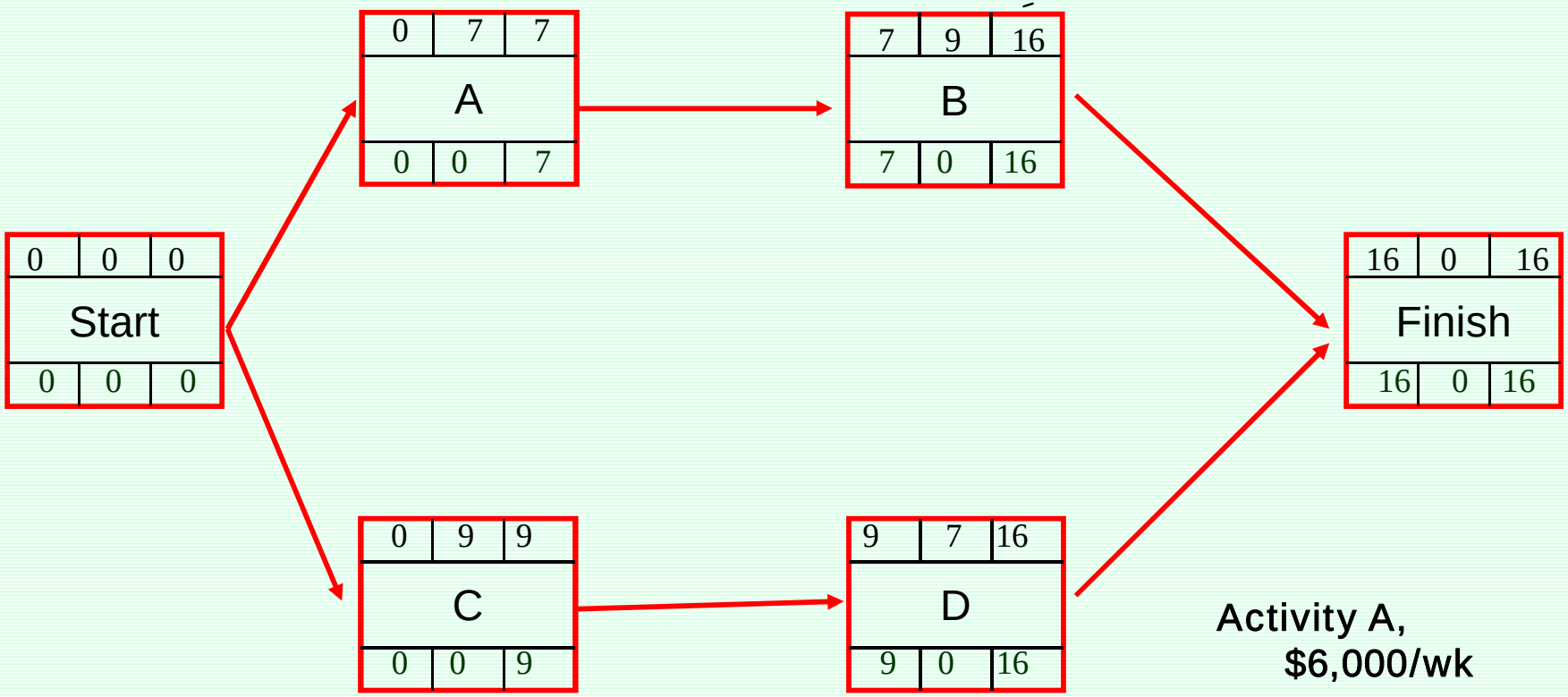
Activity A,
$6,000/wk

Activity B,
$10,000/wk

Activity C,

مثال- مدل شماره یک

قدم 2- کاهش مدت زمان فعالیت D به میزان یک هفته



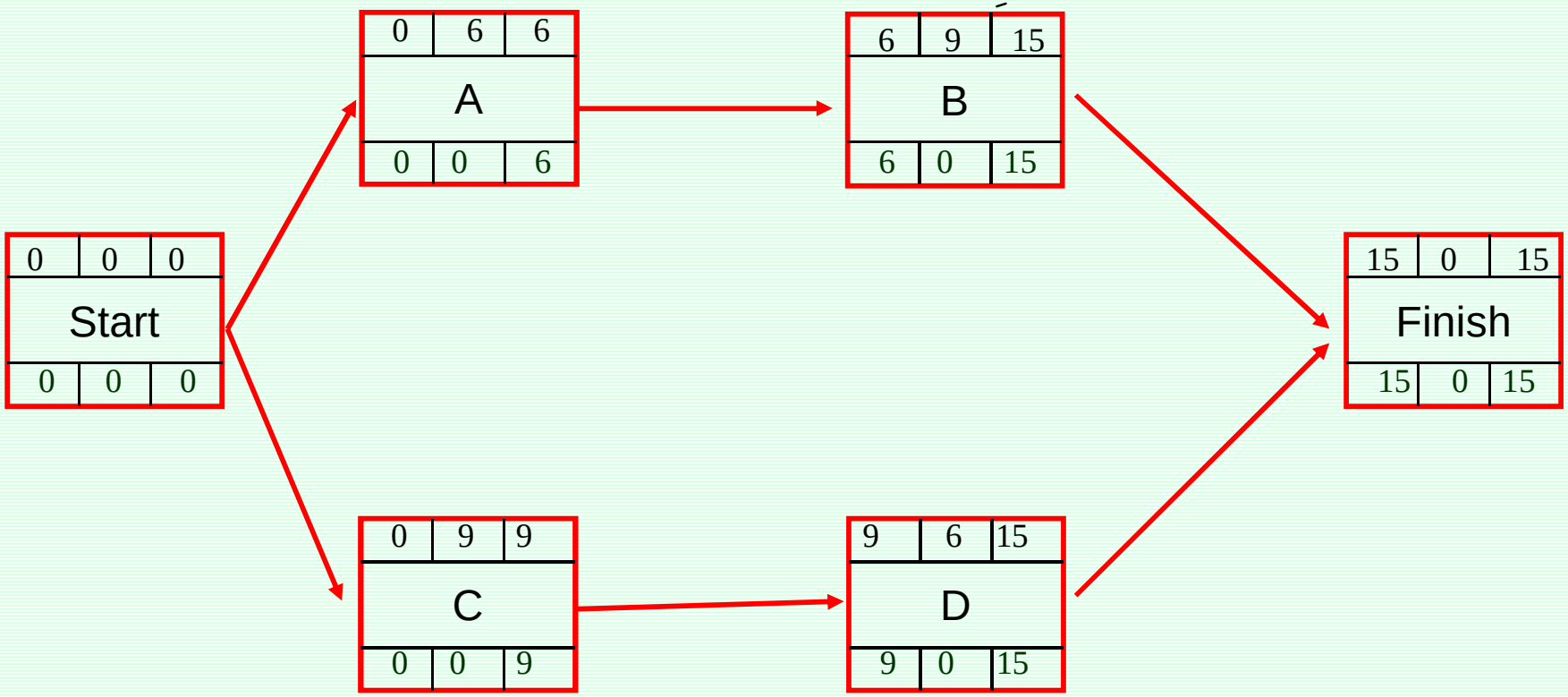
Activity A,
$6,000/wk

Activity B,
$10,000/wk

Activity C,

مثال- مدل شماره یک

قدم3- کاهش مدت زمان فعالیتهای Dو A به میزان یک هفته



مجموع افزایش هزینه‌های اجرای فعالیتها جهت کاهش زمان پروژه برابر23000 دلار گردید.

مدل2 - کاهش هزینه‌های پروژه

- آیا فشرده کردن زمانبندی پروژه، همواره به افزایش هزینه‌هاب پروژه منجر می‌شود؟

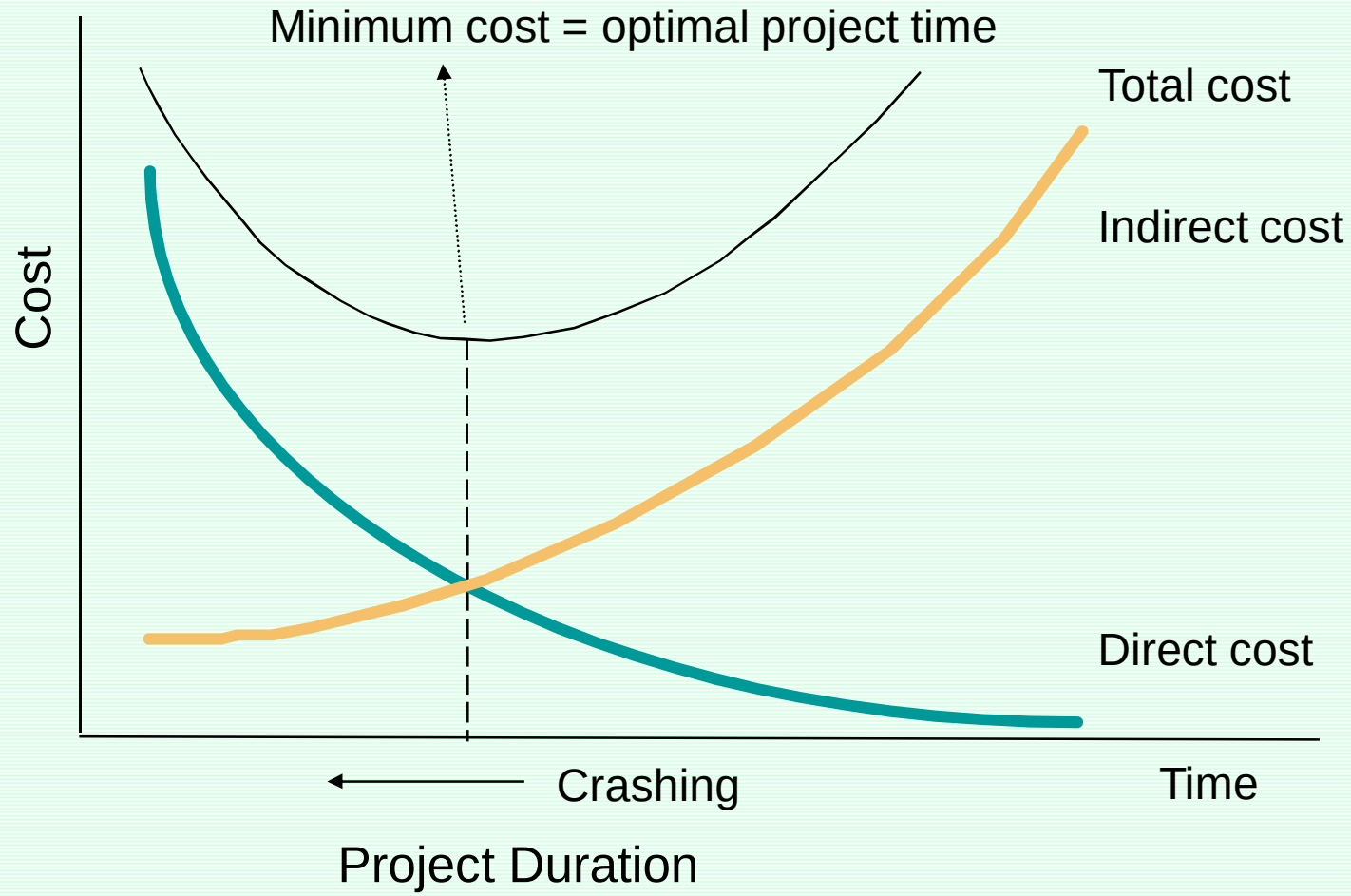
- جواب سئول فوق، منفی است. زیرا هزینه‌های پروژه متشکل از دو بخش است:
هزینه‌های مستقیم (ACTIVITY BASED) و هزینه‌های غیرمستقیم (PROJECT BASED).

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

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

Time - Cost Tradeoff

موازنه زمان - هزینه



رویکرد حل مدل شماره دو

انجام محاسبات زمانبندی و تعیین مجموع هزینه‌های پروژه

(جمع هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم)

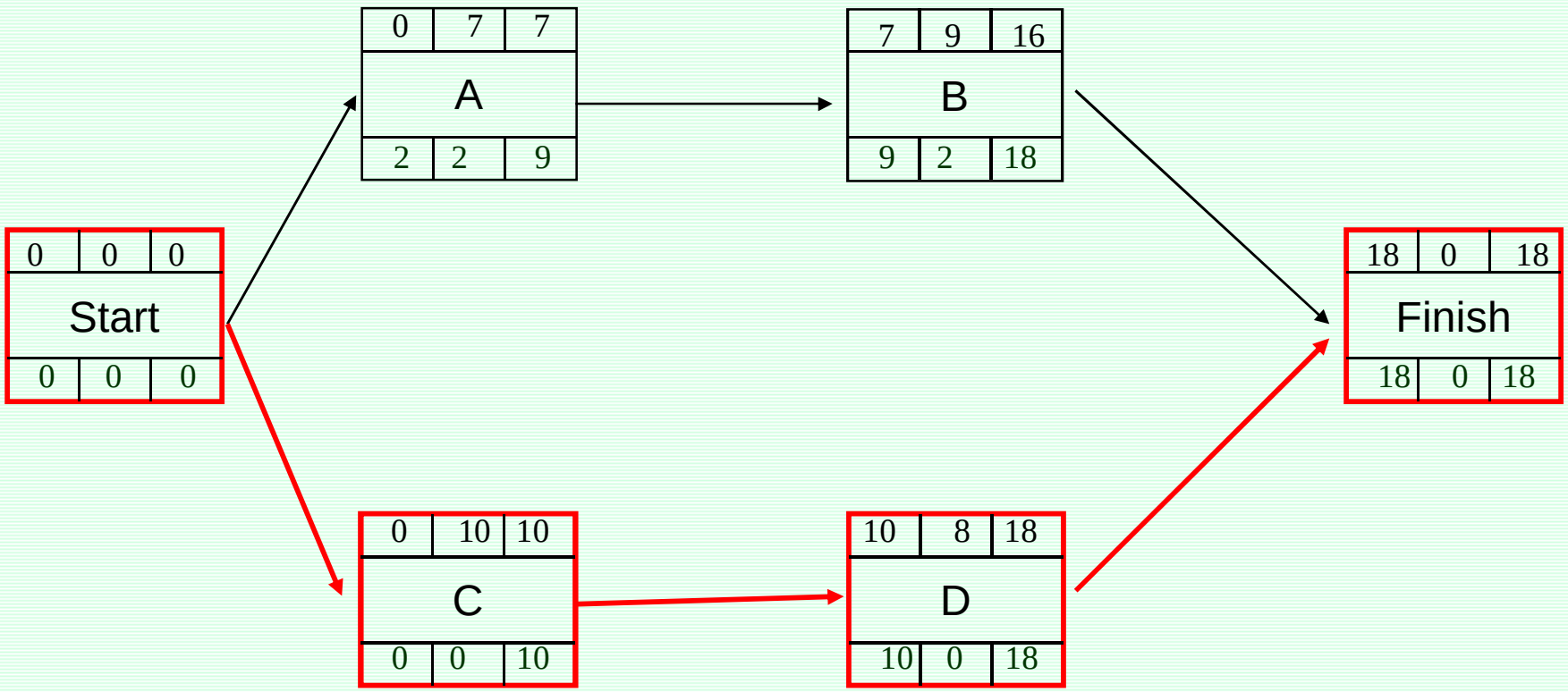
↓

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

موازنه زمان - هزینه

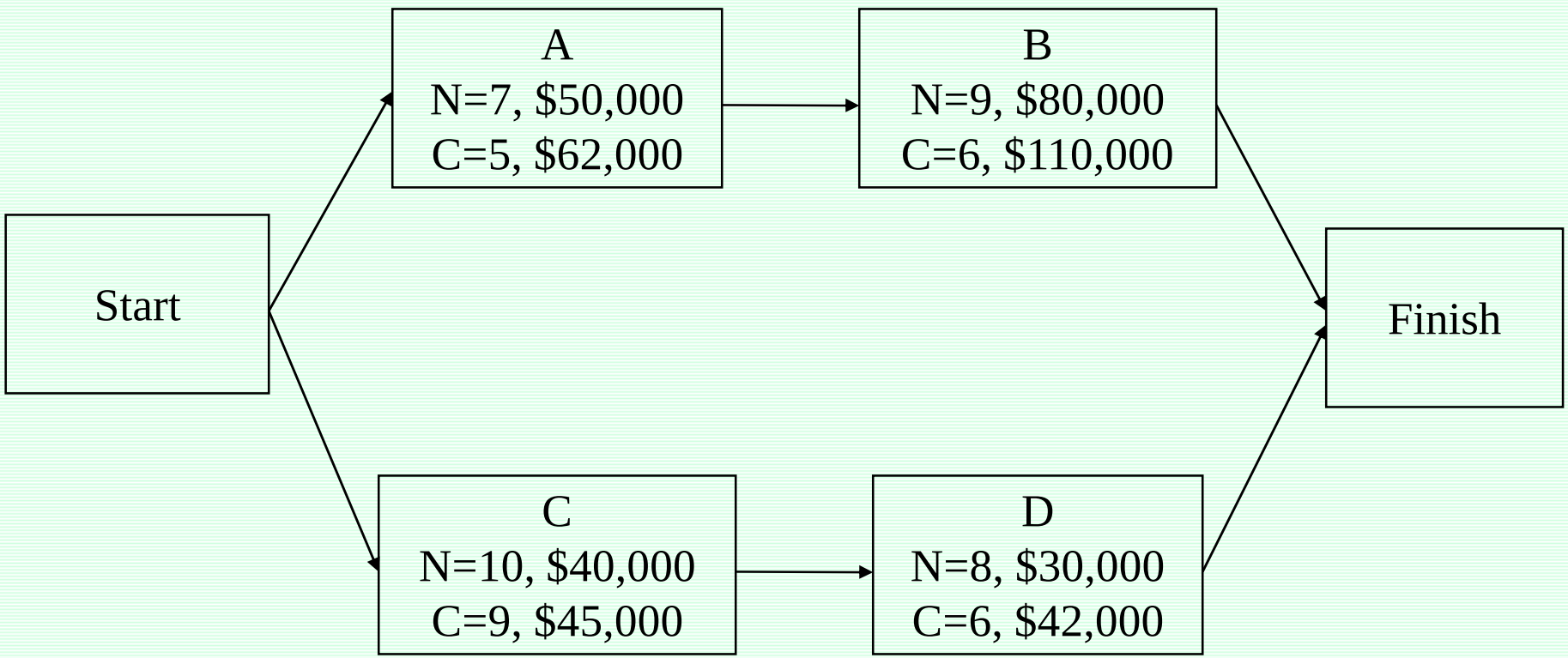
مثال- مدل شماره دو

قدم1- انجام محاسبات زمانبندی با زمانهای نرمال



هزینه غیرمستقیم پروژ0 در هر هفته برابر 10000 دلار است.

مثال- مدل شماره دو



هزینه غیرمستقیم پروژ0= 18*7000=126000

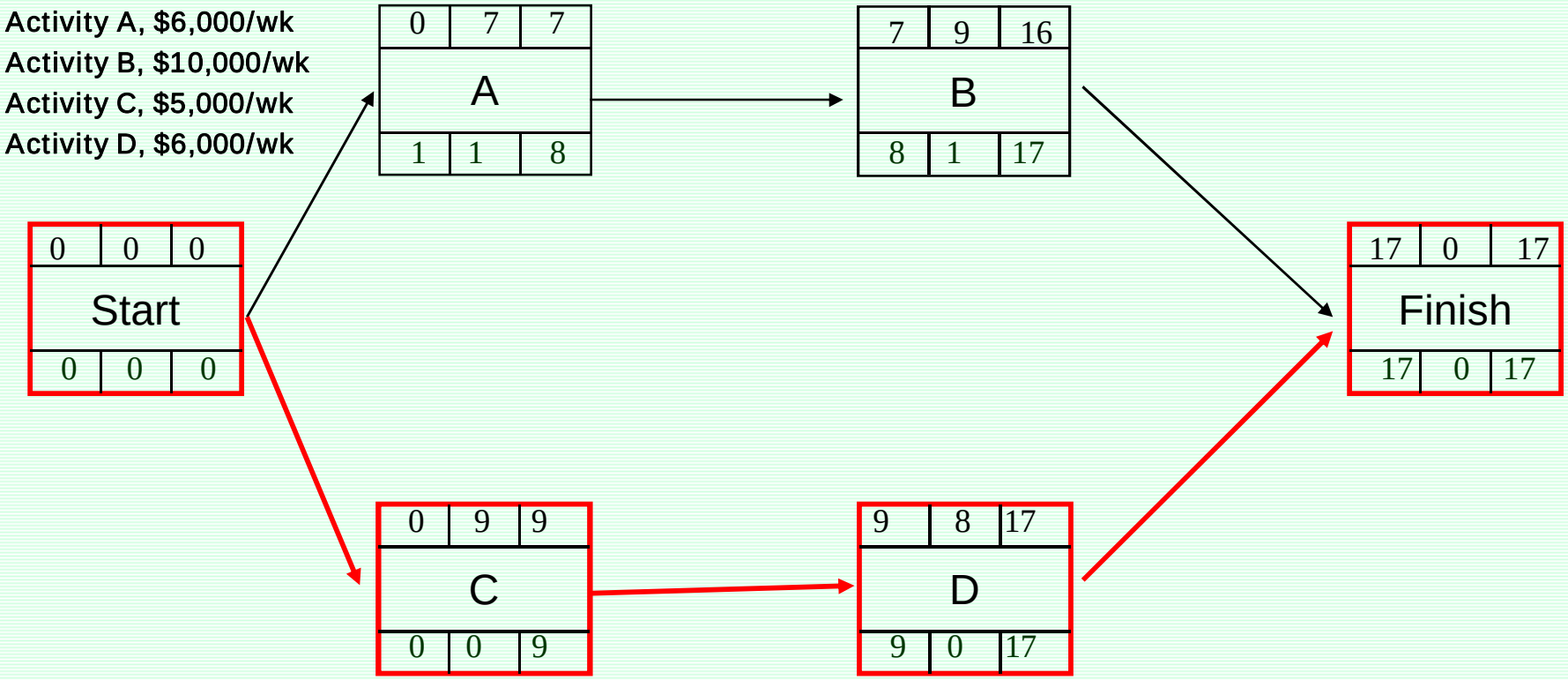
هزینه مستقیم پروژ0= 50000+80000+40000+30000=200000

جمع هزینه های پروژ0= 326000

مثال- مدل شماره دو

قدم2- کاهش مدت پروژه به 17 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



هزینه غیرمستقیم پروژ0= 17*7000=119000

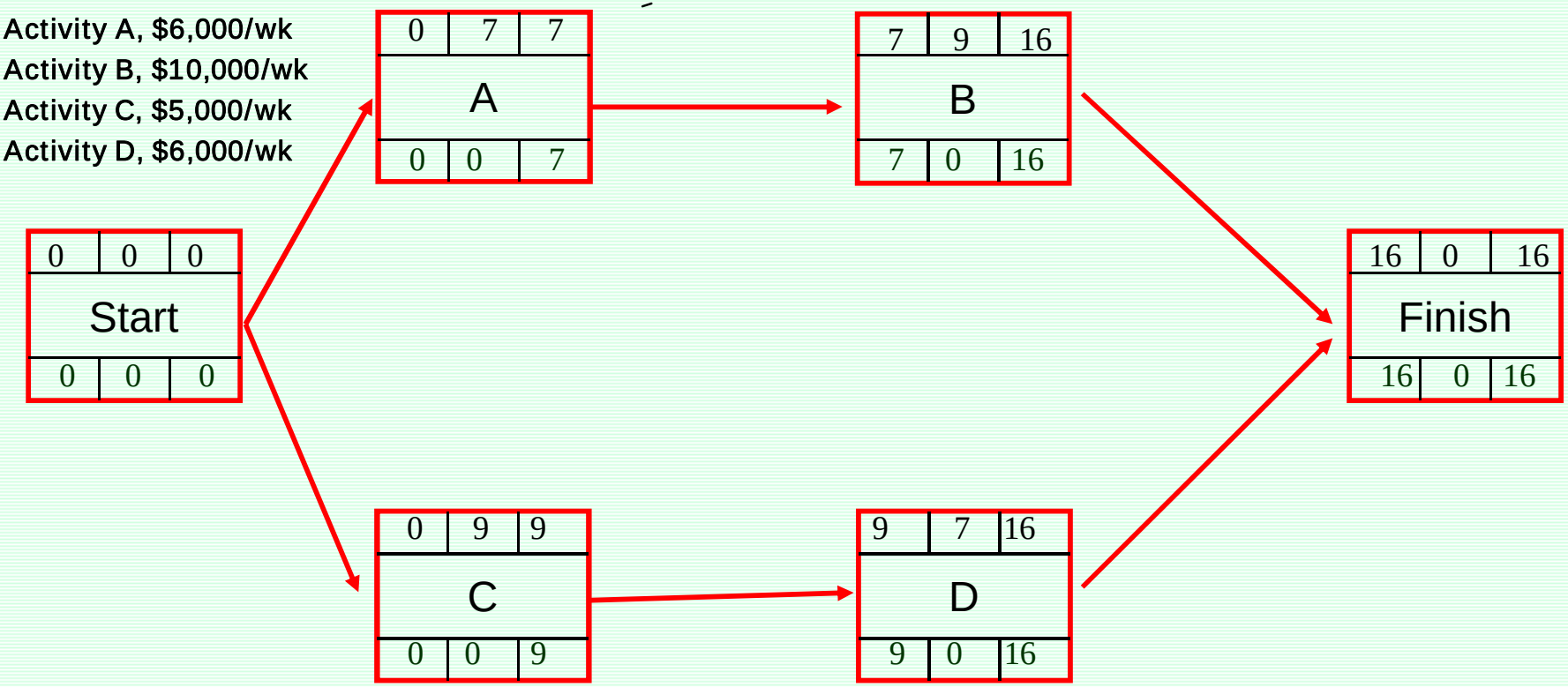
هزینه مستقیم پروژ0=5000+200000=205000

جمع هزینه های پروژ0= 324000

مثال- مدل شماره یک

قدم3- کاهش مدت زمان پروژه به 16 هفته (توسط فعالیت D)

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



هزینه غیرمستقیم پروژ0= 16*7000=112000

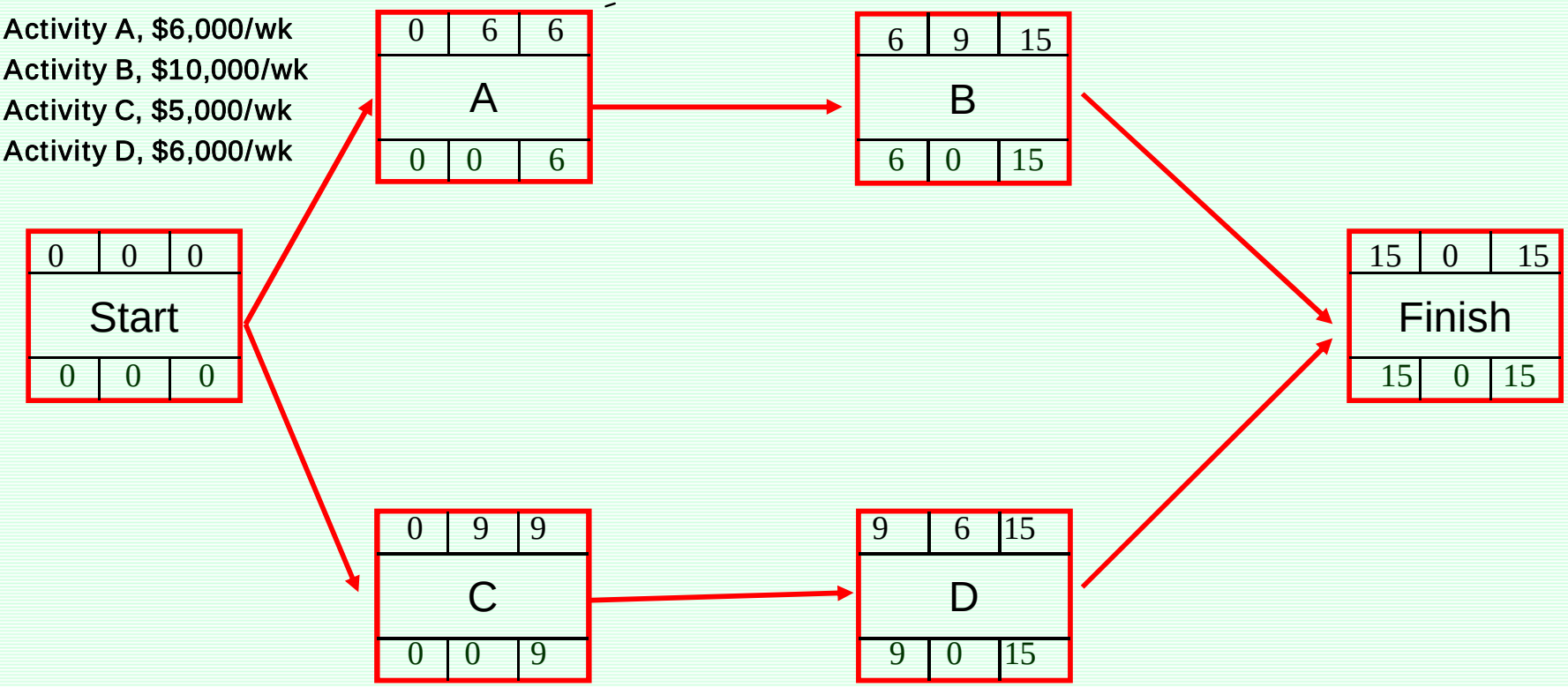
هزینه مستقیم پروژ0=6000+205000=211000

جمع هزینه های پروژ0= 323000

مثال- مدل شماره یک

قدم3- کاهش مدت زمان پروژه به 15 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



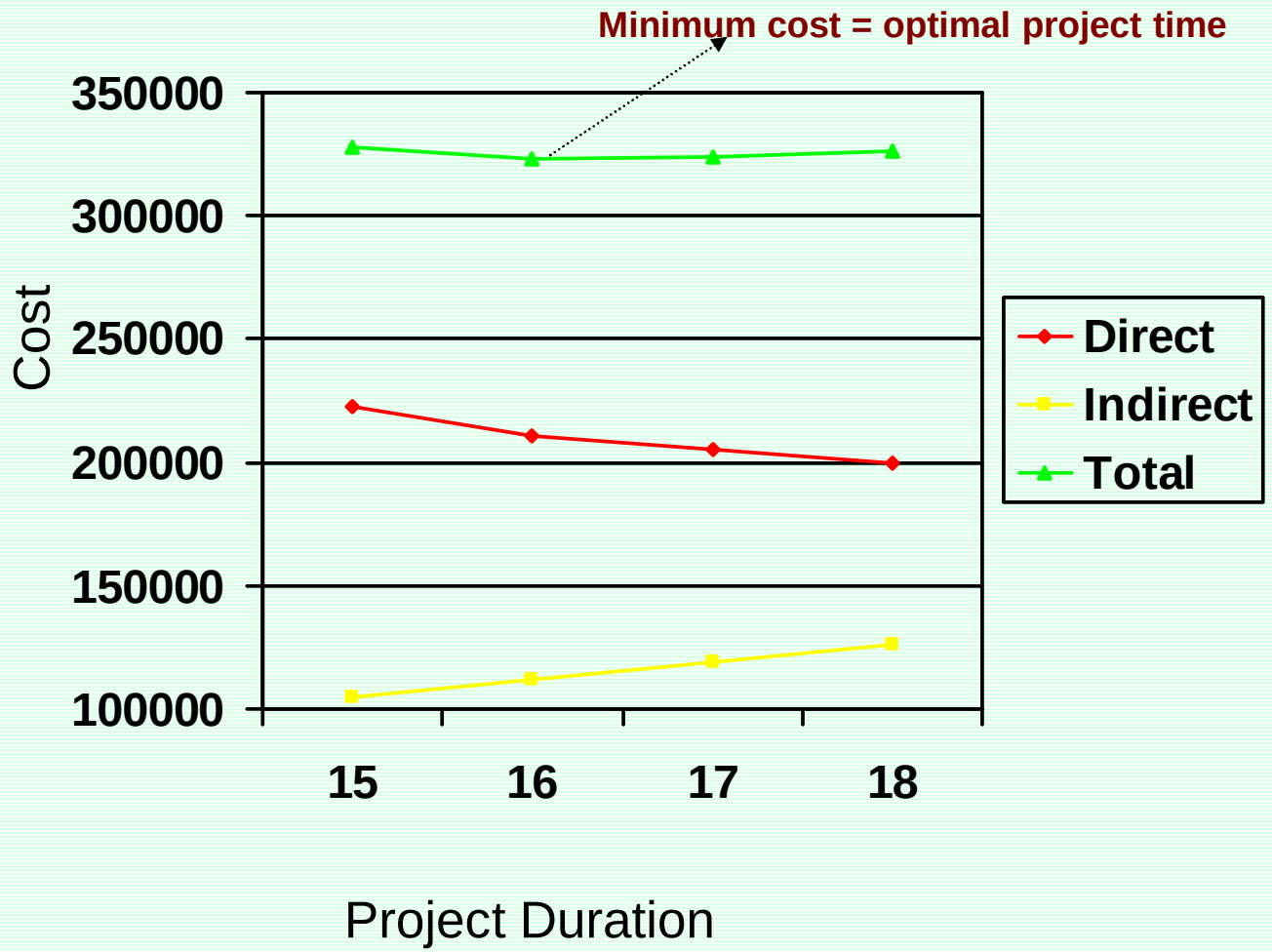
هزینه غیرمستقیم پروژ0= 15*7000=105000

هزینه مستقیم پروژ0=12000+211000=223000

جمع هزینه های پروژ0= 328000

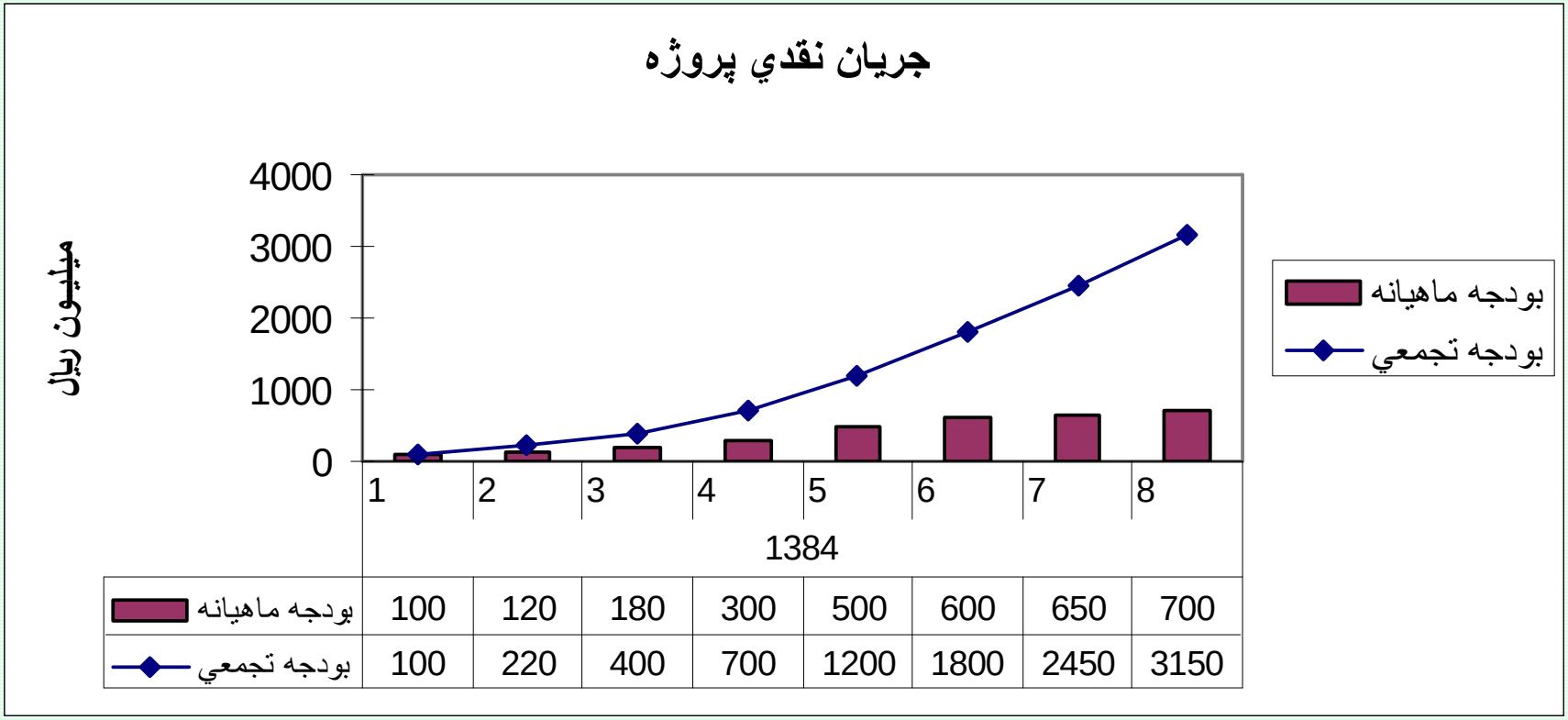
Time - Cost Tradeoff

موازنه زمان - هزينه



جریان نقدی پروژه

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



بودجه ماهیانه	100	120	180	300	500	600	650	700
بودجه تجمعی	100	220	400	700	1200	1800	2450	3150

ماتریس مسئولیتها

روند توسعه ماتریس مسئولیتها

ماتریس مسئولیتها

Responsibility Matrix

توسعه ماتریس مسئولیتها

OBS (Organization Breakdown Structure)

WBS(Work Breakdown Structure)

	بخش 1	بخش 2	بخش3	بخش4					
فعالیت1	x	d							
فعالیت2		x	p						
فعالیت3	D		x						

برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره 4- برنامه‌ریزی منابع

استاد: امیرعباس نجفی

برنامه‌ریزی منابع

الف- تخصیص منابع محدود

تخصیص منابع محدود

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

درصورتیکه 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 غالبا به جابجایی زمانبندی برخی از فعالیتهای پروژه برمی‌گردد که طبیعتا منجر به تعییراتی در زمانهای نیاز به منابع می‌شود.

مثالی برای تخصیص منابع محدود

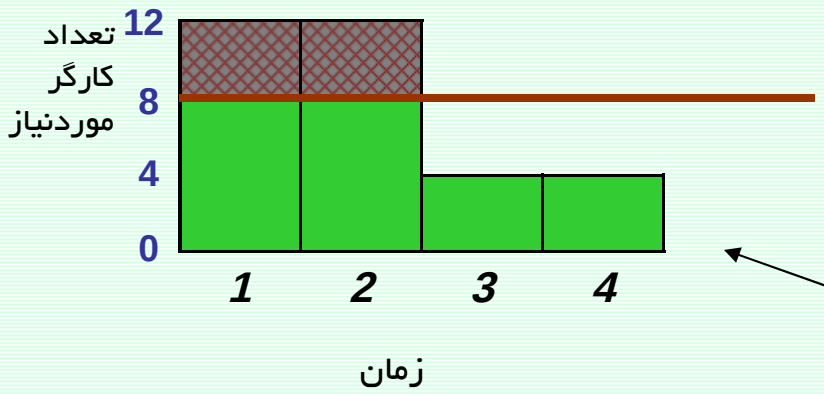
اطلاعات فعالیتهای پروژه

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: 8نفر

نمودار گانت پروژه

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



استراتژیهای حل مسئله منابع محدود

1- استفاده از شناوری فعالیتها

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

3- گسیختگی زمانبندی یک فعالیت

4- استفاده از اضافه‌کاری در جهت حل مسئله

5- افزایش مدت زمان پروژه

www.spowpowerplant.blogfa.com
وبلاگ یک مهندس

1- استفاده از شناوری فعالیتها

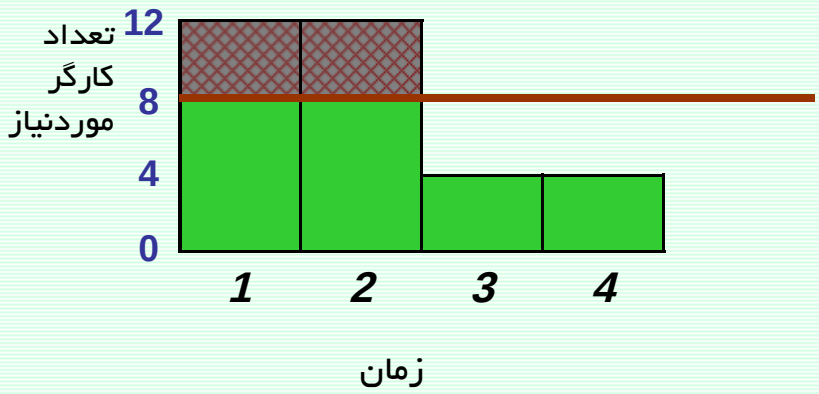
اطلاعات فعالیتهای پروژه

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: 8نفر

نمودار گانت پروژه

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



1- استفاده از شناوری فعالیتها

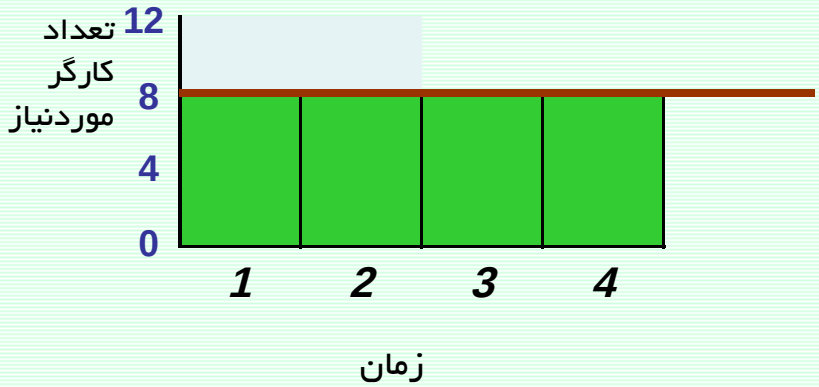
اطلاعات فعالیتهای پروژه

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

نمودار گانت پروژه

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



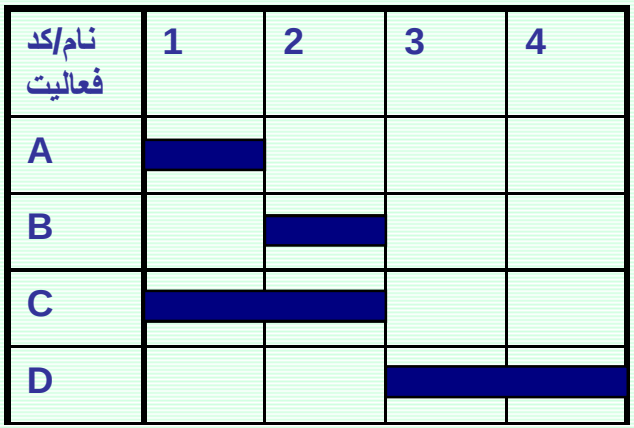
2- طولانی کردن مدت فعالیت و کاهش نیاز به منابع در واحد زمان

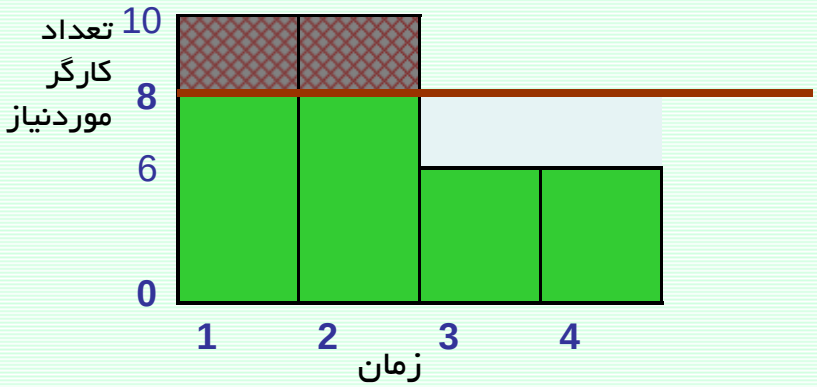
اطلاعات فعالیتهای پروژه

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

نمودار گانت پروژه

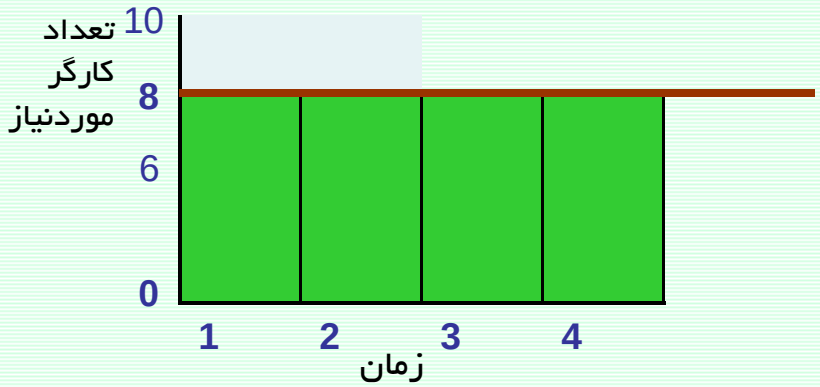




2- طولانی کردن مدت فعالیت و کاهش نیاز به منابع در واحد زمان

نمودار گانت پروژه

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



- 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

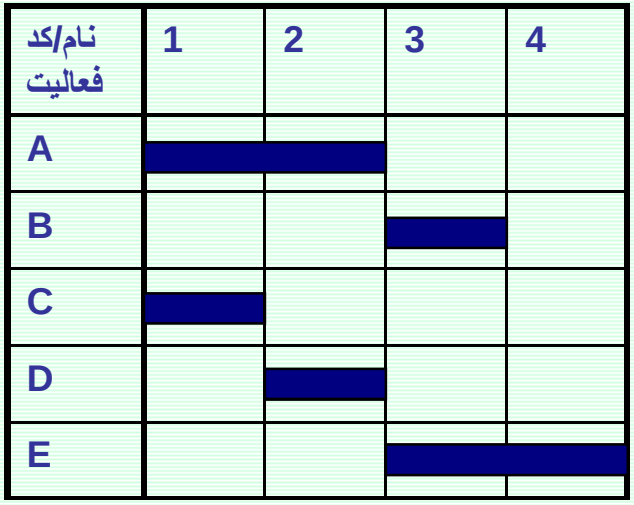
3- گسیختگی زمانبندی یک فعالیت

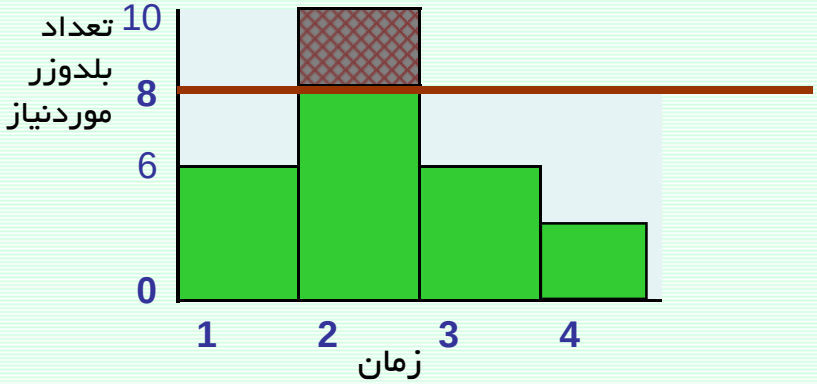
اطلاعات فعالیتهای پروژه

کد فعالیت	پیشنیاز	مدت	تعداد بلدوزر موردنیاز
A	-	2	2
B	A	1	2
C	-	1	4
D	C	1	8
E	D	2	4

تعداد بلدوزر در دسترس طی هر روز: 8 نفر

نمودار گانت پروژه

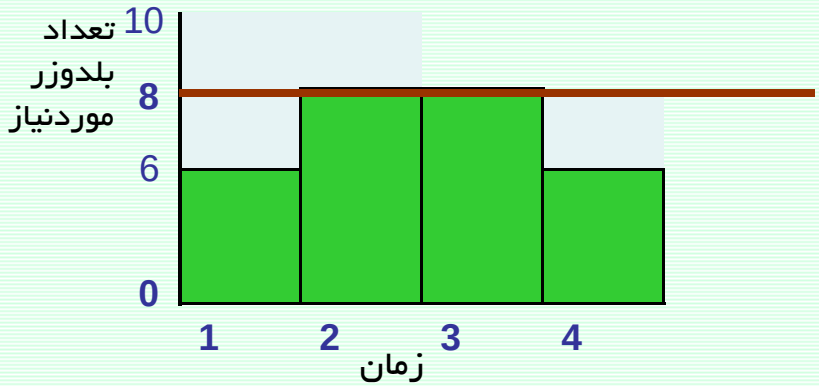




3- گسیختگی زمانبندی یک فعالیت

نمودار گانت پروژه

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



- شکستن فعالیت A به دو بخش

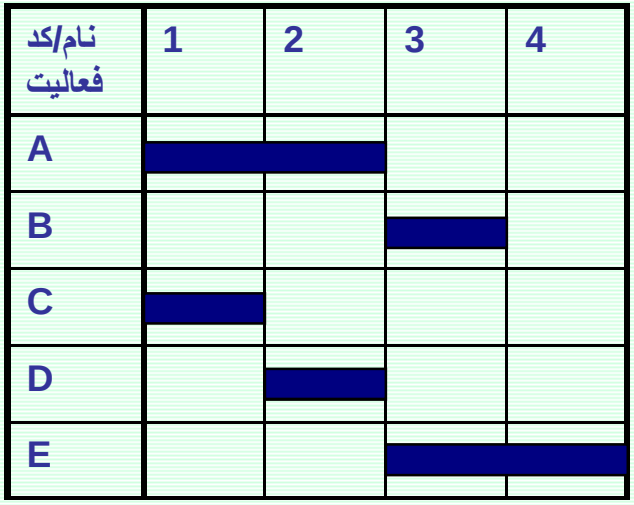
4- استفاده از اضافه‌کاری در جهت حل مسئله

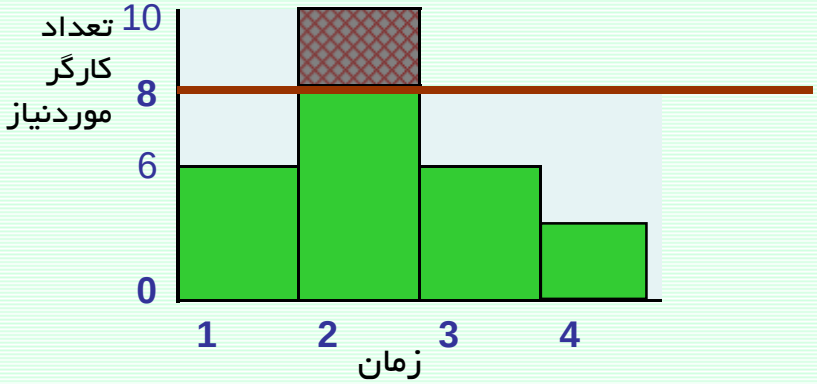
اطلاعات فعالیتهای پروژه

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

تعداد کارگر در دسترس طی هر روز: 8 نفر

نمودار گانت پروژه

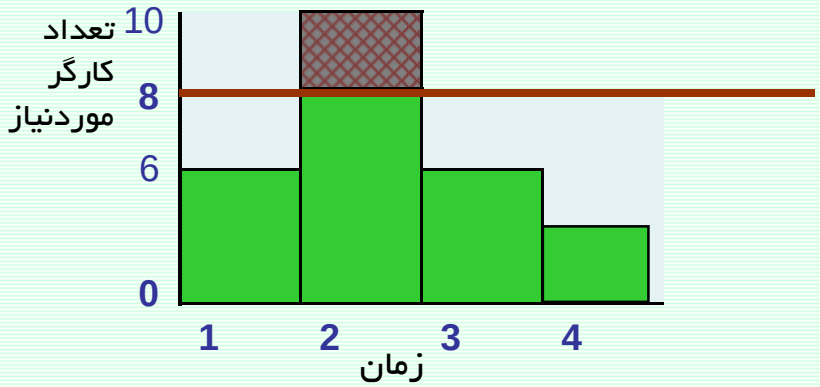




4- استفاده از اضافه‌کاری در جهت حل مسئله

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.

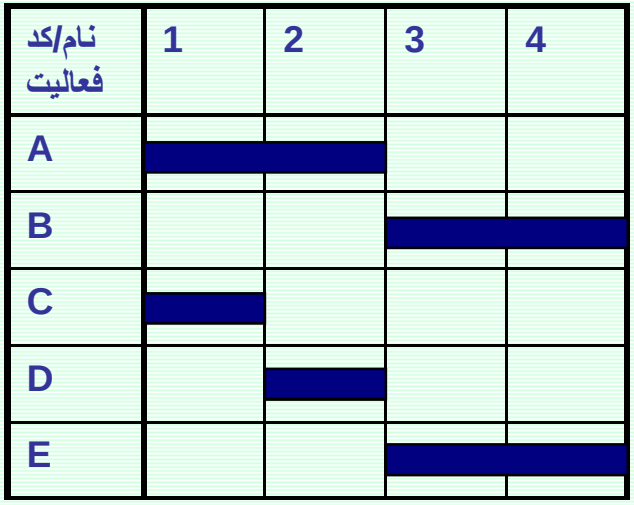
5- افزایش مدت زمان پروژه

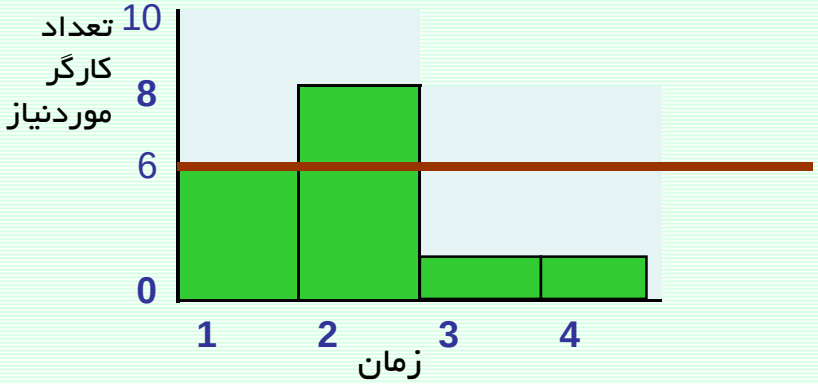
اطلاعات فعالیتهای پروژه

کد فعالیت	پیشنیاز	مدت	تعداد کارگر موردنیاز
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

نمودار گانت پروژه

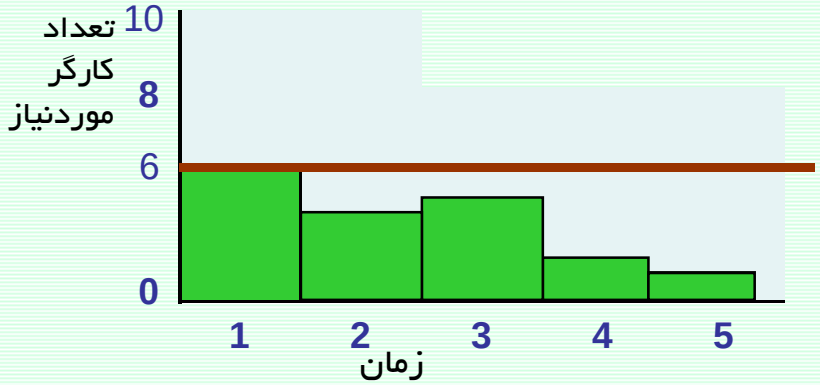




5- افزایش مدت زمان پروژه

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.

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

2- گسیختگی زمانبندی یک فعالیت

3- استفاده از اضافه‌کاری در جهت حل مسئله

www.spowpowerplant.blogfa.com
وبلاگ یک مهندس

الگوریتم تخصیص منابع محدود

قدم‌های الگوریتم:

قدم 1- محاسبات زمانبندی رفت و برگشت معمول را انجام دهید و قرار دهید **T=0**

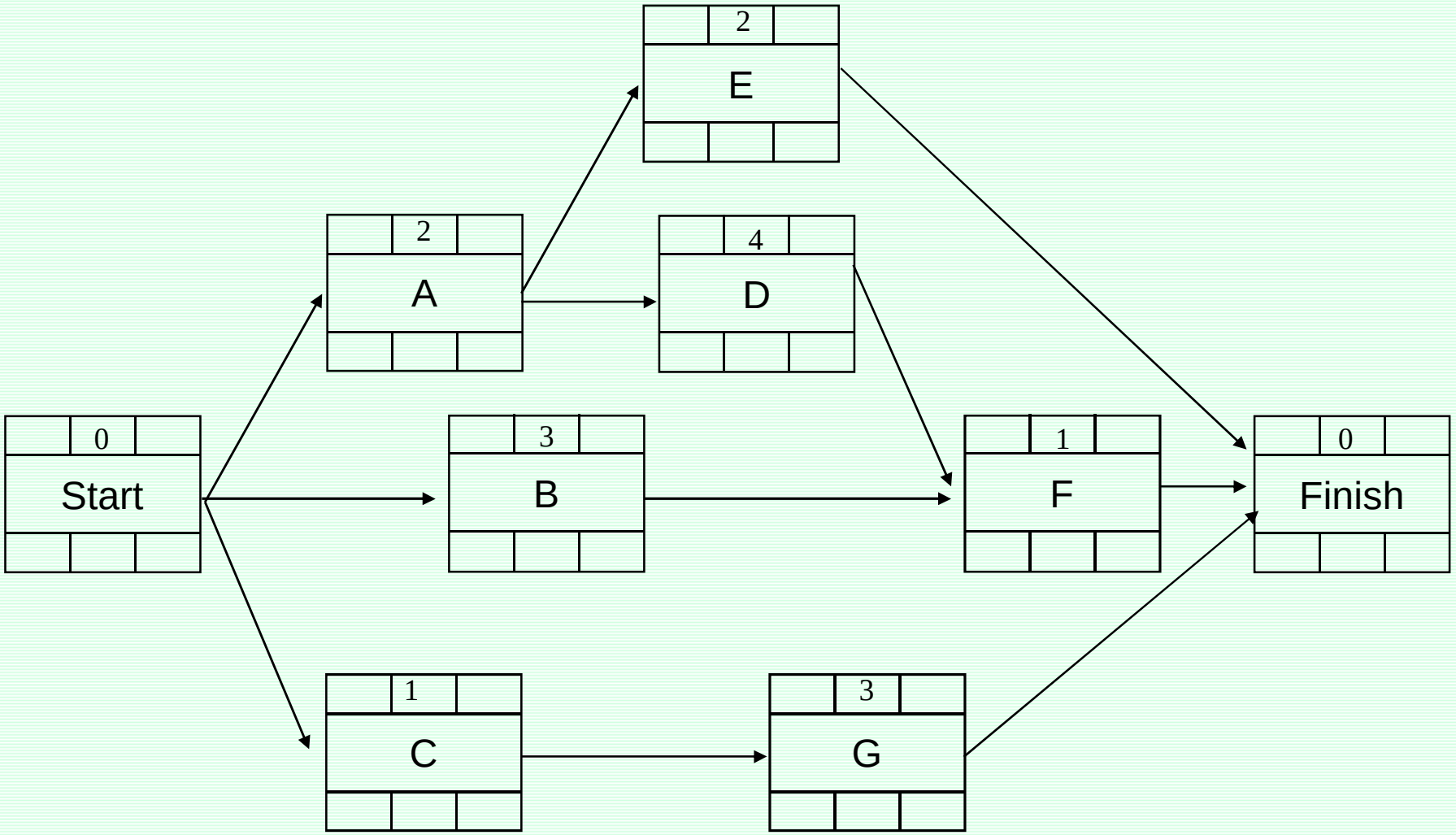
قدم 2- مجموعه فعالیتهای **EAS** (مجموعه فعالیتهای واجد شرایط **Eligible Activity Set**) را مشخص کنید. این مجموعه شامل فعالیتهایی است که هنوز برنامه‌ریزی نشده اند و همچنین یا پیشنیاز ندارند یا پیشنیاز آنها تا زمان **T** برنامه‌ریزی و تمام شده باشند.

قدم 3- 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 درصورت تساوی **LS** ملاک ترتیب صعودی مدت زمان فعالیت است.

قدم 4- فعالیتهای **OSS** را به ترتیب، درصورتی که برای فعالیت در کل زمان اجرا، منابع کافی وجود دارد آن فعالیت را برای شروع در زمان **T** برنامه‌ریزی کنید.

قدم 4- در صورتیکه همه فعالیتها برنامه‌ریزی شده‌اند توقف کنید. درغیر این صورت **T=T+1** و به قدم 2 بازگردید.

مثال



مثال

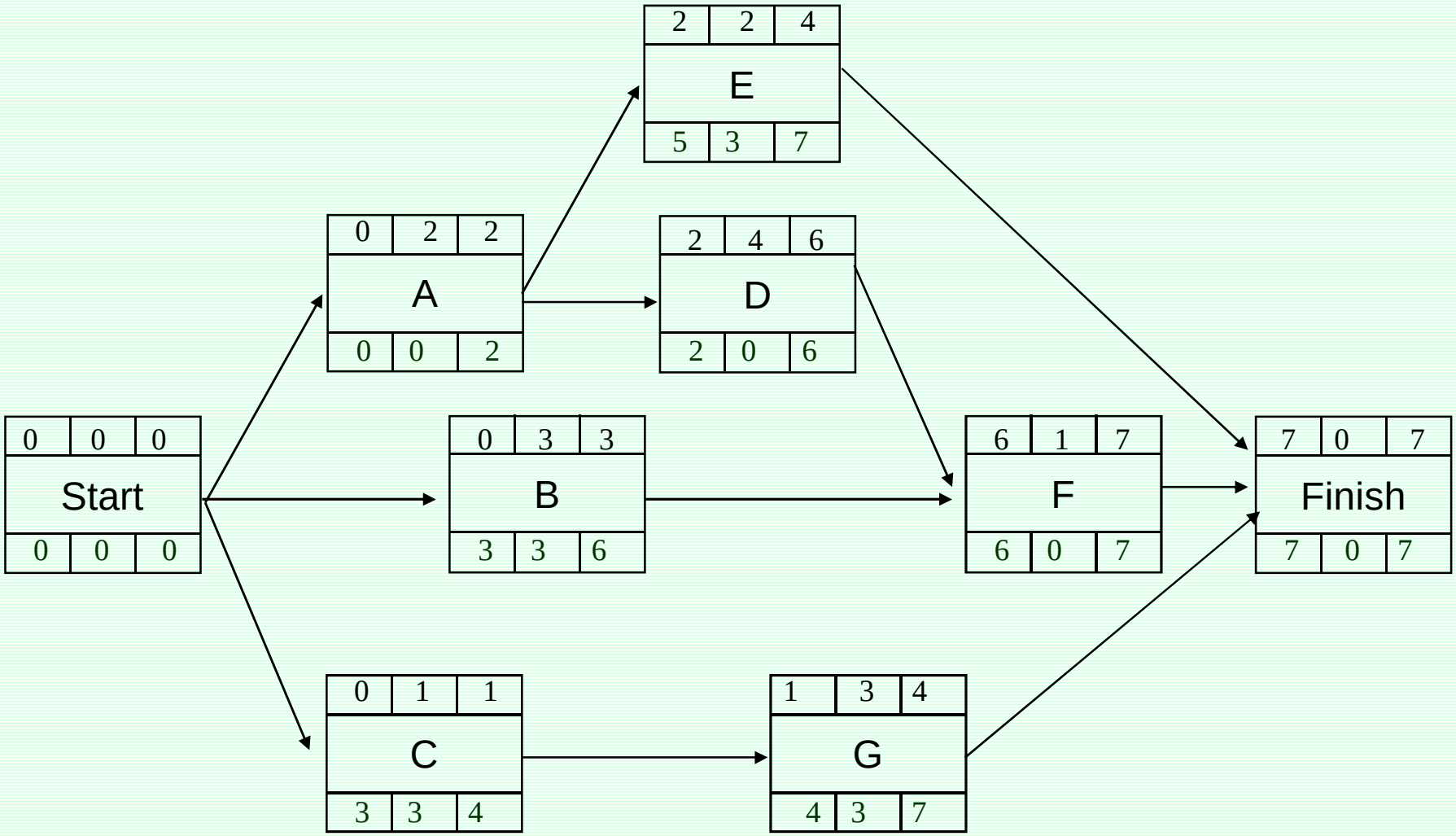
در این پروژه، به دو نوع منبع نیاز است ماشین آلات ویژه (منبع نوع P) و کارگر (منبع نوع Q)

برای اجرای پروژه، 4 ماشین ویژه و 5 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:



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
مقدار منبع Qتخصیص داده نشده				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

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
مقدار منبع Qتخصیص داده نشده				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	2/0	2/0									
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	
مقدار منبع Qتخصیص داده نشده				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	2/0		2/0								
B	0	3	3											
C	0	3	1	0/3										
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
مقدار منبع Qتخصیص داده نشده				3		5	5	5	5	5	5	5	5	5

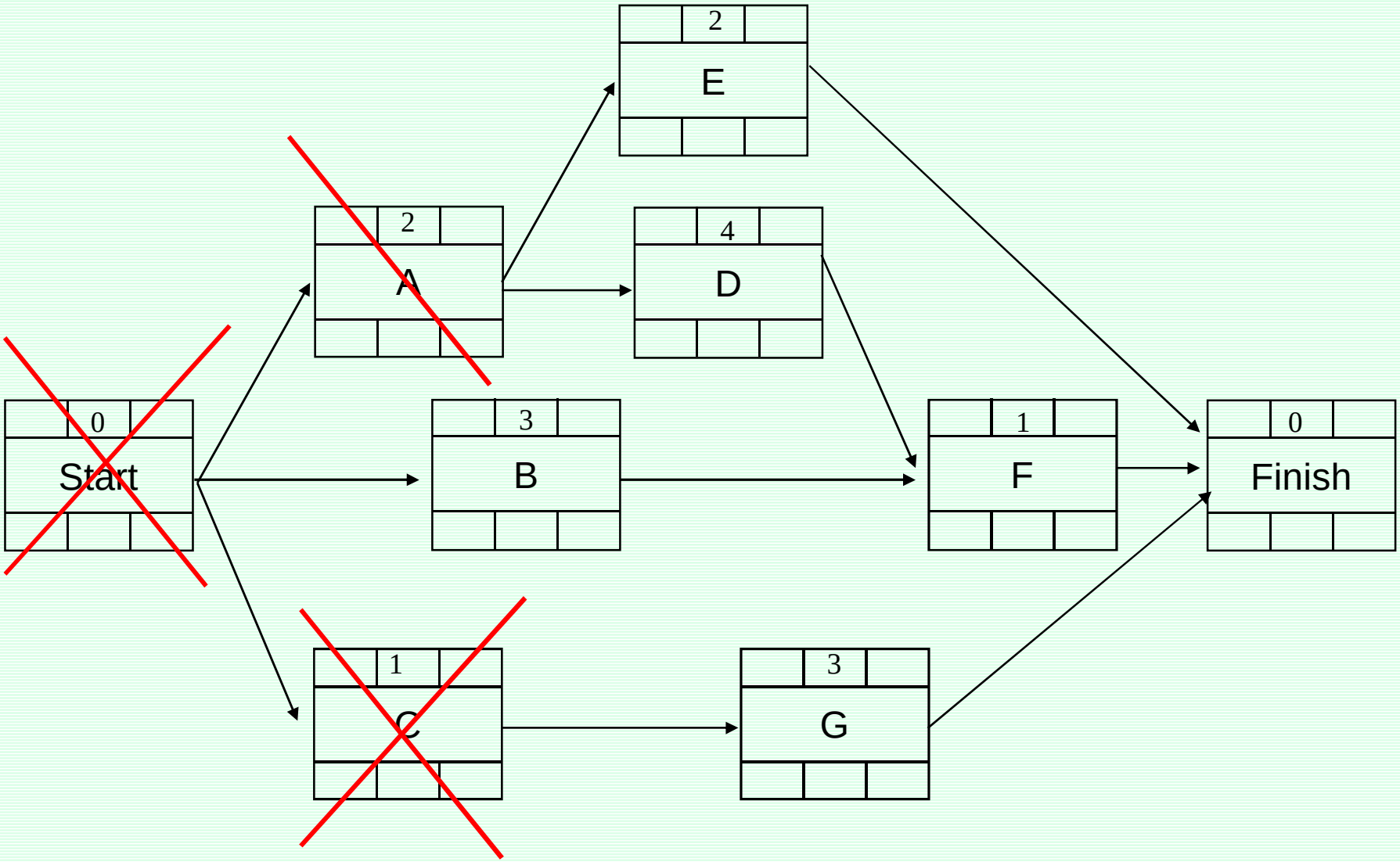
مرحله اول : T=0

✓ ✓ ✗

EAS={A,B,C} **OSS: A→C→B**

LS: 0 , 3 , 3

مرحله دوم : **T=1**



ACTIVITY	ES	LS	D	T									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	2	2/0	2/0									
B	0	3	3											
C	0	3	1	0/3										
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	
مقدار منبع Qتخصیص داده نشده				3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

مرحله دوم : T=1

EAS={B,G}

LS: 3 , 4

OSS: B→G

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

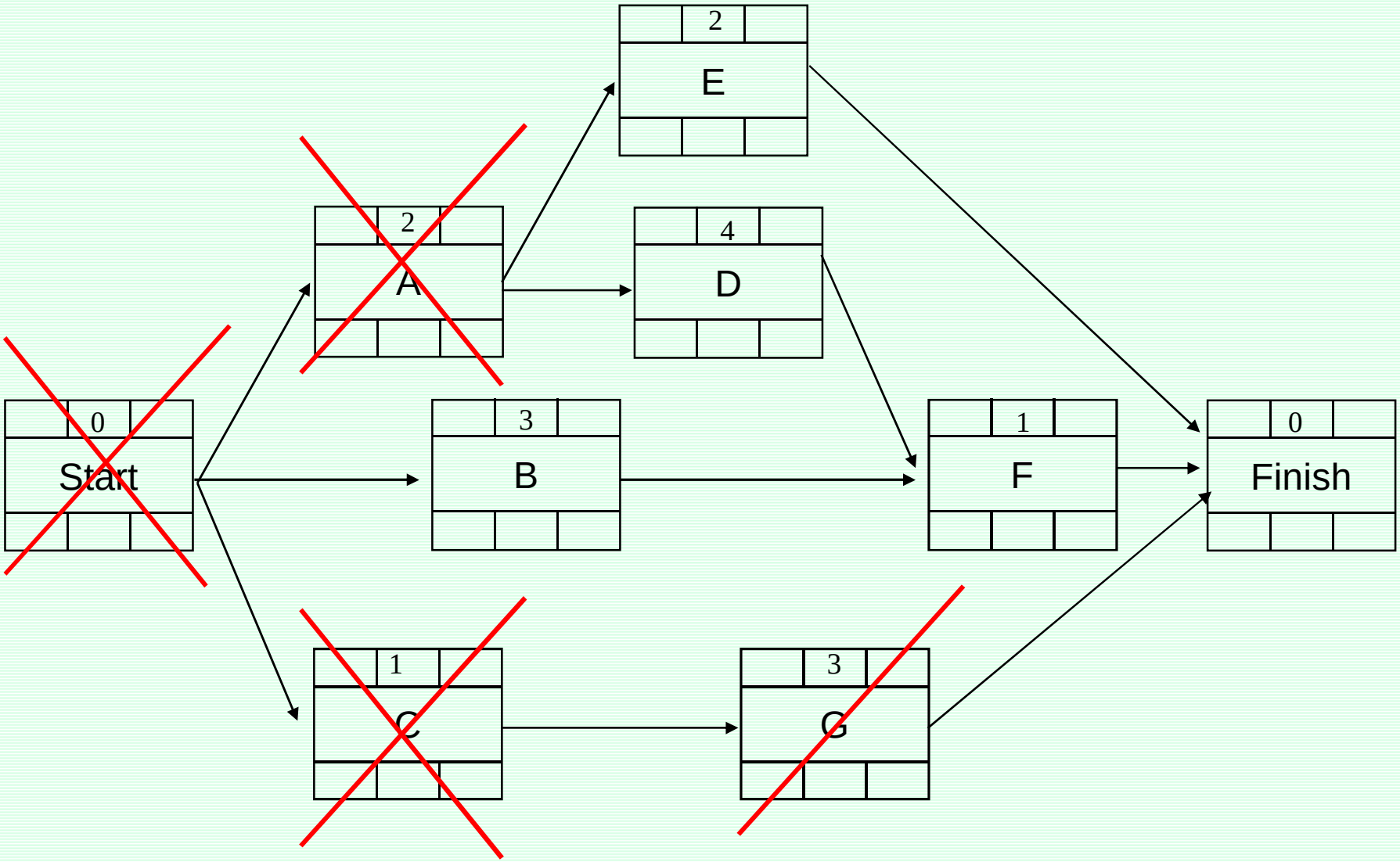
مرحله دوم : T=1

EAS={B,G}

LS: 3 , 4

OSS: B→G ✓ ✗

مرحله سوم : **T=2**



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

مرحله سوم : T=2

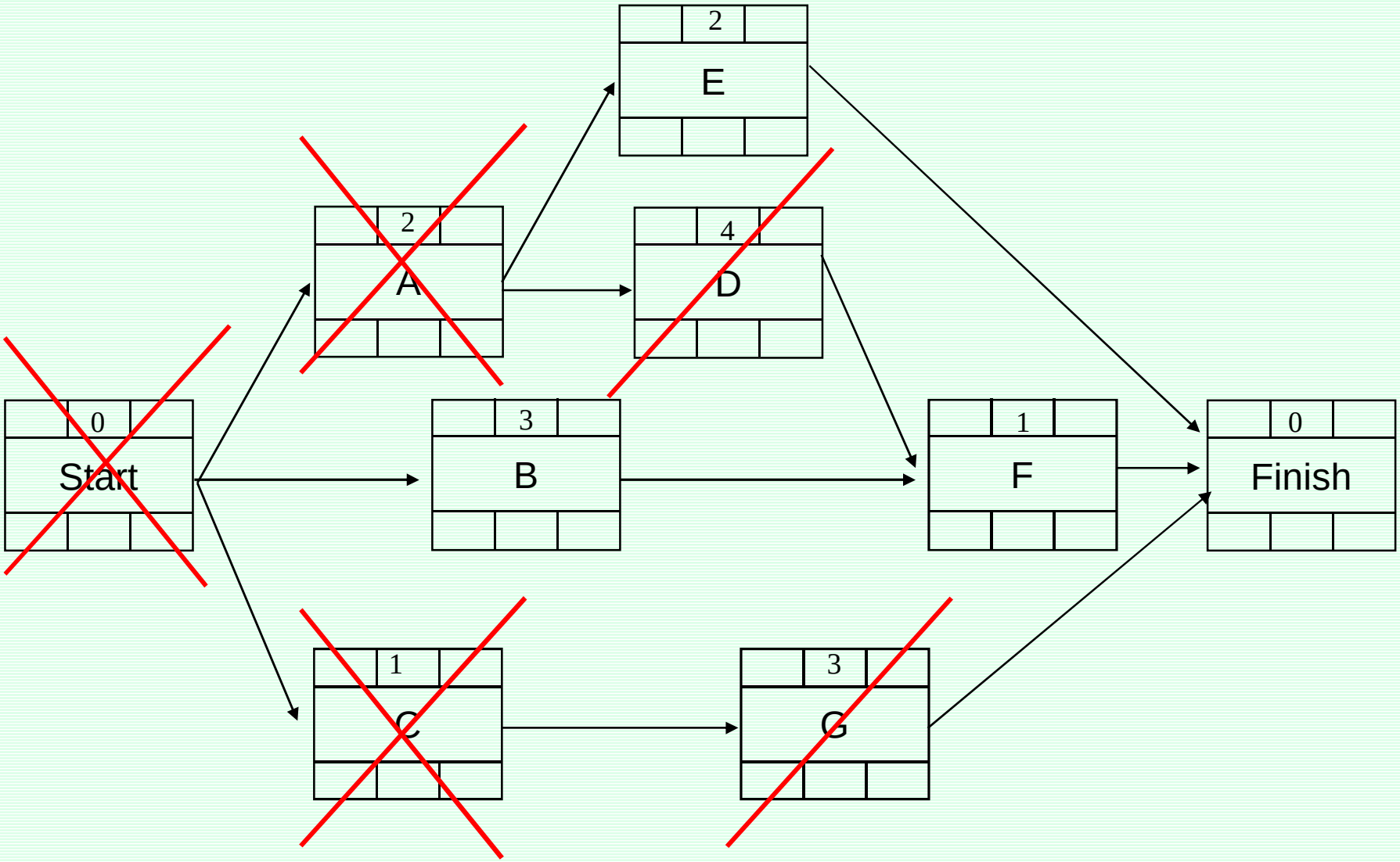
✓ ✗ ✗

EAS={B,E,D}

OSS: D→B →E

LS: 3 , 5 , 2

مرحله چهارم : **T=3**



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

مرحله چهارم : **T=3**

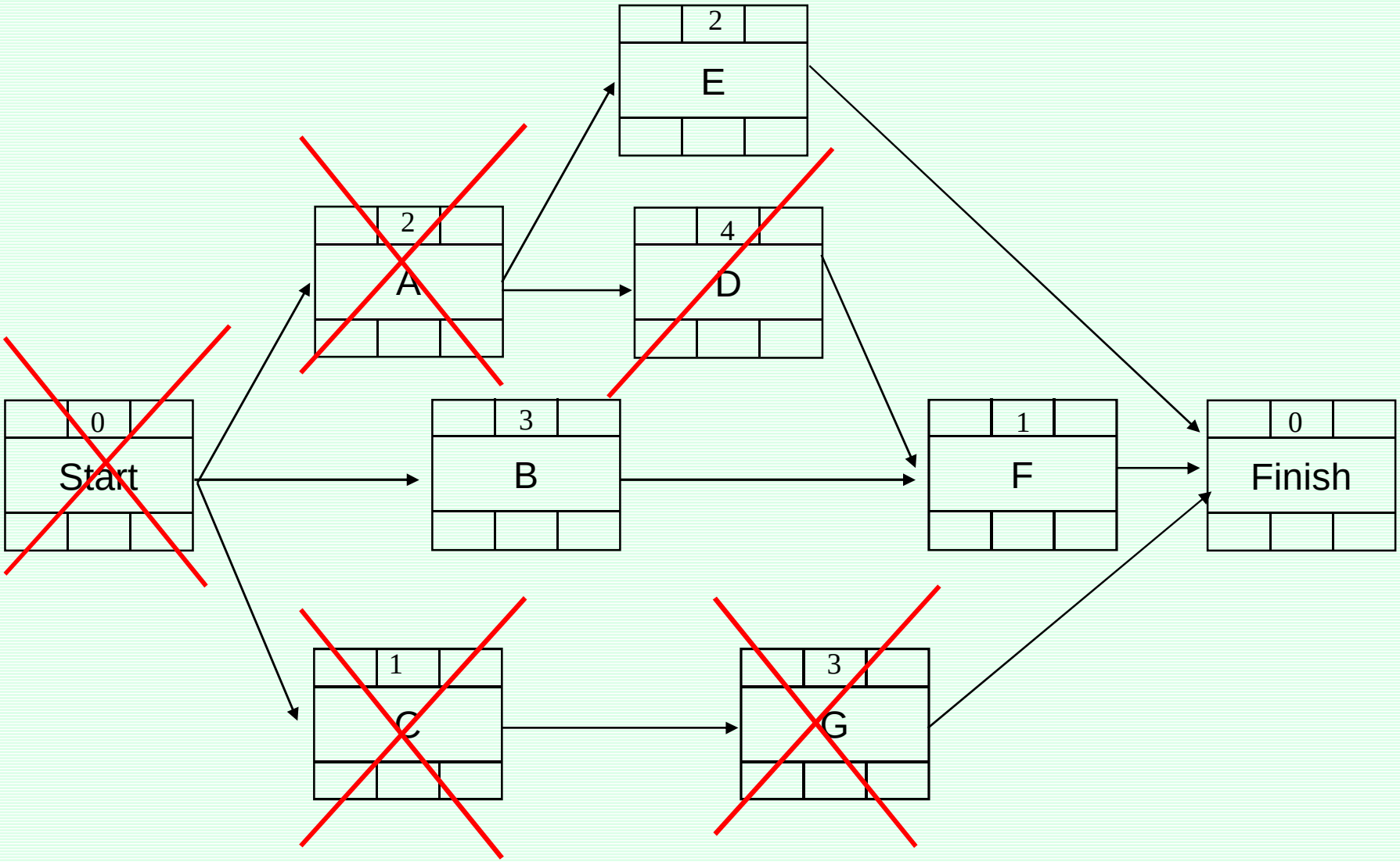
× ×

OSS: B →E

EAS={B,E}

LS: 3 , 5

مرحله پنجم : **T=4**



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

مرحله پنجم : **T=4**

×

OSS: B →E

EAS={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	2/0	2/0									
B	0	3	3											
C	0	3	1	0/3										
D	2	2	4			2/0	2/0	2/0	2/0					
E	2	5	2					0/5	0/5					
F	6	6	1											
G	1	4	3		0/4	0/4	0/4							
مقدار منبع P تخصیص داده نشده				2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	
مقدار منبع Qتخصیص داده نشده				3	1	1	1	0	0	5	5	5	5	

مرحله پنجم : **T=4**

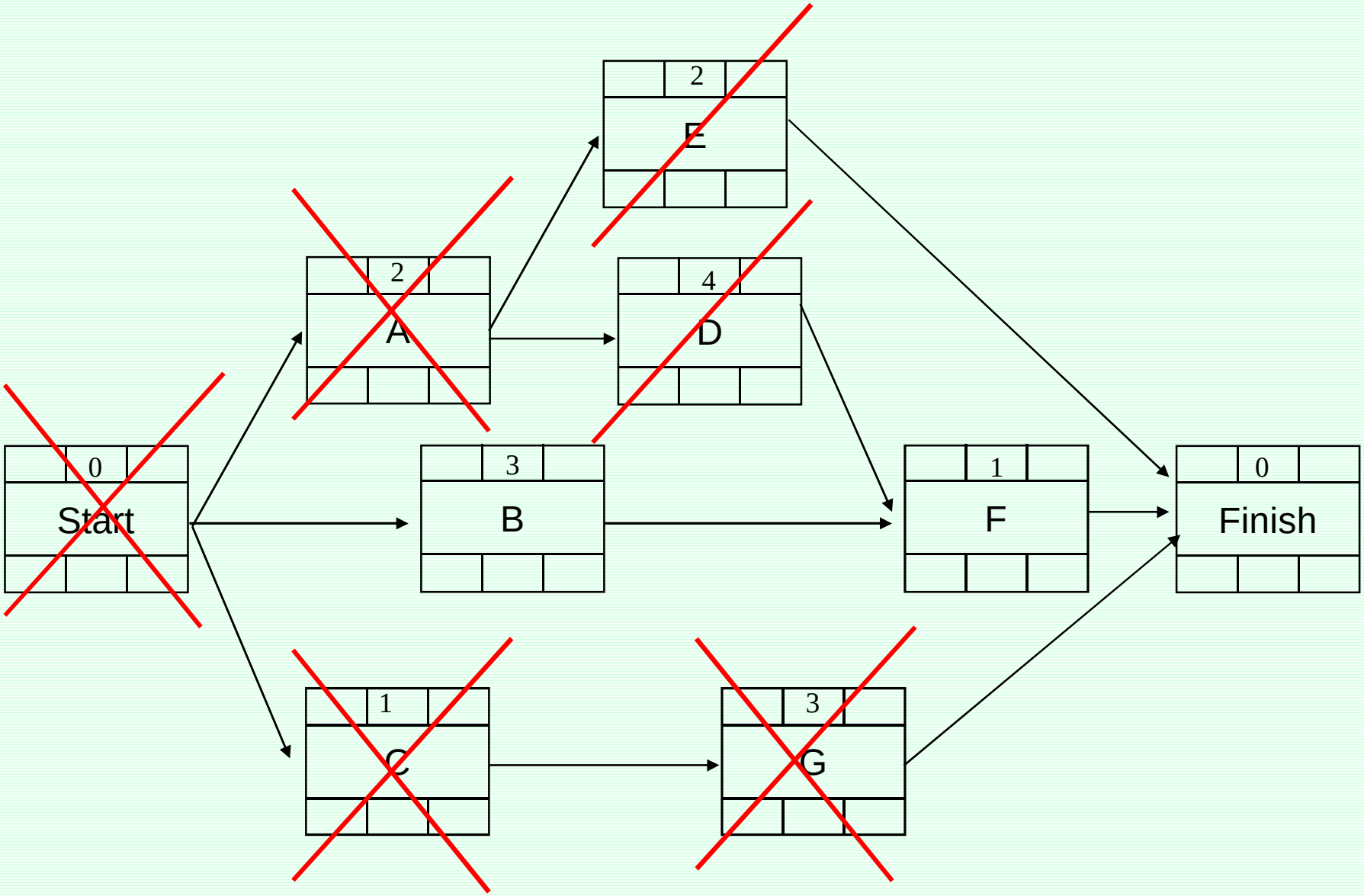
✓ ✗

OSS: B →E

EAS={B,E}

LS: 3 , 5

مرحله ششم : **T=5**



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

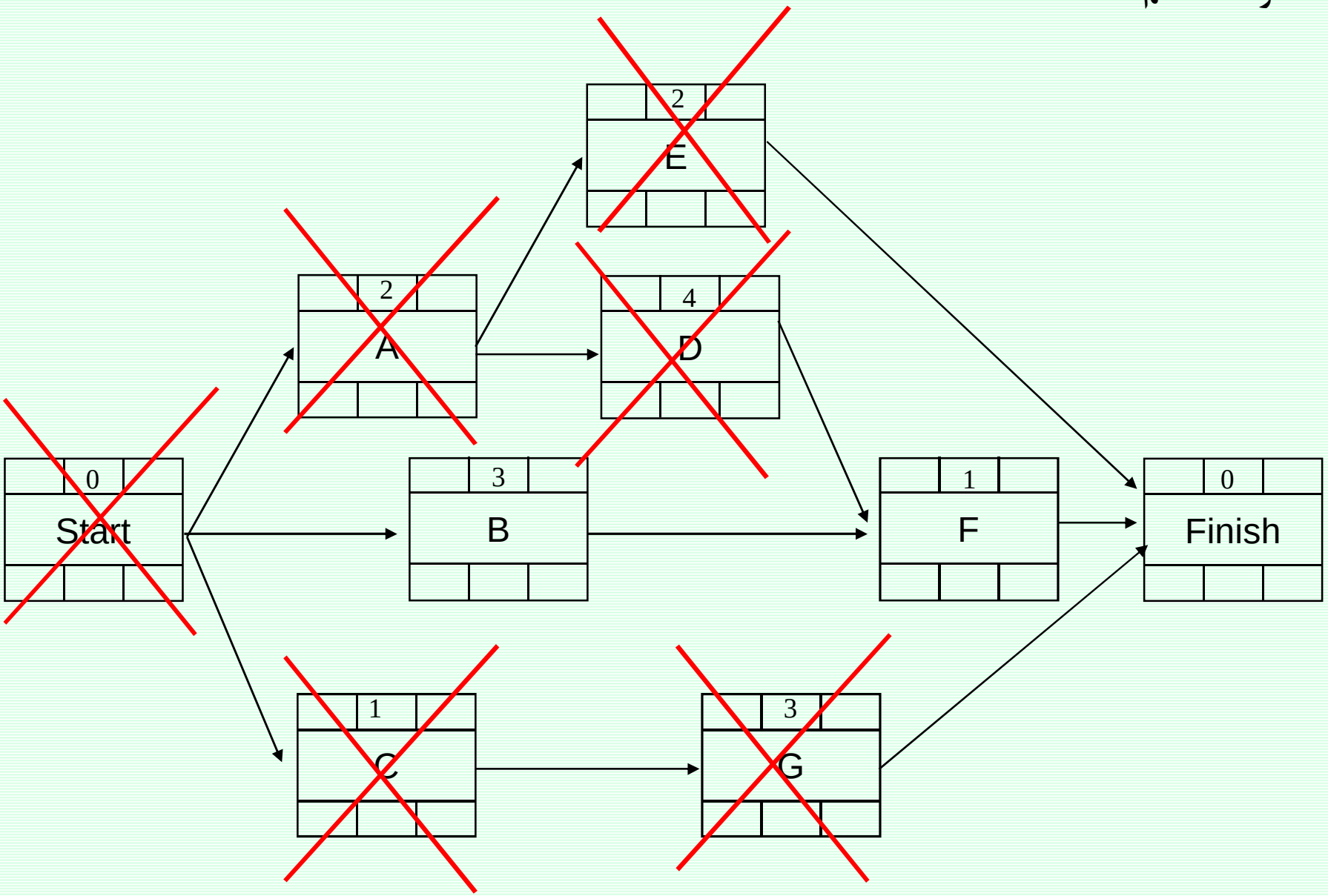
مرحله ششم : **T=5**

OSS: B

EAS={B}

LS: 3

مرحله هفتم : **T=6**



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

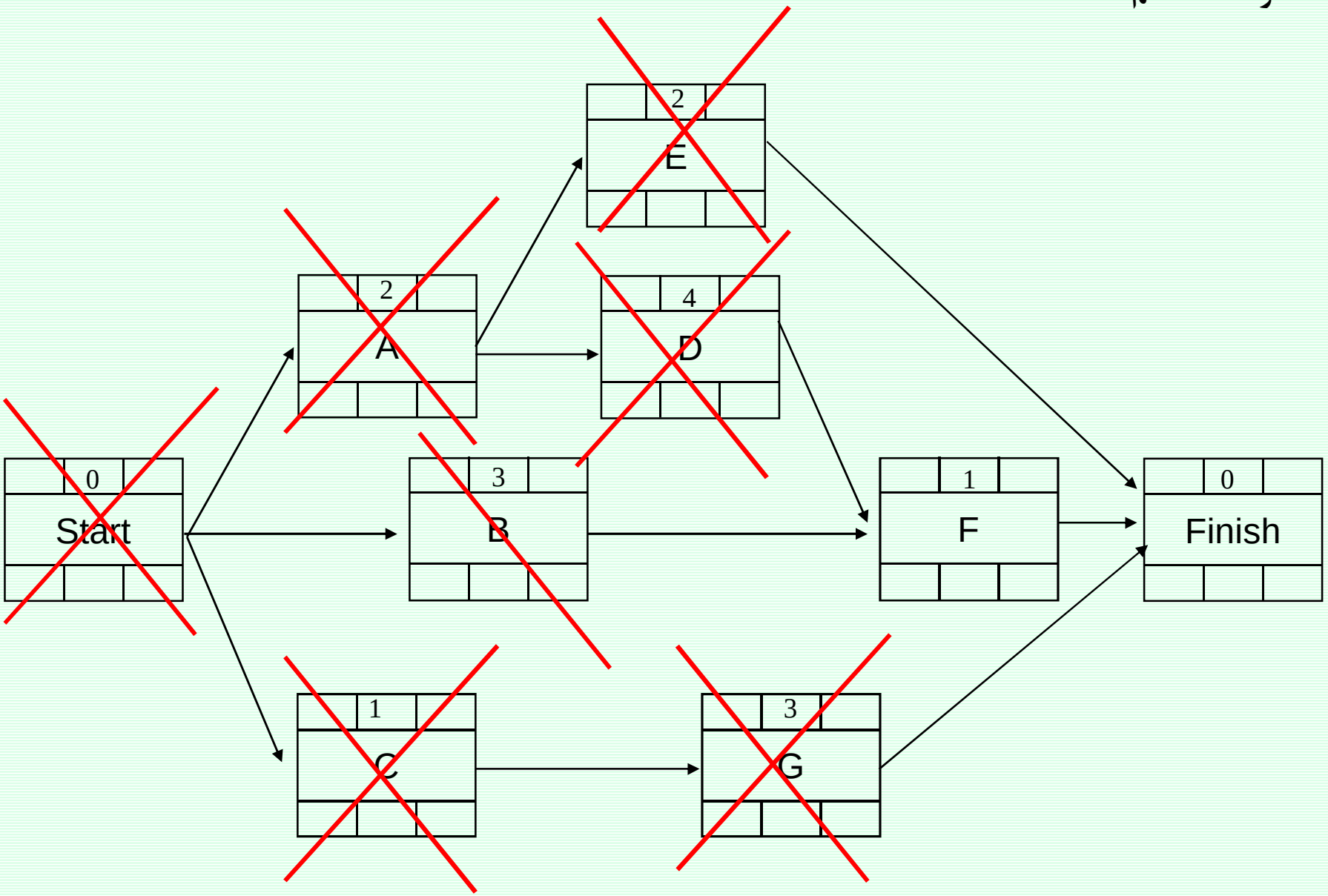
مرحله هفتم : **T=6**

✓

EAS={B} **OSS: B**

LS: 3

مرحله هشتم : T=7

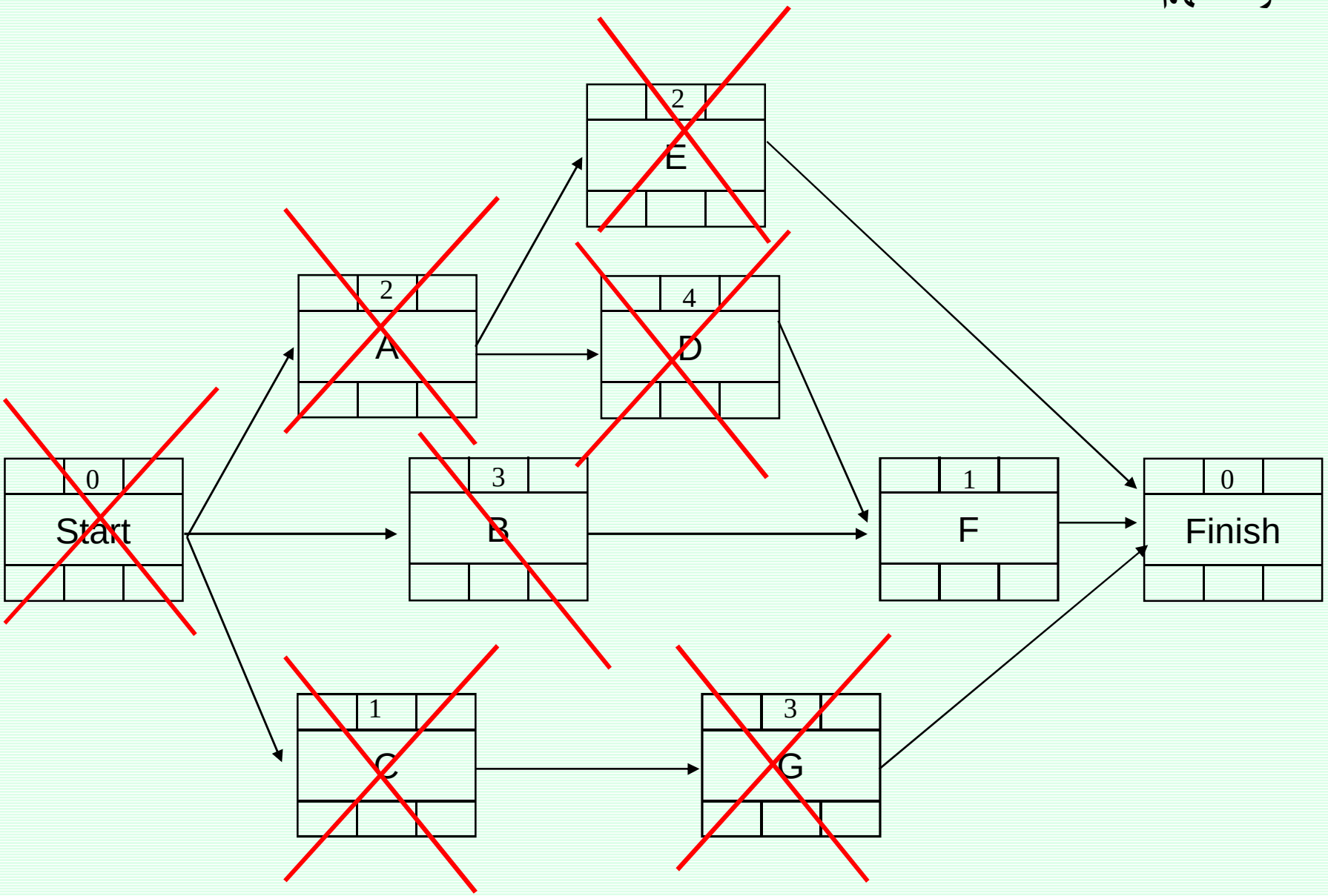


ACTIVITY	ES	LS	D	T									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	2	2/0	2/0									
B	0	3	3							4/0	4/0	4/0		
C	0	3	1	0/3										
D	2	2	4			2/0	2/0	2/0	2/0					
E	2	5	2					0/5	0/5					
F	6	6	1											
G	1	4	3		0/4	0/4	0/4							
مقدار منبع P تخصیص داده نشده				2	2	2	2	2	2	0	0	0	4	
مقدار منبع Qتخصیص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

مرحله هشتم : **T=7**

EAS={}

مرحله نهم : **T=8**

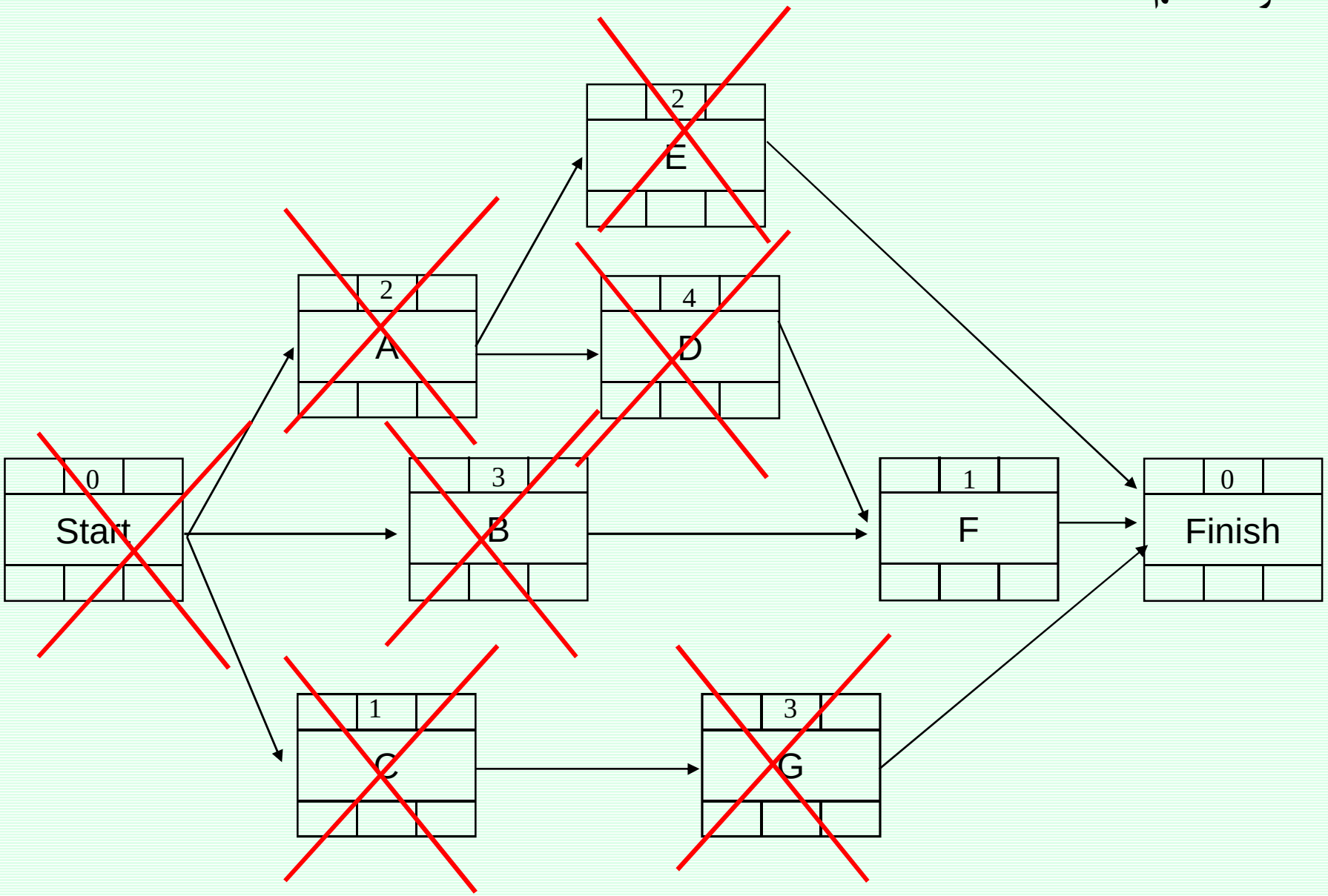


ACTIVITY	ES	LS	D	T									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	2	2/0	2/0									
B	0	3	3							4/0	4/0	4/0		
C	0	3	1	0/3										
D	2	2	4			2/0	2/0	2/0	2/0					
E	2	5	2					0/5	0/5					
F	6	6	1											
G	1	4	3		0/4	0/4	0/4							
مقدار منبع P تخصیص داده نشده				2	2	2	2	2	2	0	0	0	4	
مقدار منبع Qتخصیص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

مرحله نهم : **T=8**

EAS={}

مرحله دهم : **T=9**



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

مرحله دهم : **T=9**

EAS={F} **OSS: F**

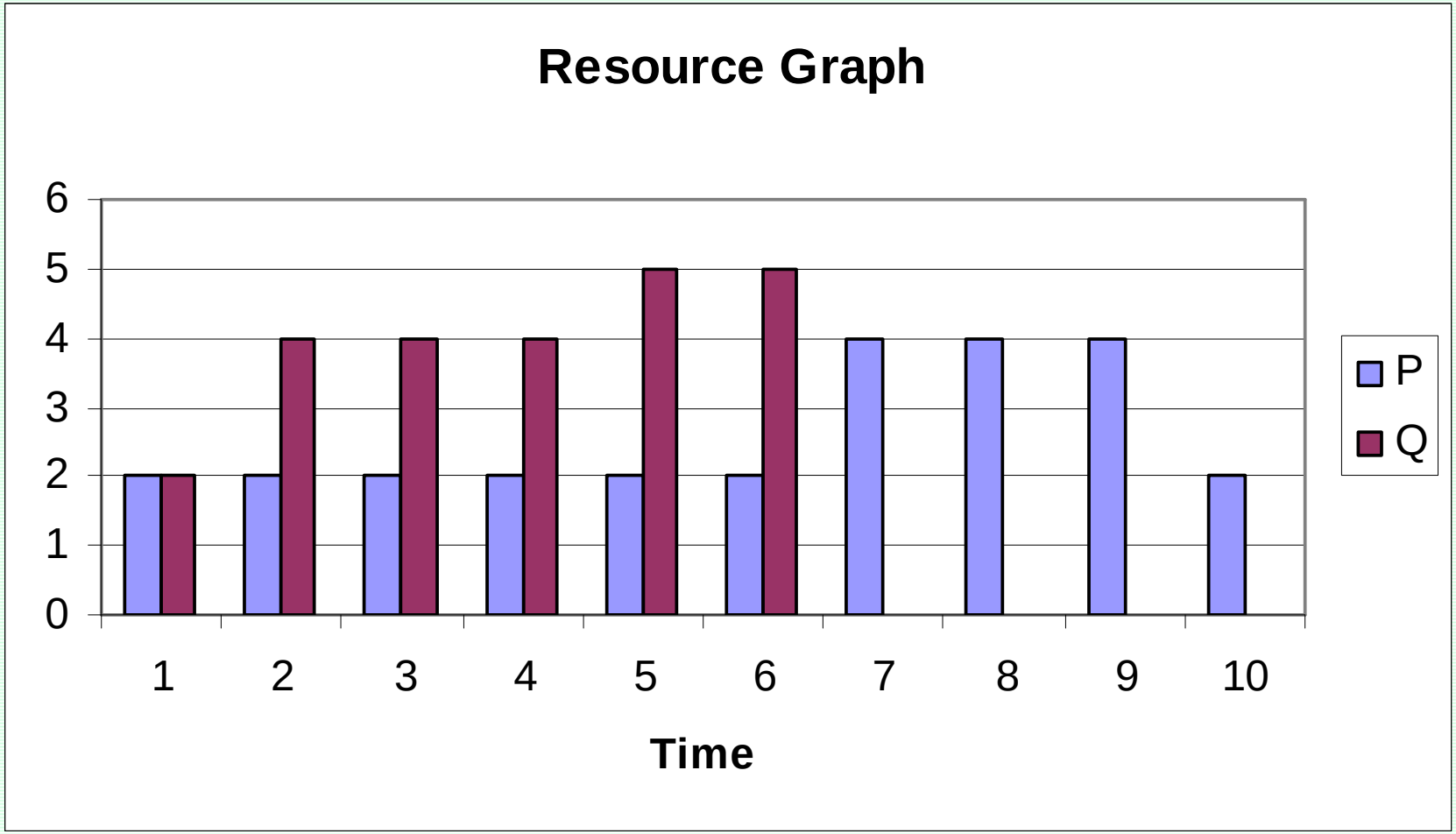
ACTIVITY	ES	LS	D	T									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	2	2/0	2/0									
B	0	3	3							4/0	4/0	4/0		
C	0	3	1	0/3										
D	2	2	4			2/0	2/0	2/0	2/0					
E	2	5	2					0/5	0/5					
F	6	6	1										3/0	
G	1	4	3		0/4	0/4	0/4							
مقدار منبع P تخصیص داده نشده				2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	
مقدار منبع Qتخصیص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

مرحله دهم : **T=9**

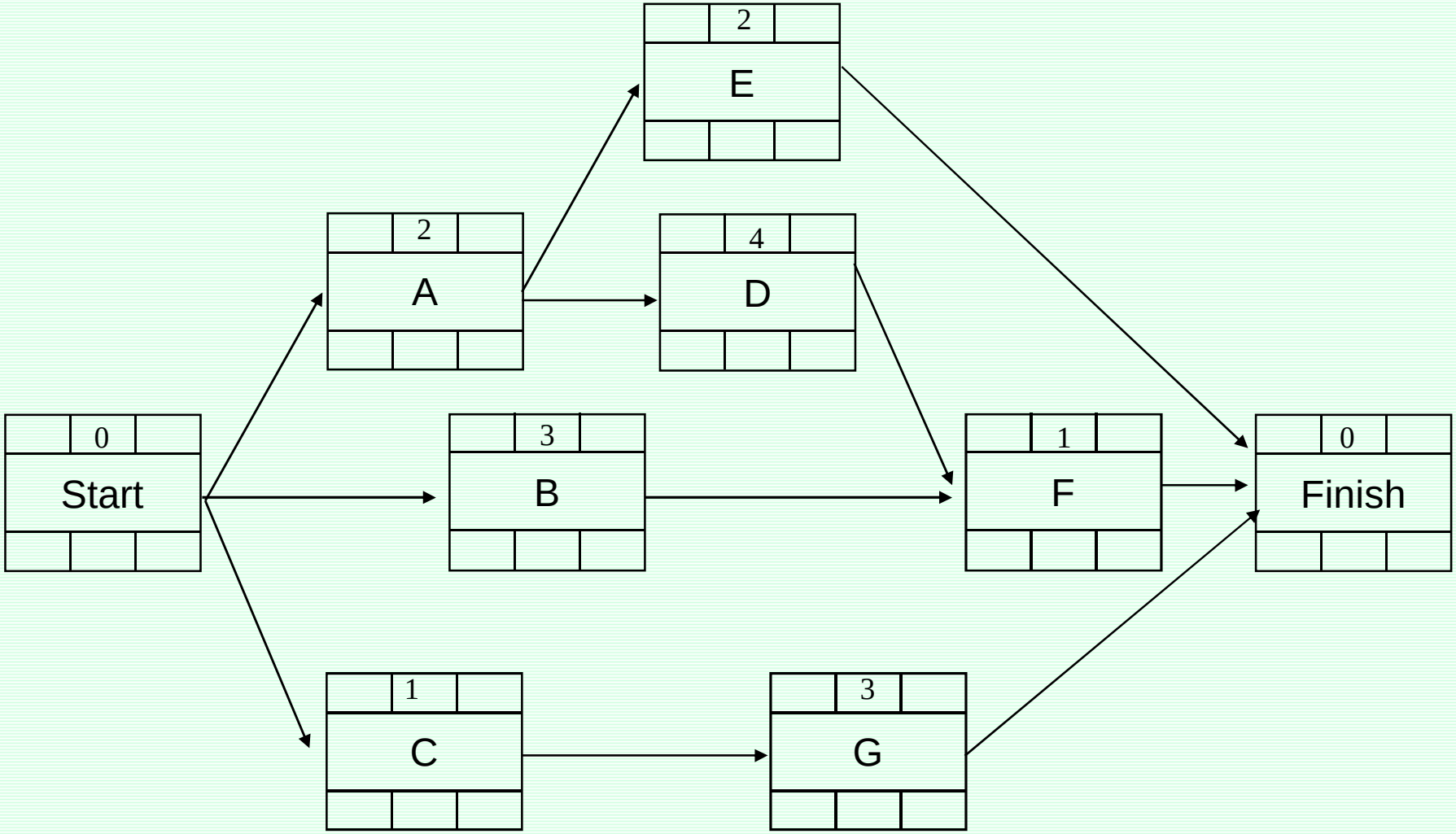
✓

OSS: F

EAS={F}


Resource Graph
6
5
4
3
2
1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Time
P
Q

تمرین



تمرین

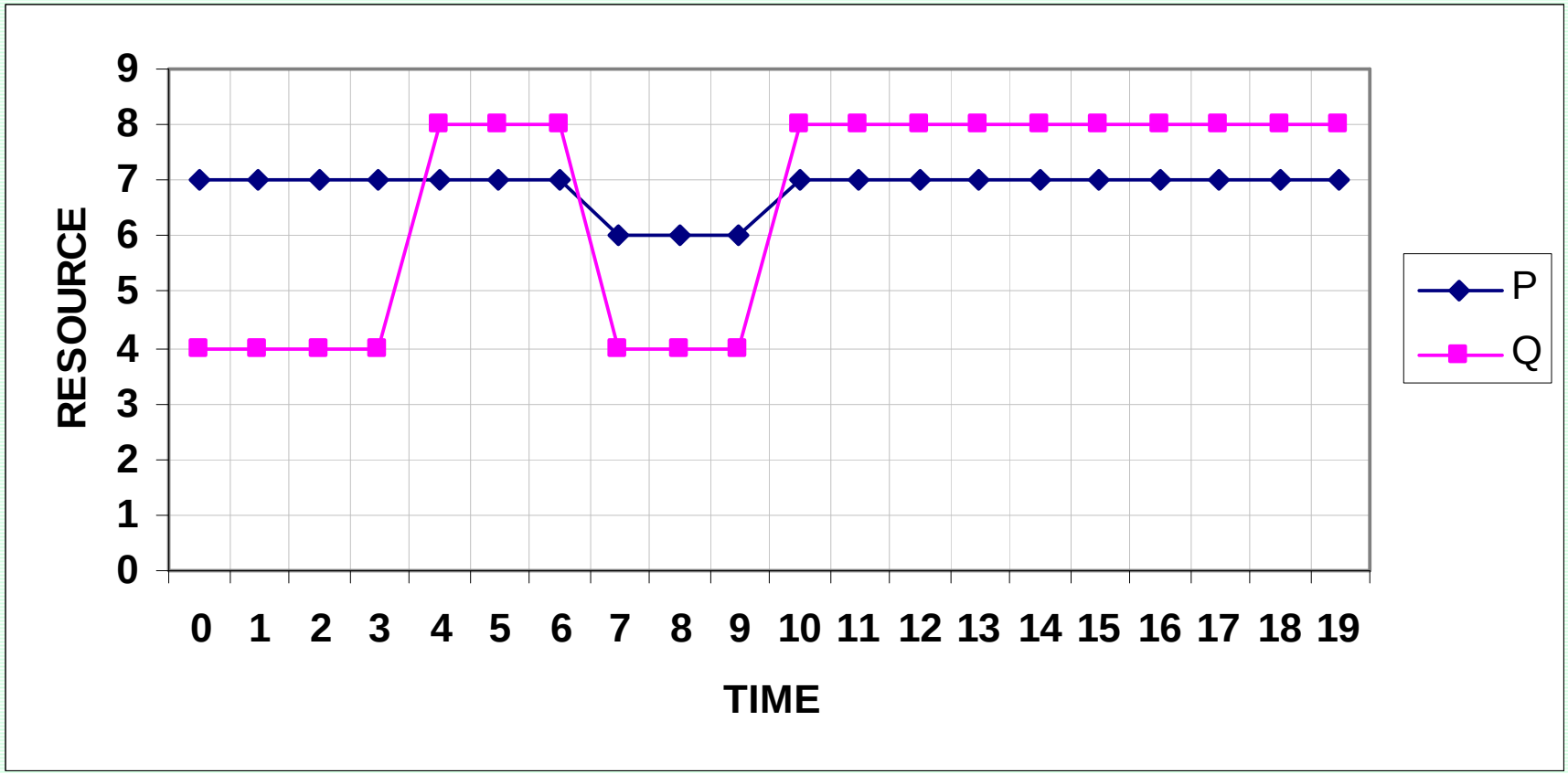
در این پروژه، به دو نوع منبع نیاز است ماشین آلات ویژه (منبع نوع P) و کارگر (منبع نوع Q)

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**

تمرین

میزان منابع در دسترس

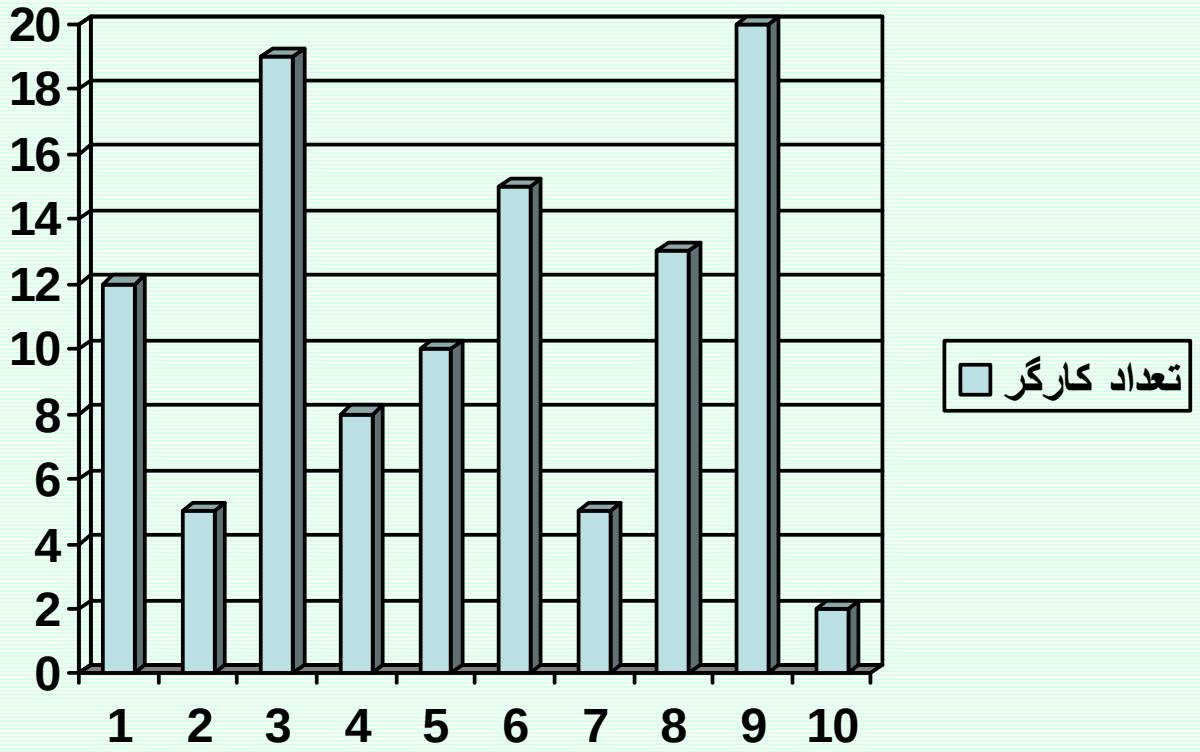


برنامه‌ریزی منابع

ب- تخصیص منابع نامحدود (تسطیح منابع)

Resource Leveling

Resource Graph



r_t : تعداد منبع مورد استفاده در مقطع زماني 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:

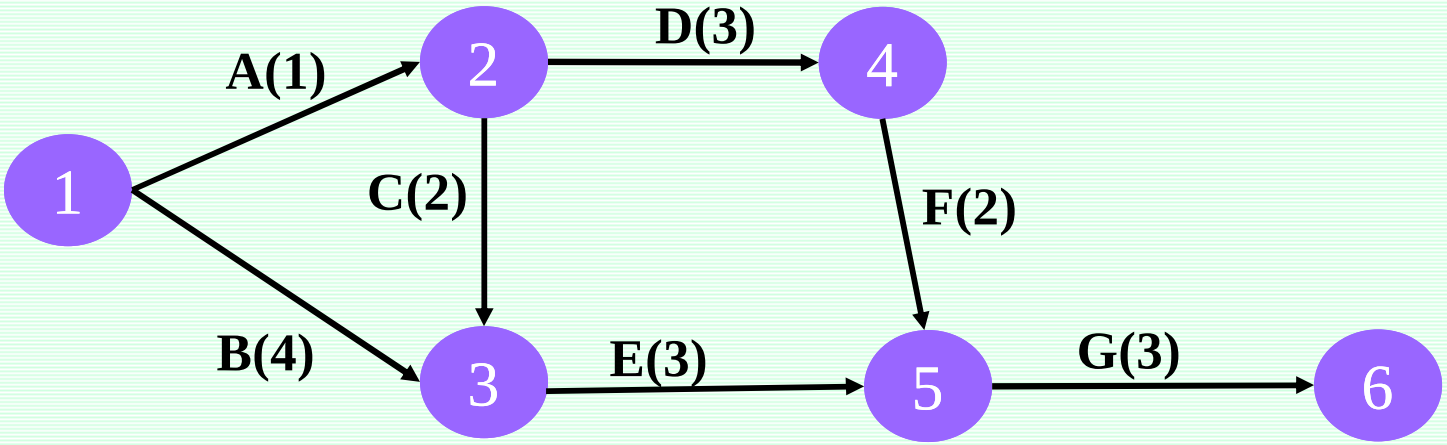
قدم 1- فعالیتها را به ترتیب شماره گره پایانی و در صورتی که دو فعالیت دارای یک گره پایانی هستند به ترتیب ا فزایش شماره گره شروعی از بالا به پایین در جدول قرار دهید.

قدم 2- از آ خرین فعالیت (پایین لیست) شروع نموده و فعالیت را به نحوی برنامه ریزی کنید که رابطه $z = \mathrm{Min}\sum(r_t)^2$ 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 3- عملیات مربوط به قدم 2 را به ترتیب برای سایر فعالیتها از پایین به بالا تکرار کنید.

قدم 4- پس از آنکه تمامی فعالیتها برنامه‌ریزی شدند مجددا از پایین‌ترین فعالیت جدول، قدمهای 2 و3 را برای تمامی فعالیتها تکرار می‌کنیم. این روند را آنقدر ادامه می‌دهیم تا کاهش بیشتری در تابع Z ممکن نباشد.

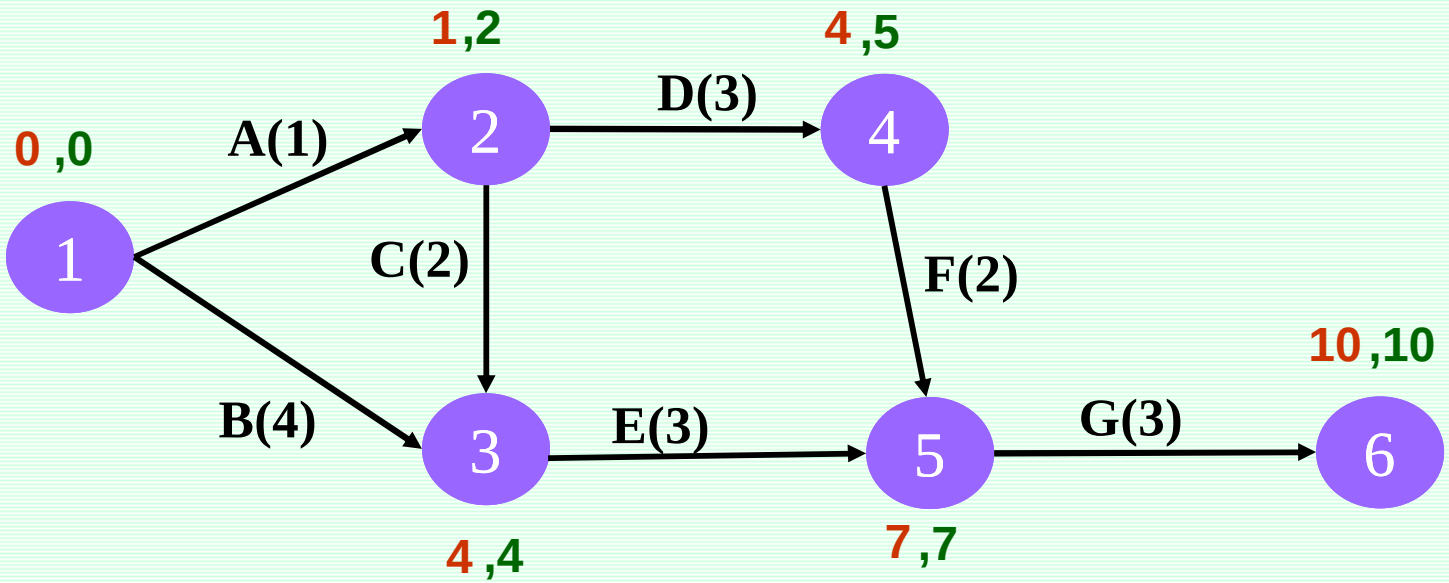
مثال



	A	B	C	D	E	F	G
تعداد کارگر	**1**	**2**	**3**	**2**	**1**	**4**	**4**

کارگر را بعنوان منبع نامحدود در نظر بگیرید.

حل مسئله و اجرای الگوریتم:



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											
r_t														
$(r_t)2$														

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_t											4	4	4	
$(r_t)2$											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_t									4	4	4	4	4	
$(r_t)2$									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_t								1	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$								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_t					2	2	2	1	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$					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	**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_t				2	4	7	7	1	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$				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	1									
1-3	0	0	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_t				3	4	7	7	1	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$				9	16	49	49	1	25	25	16	16	16	

Z=222

بررسي مجدد 1

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							
2-3	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_t				3	4	7	7	1	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$				9	16	49	49	1	25	25	16	16	16	

بررسي مجدد 1

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							
2-3	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_t				3	4	7	7	1	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$				9	16	49	49	1	25	25	16	16	16	

بررسي مجدد 1

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							
2-3	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_t				3	2	7	7	3	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$				9	4	49	49	9	25	25	16	16	16	

Z=218

بررسي مجدد 2

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							
2-3	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_t				3	2	7	7	3	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$				9	4	49	49	9	25	25	16	16	16	

بررسي مجدد 2

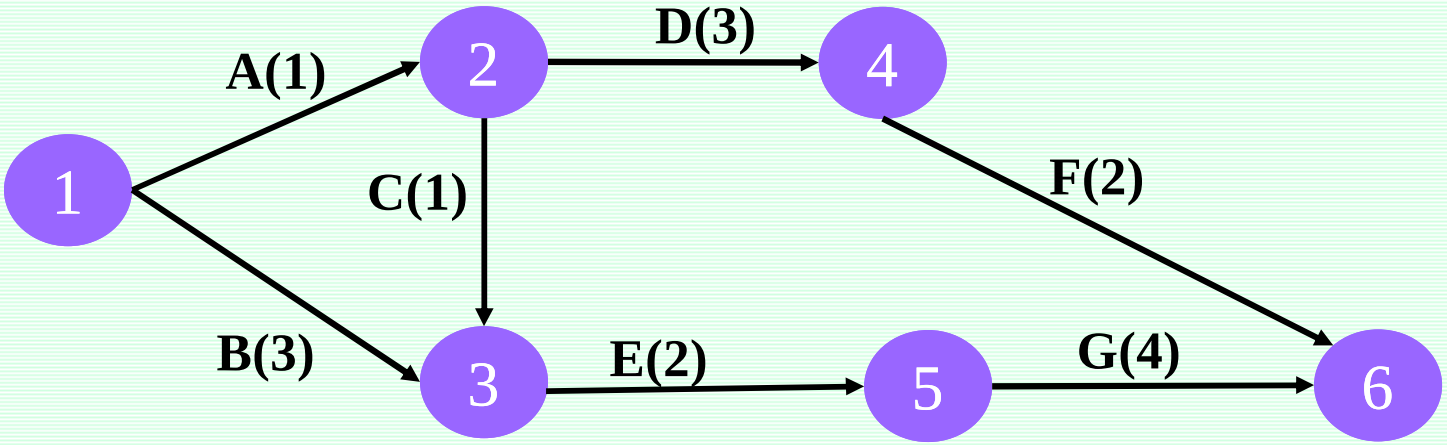
ACTIVITY	ES	LS	r	T									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	0	1	1	1										
1-3	0	0	2	2	2	2	2							
2-3	1	2	3			3	3							
2-4	1	2	2			2	2	2						
3-5	4	4	1					1	1	1				
4-5	4	5	4						4	4				
5-6	7	7	4								4	4	4	
r_t				3	2	7	7	3	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$				9	4	49	49	9	25	25	16	16	16	

بررسي مجدد 2

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							
2-3	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_t				3	5	7	4	3	5	5	4	4	4	
$(r_t)2$				9	25	49	16	9	25	25	16	16	16	

Z=206

تمرین



	A	B	C	D	E	F	G
تعداد کارگر	**1**	**3**	**2**	**2**	**4**	**3**	**4**

کارگر را بعنوان منبع نامحدود در نظر بگیرید.

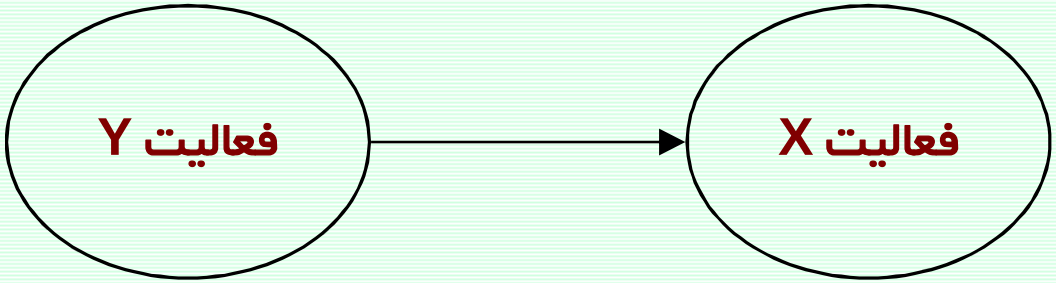
برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره 5- شبکه‌های پیشنیازی PN

استاد: امیرعباس نجفی

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.

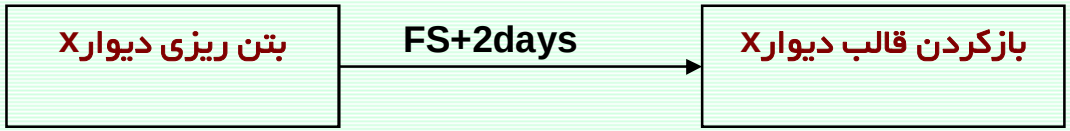
انواع ارتباط و وابستگی بین فعالیتها

بطورکلی 4 نوع رابطه پیشنیازی بین فعالیتها وجود دارد:

1- پایان به شروع Finish to Start (FS)

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.

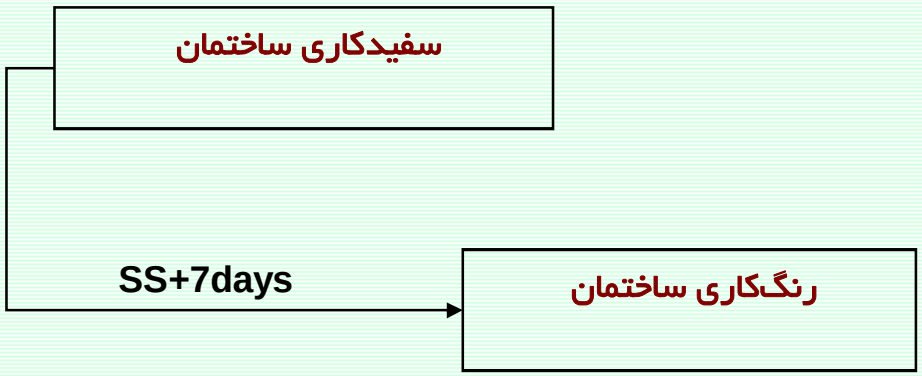
ارتباط می‌تواند همراه با یک تاخیر زمانی **Lag** باشد.



انواع ارتباط و وابستگی بین فعالیتها

2- شروع به شروع Start to Start (SS)

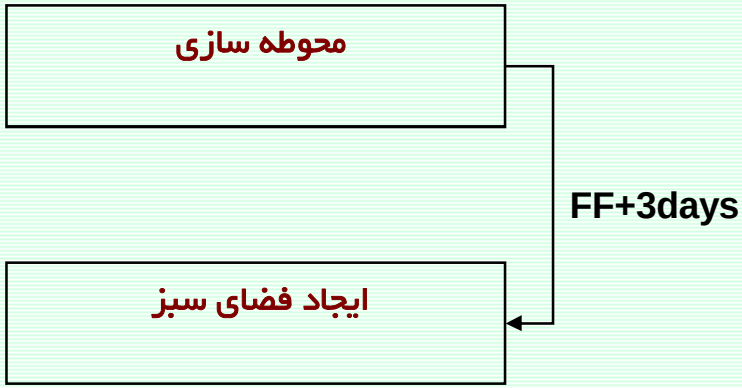
ارتباط از فعالیتی که می‌باید شروع شود به فعالیتی که می توتند پس از آغاز آن شروع شود.
بدین ترتیب آغاز فعالیت پی‌آمد منوط به شروع فعالیت پیشنیاز است.



انواع ارتباط و وابستگی بین فعالیتها

3- پایان به پایان Finish to Finish (FF)

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 پیشنیاز است.



انواع ارتباط و وابستگی بین فعالیتها

4- شروع به پایان Start to Finish (SF)

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 پیشنیاز است.

چند مثال

F_AF_B-10days

S_AS_B+30days

S_AF_B+4days

F_AS_B+8days

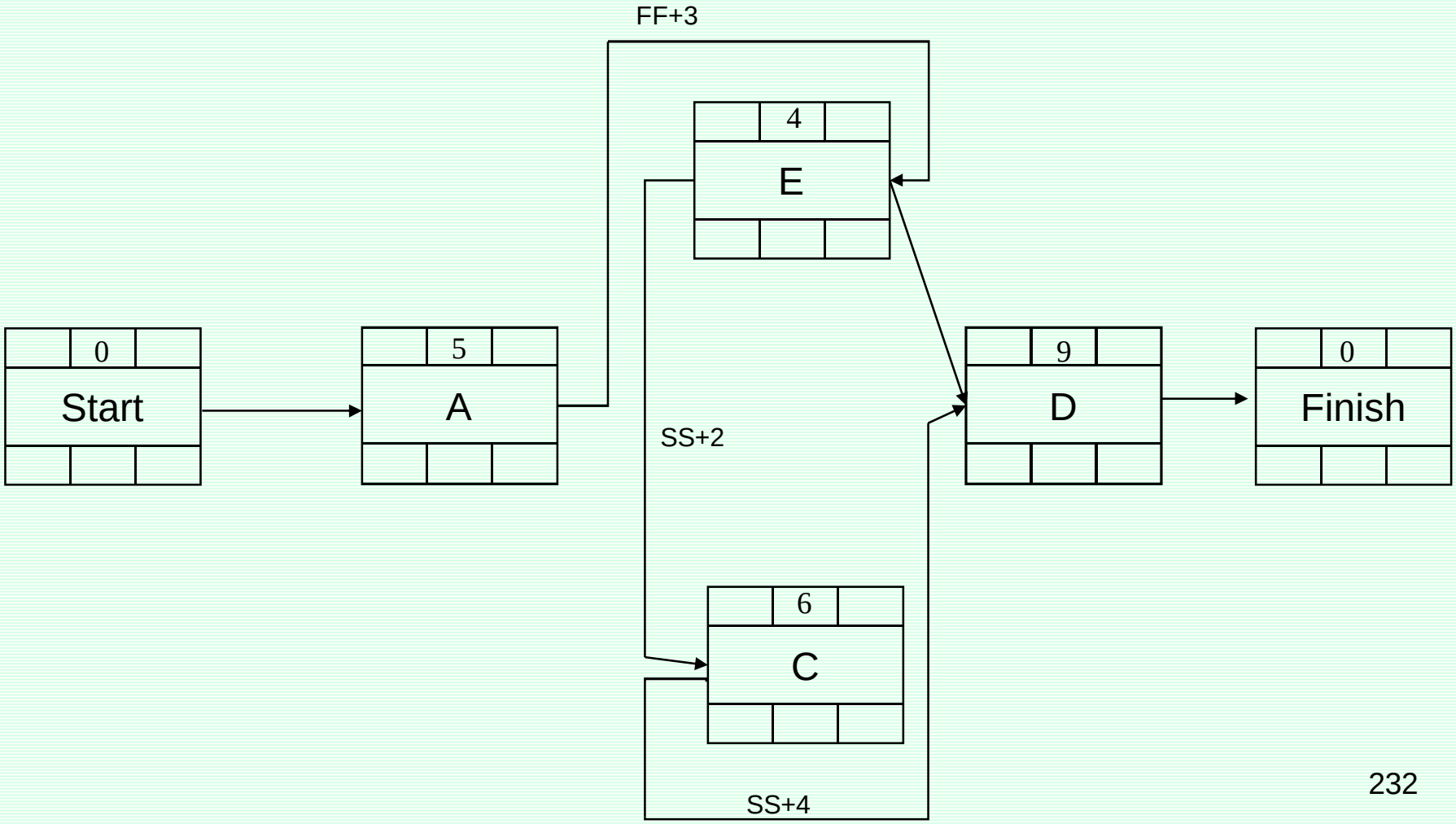
S_AS_B+50%

ترسیم شبکه پیشنیازی

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

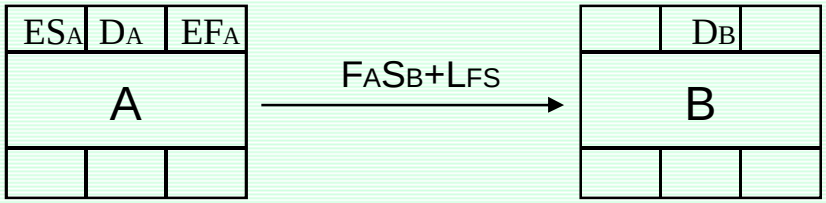
مثال:

فعالیت	مدت	پیشنیاز
A	5	-
B	4	F_AF_B+3
C	6	S_BS_C+2
D	9	$B;S_CS_D+4$


FF+3
4
E
0
Start
5
A
SS+2
9
D
0
Finish
6
C
SS+4

محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی

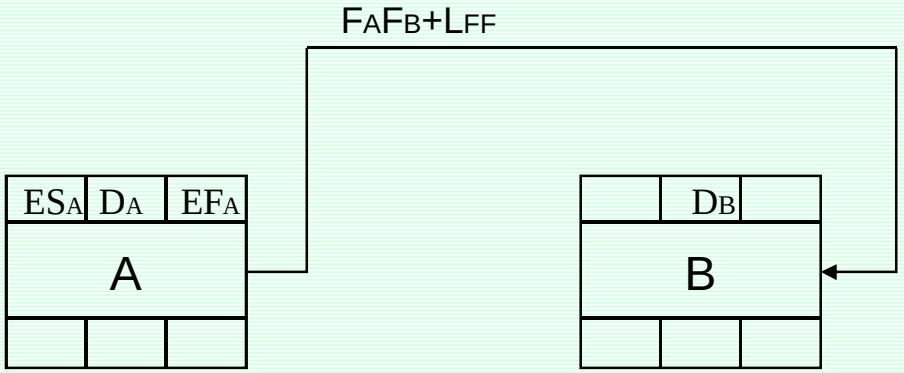
محاسبات رفت



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

محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی

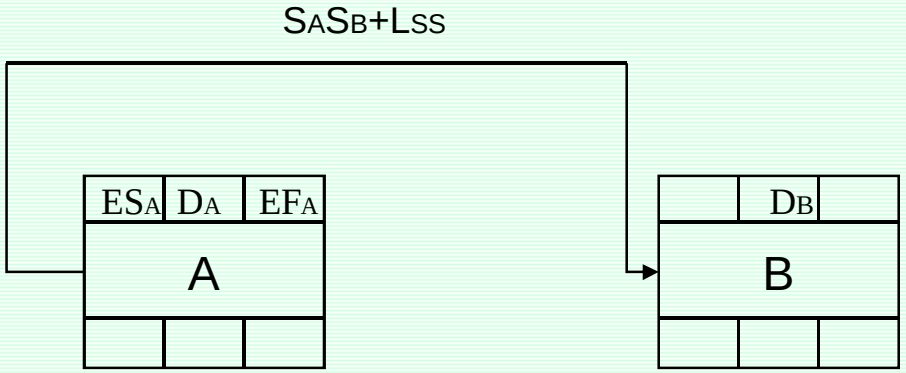
محاسبات رفت



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

محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی

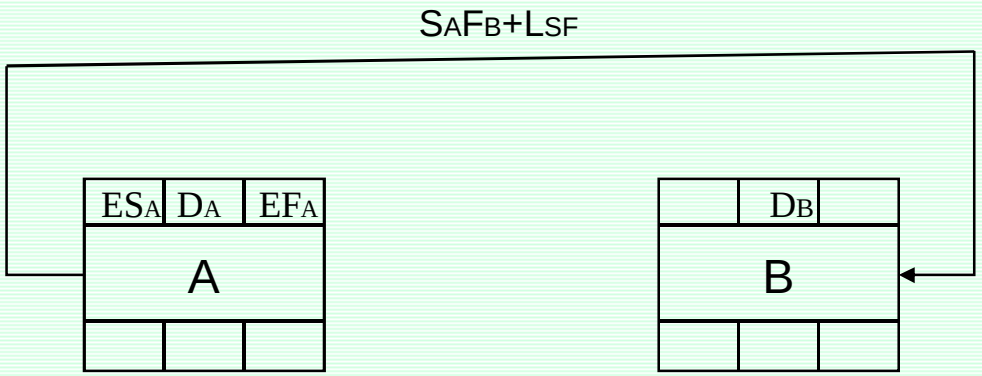
محاسبات رفت



$ES_B = ES_B + L_{SS}$

محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی

محاسبات رفت



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

محاسبات زمانبندی پروژه

محاسبات رفت

(Earliest Start)	ESi	=	زودترین زمان شروع فعالیت i
(Earliest Finish)	EFi	=	زودترین زمان پایان فعالیت i
(Duration)	Di	=	مدت زمان فعالیت i

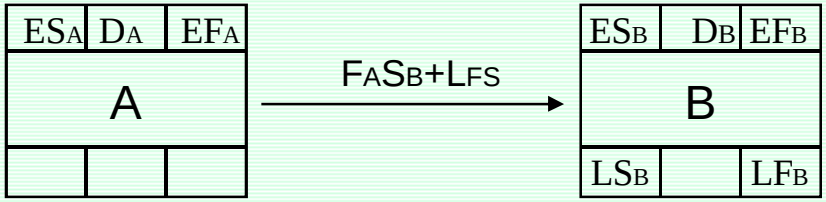
قواعد محاسبات رفت:

1) ES (start) = 0
2) ESi = Max{ESi} به ازای تمامی روابط پیش نیازی فعالیت
3) EFi =ESi+Di

EF(finish) حداقل زمانی است که پروژه انجام می شود.

محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی

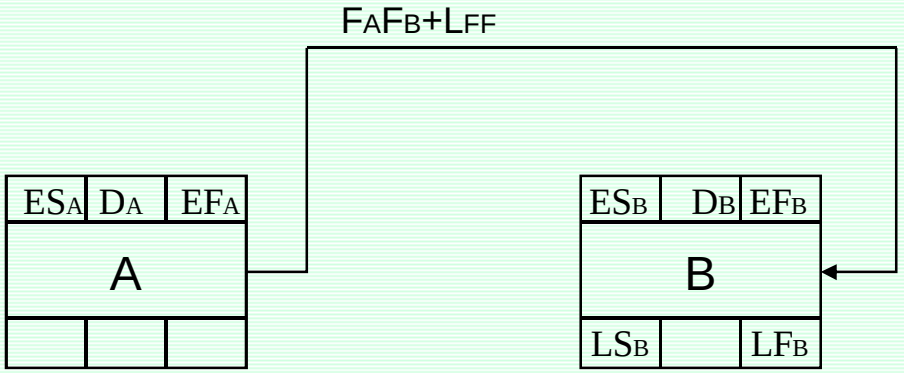
محاسبات برگشت



$LF_A = LS_B - L_{FS}$

محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی

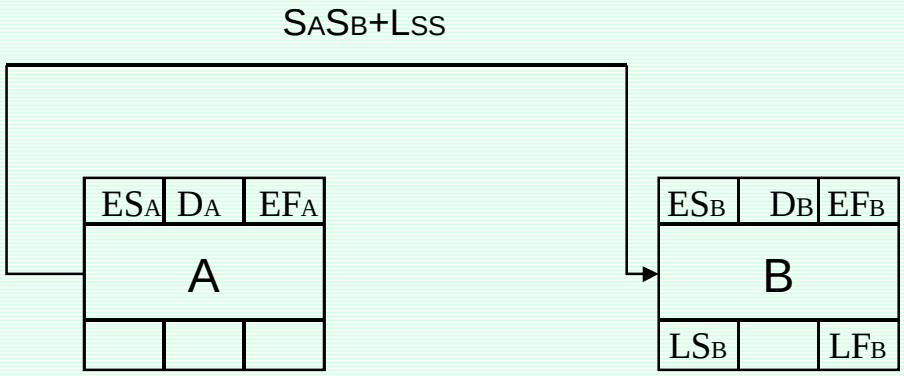
محاسبات رفت



$LF_A = LF_B - L_{FF}$

محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی

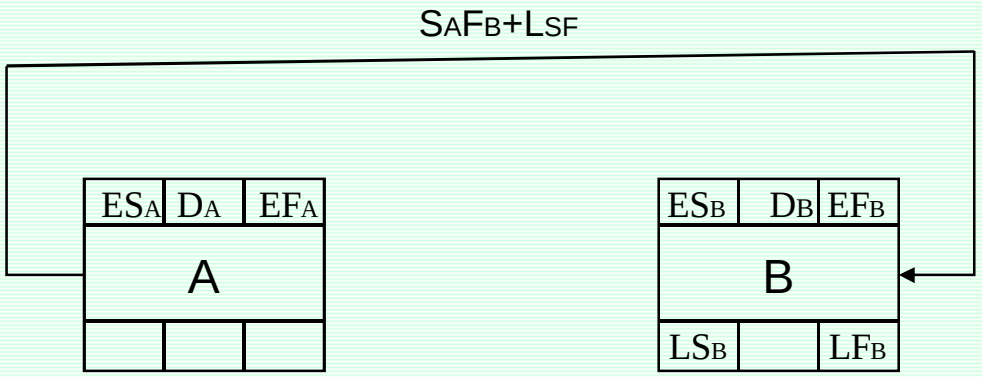
محاسبات رفت



$LF_A = LS_B - L_{SS} + D_A$

محاسبات زمانبندی در شبکه پیشنیازی

محاسبات رفت



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

محاسبات برگشت

(Latest Start)	LSi	=	دیرترین زمان شروع فعالیت i
(Latest Finish)	LFi	=	دیرترین زمان پایان فعالیت i
(Duration)	Di	=	مدت زمان فعالیت i

قواعد محاسبات برگشت:

1) LF (finish) = EF(finish)
2) LFi = Min{LF_i} به ازاي تمامي روابط پيش نيازي فعاليت
3) LSi =LFi-Di

(LFFinish) می تواند عددی غیر از(EF(Finish باشد(طبیعتا" باید عددی بزرگتر از (EF(Finish باشد) در این صورت ما برای اتمام پروژه مهلتی پیش از حداقل زمان پروژه تعیین کرده.

پروژه‌اي با 5 فعاليت زير را در نظر بگيريد.

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

در روابط بين فعاليتها شرايط زير حاكم است:

1-فعاليت B,C نمي‌توانند قبل از تكميل فعاليت A آغاز شود.

2-فعاليت C بعد از شروع فعاليت B مي‌تواند شروع شود اما لازم است كه پايانش حداقل 2 روز بعد از پايان B باشد.

3-فعاليت Dمي‌تواند 7 روز بعد از شروع فعاليت Cو 4 روز بعد از آغاز فعاليت Bشروع شود ولي اين فعاليت نمي‌تواند قبل از تكميل فعاليت Cپايان يابد.همچنين فعاليت Dنمي‌تواند زودتر از 1 روز بعد از تكميل Bتمام شود.

4-حداقل 2 روز فاصله زماني بين تكميل Dو آغاز Eزمان نياز است.

برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره 6 - PERT

استاد: امیرعباس نجفی

تکنیکهای اولیهٔ زمانبندی پروژه در اواخر دههٔ 1950 میلادی ابداع شدند. اولین روش نظام‌مند که در جهت زمانبندی پروژه با هدف بهینگی 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 1957 میلادی است. در این روش مدت انجام فعالیتها به صورت یک مقدار عددی تخمین زده می شود و فرض می شود که تغییرات این مدت بسیار ناچیز و قابل چشم پوشی است. این شرایط در پروژه هایی عینیت دارد که سابقاً نمونه ای شبیه به آنها اجرا شده و یا تجاربی از مدت اجرای فعالیتها در دست باشد.

همزمان با معرفی روش مسیر بحرانی در زمانبندی پروژه ها، 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 نمی توان 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 10 نفر کارشناس مربوطه در خصوص مدت زمان فعالیت نظرخواهی شده و اطلاعات زیر حاصل شده است.

مدت زمان فعالیت (ماه)	تعداد کارشناس داراي نظر	درصد کارشناسان داراي 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 PERTغالباًاز 3 تخمین برای مدت زمان فعالیت استفاده می‌کنند:

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

تعداد کمی از کارشناسان این حدس را زده‌اند 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 زده‌اند و یا در بیشتر مواقع زمان انجام فعالیت این باشد.

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

تعداد کمی از کارشناسان این حدس را زده‌اند 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 10 نفر کارشناس مربوطه در خصوص مدت زمان فعالیت نظرخواهی شده و اطلاعات زیر حاصل شده است.

مدت زمان فعالیت (ماه)	تعداد کارشناس داراي نظر	درصد کارشناسان داراي نظر
1	1	10/0
2	2	20/0
3	5	50/0
5	1	10/0
6	1	10/0

a=1

m=3

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 0% تا 100%

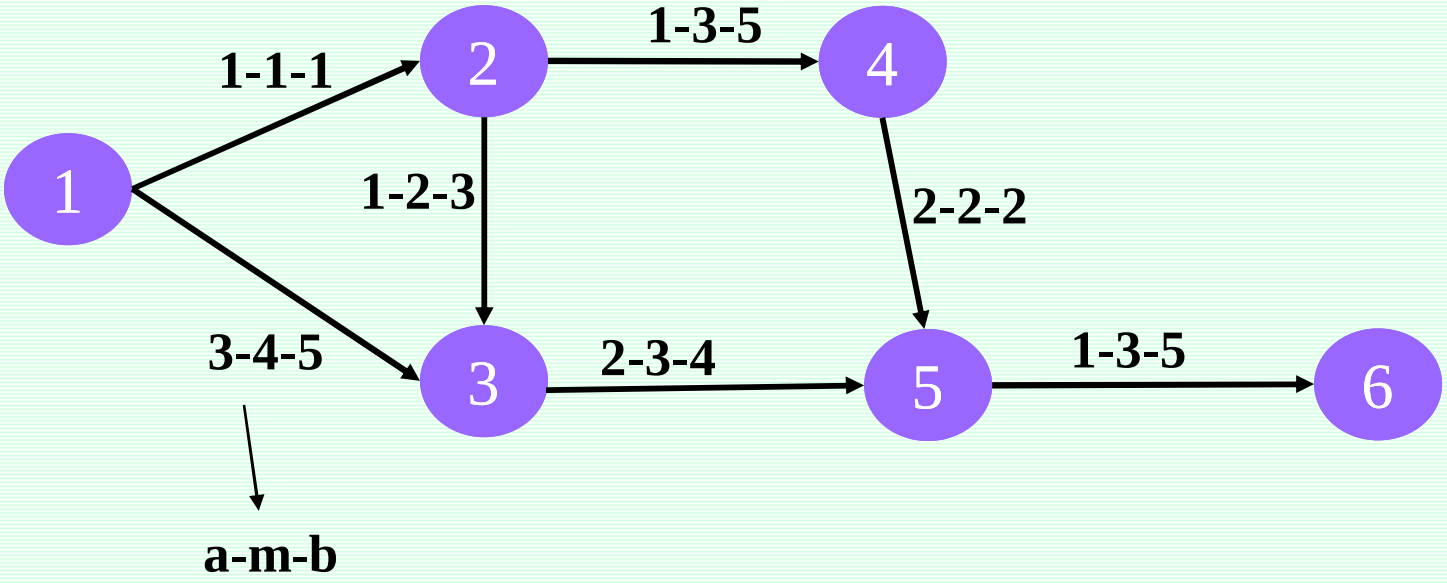
$Var(D)= [(b-a)/3.2]^2$ سیستم بازه 5% تا 95%

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 می‌باشد.

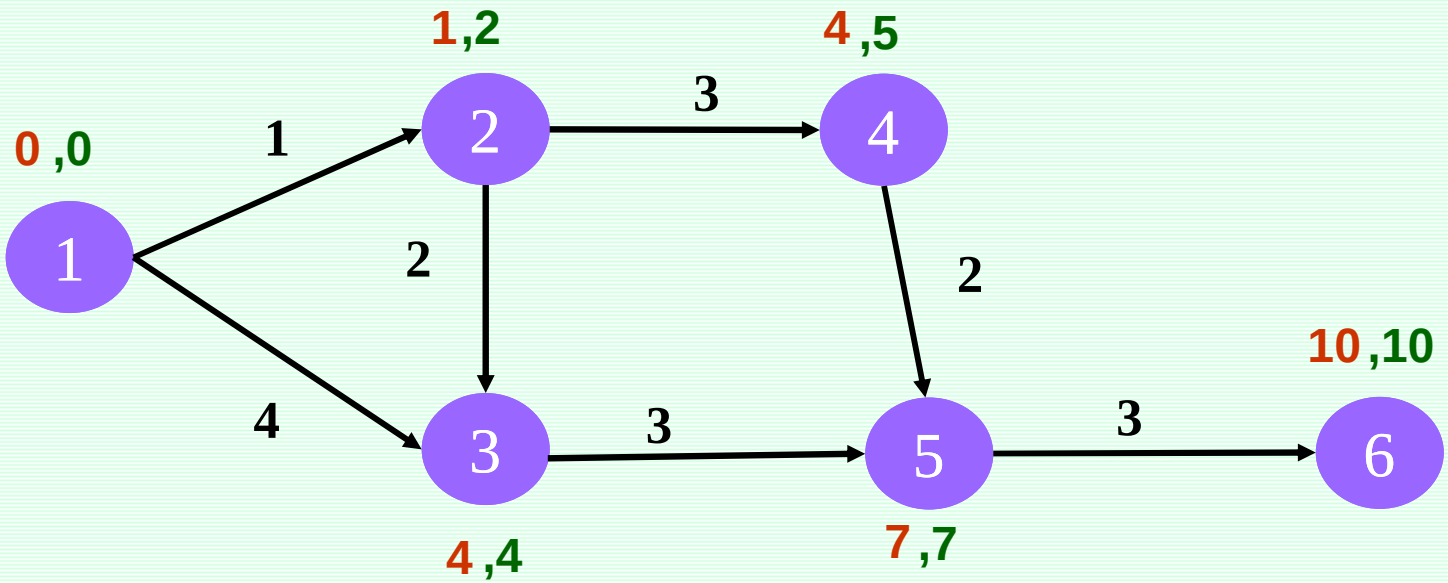
تکنیک ارزیابی و بازنگری برنامه

مثال

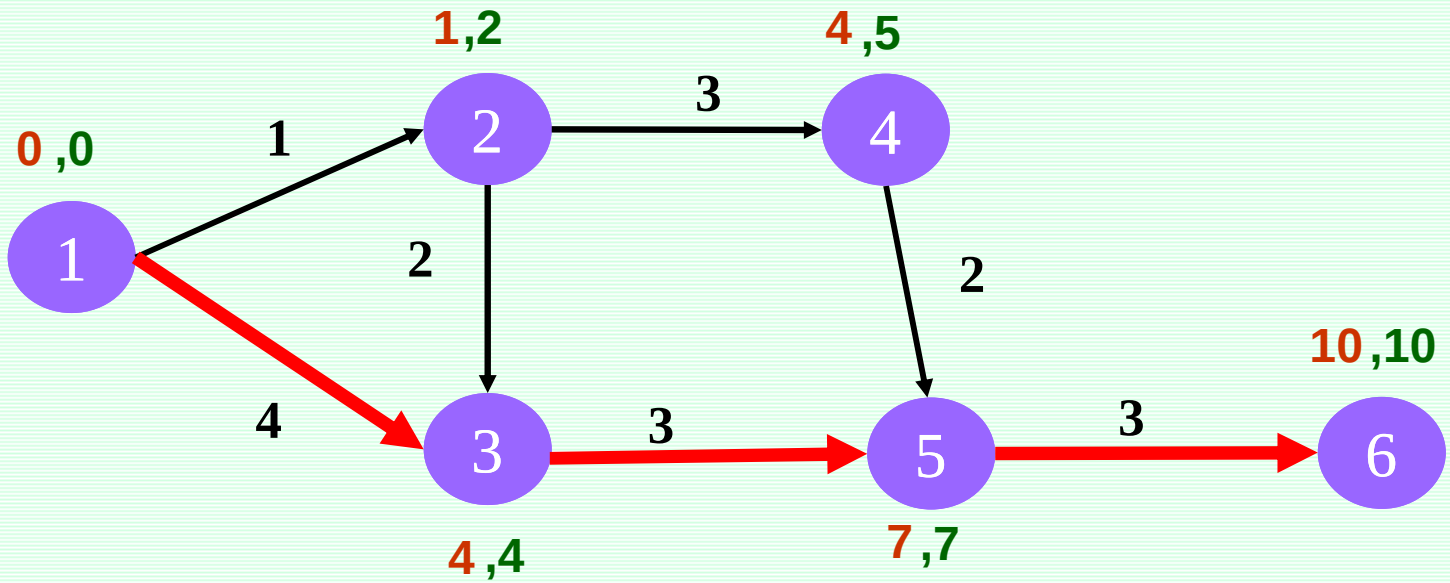


سیستم بازه 0% تا 100%

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


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

تشخیص مسیر بحرانی



مسیرهای بحرانی شامل فعالیتهای 3-1 و 5-3 و 6-5 میباشد.

مدت زمان اجرای پروژه برابر است با مجموع فعالیتهای مسیر بحرانی.
اگر T برابر مدت زمان اجرای پروژه تعریف شود می‌توان گفت که T برابر مدت زمان مسیر بحرانی است یا به عبارتی T برابر مجموع مدت زمان فعالیتهای مسیر بحرانی است و چون زمان فعالیتها متغیر تصادفی(احتمالی)می‌باشد 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)

$E[T]=E[D(1-3)]+E[D(3-5)]+E[D(5-6)]$ $E[T]=4+3+3=10$

$Var[T]=Var\,[D(1-3)]+Var\,[D(3-5)]+Var\,[D(5-6)]$ $Var[T]=\frac{1}{9}+\frac{1}{9}+\frac{4}{9}$

$=\frac{6}{9}$

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

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

با چه احتمالی پروژه در کمتر از 11 روز به اتمام میرسد؟

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

www.spowpowerplant.blogfa.com
وبلاگ یک مهندس

با چه احتمالی پروژه بین 9 تا 11 روز به اتمام میرسد؟

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

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

زمانی که به احتمال 90 درصد پروژه قبل از آن به اتمام رسیده است؟

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

$$\frac{H-10}{\sqrt{\frac{4}{9}}} = 1.28 \quad \Rightarrow \quad \textbf{H=10.85}$$

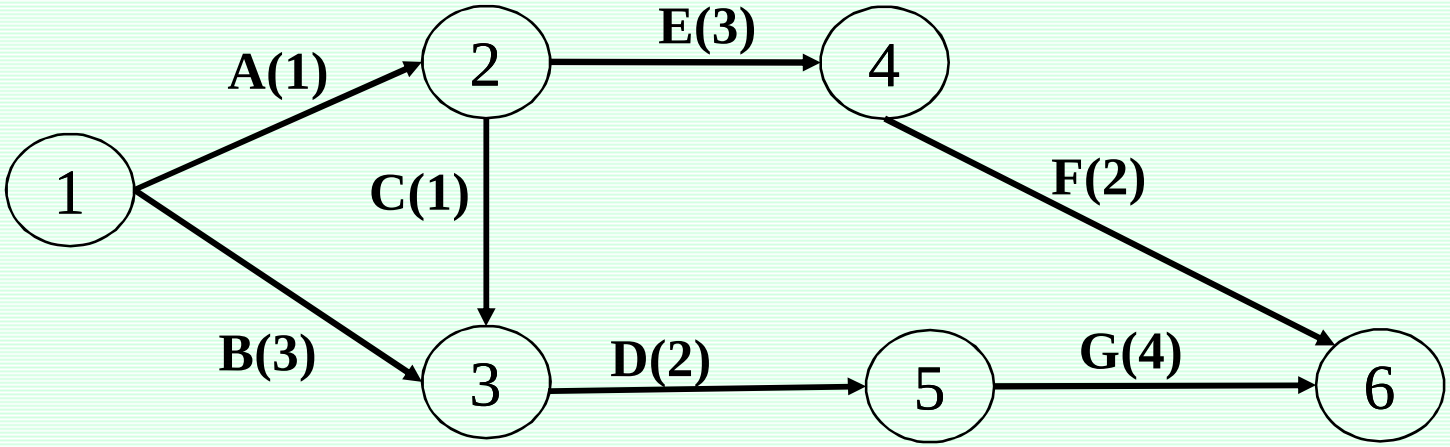
سایر موارد

خطا در محاسبات PERT

شبیه سازي مونت کارلو در PERT

GERT

تمرین



	A	B	C	D	E	F	G
تعداد کارگر	**1**	**3**	**2**	**4**	**2**	**3**	**4**

کارگر را بعنوان منبع نامحدود در نظر بگیرید.

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	3											
2-3	1	2	2											
2-4	1	4	2											
3-5	3	3	4											
4-6	4	7	3											
5-6	5	5	4						~~4~~	~~4~~	~~4~~	~~4~~		
r_t									4	4	4	4		
$(r_t)2$									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	3											
2-3	1	2	2											
2-4	1	4	2											
3-5	3	3	4											
4-6	4	7	3					**3**	**3**					
5-6	5	5	4						**4**	**4**	**4**	**4**		
r_t								3	7	4	4	4		
$(r_t)2$								9	49	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	3											
2-3	1	2	2											
2-4	1	4	2											
3-5	3	3	4				~~4~~	~~4~~						
4-6	4	7	3					~~3~~	~~3~~					
5-6	5	5	4						~~4~~	~~4~~	~~4~~	~~4~~		
r_t							4	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$							16	49	49	16	16	16		

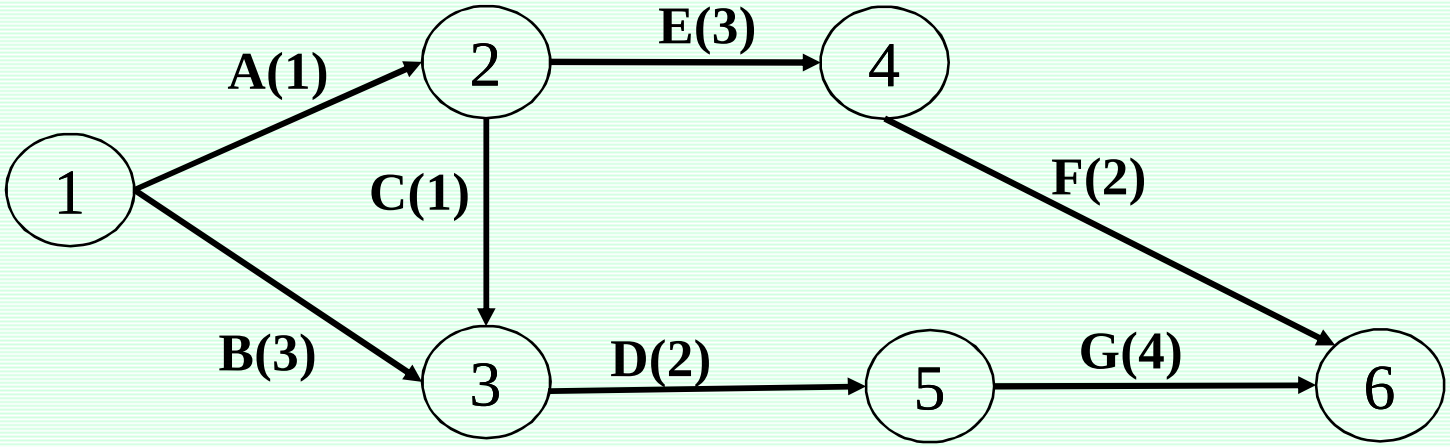
ACTIVITY	ES	LS	r	T										
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	0	1	1											
1-3	0	0	3											
2-3	1	2	2											
2-4	1	4	2		**2**	**2**	**2**							
3-5	3	3	4				**4**	**4**						
4-6	4	7	3					**3**	**3**					
5-6	5	5	4						**4**	**4**	**4**	**4**		
r_t					2	2	6	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$					4	4	36	49	49	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	3											
2-3	1	2	2			**2**								
2-4	1	4	2		**2**	**2**	**2**							
3-5	3	3	4				**4**	**4**						
4-6	4	7	3					**3**	**3**					
5-6	5	5	4						**4**	**4**	**4**	**4**		
r_t					2	4	6	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$					4	16	36	49	49	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	3	**3**	**3**	**3**								
2-3	1	2	2			**2**								
2-4	1	4	2		**2**	**2**	**2**							
3-5	3	3	4				**4**	**4**						
4-6	4	7	3					**3**	**3**					
5-6	5	5	4						**4**	**4**	**4**	**4**		
r_t				3	5	8	6	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$				9	25	64	36	49	49	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	3	3	3	3								
2-3	1	2	2			2								
2-4	1	4	2		2	2	2							
3-5	3	3	4				4	4						
4-6	4	7	3					3	3					
5-6	5	5	4						4	4	4	4		
r_t				4	5	8	6	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$				16	25	64	36	49	49	16	16	16		

تمرین



	A	B	C	D	E	F	G
تعداد کارگر	**1**	**3**	**2**	**4**	**2**	**3**	**4**

کارگر را بعنوان منبع نامحدود در نظر بگیرید.

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	3											
2-3	1	2	2											
2-4	1	4	2											
3-5	3	3	4											
4-6	4	7	3											
5-6	5	5	4						~~4~~	~~4~~	~~4~~	~~4~~		
r_t									4	4	4	4		
$(r_t)2$									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	3											
2-3	1	2	2											
2-4	1	4	2											
3-5	3	3	4											
4-6	4	7	3					**3**	**3**					
5-6	5	5	4						**4**	**4**	**4**	**4**		
r_t								3	7	4	4	4		
$(r_t)2$								9	49	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	3											
2-3	1	2	2											
2-4	1	4	2											
3-5	3	3	4				**4**	**4**						
4-6	4	7	3					**3**	**3**					
5-6	5	5	4						**4**	**4**	**4**	**4**		
r_t							4	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$							16	49	49	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	3											
2-3	1	2	2											
2-4	1	4	2		**2**	**2**	**2**							
3-5	3	3	4				**4**	**4**						
4-6	4	7	3					**3**	**3**					
5-6	5	5	4						**4**	**4**	**4**	**4**		
r_t					2	2	6	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$					4	4	36	49	49	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	3											
2-3	1	2	2			**2**								
2-4	1	4	2		**2**	**2**	**2**							
3-5	3	3	4				**4**	**4**						
4-6	4	7	3					**3**	**3**					
5-6	5	5	4						**4**	**4**	**4**	**4**		
r_t					2	4	6	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$					4	16	36	49	49	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	3	**3**	**3**	**3**								
2-3	1	2	2			**2**								
2-4	1	4	2		**2**	**2**	**2**							
3-5	3	3	4				**4**	**4**						
4-6	4	7	3					**3**	**3**					
5-6	5	5	4						**4**	**4**	**4**	**4**		
r_t				3	5	8	6	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$				9	25	64	36	49	49	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	3	3	3	3								
2-3	1	2	2			2								
2-4	1	4	2		2	2	2							
3-5	3	3	4				4	4						
4-6	4	7	3					3	3					
5-6	5	5	4						4	4	4	4		
r_t				4	5	8	6	7	7	4	4	4		
$(r_t)2$				16	25	64	36	49	49	16	16	16		