بنام خدا

برنامه ریزی و کنترل پروژه

جزوه شماره ۱ – برنامه ریزی پروژه

امیرمسعود تاکی

هدف گذاری و سرفصل درس:

- بیان تاریخچه و مباحث تئوری مدیریت پروژه (۱ جلسه)
- مفاهیم اساسی: ضرورت وکاربرد برنامه ی زمانبندی و کنترل پروژه (۱ جلسه)
- کاربرد، محدودیتها و مزایای انواع روشهای کنترل پروژه (۸ جلسه)
  - نمودار میله ای یا روش گانت (Gantt Chart)
  - روش های مسیر بحرانی (CPM) شامل:
    - روش I-J یا نمودار پیکانی (AOA)
    - روش نموار پی آیندی
  - روش ارزیابی و بازنگری برنامه
  - کنترل و به هنگام کردن برنامه ها (۱ جلسه)
- تخصیص و تسطیح منابع (۲ جلسه)
- موازنه زمان و هزینه: شکستن فعالیتها، شیب هزینه، هزینه های مستقیم و غیرمستقیم (۱ جلسه)

ارزشیابی درس:

- ارزیابی کتبی:
  - ✓ امتحان میانترم ۷ نمره
  - ✓ امتحان پایانترم ۸ نمره
  - ✓ تکالیف، حضور و پرسش کلاسی: ۱ نمره

پروژه ی پایان ترم: (۴ نمره)

انتخاب یکی از مقالات موجود در منبع معرفی شده، دریافت رفرنسها و مراجع مهم آن، ارزیابی و تفسیر مقاله در قالب یک ارائه ۱۰ دقیقه ای، ارائه ی گزارش نهایی در پایان ترم و ارائه ی راهکار و ایده جدید جهت پژوهشهای آتی.

تئوری مدیریت:

سیر تحول مدیریت

۱. دوره قبل از مدیریت علمی

- شیوه های مدیریتی در بین تمدنهای مختلف
- مدیریت در قرون وسطا (سالهای بین ۴۷۶ الی ۱۴۵۰ میلادی)
- انقلاب صنعتی (تفکر ماشینسیم)

۲. دوره کلاسیک

- نظریه مدیریت علمی The Theory Management Scientific
- نظریه فرایند گرا مدیریت The Theory Management Process
- نظریه بوروکراسی The Theory Bureaucracy

۳. دوره نئوکلاسیک

- روابط انسانی و علوم رفتاری

۴. دوره مدرن مدیریت

- روش و تفکر سیستمی
- اقتضایی

تاریخچه ی علم مدیریت:

نتیجه تلاش دانشمندان در دوره انقلاب صنعتی

- جمیز استوارت ---> Stuart James اصل تقسیم کار بین مدیریت و کارگران
- آدام اسمیت ---> Smith Adam اصل ساده نمودن کار و اندازه گیری زمان انجام کار و افزایش راندمان
- فرانسیس بیکن ---> Bacon Francis
- ریچاد پتی ---> Petty Richard
- جان لاک ---> Locke John
- نیوتن ---> Newton
- دکارت ---> Decarte

تاکید بر استفاده از روش تحقیق علمی در انجام پژوهش و حل مشکلات سازمانی

نظریه مدیریت علمی

- **اواخر قرن ۱۹ میلادی : افزایش نیازهای جامعه به تولیدات صنعتی**

تاریخچه نظریه مدیریت علمی

- هنری گانت (۱۸۶۱-۱۹۱۹) Henry Gantt
ترسیم پیشرفت هر کارگر بر روی یک نمودار
کنترل عملکرد هر کارگر با این نمودار
ارائه جدول زمانبندی تولید
ارزیابی پیشرفت کارها و برنامه ریزی هزینه ها
- فرانک و لیلیان گیلبرت (۱۸۶۸-۱۹۲۴) Lillian and Frank Gilberths
روانشناسی مدیریت
حرکت و کار و رفاه کارگران
حرکت و خستگی
نظریه فرآیندگرا مدیریت
- نظریه اصولگرایان یا وظیفه گرایان

نظریه های فرآیندگرا و نظریه بروکراسی:

هنری فایول Henry Fayol

فعالیتهای یک سازمان رابه شش دسته تقسیم نمود:

۱. فنی (تولیدی)

۲. بازرگانی(خرید و فروش و مبادله)

۳. مالی (تعیین وضع موجود مالی)

۴. ایمنی (حفاظت از اموال و افراد)

۵. حسابداری (تعیین و موجود مالی)

۶. وظایف مدیریت از دیدگاه فایول

اصول ۱۴ گانه فایول:

۱.تقسیم کار ۲. اختیار ۳. انضباط ۴. وحدت فرماندهی ۵. وحدت مدیریت ۶. وابستگی منافع فردی به هدف کلی ۷. جبران خدمات کارکنان ۸. تمرکز ۹. سلسله مراتب ۱۰. نظم ۱۱. عدالت ۱۲. ثبات ۱۳. ابتکار عمل ۱۴. احساس یگانگی

- **نظریه بوروکراسی**:
  - تقسیم کار بر اساس تخصص
  - پی بین دولت وجامعه
  - کاغذ بازی و کندی در کار
  - عدم کاریی
  - سعی در حفظ وضع موجود

مدیریت سیستمی:- نگرش سیستمی در حل مسائل یا تصمیم گیری

- System Approach Management
- **مدیریت اقتضایی**:- آنچه مدیر در عمل انجام می دهد وابسته به مجموعه شرایط موجود است. Contingency Management

برنامه ریزی

• **فلسفه برنامه ریزی:** به عنوان یک نگرش، یک راه زندگی که متضمن تعهد به عمل بر مبنای اندیشه، تفکر آیندنگر و عزم راسخ به برنامه ریزی منظم و مداوم می باشد، بخش انکار ناپذیر مدیریت است.

• **ضرورت برنامه ریزی:** جهت رسیدن به اهداف افراد، سازمانها، پروژه ها و جوامع نیاز به برنامه ریزی انکار ناپذیر است. عدم اطمینان به عوامل محیطی و تغییرات آنها ضرورت برنامه ریزی را دو چندان می کند.

پیتر دراکر: میان موثر بودن (انجام کارهای درست) و کارایی (درست انجام دادن کارها) تفاوت هست . این دو در مراحل انتخاب هدفها و آنگاه چگونگی کسب آنها توام می باشند.

تعریف برنامه ریزی:

۱. تعیین هدف، یافتن و ساختن راه وصول آن

۲. تصمیم گیری در مورد اینکه چه کارهایی باید انجام گیرد

۳. طراحی عملیاتی که شیئی با موضوعی را بر مبنای شیوه ای که از پیش تعریف شده تغییر بدهد.

۴. جهت دست یافتن به هدف یا اهداف از پیش تعیین شده وقابل دسترس قبل از هر تلاش فیزیکی یا اقدام به انجام کار، تلاشی ذهنی – علمی در قالب برنامه ریزی لازم می باشد.

برنامه ریزی...

هدفهای برنامه ریزی:

۱. افزایش احتمال دسترسی به اهداف از طریق تنظیم فعالیتها

۲. افزایش جنبه اقتصادی طرح

۳. تمرکز بر مقاصد و اجتناب از تغییر مسیر

۴. تهیه ابزای جهت کنترل

- انواع برنامه ریزی

۱. بلند مدت (استراتژیک)

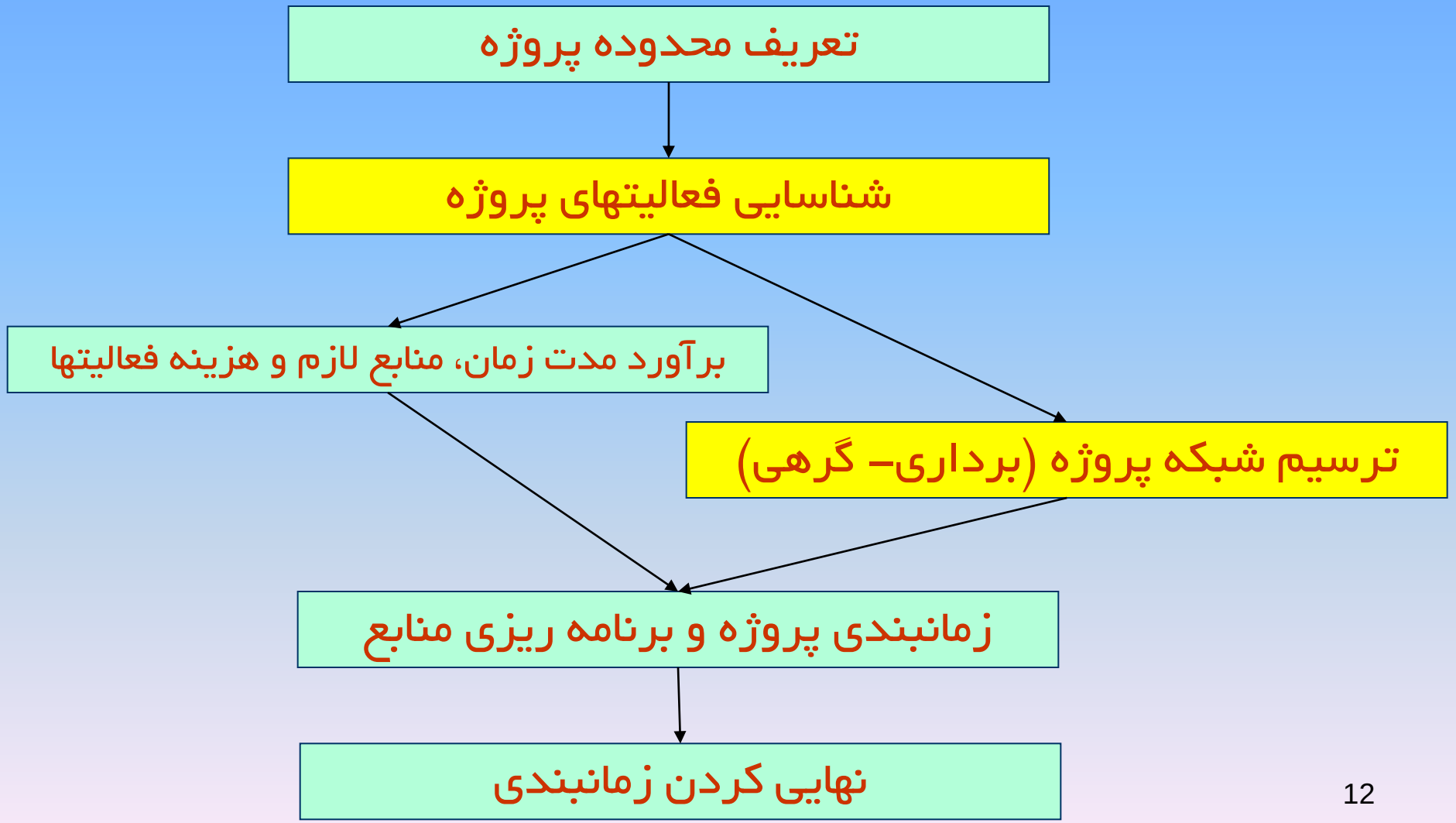
۲. میان مدت (تاکتیکی)

۳. کوتاه مدت (عملیاتی)

گامهای برنامه ریزی

۱. آگاهی از فرصتها و تهدیدها
۲. تعیین اهداف کوتاه مدت
۳. کسب اطلاعات کامل در باره فعالیتهای مورد نظر
۴. دسته بندی و تحلیل اطلاعات
۵. تعیین فرضیه ها و شناخت موانع
۶. تعیین گزینه ها
۷. ارزیابی گزینه ها ی گوناگون
۸. انتخاب گزینه
۹. تدوین برنامه های فرعی (پشتیبانی)
۱۰. تنظیم تفصیلی توالی فعالیتها و برنامه زمانبندی
۱۱. تخصیص بودجه
۱۲. پیگیری پیشرفت کار

فرآیند برنامه‌ریزی در یک نگاه



تعاریف پایه: *(Main Definitions)*

- فعالیت: جزئی از امور لازم برای اجرای پروژه است که انجام آن به زمان، اغلب موارد صرف هزینه مانند بودجه، نیروی انسانی یا مواد اولیه دارد. فعالیت دارای نقطه ی آغاز و پایان مشخص است.
- فعالیتهای پیش نیاز: A درصورتی پیش نیاز B است که بلافاصله بعد از تکمیل A فعالیت B قابل شروع باشد.(فعالیت A پیش نیاز B می باشدو فعالیت B پیامد یا وابسته ی فعالیتA)
- فعالیتهای مجازی (موهومی): فعالیتهایی که ضمن اجرای پروژه وجود نداشته و به هیچ نوع منبعی نظیر زمان و هزینه احتیاجی ندارند. تنها برای نمایش وابستگی های بین عملیات اجرایی پروژه، به شبکه ها اضافه می شوند.
- فعالیتهای موهومی به وسیله ی خط چین نمایش داده می شوند و اغلب فاقد نام هستند.
- رویداد: نقطه ی آغاز و پایان یک فعالیت است. رویدادها معرف مقاطع زمانی مختلف اجرای پروژه هستند و خود دربرگیرنده ی زمان نیستند.

شناسایی فعالیتهای پروژه

Identify Project Activities

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

۱ – راهکاری اصولی برای تعیین محدوده یا مرزهای پروژه است جهت نیل به اهداف آن است.

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

۳– باعث تسهیل در واگذاری اختیارات و اعطای مسئولیتها می‌شود.

۴– مبنای مناسبی برای کنترل و ارزیابی عملکرد مجریان فعالیتها می‌گردد.

۵– شناسایی فعالیتها و اقلام تحویلی پروژه را تضمین می‌کنند و مانع از قلم افتادن آن میشود

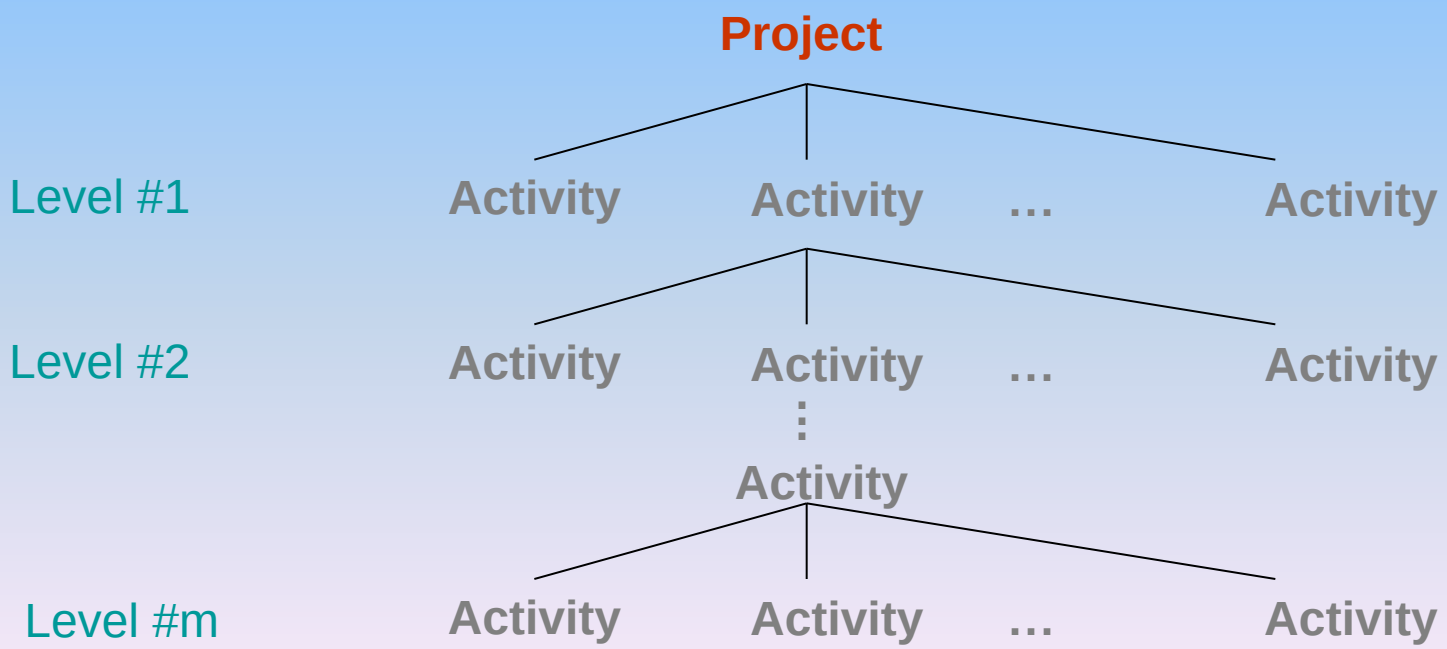
شناسایی فعالیتهای پروژه

Identify Project Activites

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

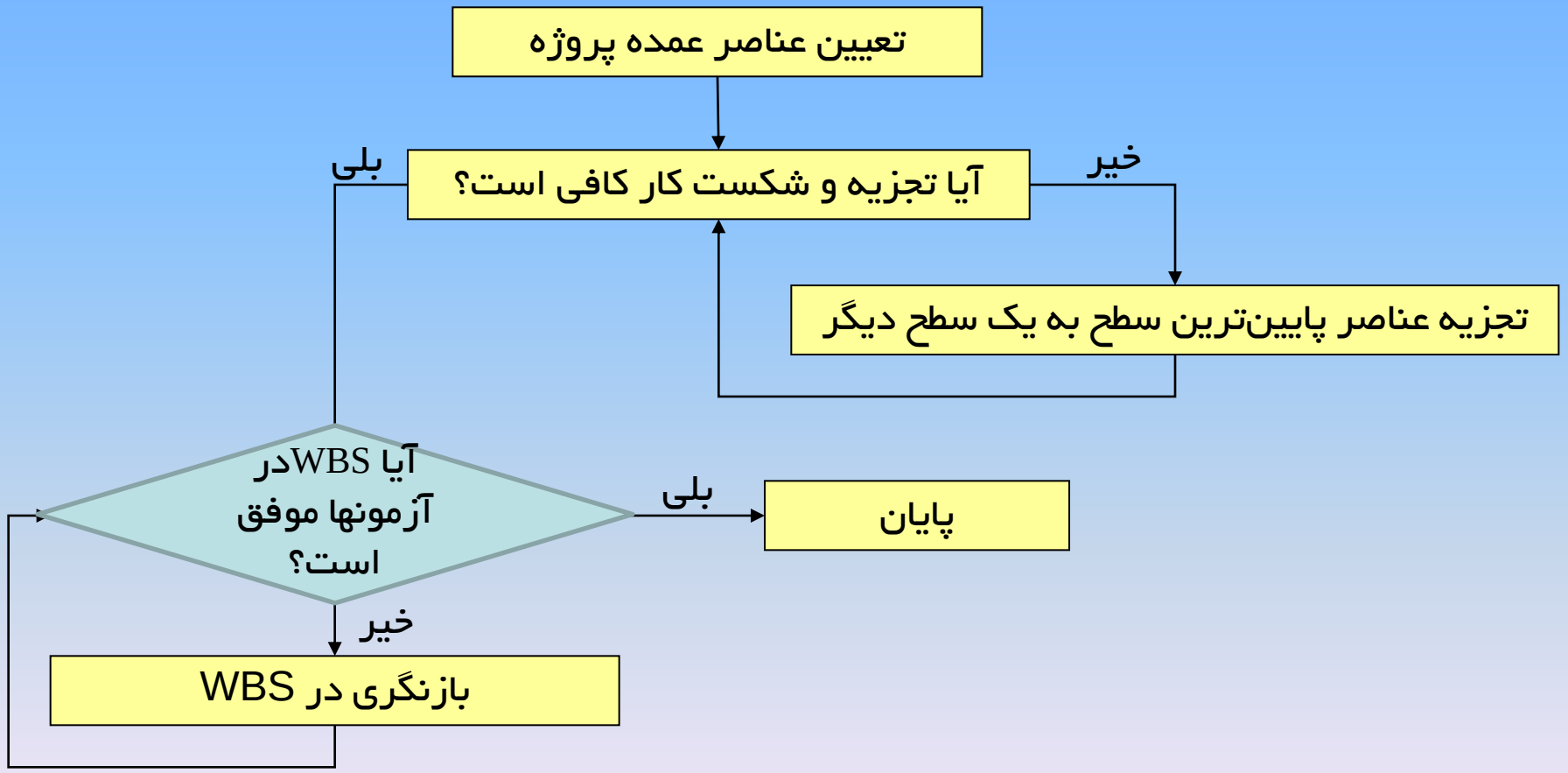
ساختار شکست کار **Work Breakdown Structure (WBS)**

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



شناسایی فعالیتهای پروژه

مراحل توسعه ساختار شکست کار



شناسایی فعالیتهای پروژه

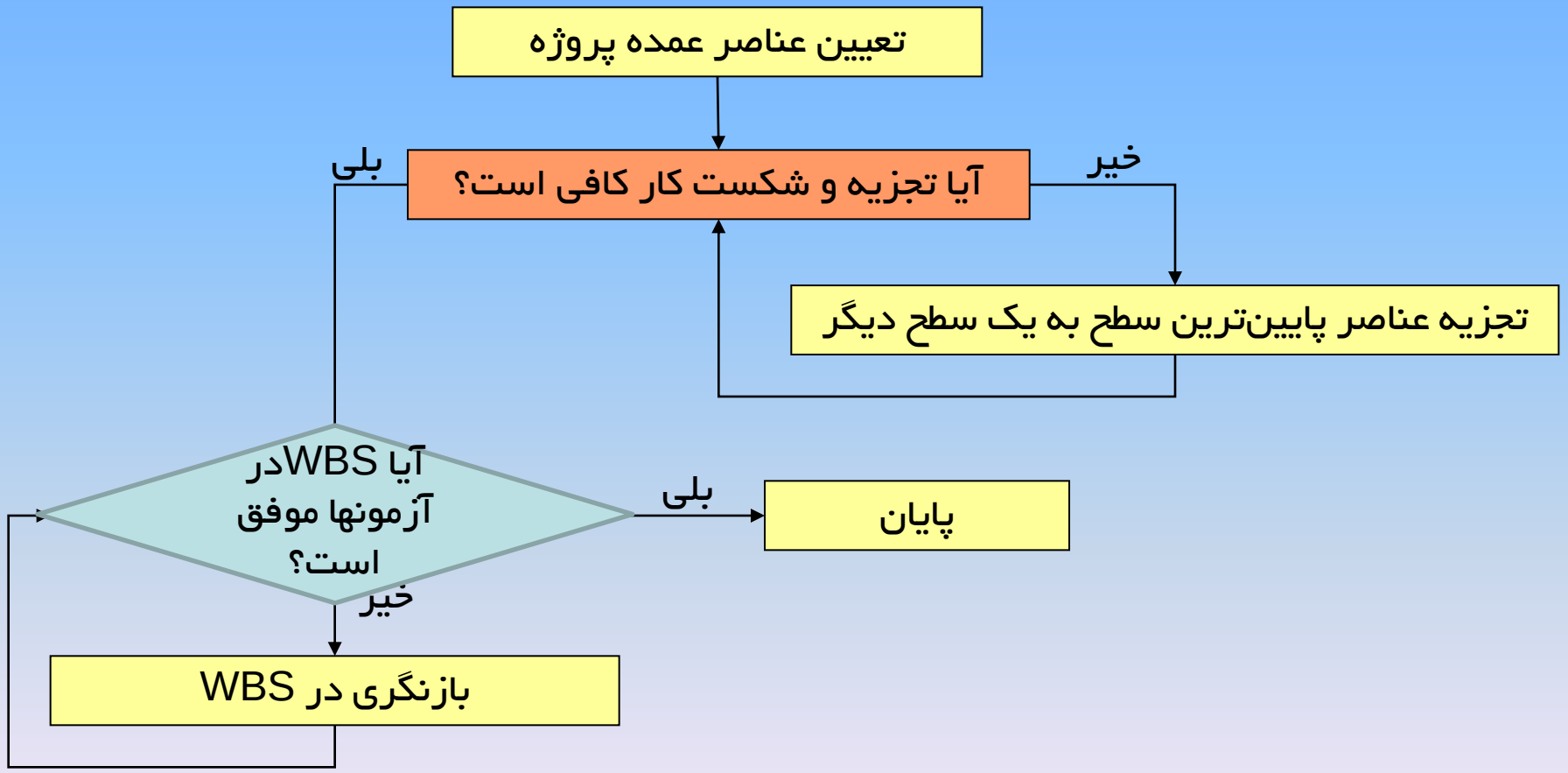
Identify Project Activites

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؟

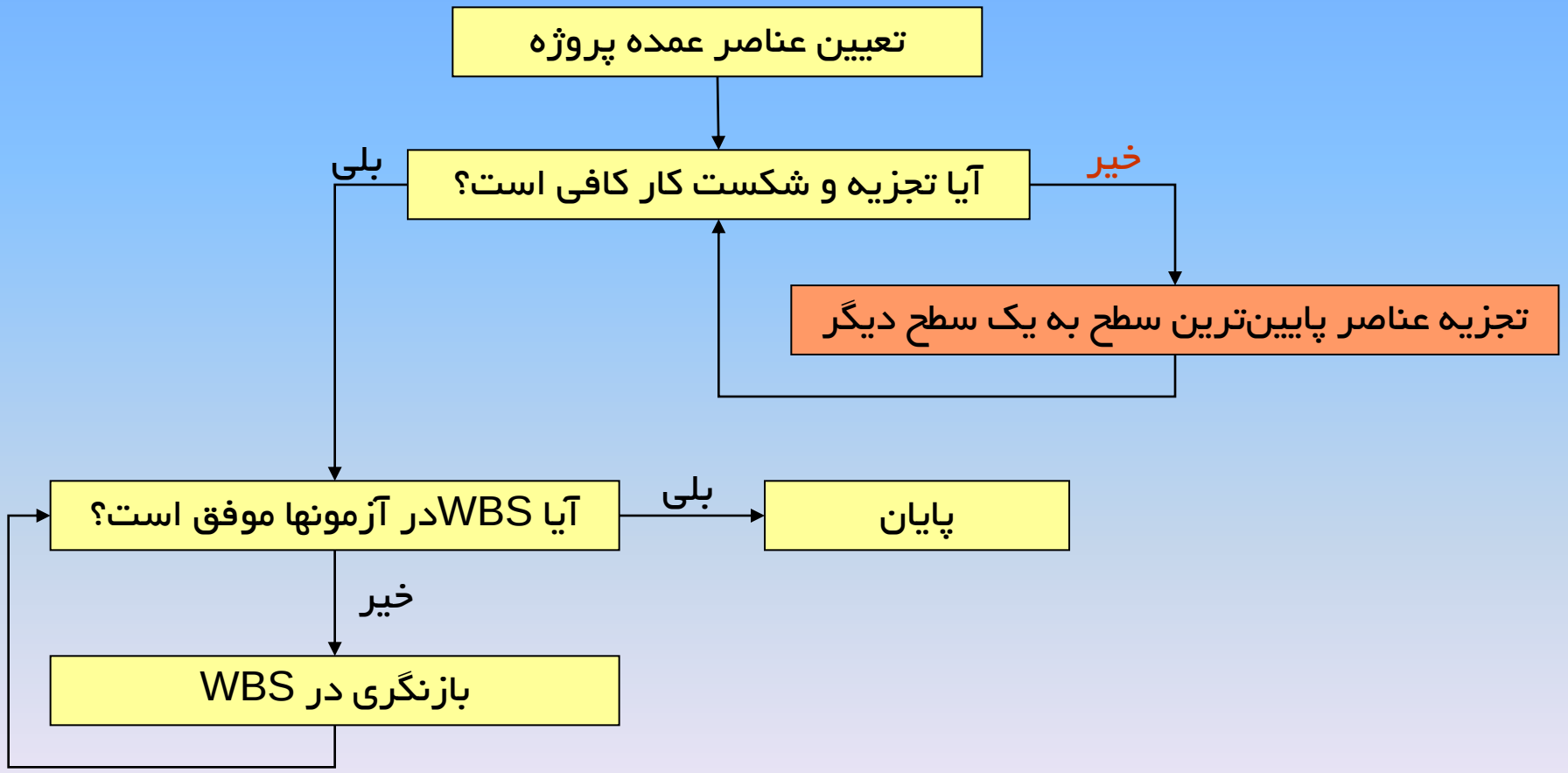
- باید ماهیت کار اجازه دهد: کار بصورت یک مرحله و پیوسته انجام می شود.
- آیا سطح شکست کار، برنامه‌ریزی و کنترل دقیقی را ایجاد می‌کند؟ سهولت اجرایی دارد؟
- بسته های کاری باتوجه به سطح گزارش دهی به مدیریت ریز شوند.

نکات قابل توجه:

- کل نگری باعث می‌شود که به فواید تجزیه کار بدرستی دست نیافت.
- 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

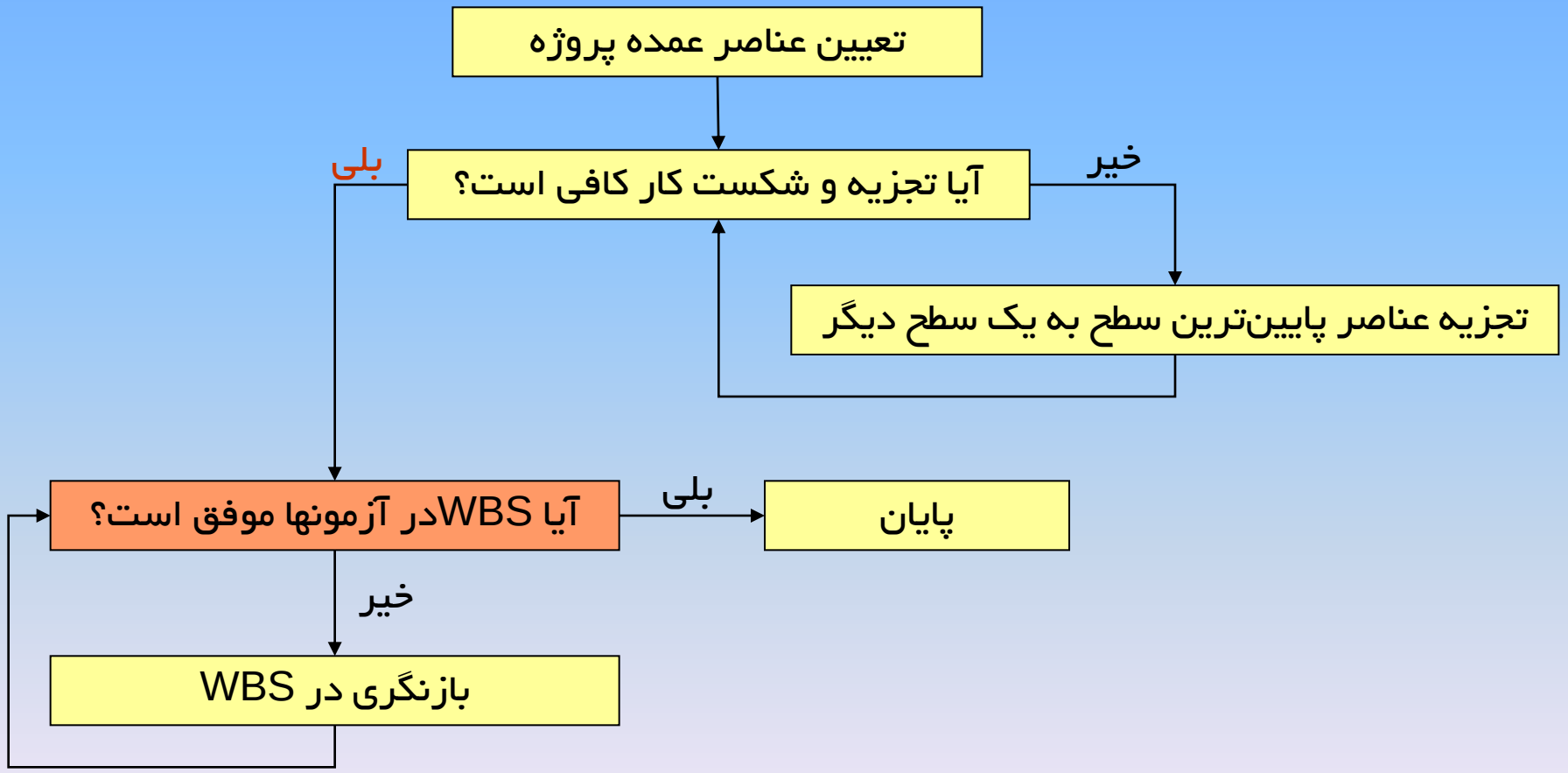
Identify Project Activites

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؟

شناسایی فعالیتهای پروژه

Identify Project Activites

آیا WBSدر آزمونها موفق است؟

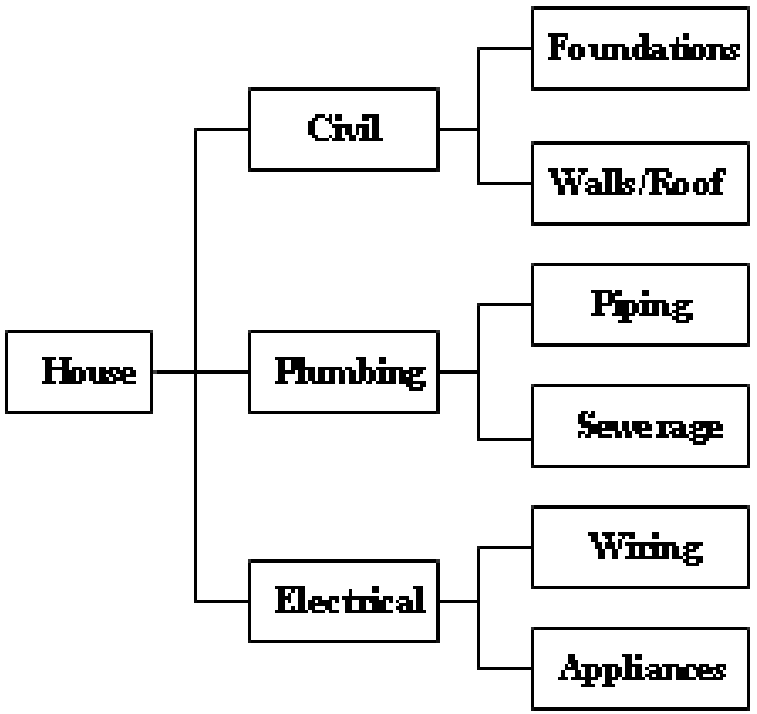
- آیا وضعیت / تکمیل بسته‌های کاری قابل اندازه‌گیری است؟
- آیا شروع و پایان بسته‌های کاری بطور واضح قابل تعریف باشد؟
- بسته‌های کاری باید دارای خروجی باشند؟ (دستورالعمل، نقشه، نرم‌افزار، محصول و...)
- نباید هیچ آیتمی در WBSتکرار شود!
- مدت زمان اجرای فعالیتها در یک محدوده قابل قبول باشد؟

Identify Project Activites

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

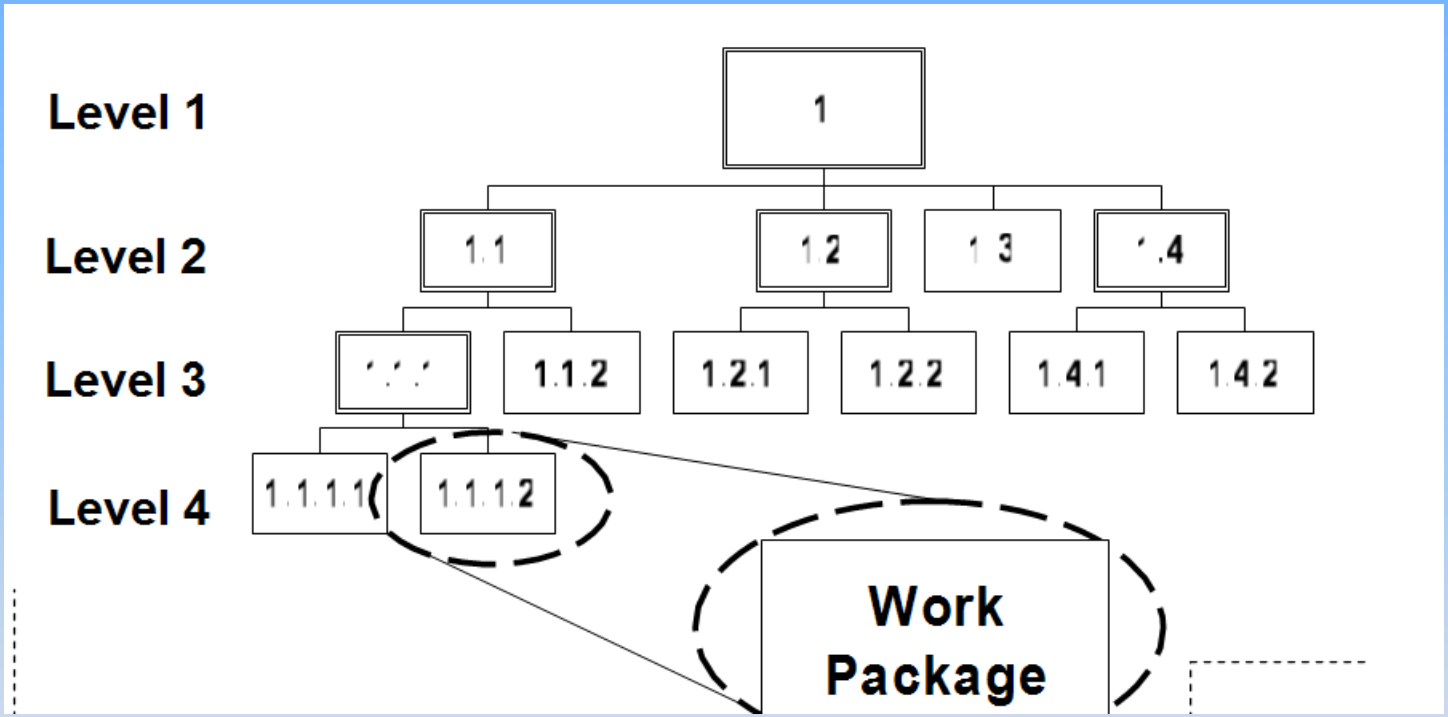
شناسایی فعالیتهای پروژه

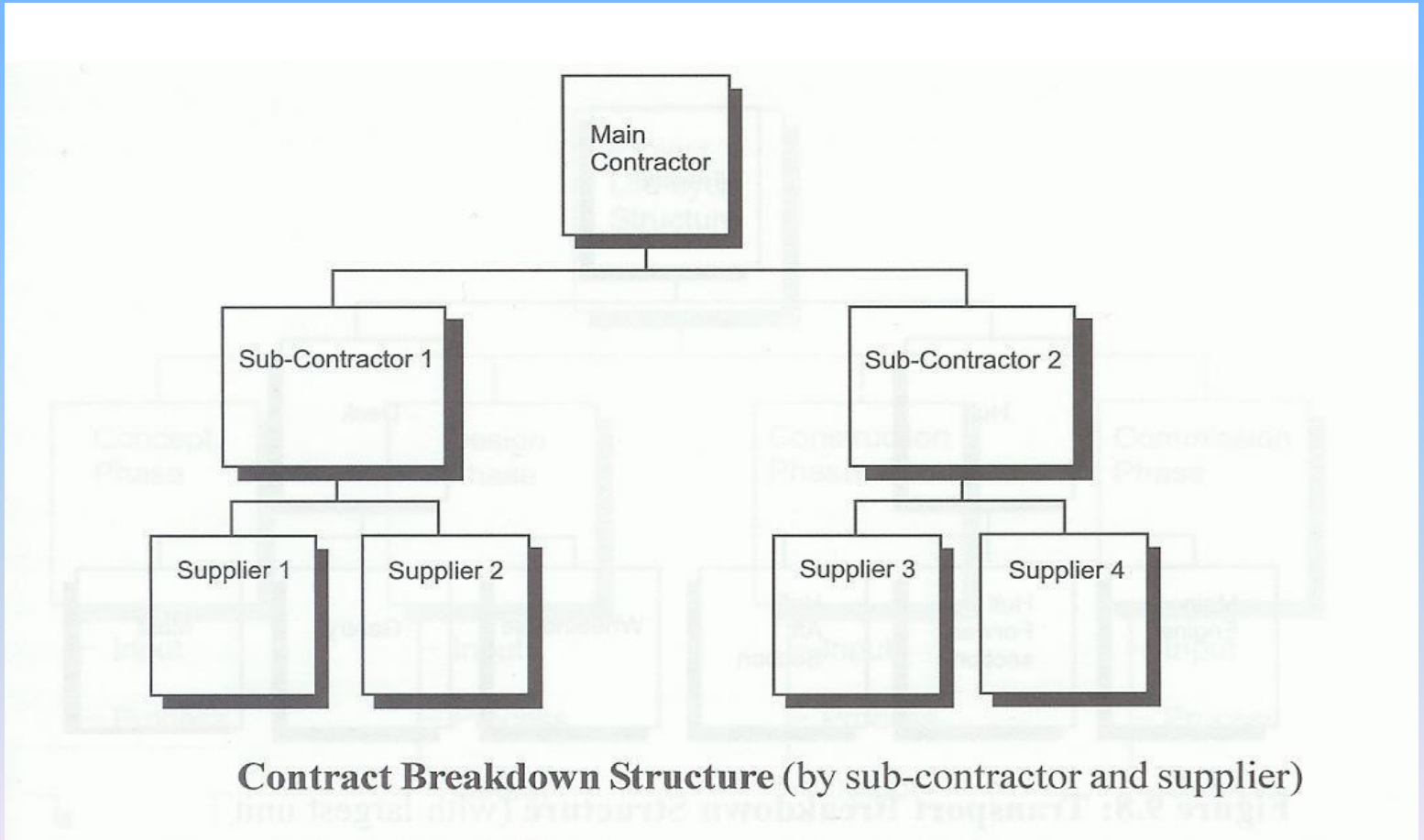
Identify Project Activites

جمع بندی شناسایی فعالیتها

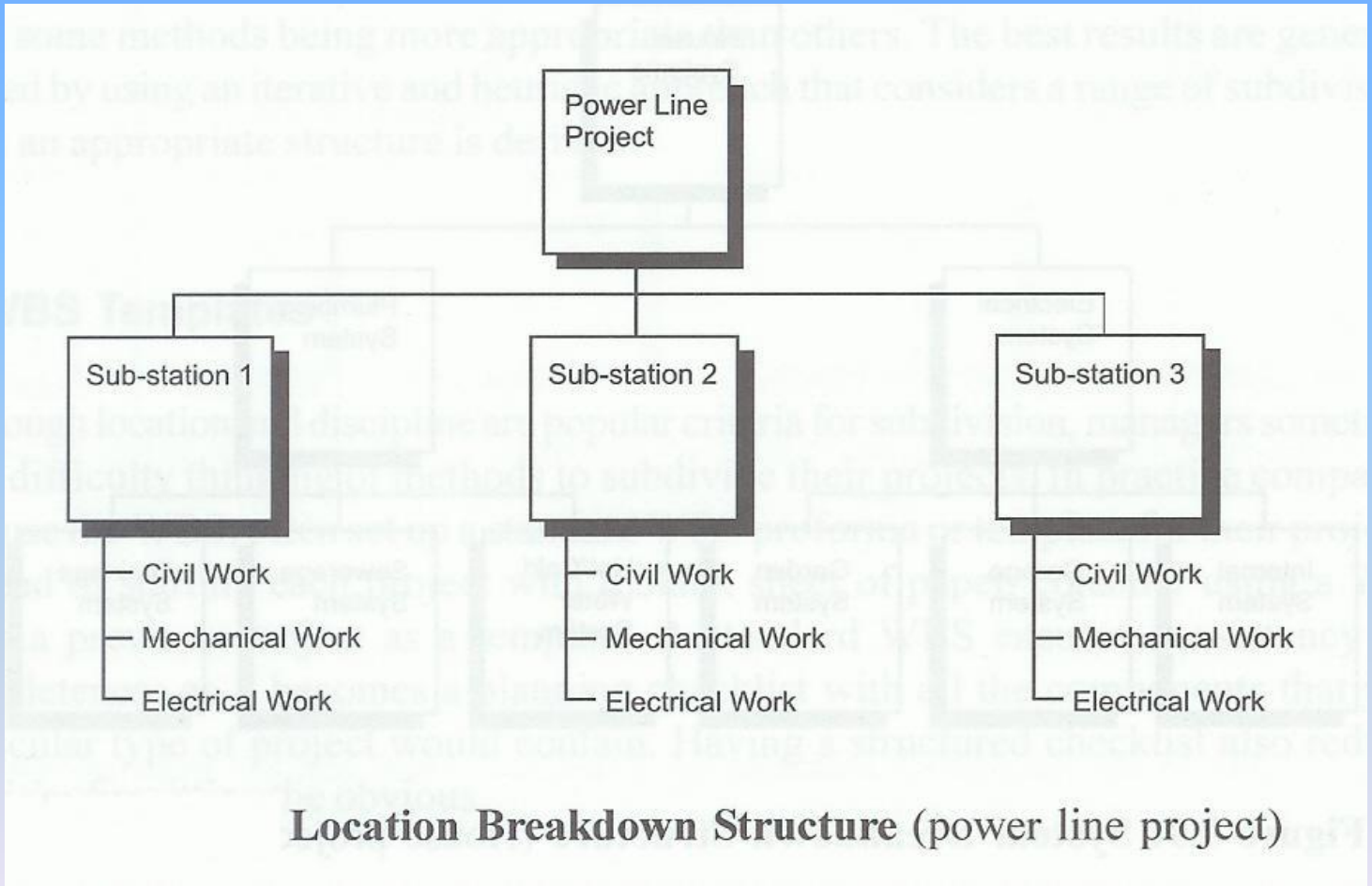
- لیست فعالیتهای پروژه
- الگوسازی WBS در سازمانهایی که پروژه های یکسان دارند.
- دیکشنری WBS

بسته های کاری

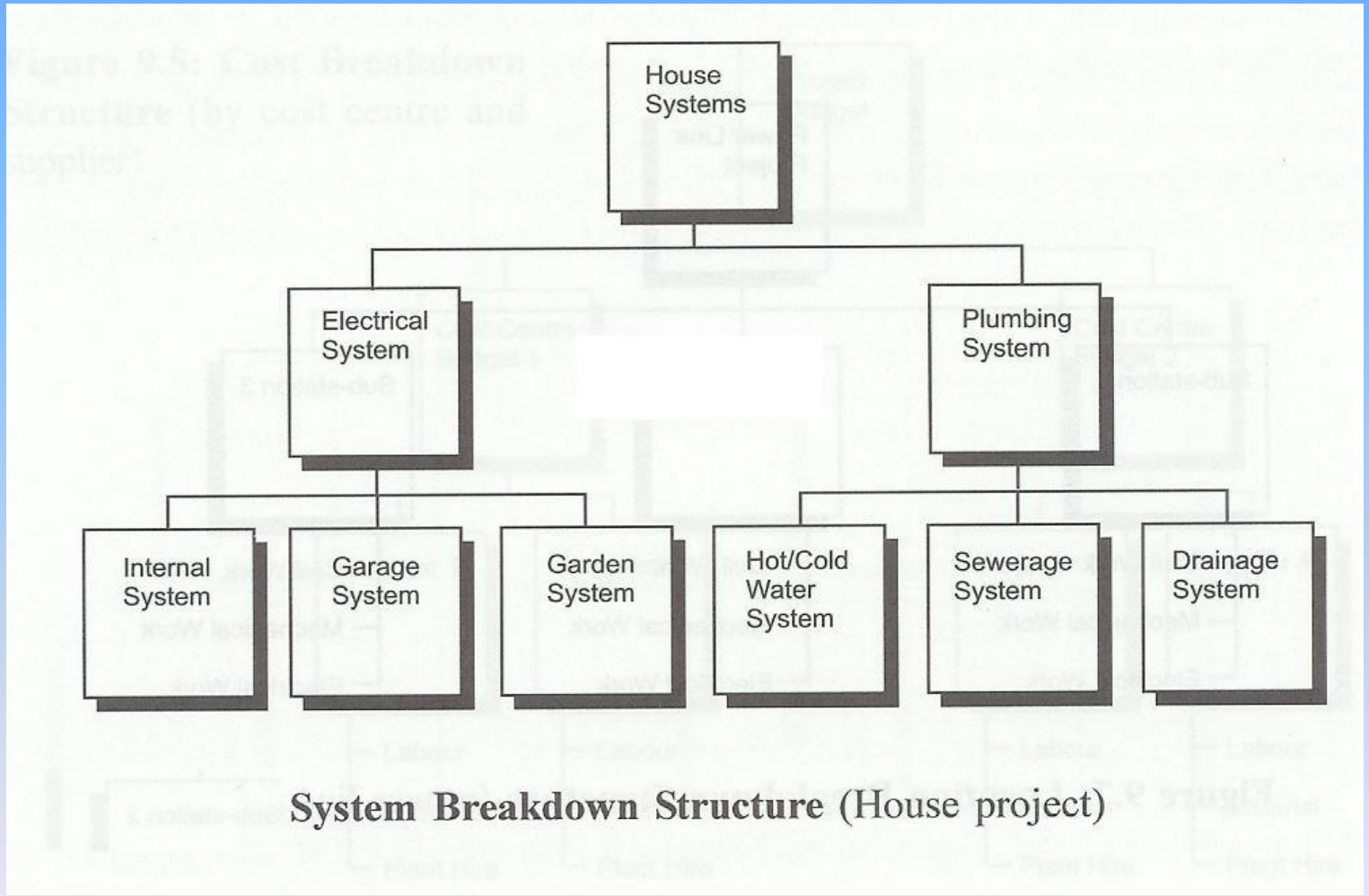




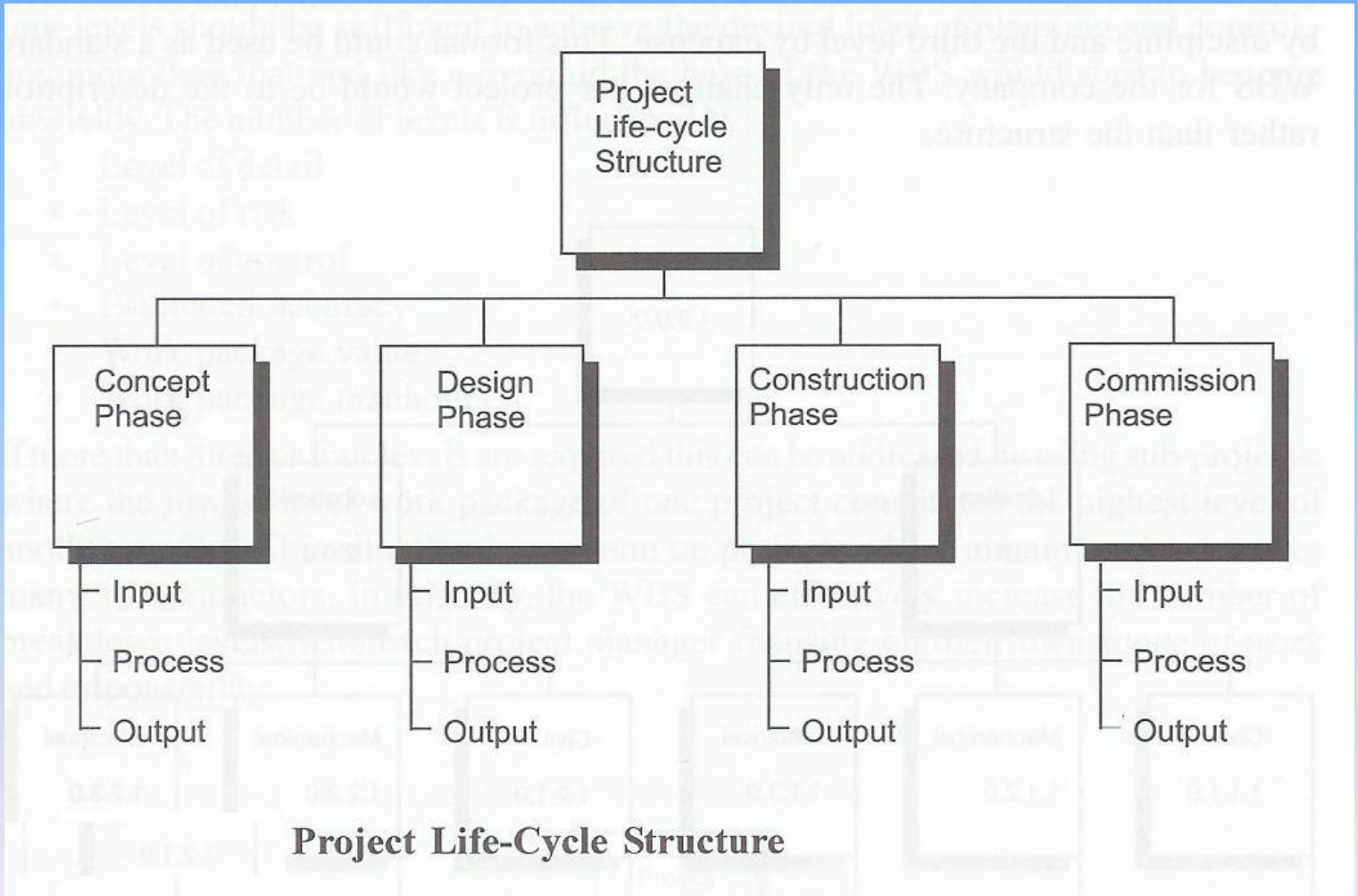
Contract Breakdown Structure (by sub-contractor and supplier)



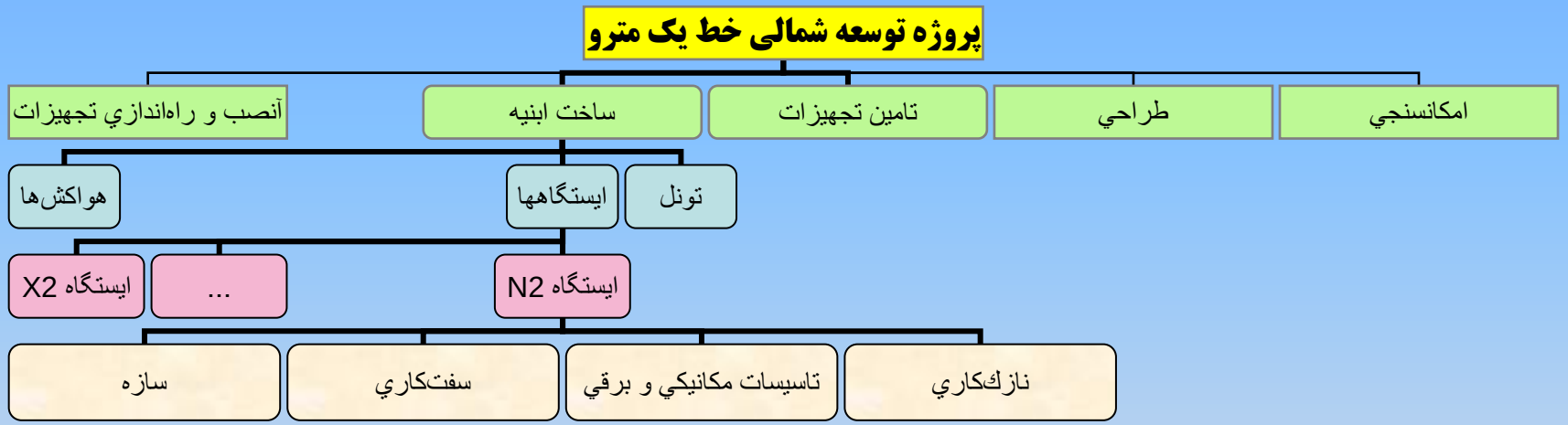
Location Breakdown Structure (power line project)



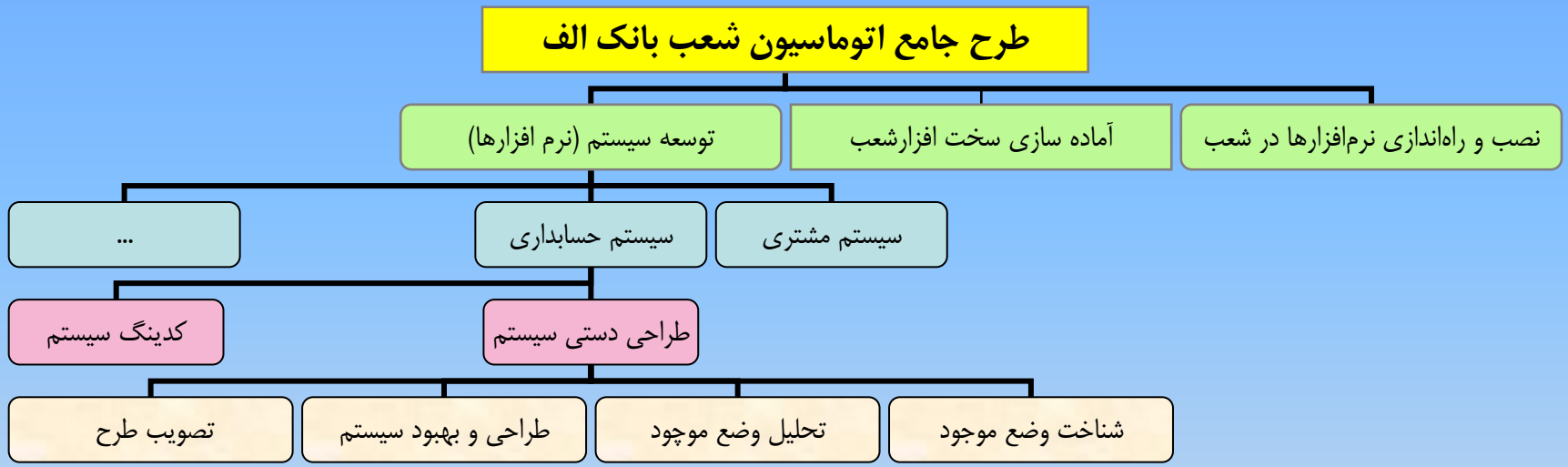
System Breakdown Structure (House project)

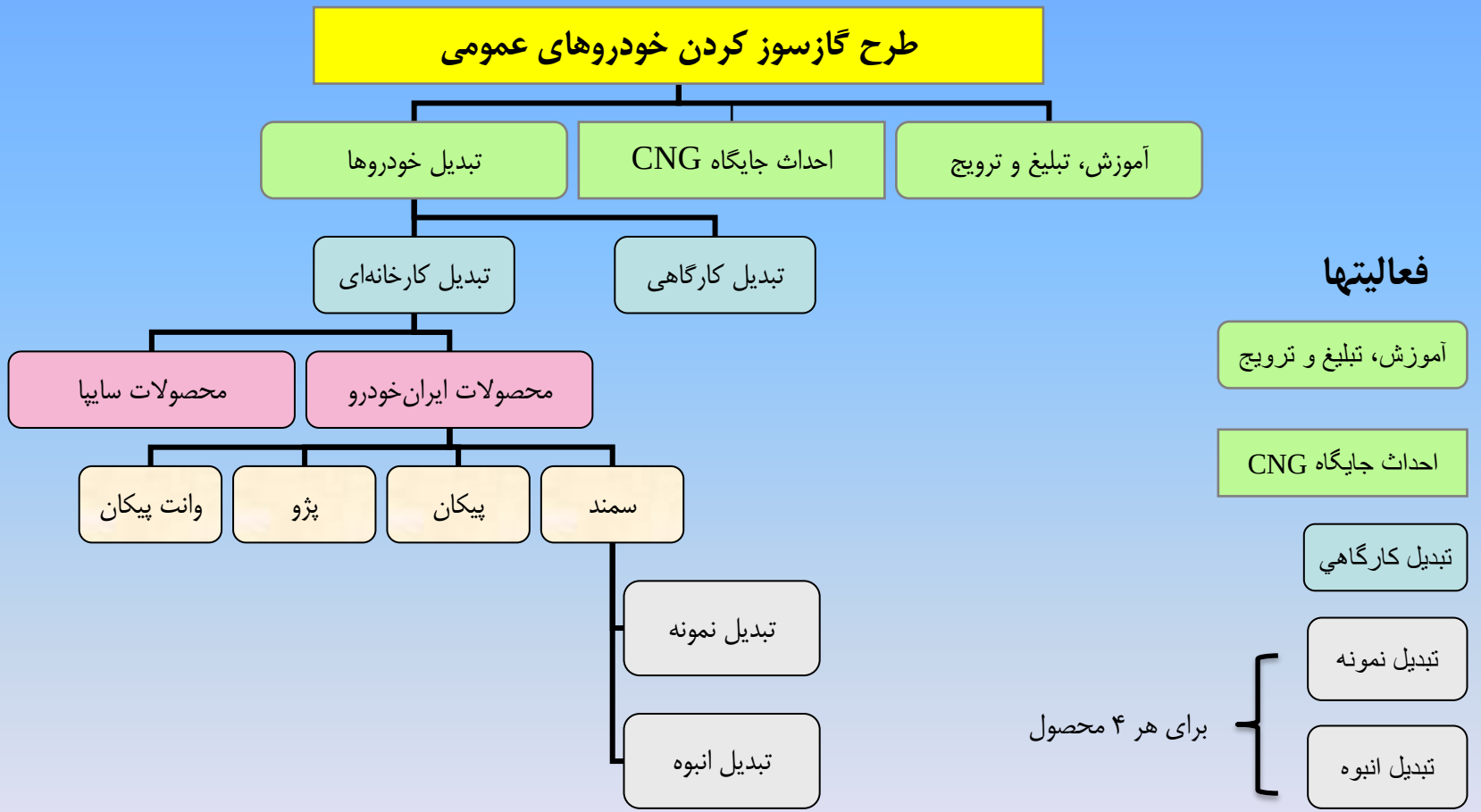


Project Life-Cycle Structure


پروژه توسعه شمالی خط یک مترو
امکانسنجي
طراحي
تامين تجهيزات
ساخت ابنيه
آنصب و راه‌اندازي تجهيزات
تونل
ایستگاهها
هواکش‌ها
ایستگاه N2
...
ایستگاه X2
نازك‌كاري
تاسيسات مكانيكي و برقي
سفت‌كاري
سازه

یک نمونه WBS

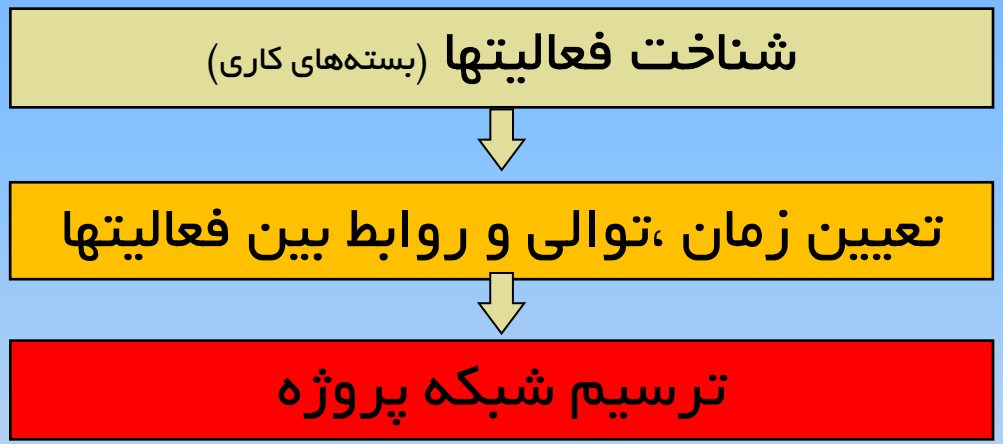

طرح جامع اتوماسیون شعب بانک الف
نصب و راه‌اندازی نرم‌افزارها در شعب
آماده سازی سخت افزارشعب
توسعه سیستم (نرم افزارها)
سیستم مشتری
سیستم حسابداری
...
طراحی دستی سیستم
کدینگ سیستم
شناخت وضع موجود
تحلیل وضع موجود
طراحی و بهبود سیستم
تصویب طرح


طرح گازسوز کردن خودروهای عمومی
تبدیل خودروها
احداث جایگاه CNG
آموزش، تبلیغ و ترویج
تبدیل کارخانه‌ای
تبدیل کارگاهی
محصولات سایپا
محصولات ایران‌خودرو
وانت پیکان
پژو
پیکان
سمند
تبدیل نمونه
تبدیل انبوه
فعالیتها
آموزش، تبلیغ و ترویج
احداث جایگاه CNG
تبدیل کارگاهي
برای هر ۴ محصول
تبدیل نمونه
تبدیل انبوه

بسته های کاری یا فعالیتها؟

ایجاد شبکه پروژه

مراحل ایجاد 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.

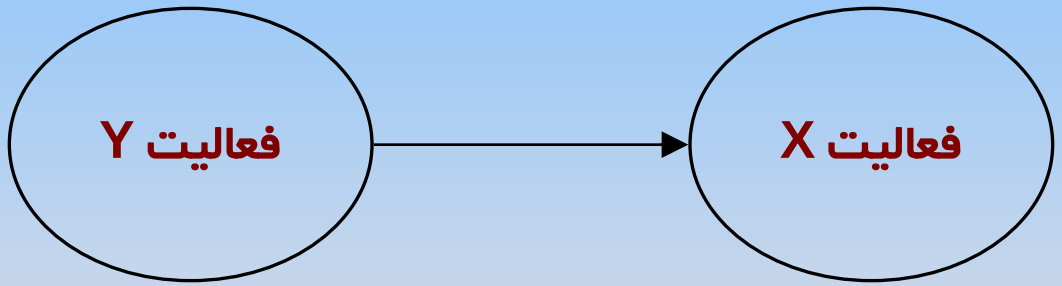
تعیین توالی فعالیتها (بسته‌های کاری)

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	۱ – 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.
	۲ – وابستگی‌های ترجیحی(وابستگی نرم) برخی از وابستگی‌های بین فعالیتها توسط گروه اجرایی ایجاد می‌شوند (می‌بایست بدقت و با مستندات کافی تبین شود)
	۳– وابستگی‌های خارجی وابستگی‌های بین فعالیتهای اجرایی و محیط خارج از پروژه موردنظر است.

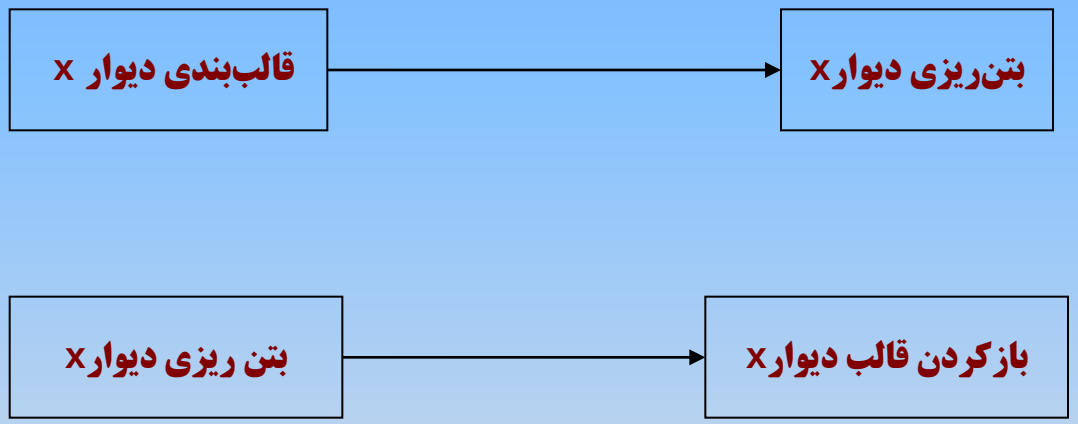
تعیین توالی فعالیتها (بسته‌های کاری)

تعریف : به فعالیت Y پیش‌نیاز 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 دیوار x
بتن‌ریزی دیوارx
بتن ریزی دیوارx
بازکردن قالب دیوارx

مستندسازی توالی فعالیتها

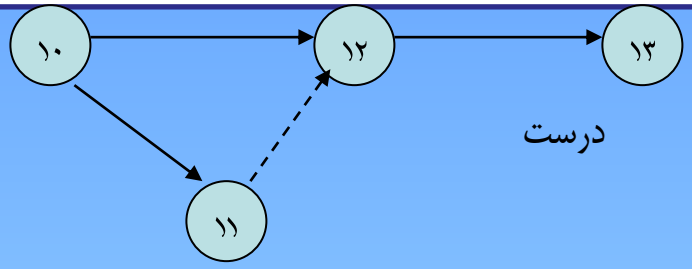
جدول تعیین پیشنیاز فعالیتها				
کد فعالیت	عنوان فعالیت	پیشنیازها		
		الزامی	ترجیحی	خارجی

ترسیم شبکه پروژه

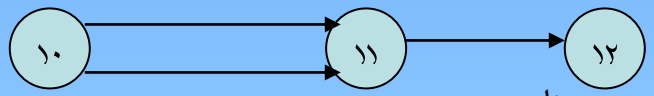
انواع شبکه پروژه

- **Activity On Arrow (AOA)** شبکه برداری
- **Activity On Node (AON)** شبکه گرهی

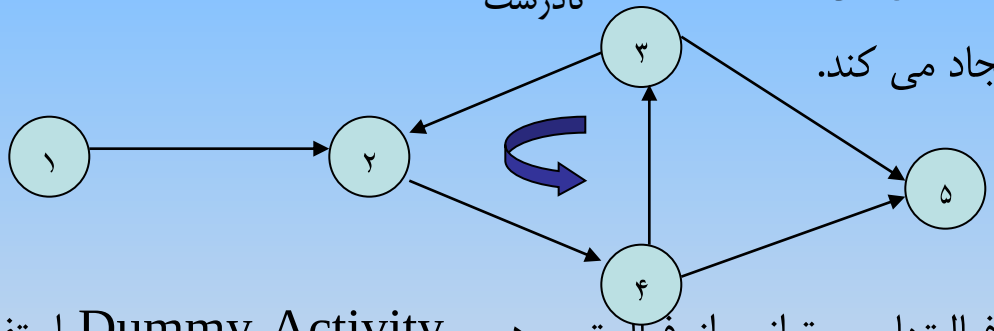
شبکه های برداری: (Activity on Arrow)



درست



نادرست



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 .

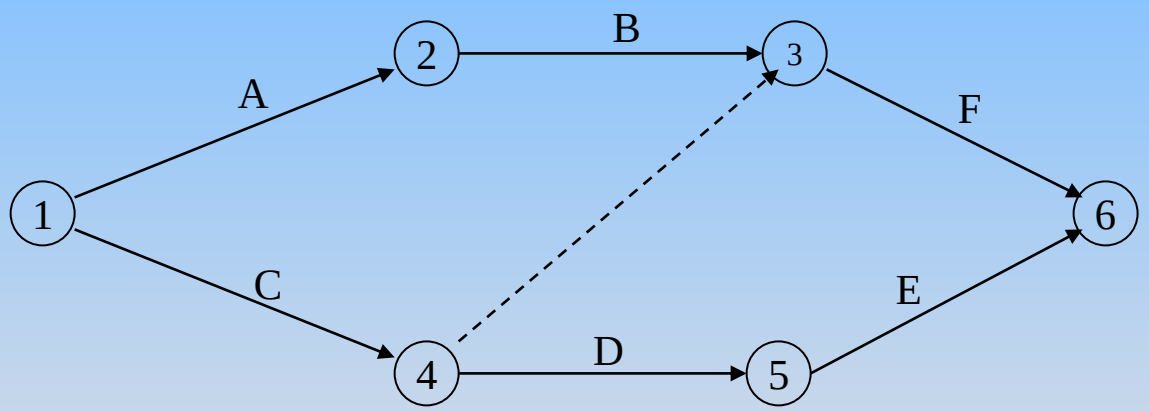
4) در شبکه حلقه یا LOOP ایراد مفهومی ایجاد می کند.

5) برای تعریف برخی از وابستگی های بین فعالیتها می توانیم از فعالیت موهومیDummy Activity استفاده کنیم. فعالیت موهومی وجود خارجی ندارد و تنها به منظور نمایش وابستگی های بین عملیات پروژه اضافه می شوند، مدت زمان آنها صفر بوده و فقط برای ترسیم شبکه کشیده می شود. در شبکه می بایست حداقل 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.

شبکه برداری

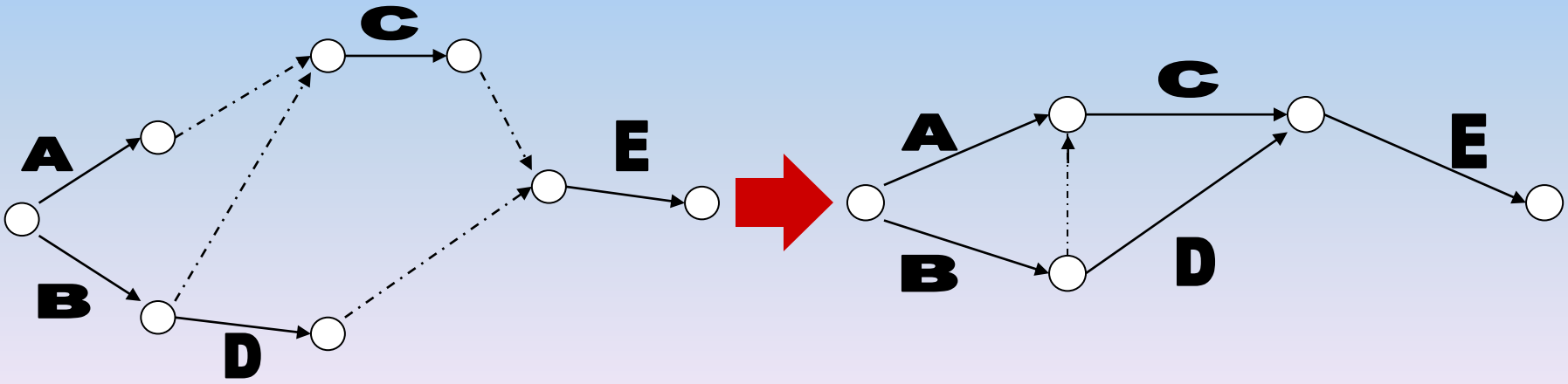
مثال: شبکه ی برداری نظیر فعالیتهای زیر را ترسیم نمایید



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

مثال

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



محاسبات زمانبندی پروژه در شبکه‌های برداری

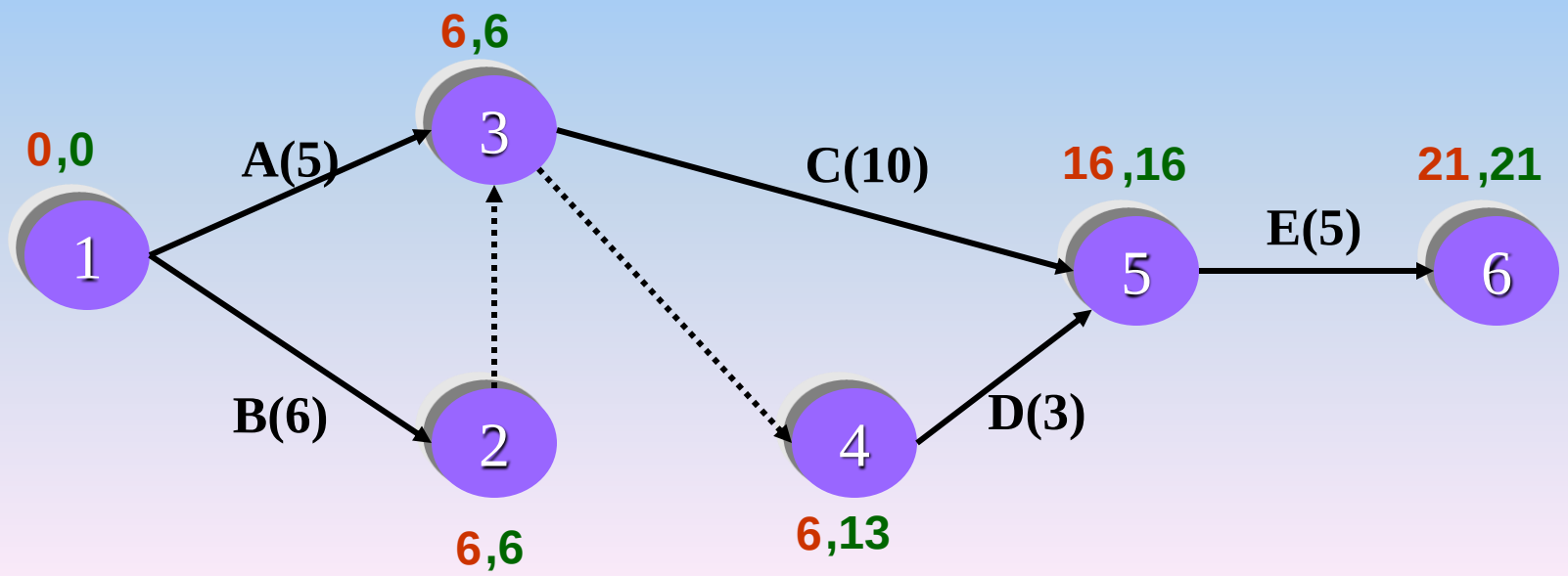
مثال

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



محاسبات رفت

فرض: زودترین زمان وقوع گره شروعی = **0**

هر **k** پیش نیاز **i** $\quad$ زودترین زمان وقوع گره **i** $(ES_i) = \mathbf{Max}\ \{ES_k + D_{k\,i}\}$

زودترین زمان ممکن برای وقوع یک رویداد (ES) زودترین تاریخی است که همگی فعالیتهایی که به این رویداد می رسند انجام شده باشند. در نتیجه برای گره پایانی زودترین زمان ممکن بیانگرحداقل زمان اتمام پروژه میباشد.

محاسبات برگشت

دیرترین تاریخ ممکن برای وقوع یک رویداد (LF) دیرترین تاریخی است که ممکن است همه فعالیتهایی که به آن رویداد می رسند انجام گیرند بدون آنکه در تاریخ تکمیل پروژه اثری بگذارد.

فرض: زودترین زمان وقوع گره پایانی = دیرترین زمان وقوع گره پایانی

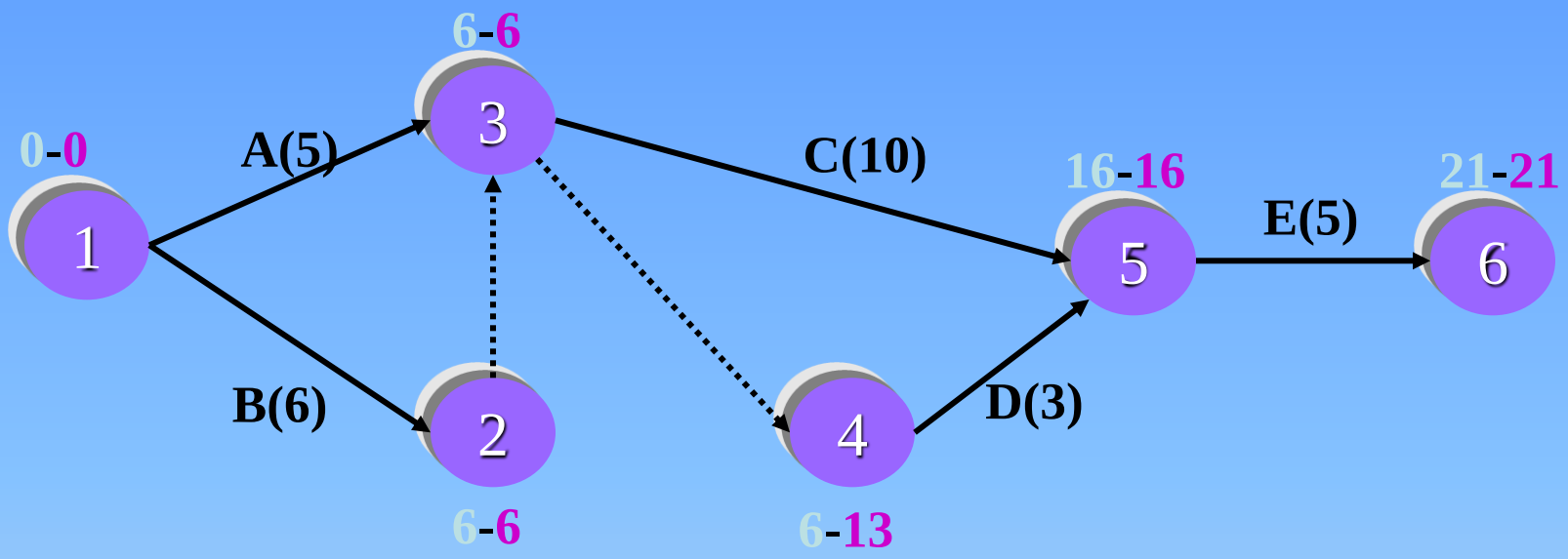
هر **j** پس نیاز **i** $\quad$ دیرترین زمان وقوع گره **i** $(LF_i) = \mathbf{Min}\ \{LF_j - D_{ij}\}$

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

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

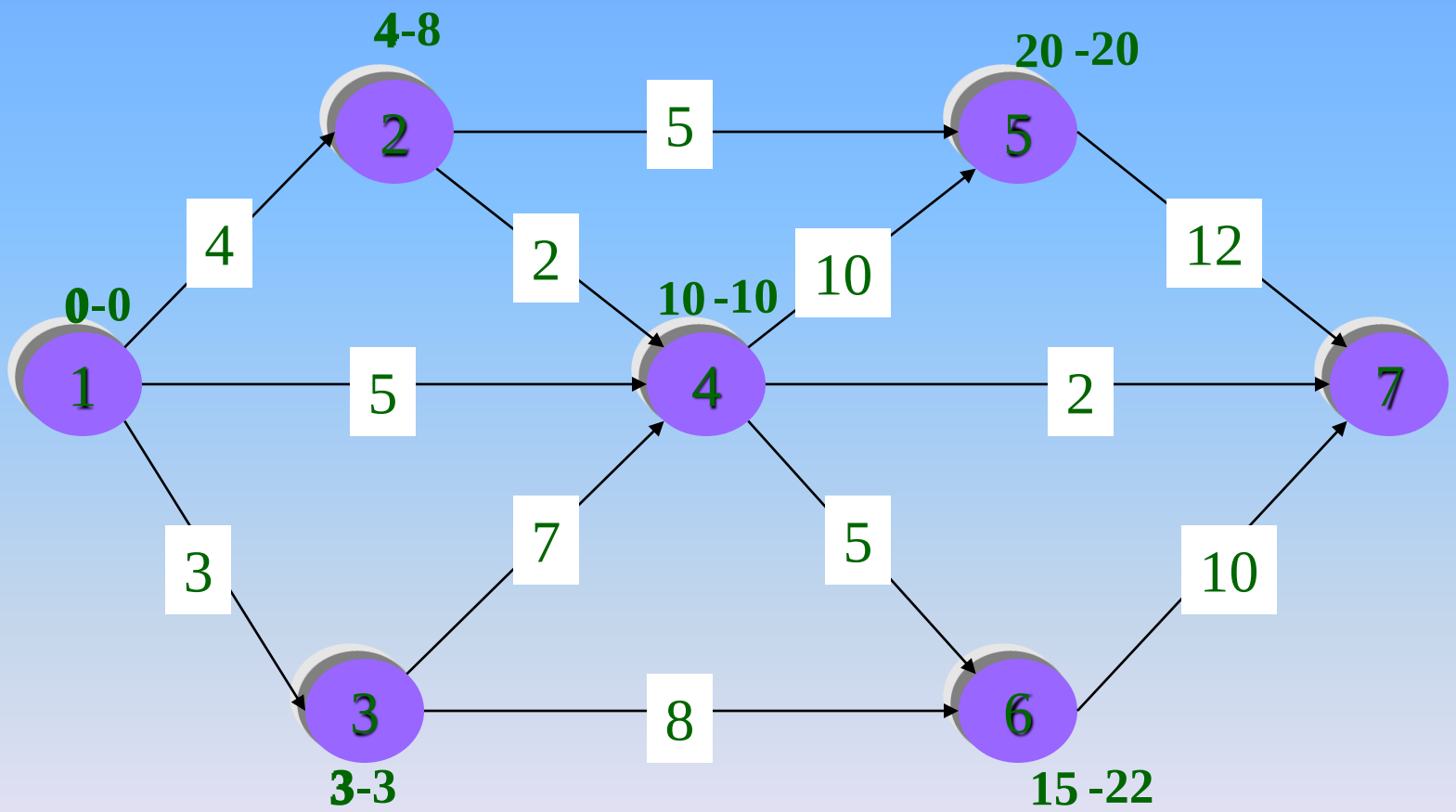
دیرترین زمان وقوع **j** = **LF** دیرترین زمان پایان فعالیت **i – j**

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



فعالیت	ES	EF=ES+D	LS= LF-D	LF	TF=LF-EF
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

مثال



مفهوم شناوری و مسیر بحرانی:

- شناوری یک مسیر عبارت است از: اختلاف بین کل زمان لازم برای تکمیل پروژه و جمع زمانهای فعالیتهای تشکیل دهنده ی آن مسیر. برای یک مسیر با فعالیتهای ۱و ۲ و ۳ و...و m شناوری برابر است:
- شناوری راه: Ef-Es-(D1+D2+…+Dm)

که Ef وEs به ترتیب زودترین تاریخ وقوع رویداد پایانه و زودترین تاریخ وقوع رویداد آغازین شبکه و Di زمان هر فعالیت است.

- شناوری یک رویداد: تفاضل زودترین و دیرترین تاریخ وقوع رویداد. رویدادهای بحرانی یک شبکه رویدادهایی هستند که دارای شناوری صفر می باشند.
- مسیر بحرانی: حداقل یک مسیر در هر شبکه یافت می شود که شامل طولانی ترین زمان می باشد و مقدار شناوری آن همواره صفر است. این مسیر، مسیر بحرانی نامیده می شود. مسیر بحرانی همواره از رویداد آغازین تا پایانه از رویدادهای بحرانی عبور می نماید.

مفهوم شناوری ها:

- فعالیتهای تشکیل دهنده ی یک مسیر بحرانی فعالیتهای بحرانی نام دارند.
- شناوری جمعی فعالیتها: (TF)
- مقدار زمانی که یک فعالیت می تواند به تعویق بیفتد (یا زمان انجام آن طولانی شود) بدون آنکه در کل زمان اجرای پروژه تاخیری رخ دهد. بنابراین:

TF= EF-LF (یا LS-ES)

تکلیف: در جلسه ی آتی در مورد مفاهیم زیر از منابع معرفی شده مطالعه نمایید:

- ✓ شناوری آزاد یک فعالیت
- ✓ شناوری مستقل یک فعالیت

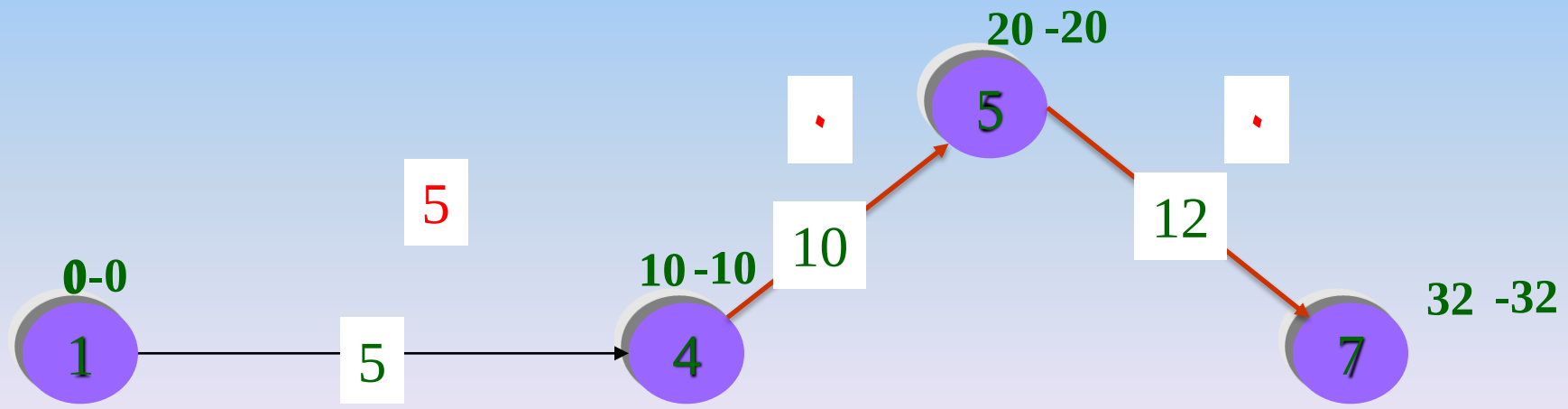
شناوری کل:

- حداکثر زمانی که یک فعالیت می تواند تاخیر مجاز داشته باشد. بدون اینکه در زمان اتمام کل پروژه تاثیر بگذارد. پس مسیر بحرانی مسیری است که شناوری مسیر آن همواره صفر است.

- $TF_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij}$
- $TF_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij}$

$EF_{ij}=ES_{ij}+D_{ij}$

محاسبه شناوری کل یک مسیر:
برابر است با مجموع شناورهای فعالیتهای واقع بر آن



Free Flow

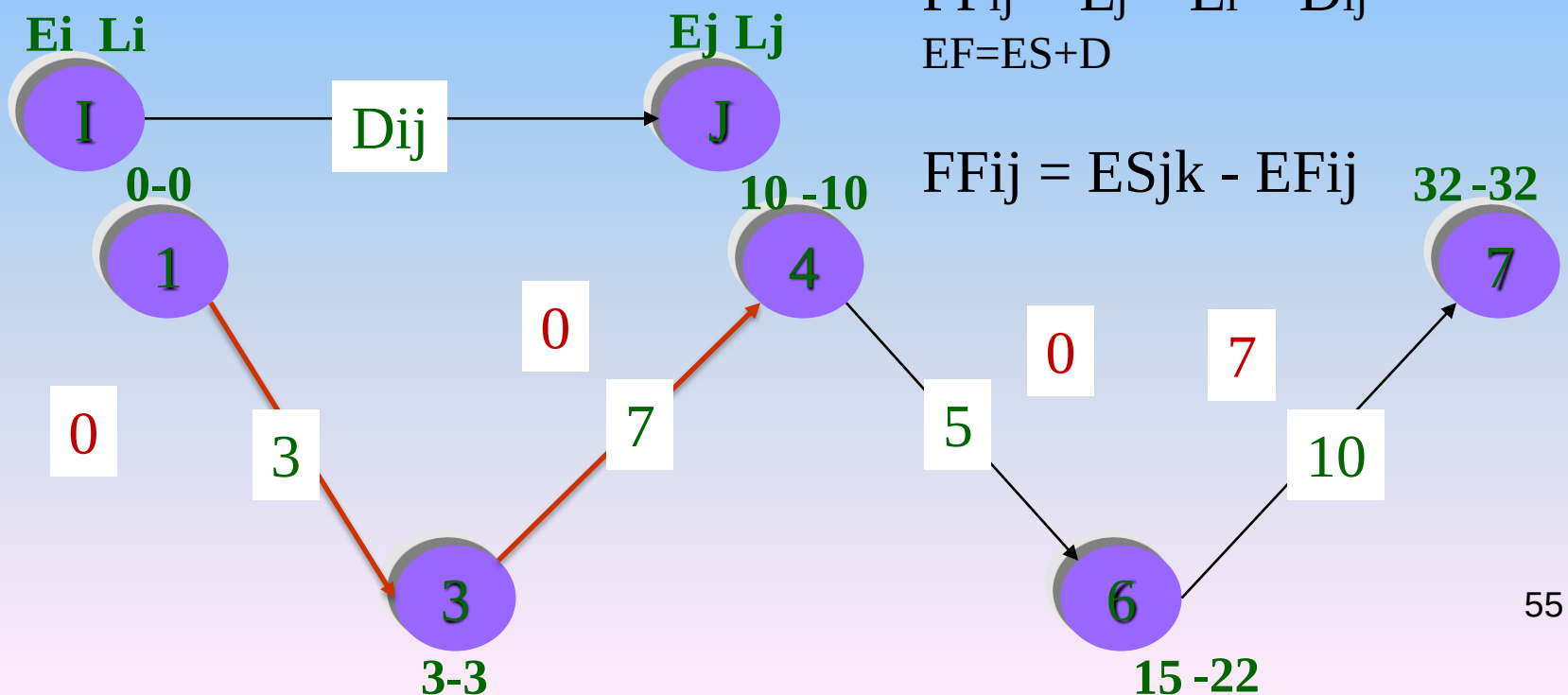
شناوری آزاد:

- مقدار زمانی که یک فعالیت می تواند به تعویق بیفتد، یا به زمان اجرای آن افزوده شود، بدون آنکه (صرفا) بر مقدار شناوری فعالیتهای بعد از خود تاثیری بگذارد، شناوری آزاد آن فعالیت نامیده می شود.

$$FF_{ij} = E_j - E_i - D_{ij}$$

EF=ES+D

$$FFij = ESjk - EFij$$



شناوری مستقل: Independent Flow

- مقدار زمانی که یک فعالیت می تواند به تعویق بیفتد، یا به زمان اجرای آن افزوده شود، بدون آنکه بر مقدار شناوری فعالیتهای قبل و بعد از خود تاثیری بگذارد، شناوری مستقل آن فعالیت نامیده می شود.
- اگر قرار باشد فعالیتهای قبلی فعالیت i-j در دیرترین زمان خود یعنی Li به اتمام برسند و فعالیتهای بعدی فعالیت i-j در زودترین زمان خود یعنی Ej شروع شود در این صورت فرجه ای که برای این فعالیت باقی می ماند شناوری مستقل نامیده می شود.

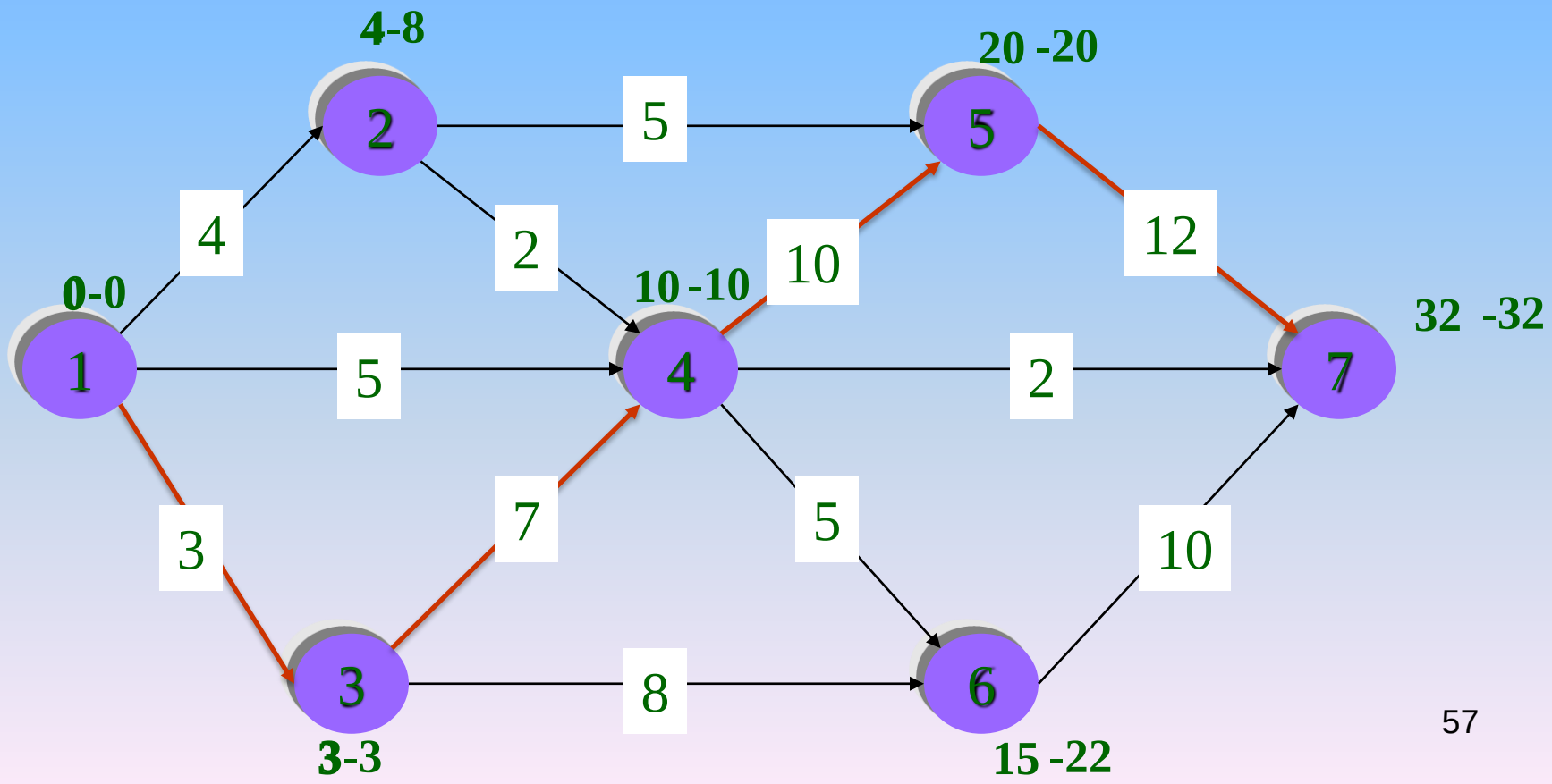
$$IFij = Max\{0 ; Ej - Dij - Li\}$$

- شناوری مستقل همیشه مثبت است.
- رابطه ی زیر همواره بین شناوری های فعالیتهای برقرار است:

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

شناخت مسیر بحرانی:

- به مسیر۱-۳-۴-۵-۷ توجه نمایید: این مسیر چه خصوصیت ویژه ای دارد؟
- شناوری های این مسیر چقدر است؟



مثال

EF=ES+D

LS = LF-D TF = LF - EF FF= ES_{jk} - EF_{ij}

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

انتخاب نوع شبکه:

- روش AON دارای سادگی بیشتری در رسم و همچنین قدرت نمایش انواع وابستگی ها را در حین ترسیم دارد.
- قدرت و درک محاسباتی در روش AOA بیشتر است. بنابراین در مباحث پژوهشی و مقالات علمی جدید استفاده ی خود را حفظ نموده است.
- تکنیکهای برنامه ریزی و کنترل PERT و GERT با روش AOA سازگاری یافته است.
- اگرچه به دلیل نیاز به نمایش انواع روابط وابستگی روش AON کاربردی تر است ولی هنوز هم نمایش AOA کارایی خود را در موارد خاص حفظ کرده است.

شبکه گرهی Activity On Node (AON)

ما ابتدا جزئیات نمایش شبکه‌های گره‌ای را مورد توجه قرار می دهیم.

شرح نمادها:

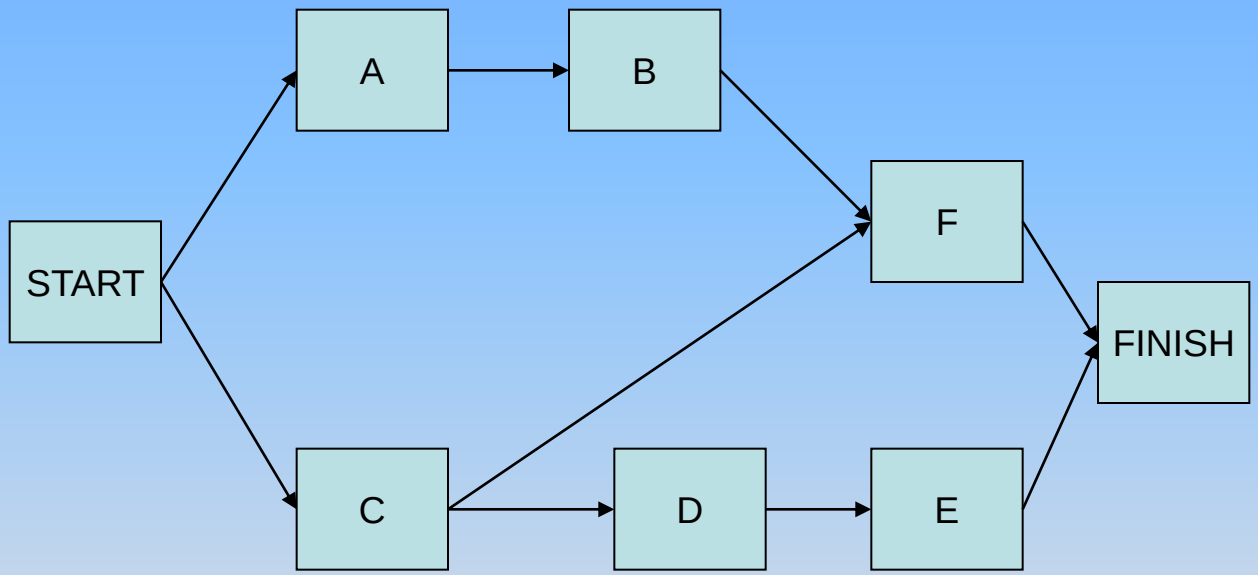
E فعالیت: می توان شرح مختصری از زمانهای فعالیت در داخل آن قرار داد.

⟶ بردار بیانگر روابط بین فعالیتها

اجزای فرعی این شبکه ها هم برهه ها یا Milestone هستند که در برخی از نقاط برای نشان دادن یک مقطع زمانی خاص استفاده می شوند. مثلا برای نمایش شروع و پایان پروژه و یا لحظات تکمیل شدن چند فعالیت از یک پروژه که دارای اهمیت بیشتری هستند به کار گرفته می شود.
برهه ها را غالبا با همان علامتی گه فعالیتها را مشخص می کنند نمایش داده می شوند. ولی چون ماهیتا فعالیت نیستند و زمانبر نمی باشند بهتر است به گونه ای متمایز شوند. (مثلا وقتی فعالیتها با مربع نمایش داده می شوند برهه ها دایره ای شکل باشند.)
تکلیف: اثر برهه ها را در تغییر زمانهای شروع و اتمام فعالیتهای بعد از خودشان ارزیابی کنید

شبکه گرهی

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



چند نکته در ترسیم شبکه گره ای

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

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

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

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

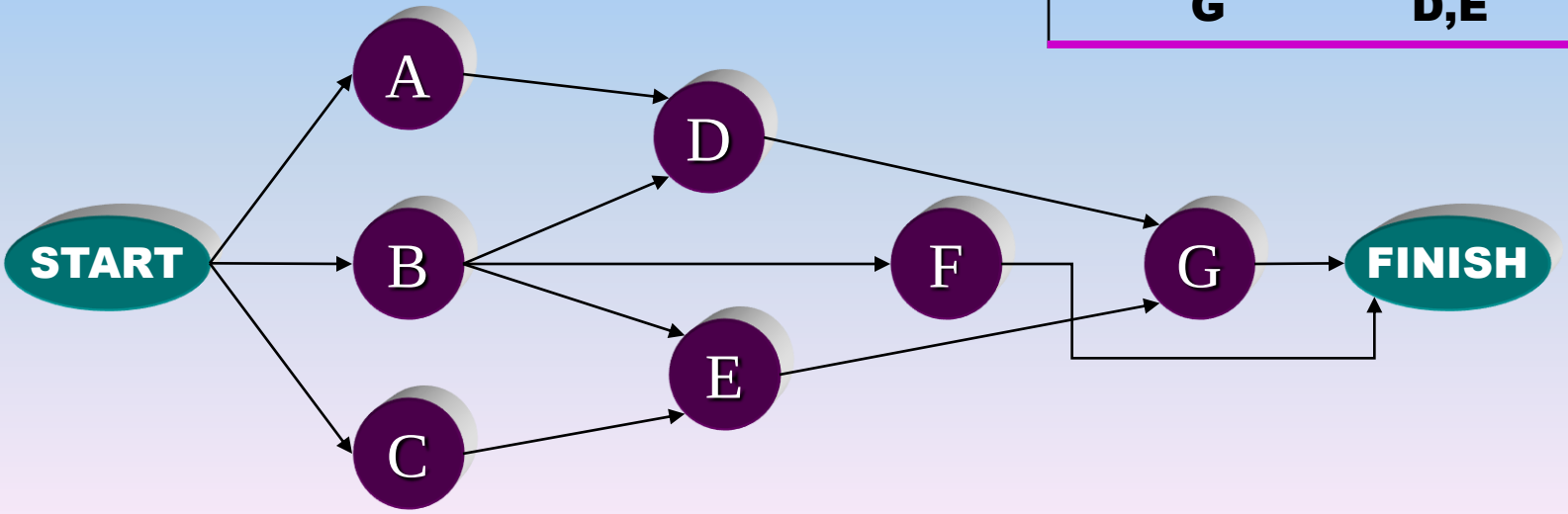
۵) برای هر فعالیت فقط و فقط یک گره در شبکه وجود دارد.

مثال شبکه پیش نیازي با فعالیت هاي زیر را رسم کنید

فعالیت	پیش نیاز	زمان
A	--	1
B	--	3
C	--	4
D	A,B	5
E	B,C	2
F	B	9
G	D,E	2

نکته: اصول محاسبات زمانها در شبکه های گرهی دقیقا مطابق اصولی است که برای محاسبات زمانها در شبکه های برداری مورد استفاده است. (حرکت پیشرو و حرکت برگشتی).

تکلیف: زمانبندی شبکه ی زیر را با فرض زمانهای داده شده انجام دهید.

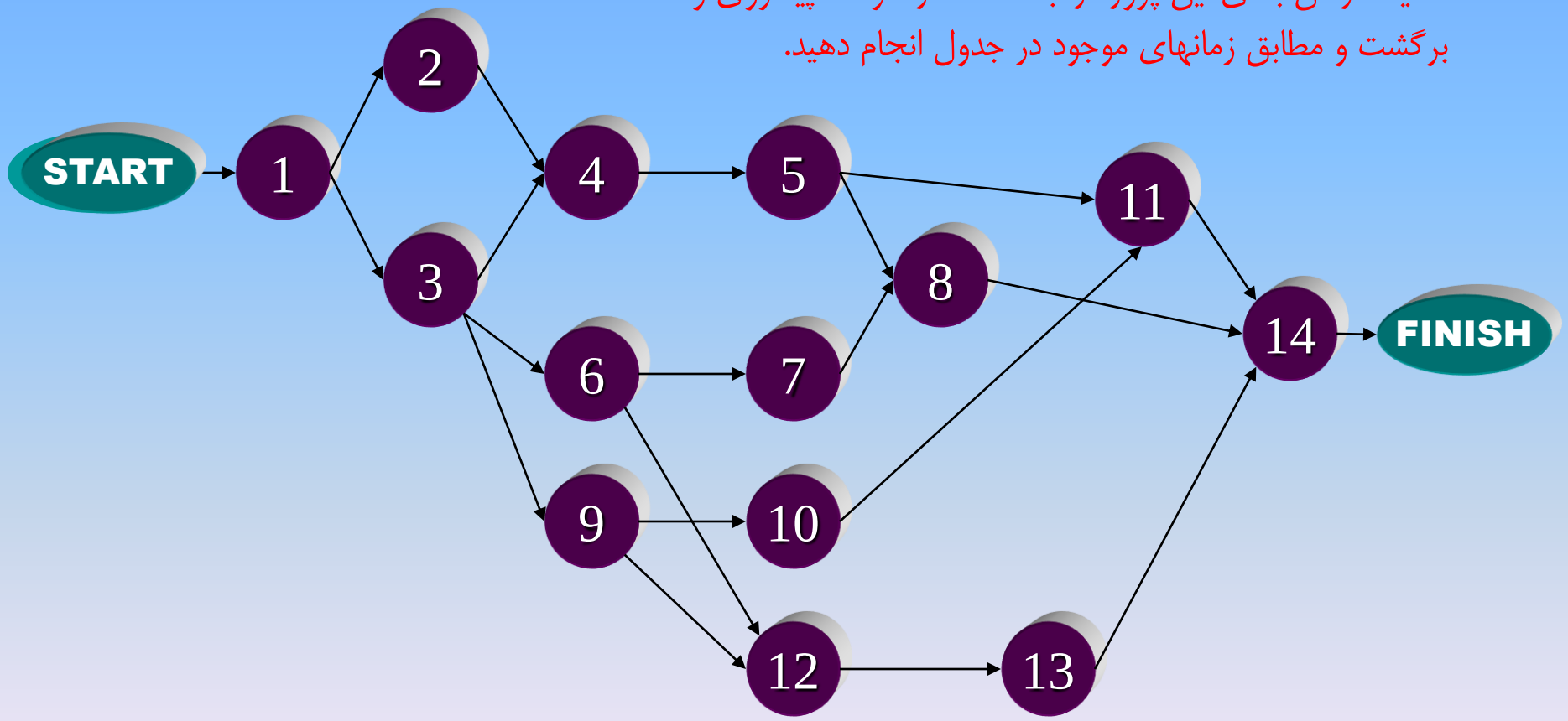


مثال: پروژه ي ساختماني

ردیف	نام فعالیت	پیش نیاز ها	زمان
۱	طراحی سازه	--	۴
۲	ساخت سازه	۱	۵
۳	طراحی ساختمان	۱	۷
۴	اجرای فاز ۱ ساختمان	۳و۲	۸
۵	اجرای فاز ۲ ساختمان	۴	۲
۶	طراحی تاسیسات مکانیکی	۳	۴
۷	خرید تجهیزات مکانیکی	۶	۶
۸	نصب و اجرای تجهیزات مکانیکی	۷و۵	۷
۹	طراحی تاسیسات برقی	۳	۶
۱۰	خرید تجهیزات برقی	۹	۷
۱۱	نصب و اجرای تجهیزات برقی	۱۰و۵	۹
۱۲	طراحی معماری داخلی	۹و۶	۱۱
۱۳	خرید اقلام مورد نیاز معماری داخلی	۱۲	۴
۱۴	نصب و اجرای معماری داخلی	۸و۱۱و۱۳	۱۲

مثال: پروژه ي ساختماني

تکليف: زمان بندی اين پروژه را با استفاده از حرکت پيشروی و برگشت و مطابق زمانهای موجود در جدول انجام دهيد.



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

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

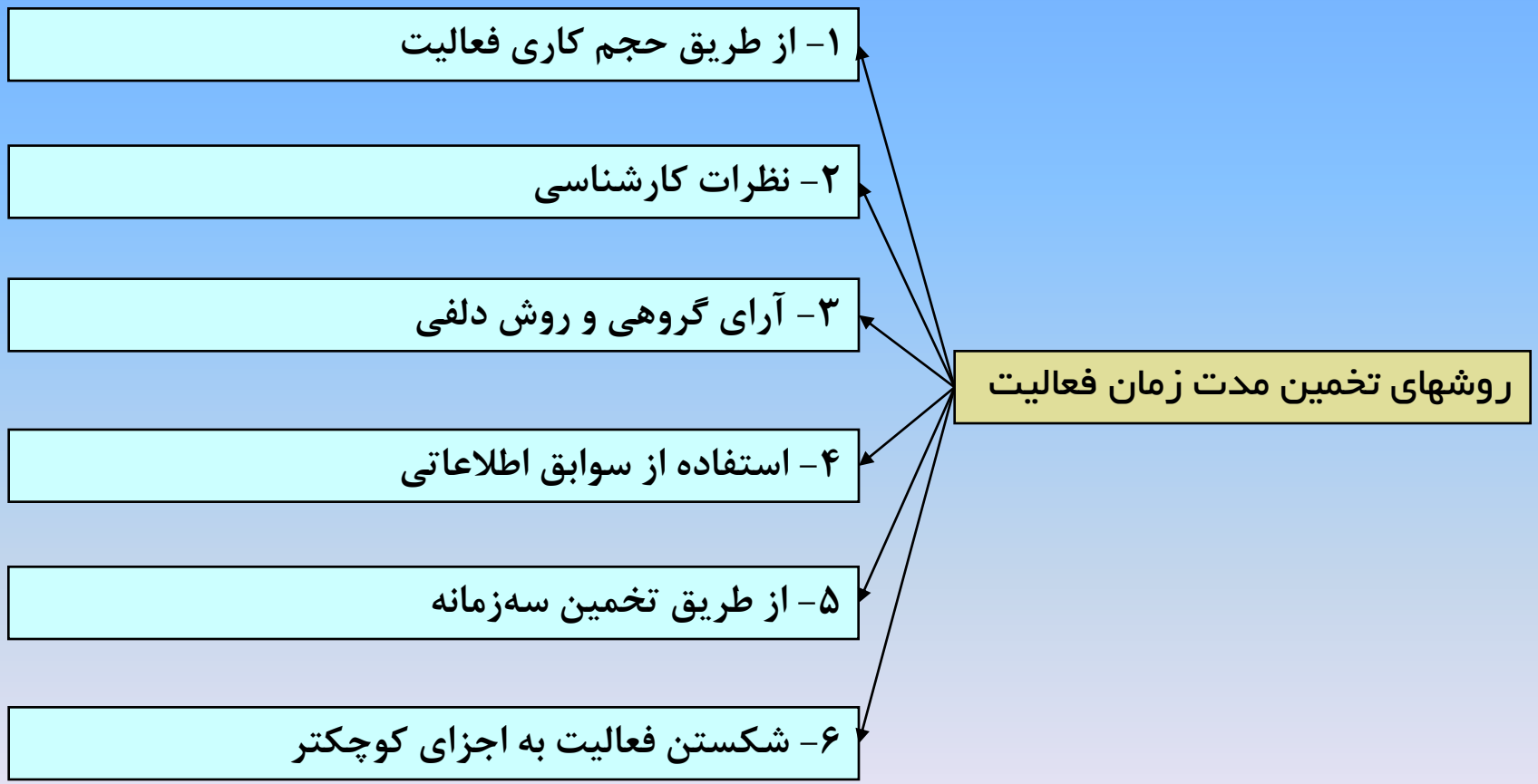
۲- واحد زمانی فعالیتها بصورت یکسان و استاندارد باشد. بطورمثال: روز

۳- 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.

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

۵- 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

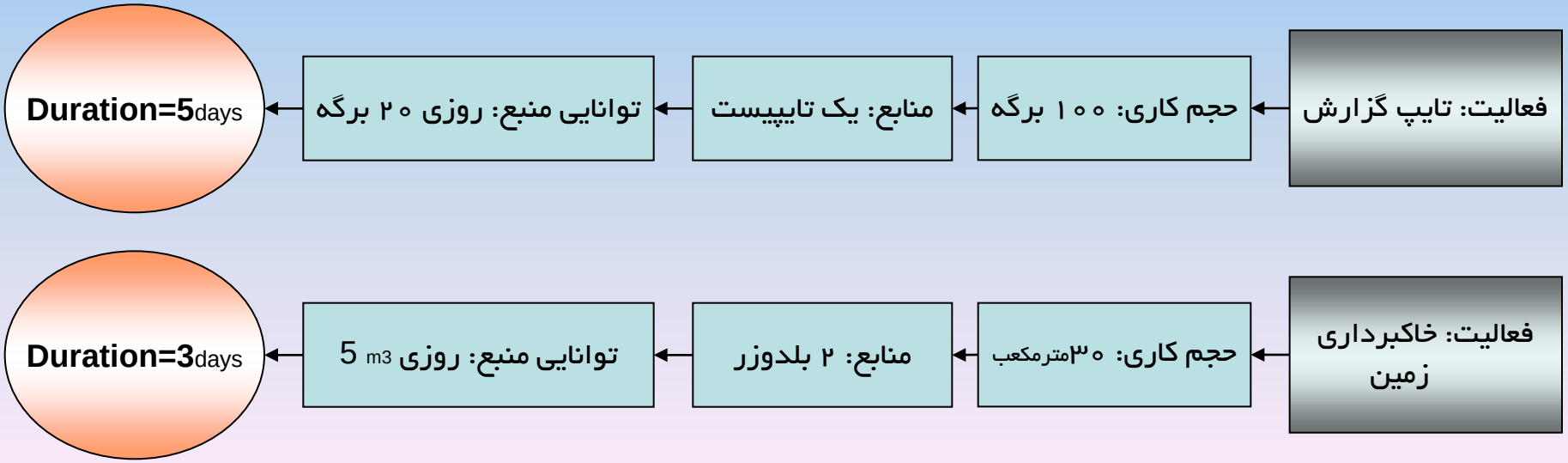
Activity Duration Estimating

روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

۱- 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

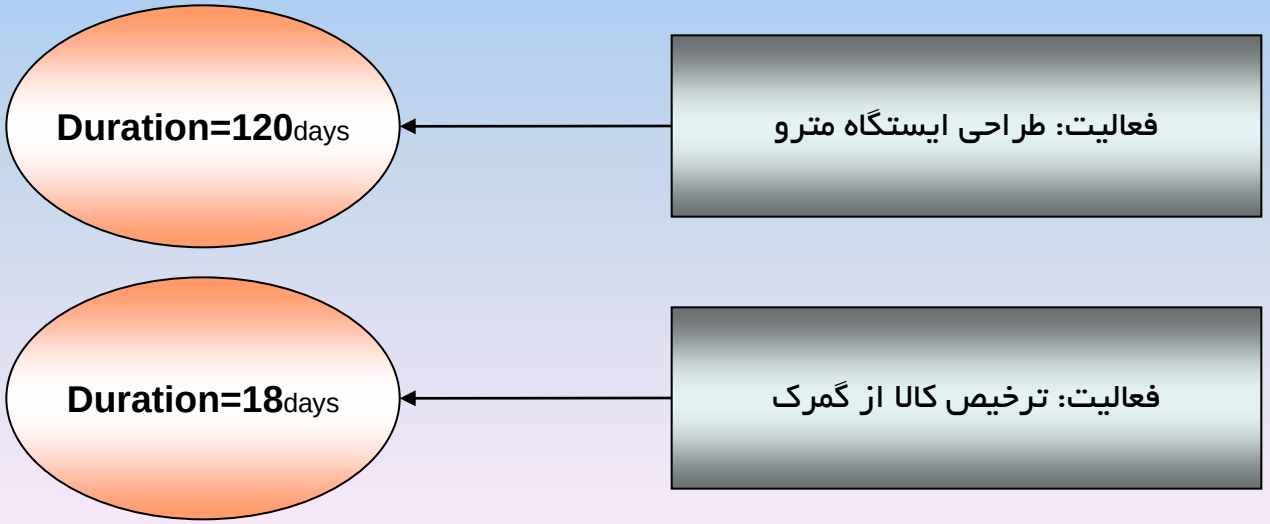
روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

↓

۲- نظرات کارشناسی

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

مثال:

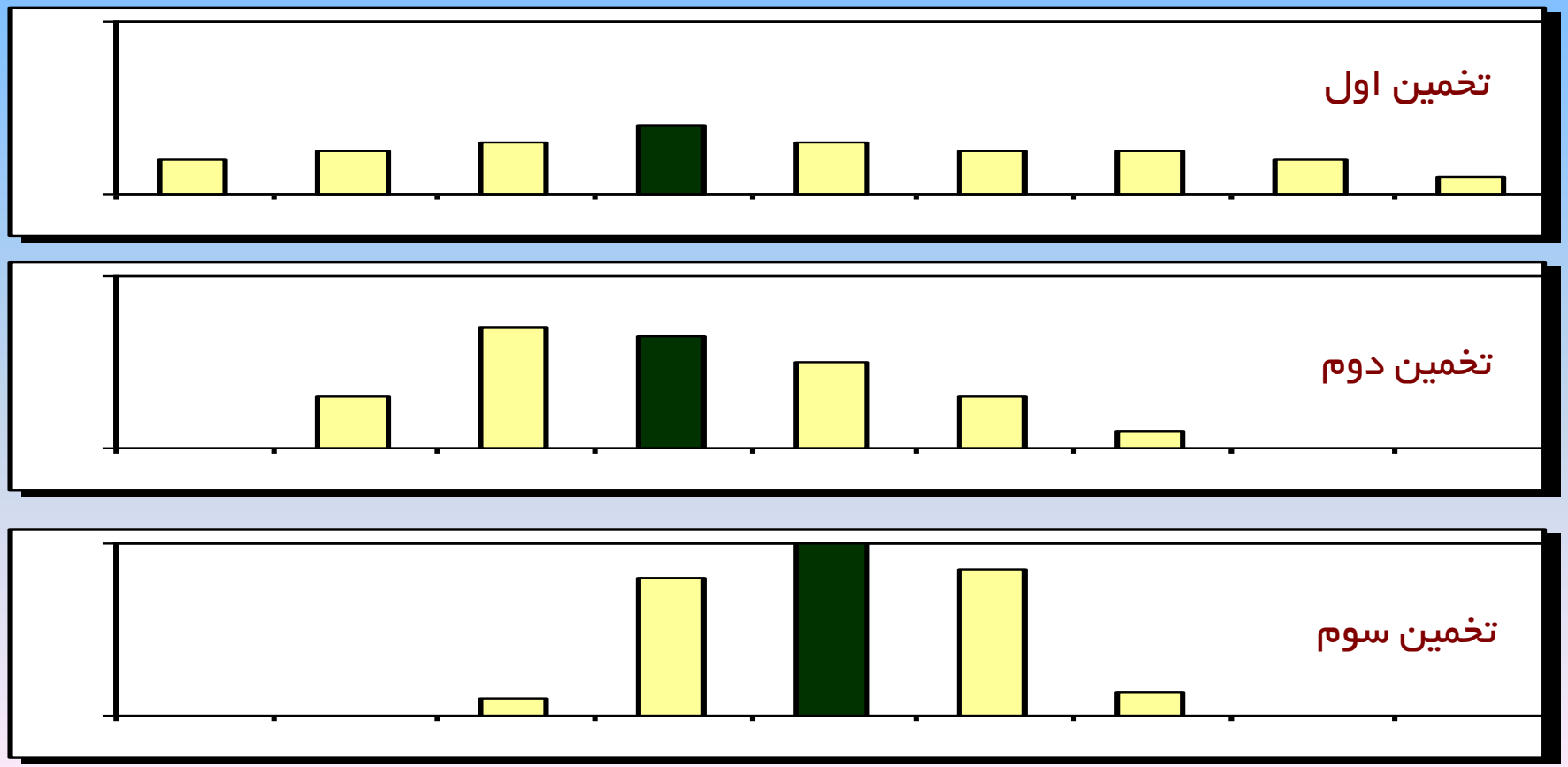


برآورد مدت زمان فعالیتها

Activity Duration Estimating

روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

۳- آرای گروهی و روش دلفی



برآورد مدت زمان فعالیتها

روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

↓

۴- استفاده از سوابق اطلاعاتی

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

سوابق تاریخی گشایش اعتبار

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

برآورد مدت زمان فعالیت = ۴۶ روز

برآورد مدت زمان فعالیتها

روشهای تخمین مدت زمان فعالیت

↓

۴- 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

↓

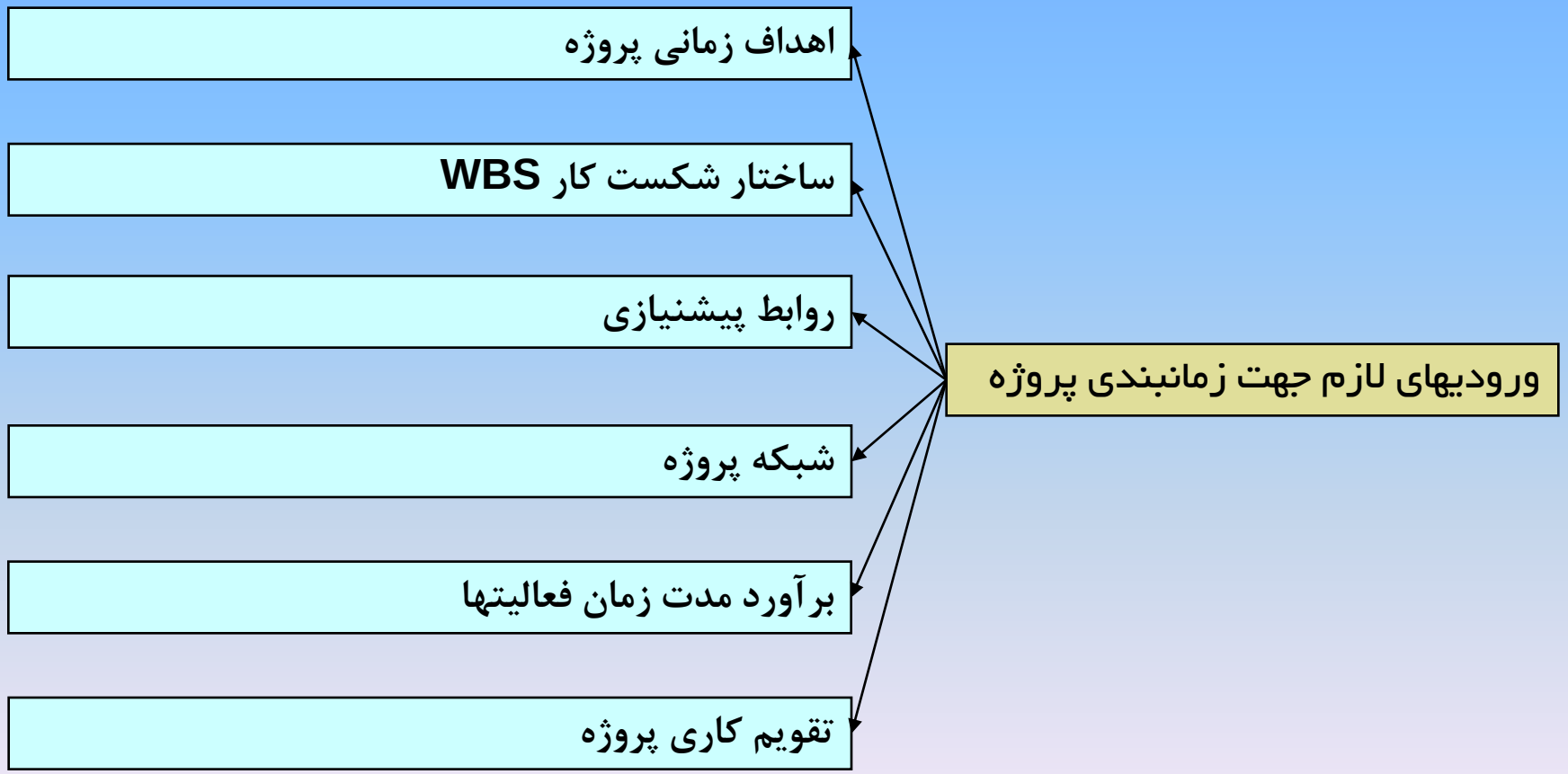
۶- شکستن فعالیت به اجزای کوچکتر

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.

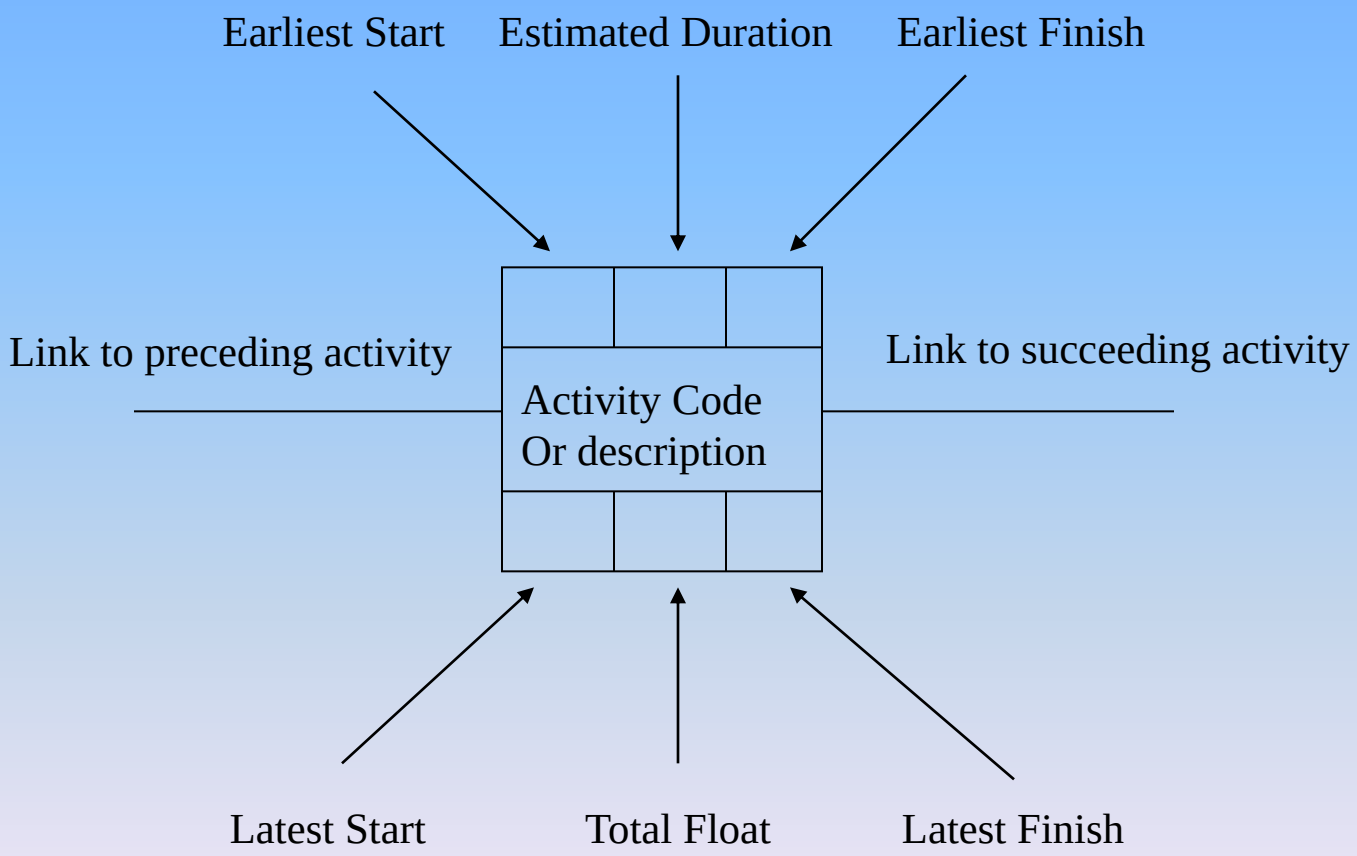
بیشترین کاربرد این روش در مواقعی است که **WBS** در سطوح بالا متوقف شده و بصورت کلان به برنامه‌ریزی نگاه می‌شود.

زمانبندی پروژه

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



زمانبندی در شبکه گرهی



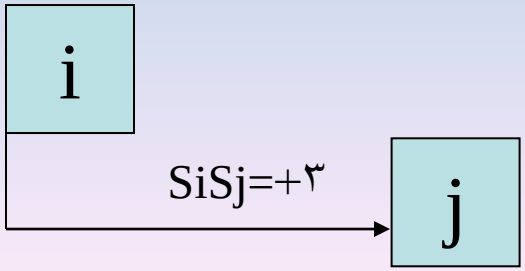
نمادگذاری یک فعالیت در زمانبندی شبکه گرهی

انواع حالات پیشنیازی:

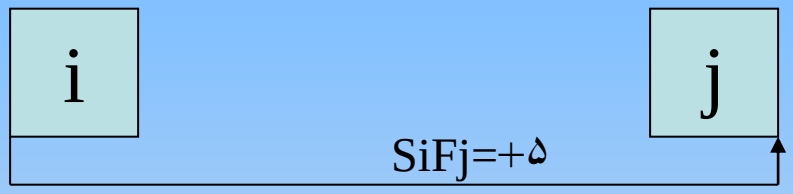
چنانچه شروع فعالیتی با فعالیت بعدی ارتباط زمانی داشته باشد، بردار خروجی از گره متناظر با این فعالیت، از ناحیه شروع خارج میگردد و اگر پایان فعالیت با فعالیت بعدی ارتباط زمانی داشته باشد، بردار مزبور از ناحیه پایان خارج میشود.

به همین ترتیب بردار ورودی به گره مربوط به فعالیت دوم (بعدی) از طریق ناحیه شروع یا پایان به آن گره وارد میشود .در این حالت ۴ حالت ممکن است رخ دهد که در ادامه بیان می شود.

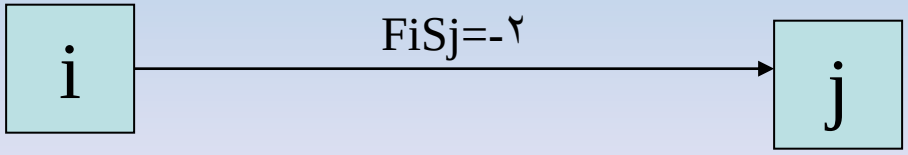
- **الف- شروع به شروع:** در این حالت شروع فعالیت یکم (i) با شروع فعالیت دوم(j) رابطه زمانی دارد (رابطه SS). طریقه رسم بردار ارتباطی بین این دو فعالیت، در شکل زیر ارائه شده است. در این شکل، بردار مزبور از یک نقطه واقع بر ناحیه شروع فعالیت (گره) i خارج و به یک نقطه واقع بر ناحیه شروع فعالیت (گره) j وارد میشود. میزان تاخیر مربوط نیز بر روی بردار نوشته شده است.



- **ب) رابطه شروع به پایان:** چنانچه شروع فعالیت یکم(i) با پایان فعالیت دوم (j) ارتباط زمانی داشته باشد (SF)، بین آنها را بصورت شکل زیر میتوان رسم کرد. معمولا در شرایط بسیار نادری رخ می دهد و در شبکه های PN مورد بحث قرار نمی گیرد.



- **ج) پایان به شروع:** یک نمونه از رابطه زمانی پایان فعالیت i با شروع فعالیت j با تاخیر منفی در شکل زیر ارائه شده است. دراین مثال، فعالیت j دو روز پیش از اتمام فعالیت i میتواند آغاز شود.



د) پایان به پایان : آخرین حالتی که ممکن است وجود داشته باشد، رابطه زمانی پایان فعالیت یکم با پایان فعالیت دوم است. شکل زیر چنین رابطه زمانی را بین فعالیتهای i و j ارائه میکند.

تعریف تاخیر یا lag: حداقل فاصله ی زمانی است که بین هر کدام از روابط پیشنیازی (SS، FS، FF، SF) موجود بین دوفعالیت متوالی تعریف می شود تا تاخیرات زمانی بین فعالیت های متوالی را ارزش گذاری نماید.

محاسبات زمانها:

- این محاسبات بر این اصل متکی هستند که انقطاع فعالیتها در پروژه مجاز نیست.
- محاسبه ی ESb: (حرکت پیشروی) برای بردار پیشنیازی ab بسته به نوع روابط پیشنیازی داریم:

- FaSb: ESb= EFa+FaSb
- SaSb: ESb= ESa+SaSb
- FaFb: ESb= EFa+FaFb-Db
- برای فعایت شروع ES برابر صفر است و اگر چند رابطه ی پیشنیازی موجود باشد نهایتا ESb برابر حداکثر مقادیری است که از این روابط بدست می آید.
- EFb= ESb+Di

محاسبات زمانها:

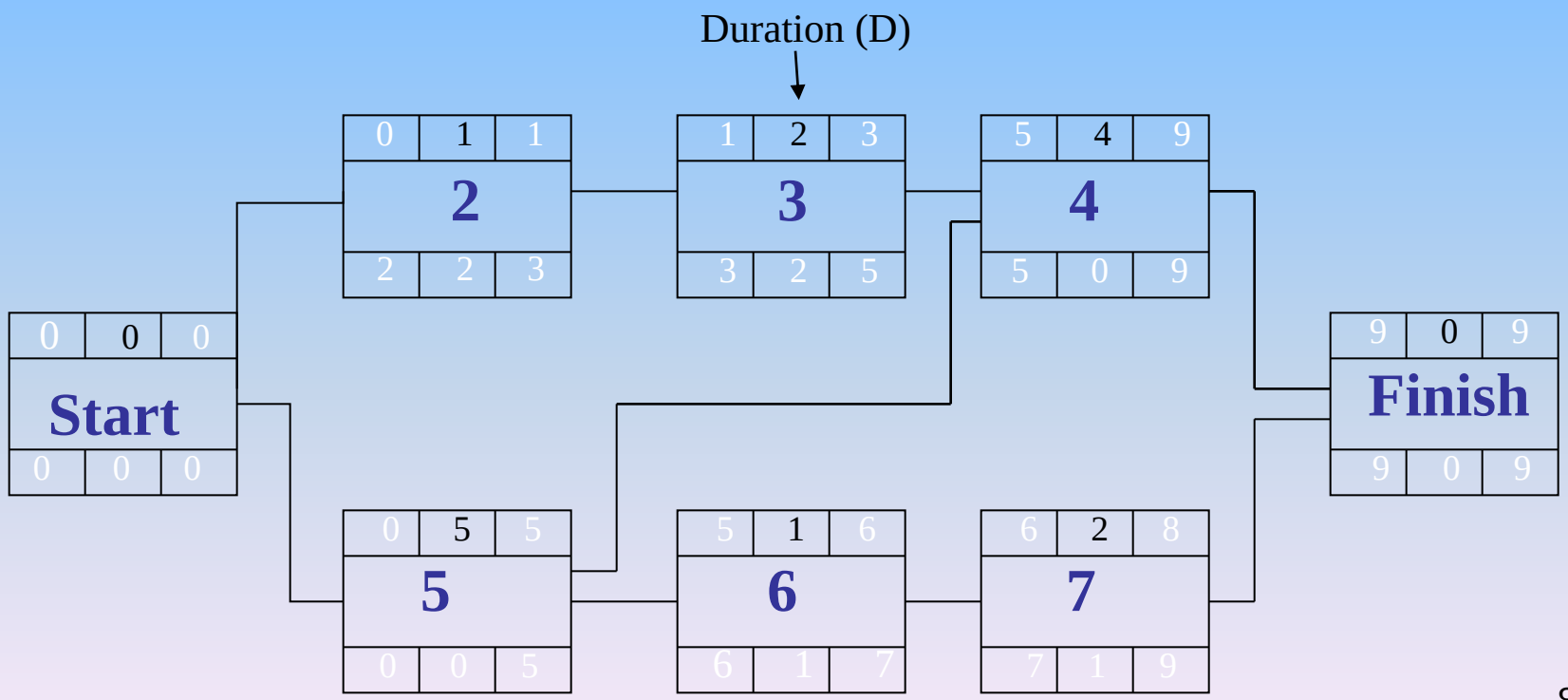
- محاسبه ی LFb: (حرکت بازگشتی) برای بردار پیشنیازی ab بسته به نوع روابط پیشنیازی:

- FaSb: LFa= LSb - FaSb
- FaFb: LFa= LFb - FaFb
- SaSb: LFa= LSb - SaSb+Db

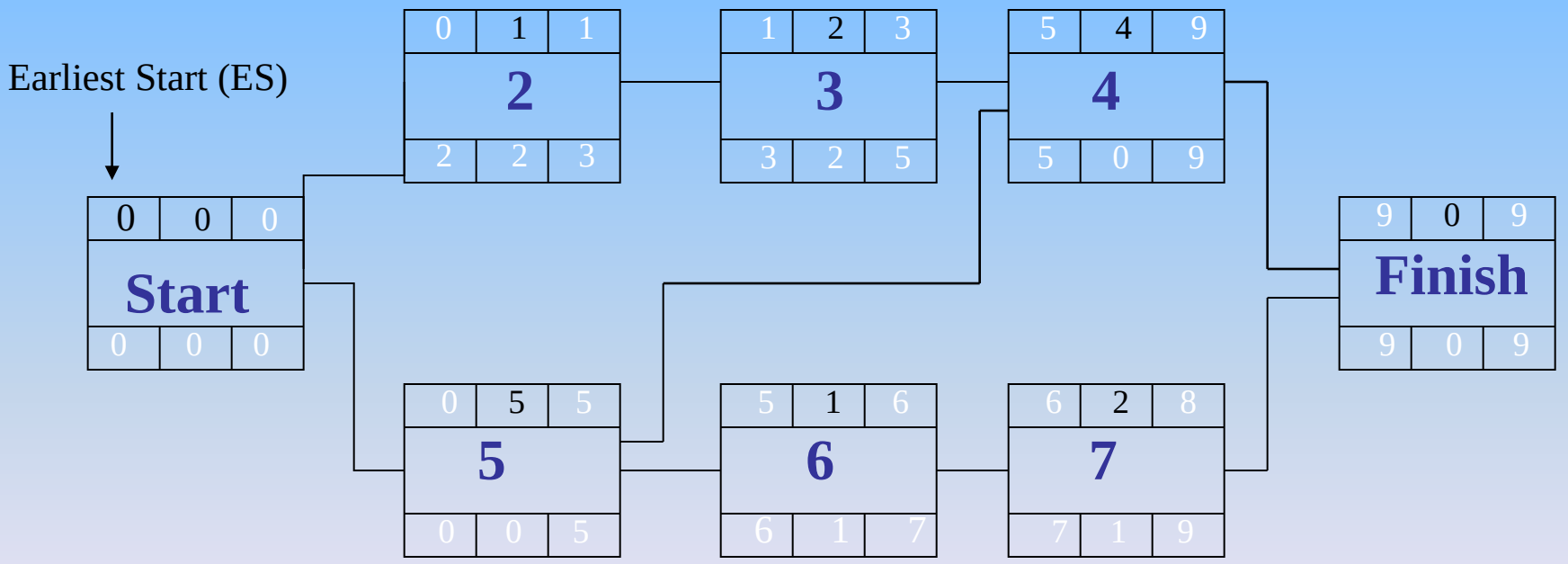
- برای فعایت شروع ES برابر صفر است و اگر چند رابطه ی پیشنیازی موجود باشد نهایتا ESb برابر حداقل مقادیری است که از این روابط بدست می آید.

- LSb= LFb - Di

زمانبندی در شبکه گرهی

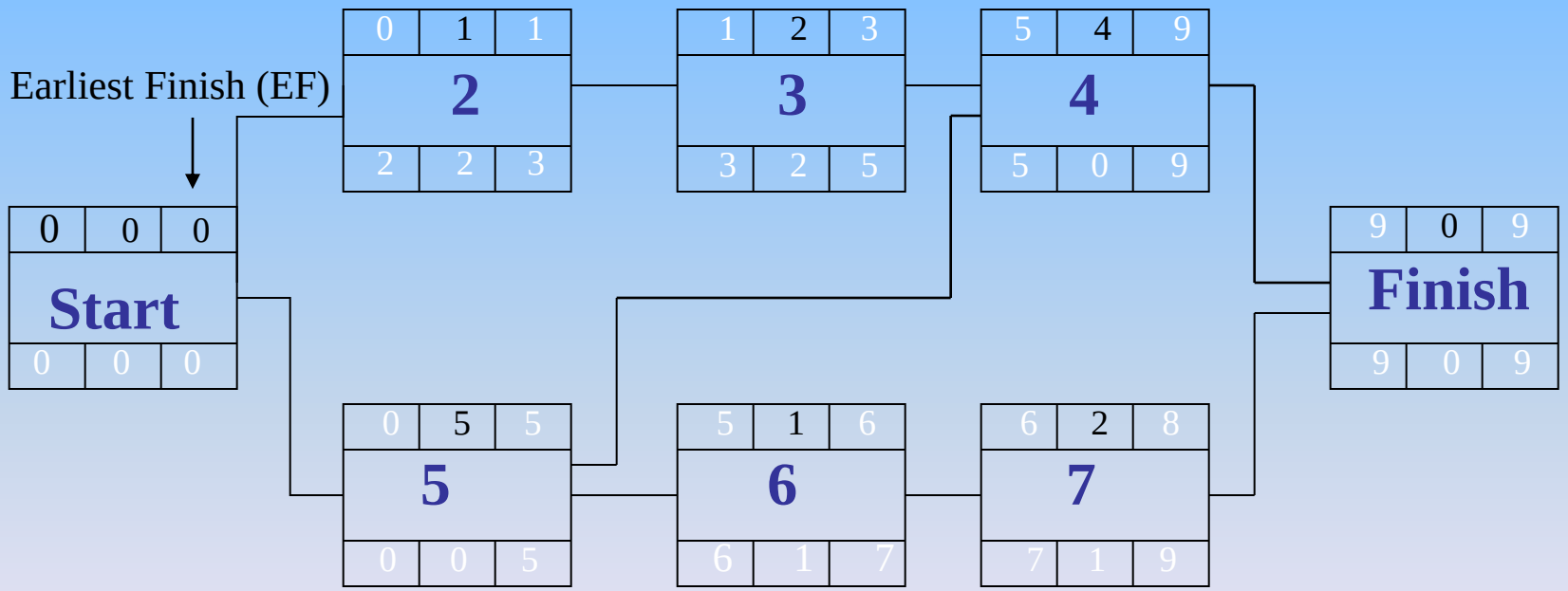


زمانبندی در شبکه گرهی



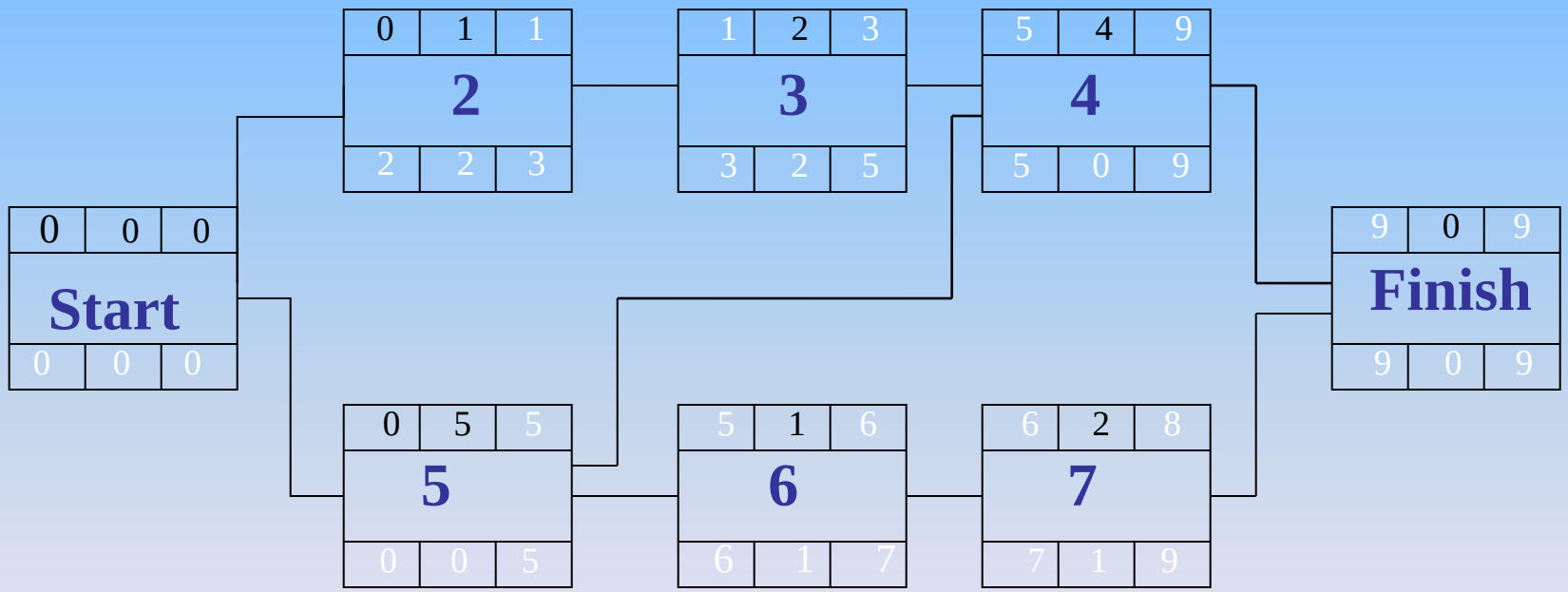
ES= 0 برای فعالیت شروعی داریم :

زمانبندی در شبکه گرهی



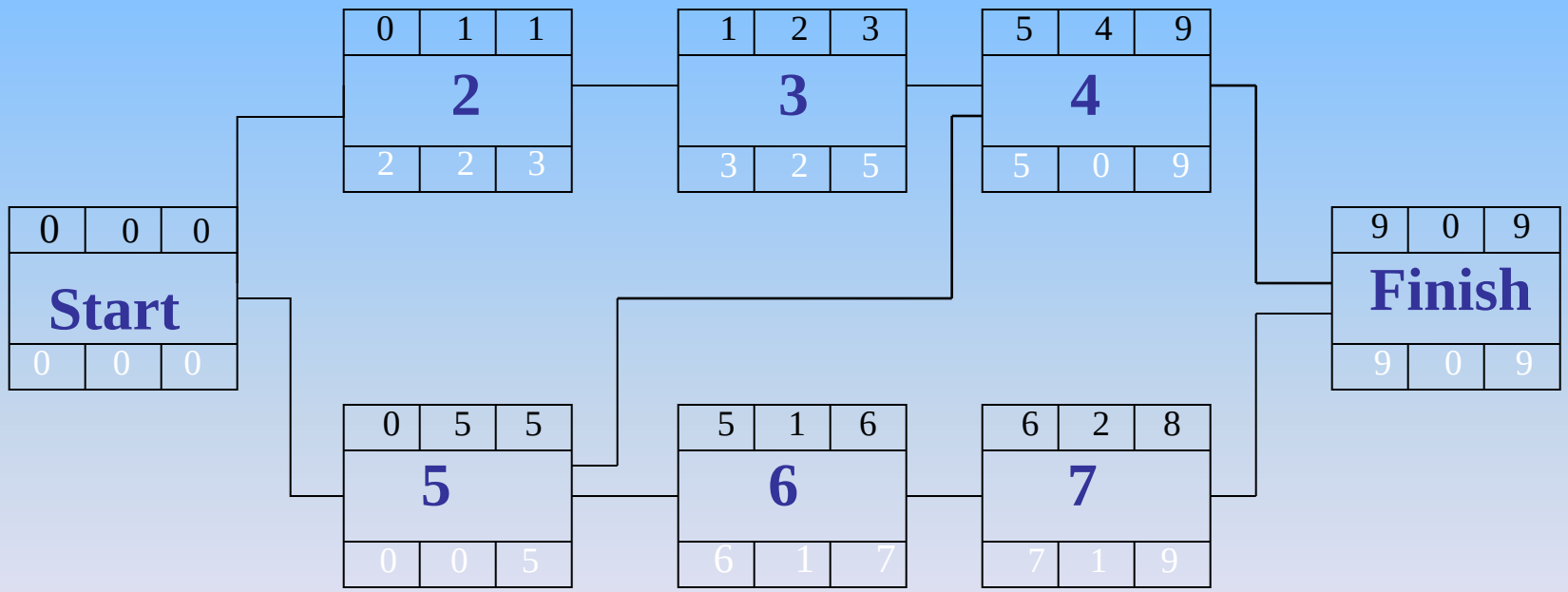
EF= ES + D

زمانبندی در شبکه گرهی



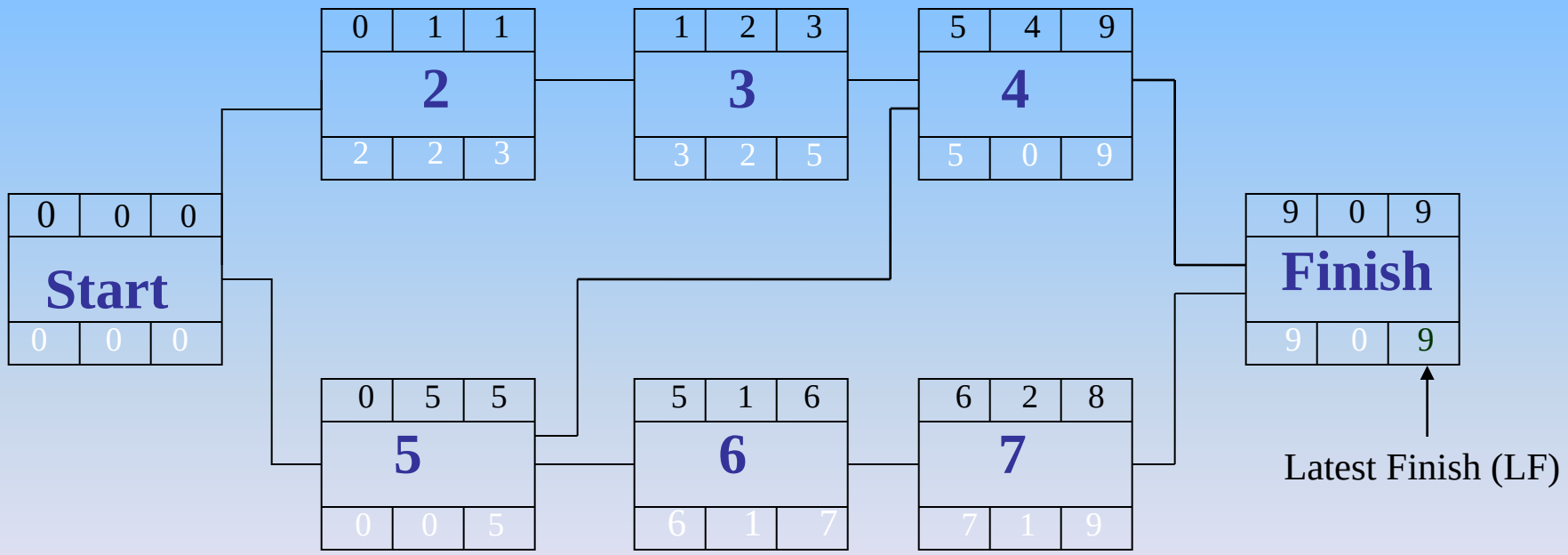
ES= max{EF} for all Predecessor برای فعالیتهای غیر شروعی داریم:

زمانبندی در شبکه گرهی



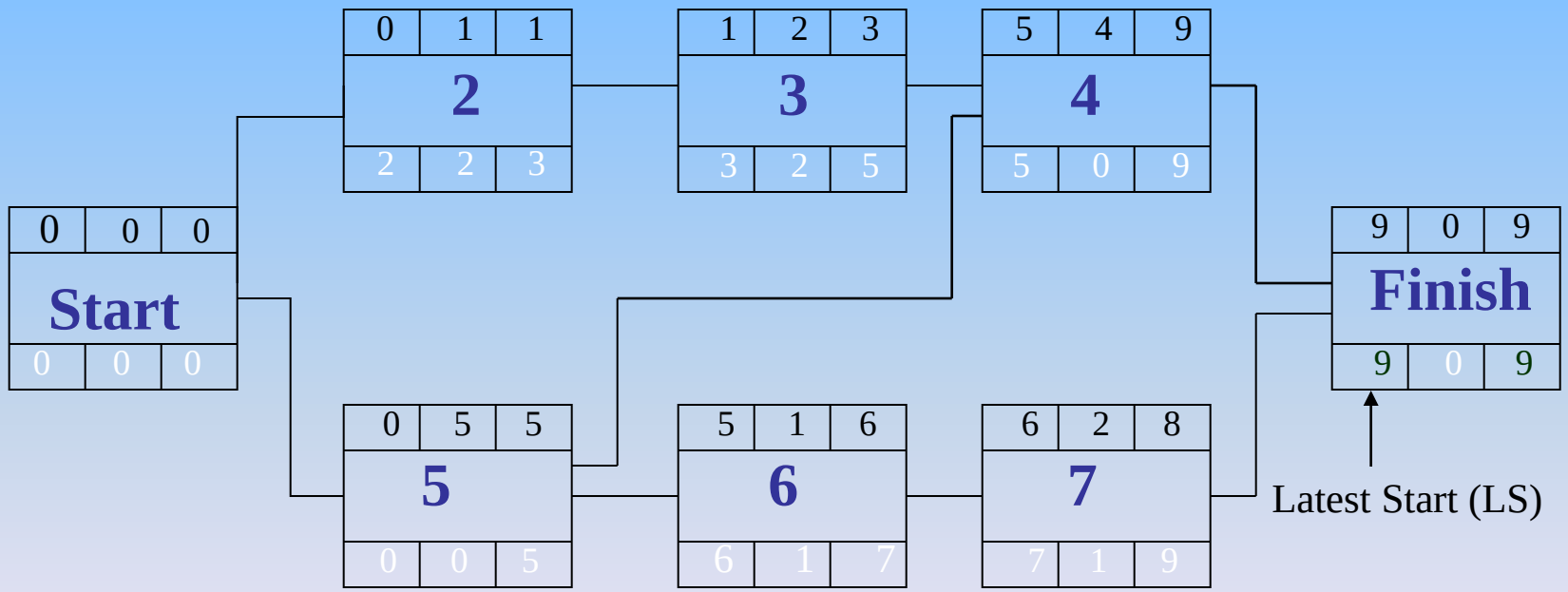
EF(Finish) = زودترین زمان اتمام پروژه

زمانبندی در شبکه گرهی



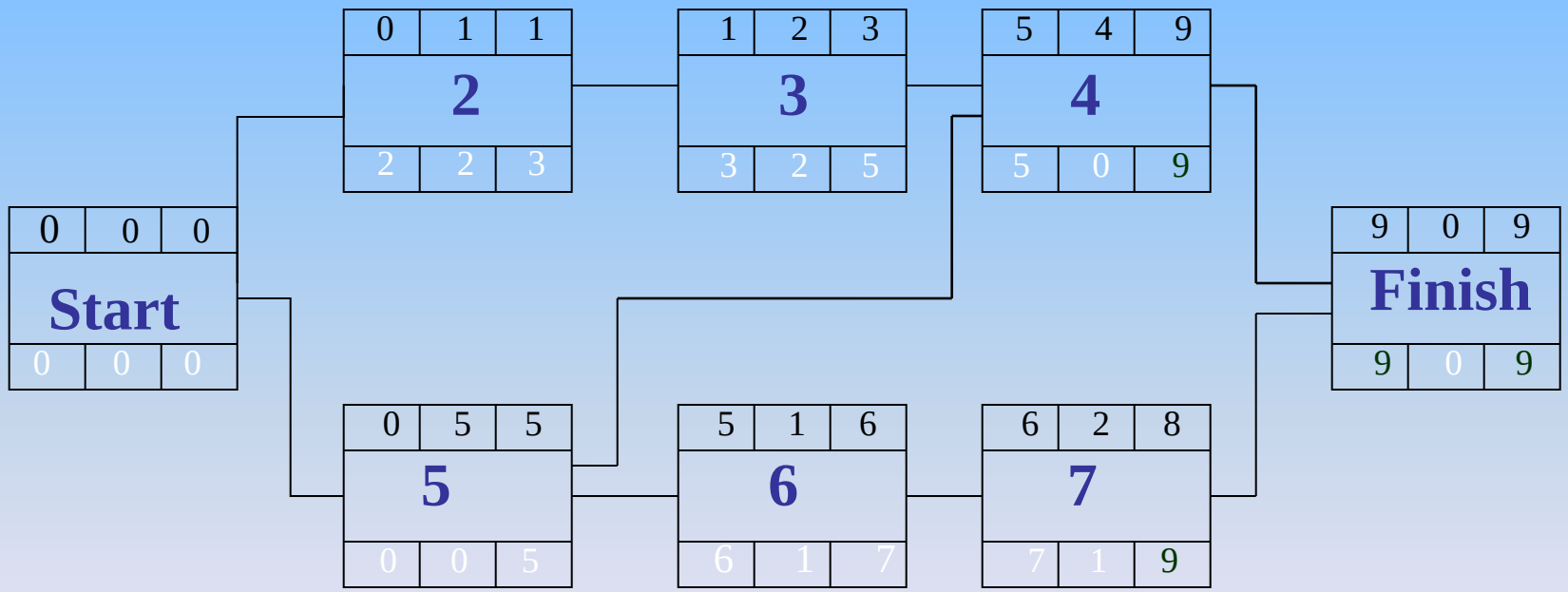
برای فعالیت پایانی داریم : **LF= EF(Finish)**

زمانبندی در شبکه گرهی



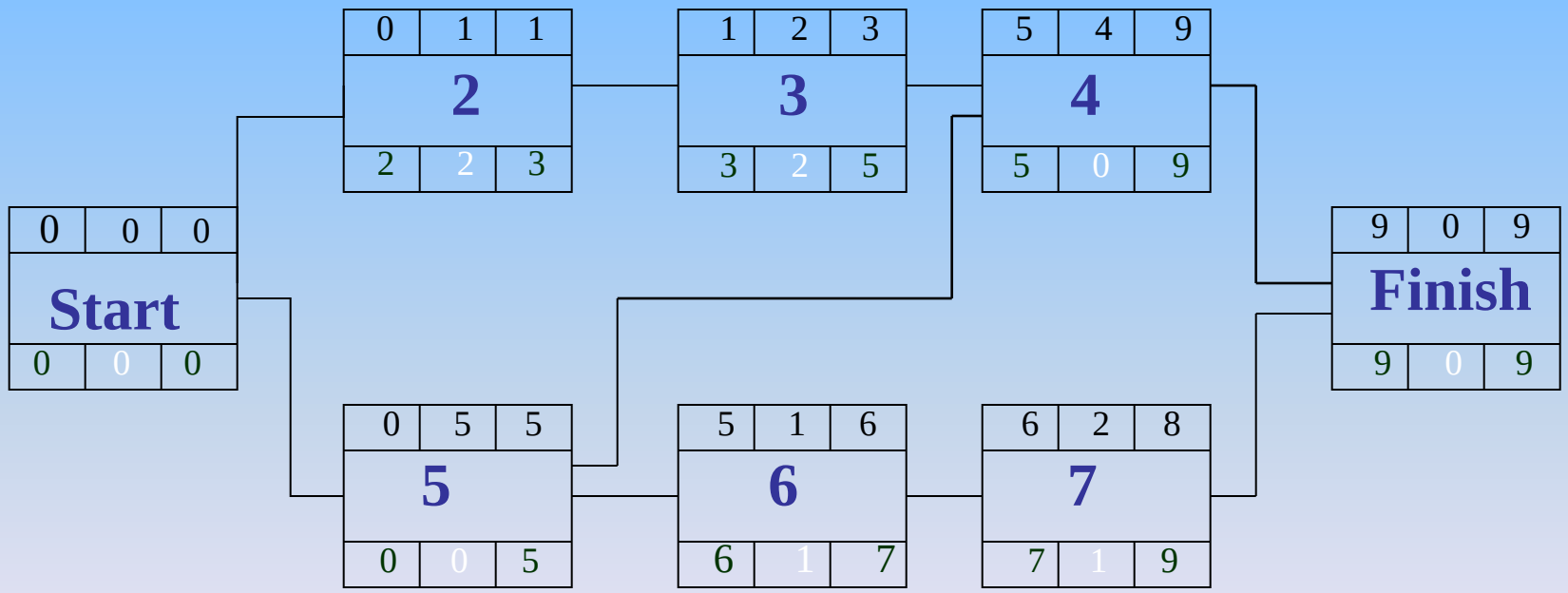
LS= LF - D

زمانبندی در شبکه گرهی

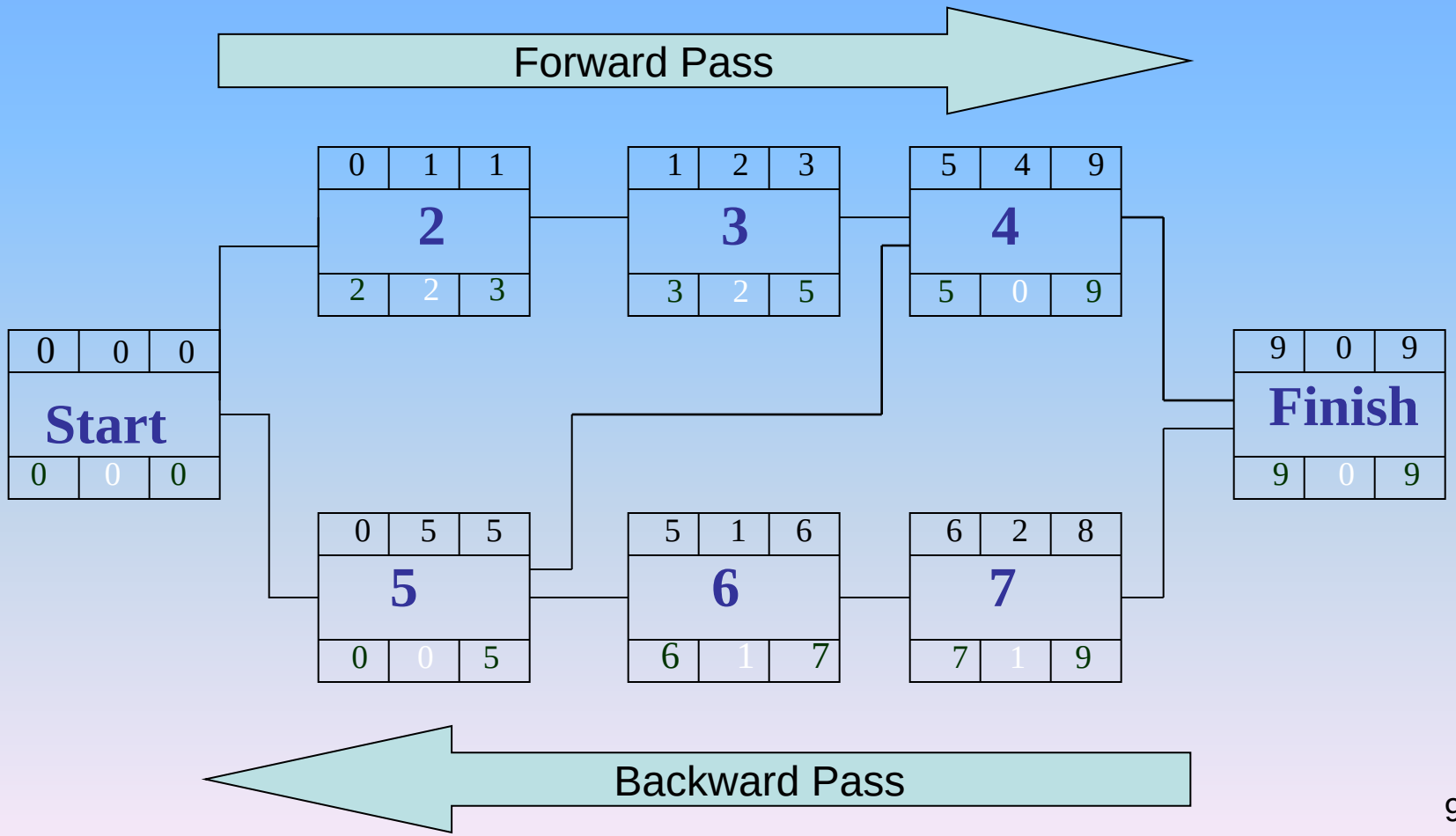


LF= min{LS} for all Succecessor برای فعالیتهای غیر پایانی داریم:

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 رفت

ESi = زودترین زمان شروع فعالیت i (Earliest Start)

EFi = زودترین زمان پایان فعالیت i (Earliest Finish)

Di = مدت زمان فعالیت i (Duration)

قواعد محاسبات رفت:

A) ES (start) = 0

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

C) EFi =ESi+Di

EF(finish) حداقل زماني است كه پروژه انجام مي شود.

محاسبات برگشت

LSi = دیرترین زمان شروع فعالیت i (Latest Start)

LFi = دیرترین زمان پایان فعالیت i (Latest Finish)

Di = مدت زمان فعالیت i (Duration)

قواعد محاسبات برگشت:

A) LF (finish) = EF(finish)

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

C) LSi =LFi-Di

(LFFinish) مي تواند عدوي غير از EF(Finish) باشد (طبيعتا" بايد عدوي بزرگتر از EF(Finish) باشد) در اين صورت ما براي اتمام پروژه مهلتي پيش از حداقل زمان پروژه تعيين كرده.

چند تعریف

شناوري كل فعاليت(Total slaok) Total Float :

شناوري كل يک فعاليت مدت زماني است كه يک فعاليت مي تواند نسبت به زودترين زمان شروع، ديرتر شروع شود بدون آنكه زمانبندي كل پروژه به تأخير بيافتد.

$$TF = LSi - ESi$$

OR

$$TF = LFi - EFi$$

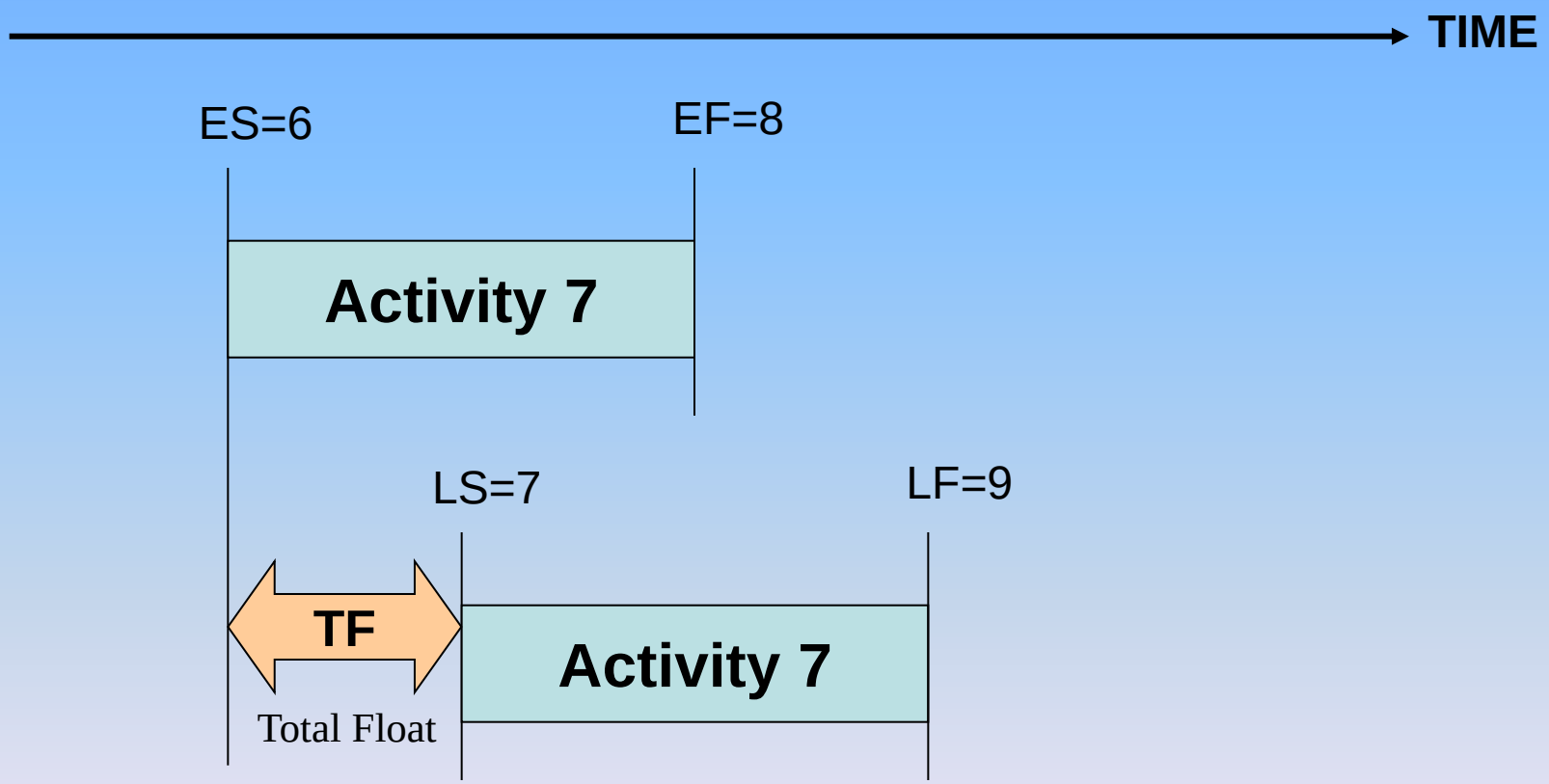
شناوری آزاد(Free Float)(FF) :

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.

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

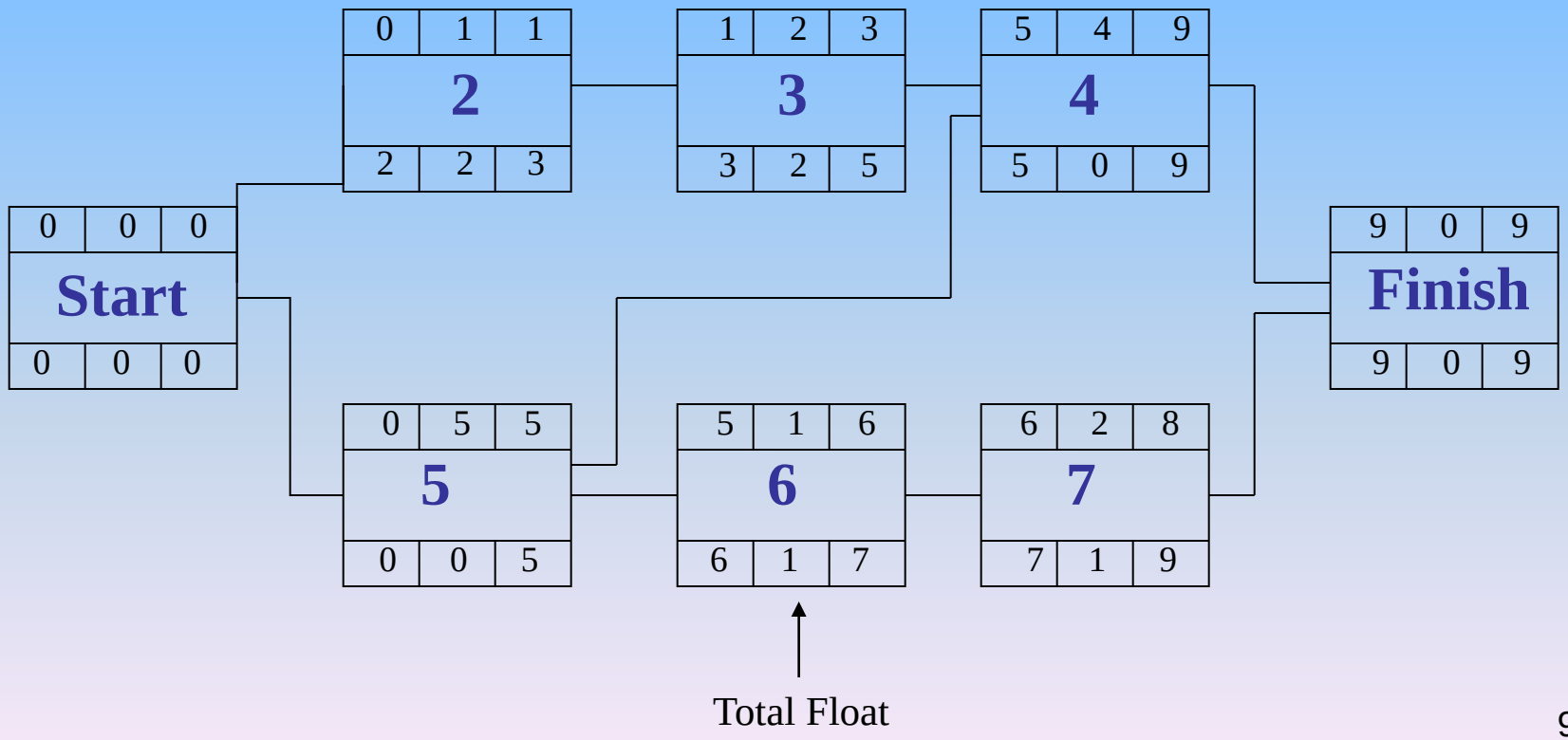
j={i مجموعه فعاليت هاي پس نياز }

شناوری کل در شبکه گرهی

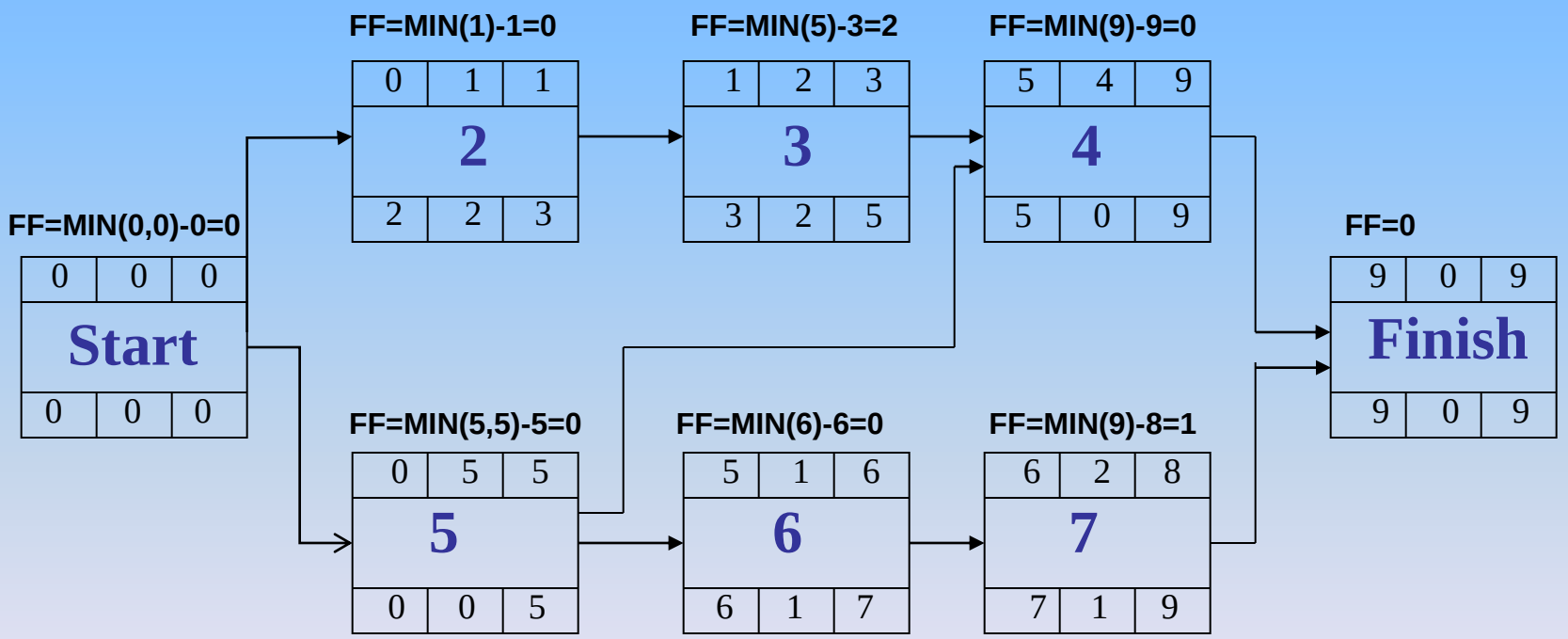


TF=LS-ES or TF=LF-EF

شناوری کل در شبکه گرهی



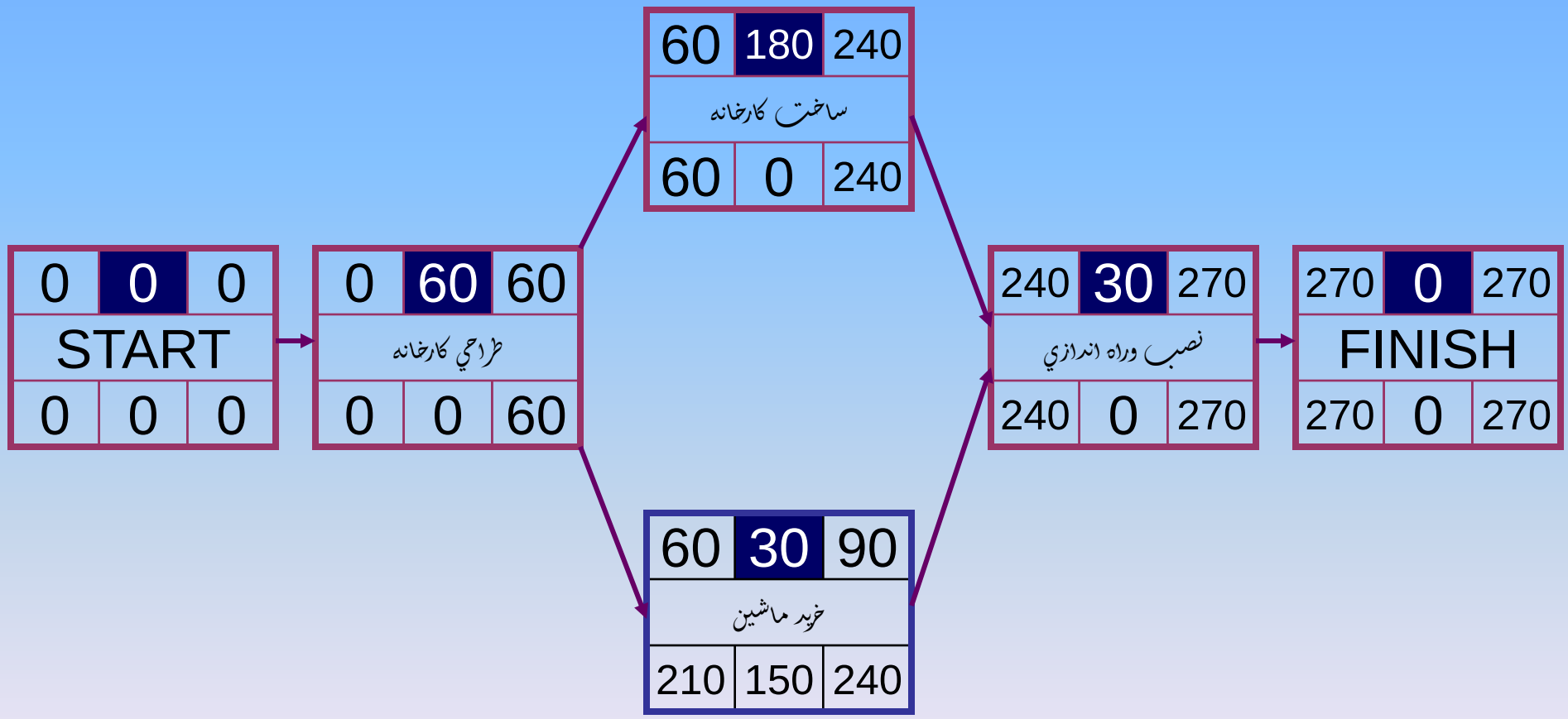
شناوری آزاد در شبکه گرهی



مثال : طراحي وايجاد يک کارخانه را در نظر بگيريد

مقرر شده است که کارخانه‌ای جهت تولید قطعات خودرو ایجاد شود. مطابق بررسی ها انجام شده ابتدا لازم است که طراحی کارخانه (که ۶۰ روز زمان می‌برد) انجام شود. پس از اتمام طراحی، دو فعالیت می‌توانند شروع شوند فعالیت ساخت کارخانه (طی ۱۸۰ روز) و فعالیت خرید ماشین‌آلات (طی ۳۰ روز) . پس از اتمام فعالیتهای ساخت کارخانه و همچنین خرید ماشین‌آلات، نصب و راه اندازی ماشین آلات در کارخانه طی ۳۰ 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
طراحي كارخانه
0 0 60
60 180 240
ساخت كارخانه
60 0 240
60 30 90
خريد ماشين
210 150 240
240 30 270
نصب وراه اندازي
240 0 270
270 0 270
FINISH
270 0 270

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 B شروع 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.

چند تعریف

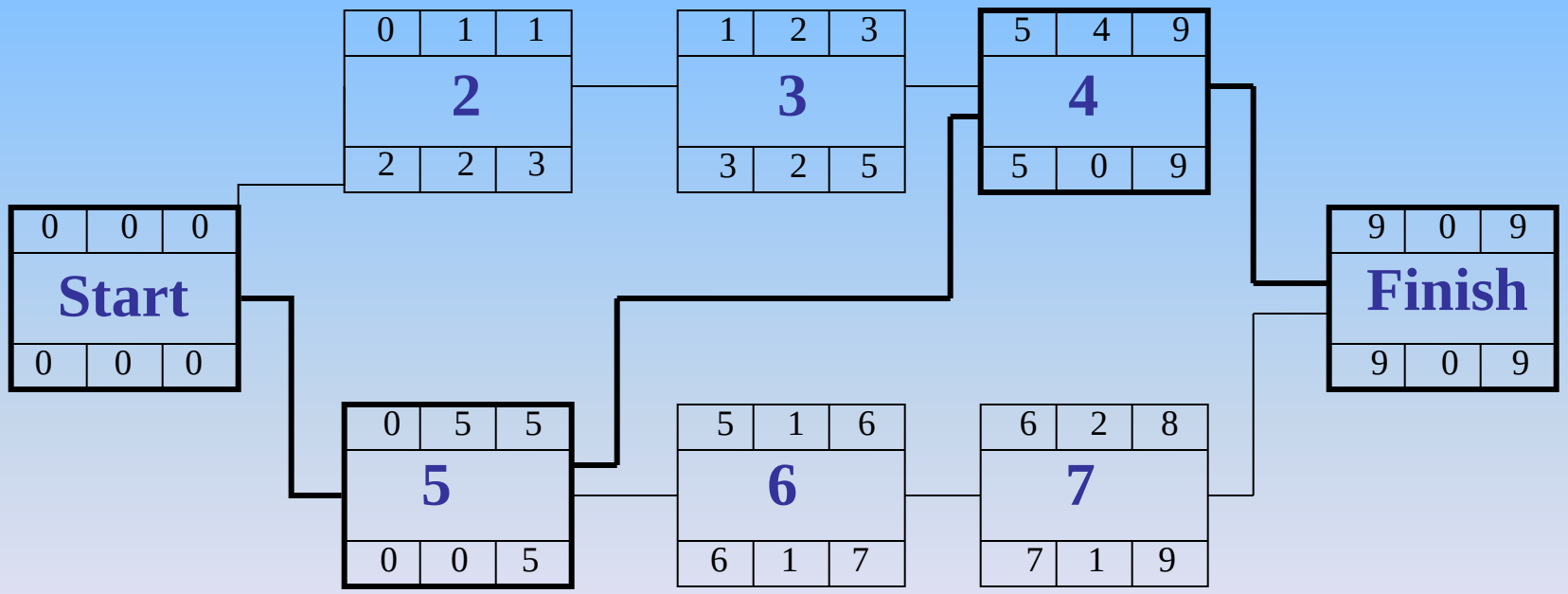
- **مسیر Path**: دنباله‌ای از فعالیتها که از گره شروعی آغاز و به گره پایانی منتهی شوند.

- **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

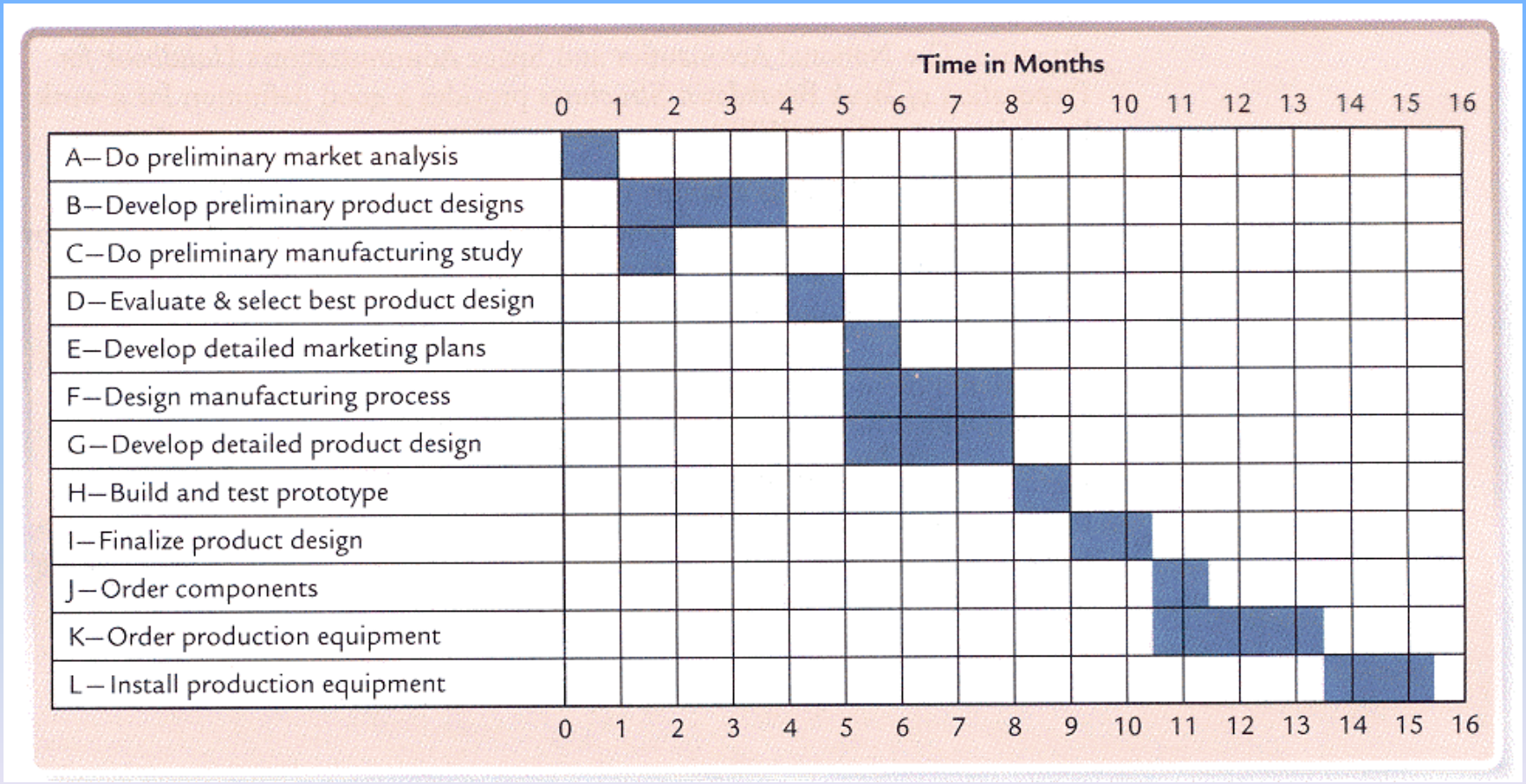


روش زمانبندی که در اسلایدهای قبل اشاره شد به **روش مسیر بحرانی** مشهور است.

CPM

(Critical Path Method)

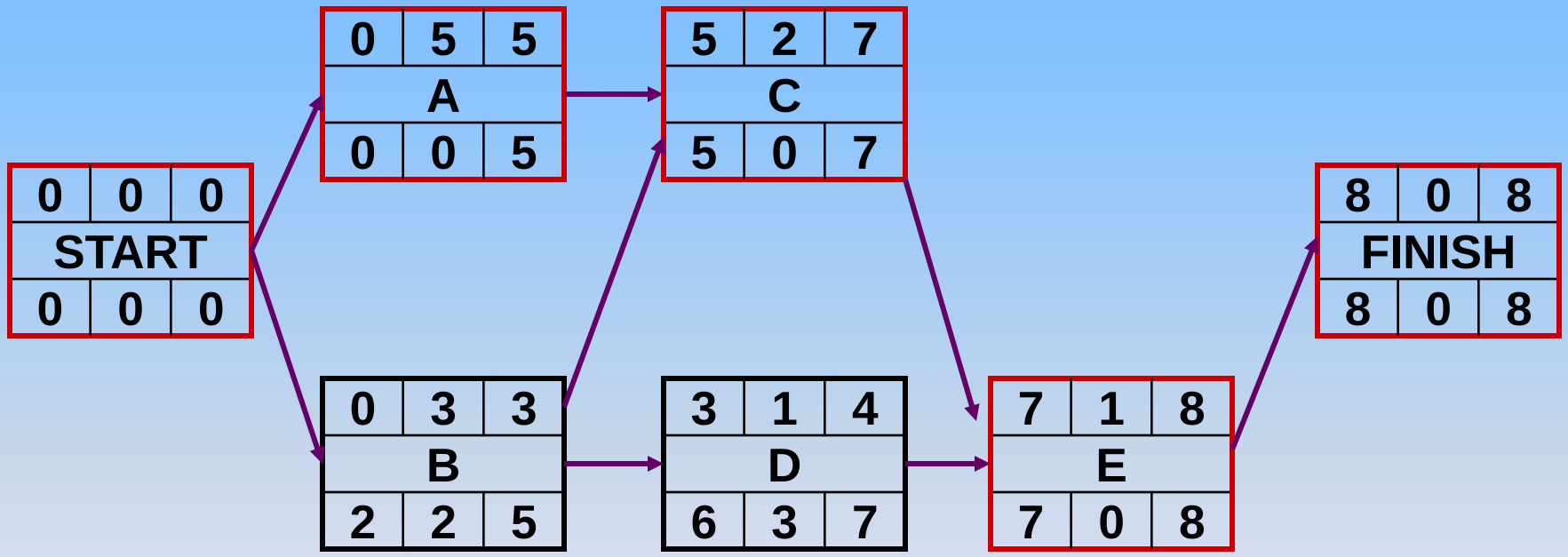
نمودار گانت GANTT CHART



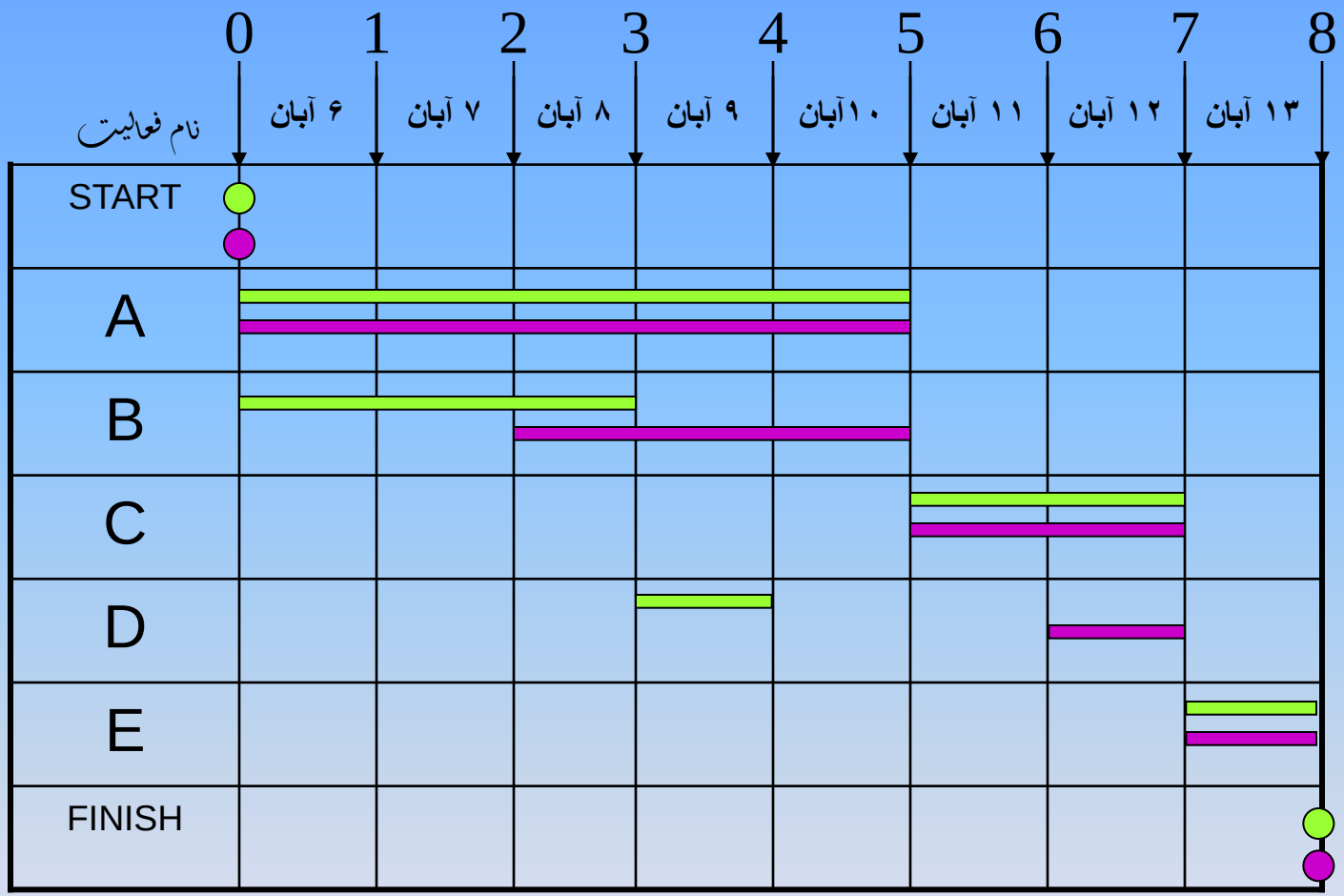
GANTT CHART نمودار میله ای زمانبندی پروژه– گانت چارت

مثال

پروژه با شبکه ی زیر را در نظر بگیرید



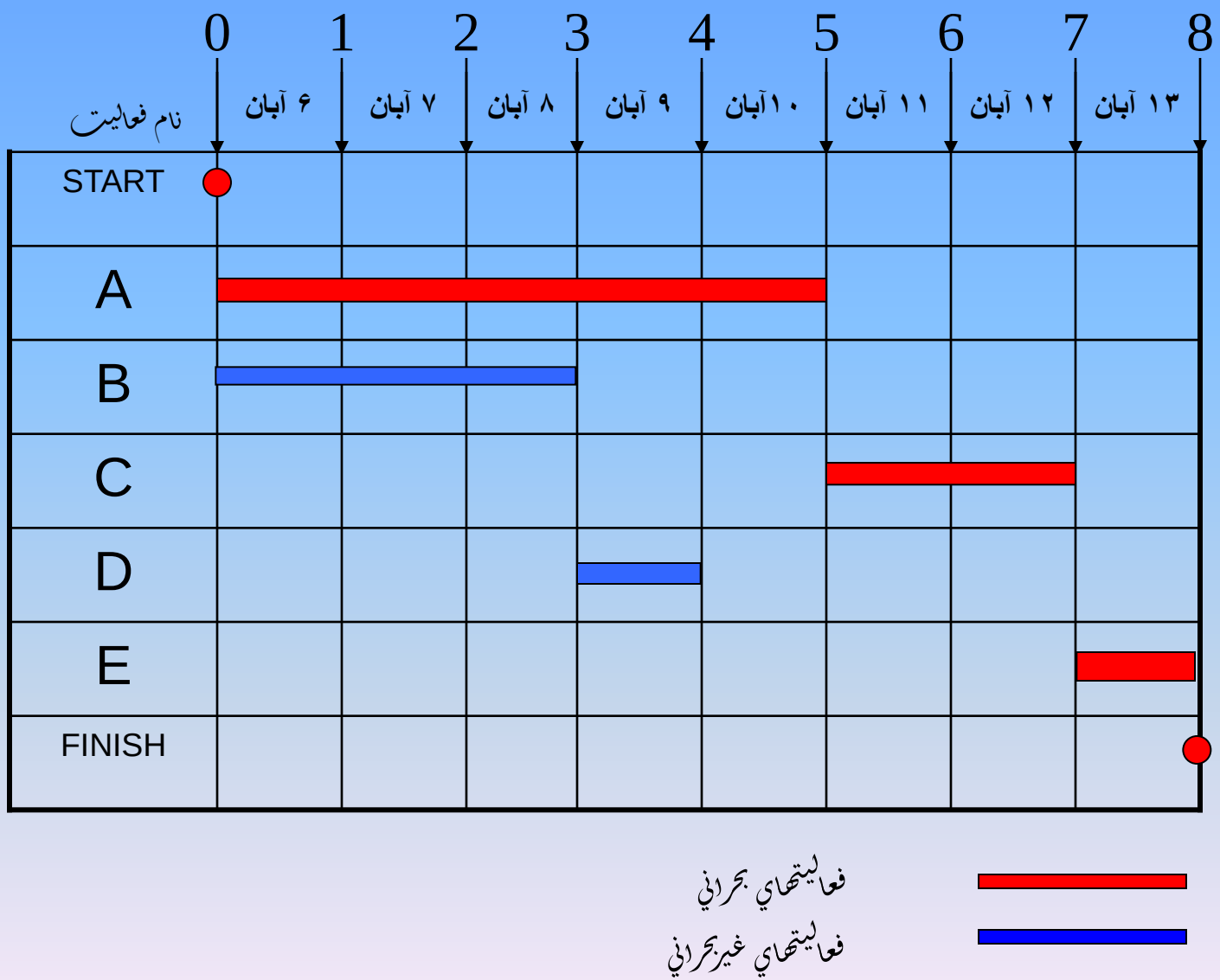
GANTT CHART نمودار گانت



دیرترین زمان

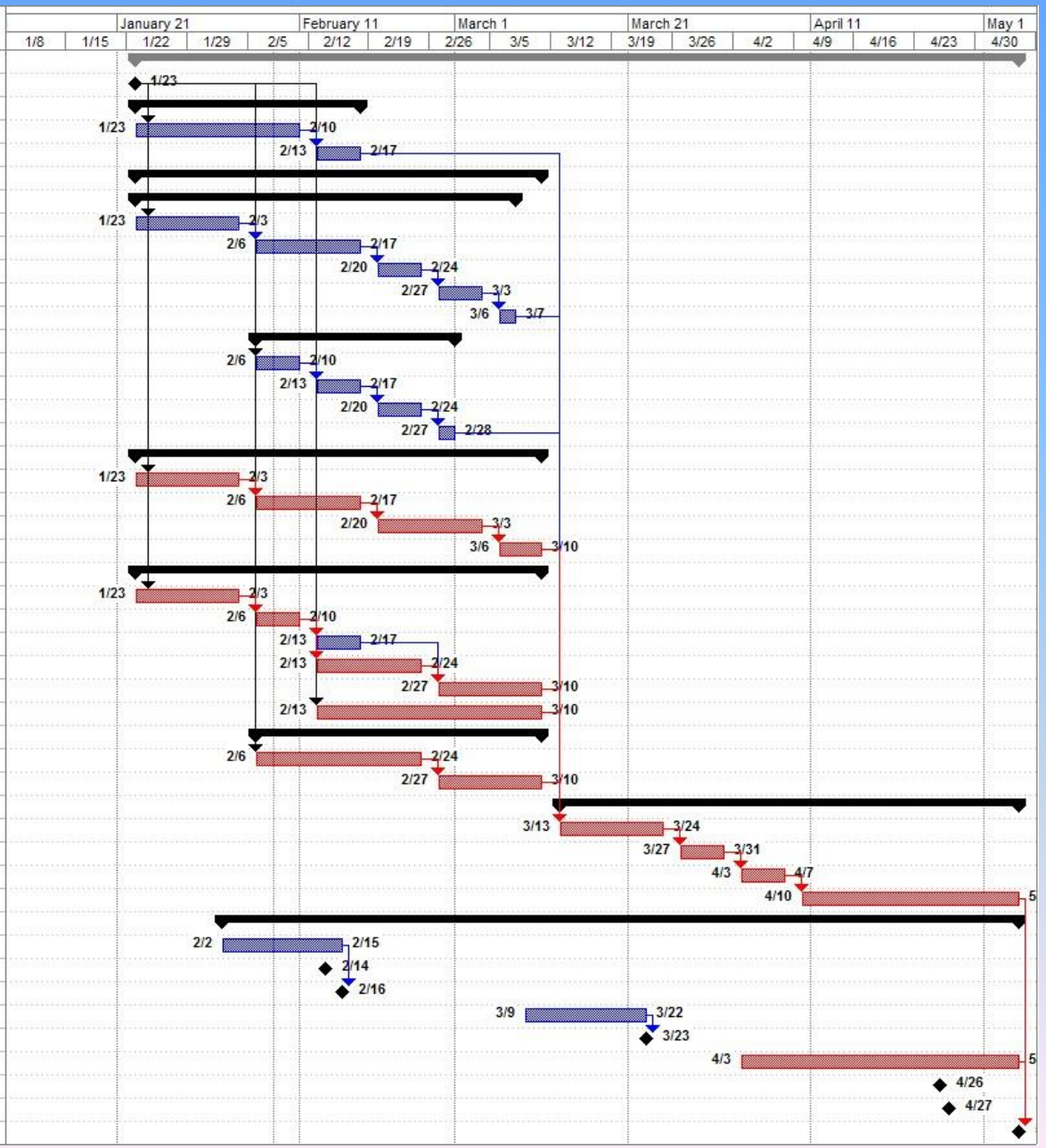
زودترین زمان

نمودار گانت با تعیین فعالیتهای بحرانی



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.