

برنامه ریزی

Planning



منابع:

برنامه ریزی و کنترل پروژه تألیف مجتبی گلشنی
برنامه ریزی و کنترل پروژه تألیف محمود نادری پور
استاندارد دانش مدیریت پروژه ترجمه حمید آلاپوش

<http://www.phdkar.ir> - 09124384291

PROJECT MANAGEMENT – Harold Kerzner

Project Management Methodology – Raiph L.Kliem

WORK BREAKDOWN STRUCTURE-U.S. Department of Energy

مقدمه

مهمترین وظایف مدیر پروژه، برنامه ریزی، یکپارچه سازی و اجرای طرح ها هستند. تقریباً تمام پروژه ها، بدلیل مدت زمان اجرای نسبتاً کوتاه و اغلب ارجحیت کنترل منابع، نیاز به برنامه ریزی تفصیلی دارند و یکپارچه سازی فعالیت های برنامه ریزی شده بدلیل اینکه هر یک از فعالیت ها ممکن است بدون رعایت الزامات سایر فعالیت ها برنامه ریزی شده باشد ضروری است.

سیستم برنامه ریزی و کنترل پروژه

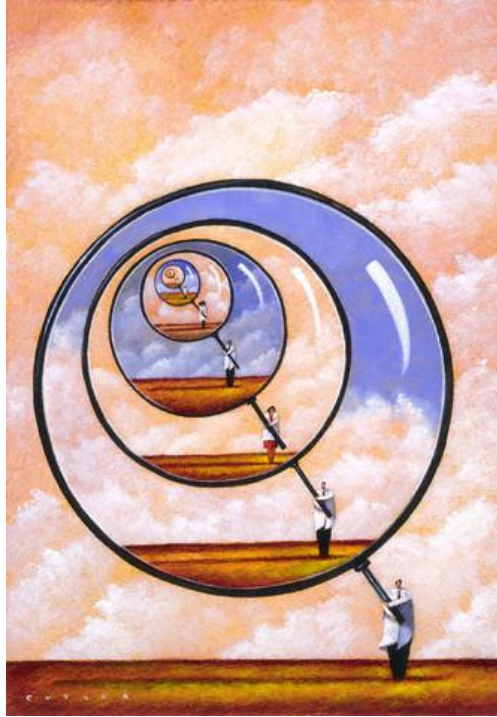


برنامه ریزی پروژه

پس از تعریف مشخصات پروژه، باید مشخص شود که اهداف و خواسته ها چگونه تحقق می یابند که این وظیفه برنامه ریزی است. برای یک برنامه ریزی جامع و قوی مراحل زیر باید انجام پذیرد:

- توصیف و دستورالعمل انجام کار (تهیه شرح کار، تهیه ساختار شکست کار)
- زمانبندی (رسم شبکه، تخمین زمان، زمانبندی)
- تخصیص منابع
- بودجه

توصيف و دستور العمل كار



**WORK DESCRIPTION
AND INSTRUCTION**

شرح کار

Statement Of Work (SOW)

شرح کار سندی است که محدوده پروژه و مسئولیت هر یک از شرکت کنندگان در پروژه را مشخص می کند.

مزایای تهیه شرح کار:

- ۱- مکانیزمی است برای تعیین چارچوب توافق میان شرکت کنندگان در پروژه
- ۲- مشخص شدن عدم توافق ها در مراحل اولیه پروژه
- ۳- استفاده به عنوان سند رسمی توافق یا سند ضمیمه قرارداد میان مدیر پروژه، کارفرما و مشتری پروژه.
- ۴- تعیین محدوده پروژه (تعیین مشخصات محصول قابل ارائه به مشتری، تعیین محدودیت های پروژه مانند: زمان پایان، بودجه، منابع در اختیار و ...)

اجزاء شرح کار

- مقدمه شامل شرح مختصر پروژه، منظور از پروژه، شرکت کنندگان اصلی و در صورت نیاز اطلاعاتی از نحوه انتخاب و دلایل پروژه.
- اهداف پروژه
- محدوده
- فرضیات برنامه ریزی
- ذینفعان کلیدی
- منابع پروژه
- زمان های اصلی
- بودجه
- ضوابط اصلاح سند

ساختار شکست کار

Work Breakdown Structure (WBS)

پس از تعریف پروژه و مشخصات کلی آن، یکی از گامهای اساسی، تعیین فعالیتهای تشکیل دهنده پروژه است. برای تعیین لیست فعالیتهای پروژه، از روش سیستماتیک "ساختار شکست کار" استفاده میشود. پس از مشخص شدن فعالیتهای، اقدامات موازی برای تعیین روابط منطقی بین فعالیتهای و برآورد مدت زمان، هزینه و سایر منابع مورد نیاز اجرای فعالیتهای صورت می پذیرد. با استفاده از روابط منطقی بین فعالیتهای می توان شبکه را که در واقع مدل پروژه است را رسم کرد. با رسم شبکه که آنرا به چند طریق می توان رسم کرد و با داشتن مدت زمان اجرای فعالیتهای، برنامه ریزی اولیه پروژه یا به عبارت دیگر "تعیین برنامه اولیه فعالیتهای پروژه" صورت می پذیرد.

ساختار شکست کار خروجی فرایند تعریف محدوده پروژه است. تکنیکها و ابزار مورد استفاده در این فرایند شامل ۱- الگوهای ساختار شکست کار و ۲- تجزیه و تفکیک کار می باشد.

تکنیک های ایجاد ساختار شکست کار

- الگوهای ساختار شکست کار پروژه
 - ساختار پروژه های قبلی اغلب بعنوان یک الگو در پروژه جدید مورد استفاده قرار میگیرد.
 - تجزیه و تفکیک کار
- برای اداره بهتر و مناسبتر، کلیه امور پروژه می باید از اصلی به فرعی و از بزرگ به کوچک تفکیک و تقسیم شوند. مراحل اصلی تجزیه کار عبارتست از:
- ۱- تعیین عناصر عمده پروژه
 - ۲- تعیین کفایت تجزیه و تفکیک کار
 - ۳- تعیین مراحل کار
 - ۴- بازبینی مراحل طی شده

ساختار شکست کار

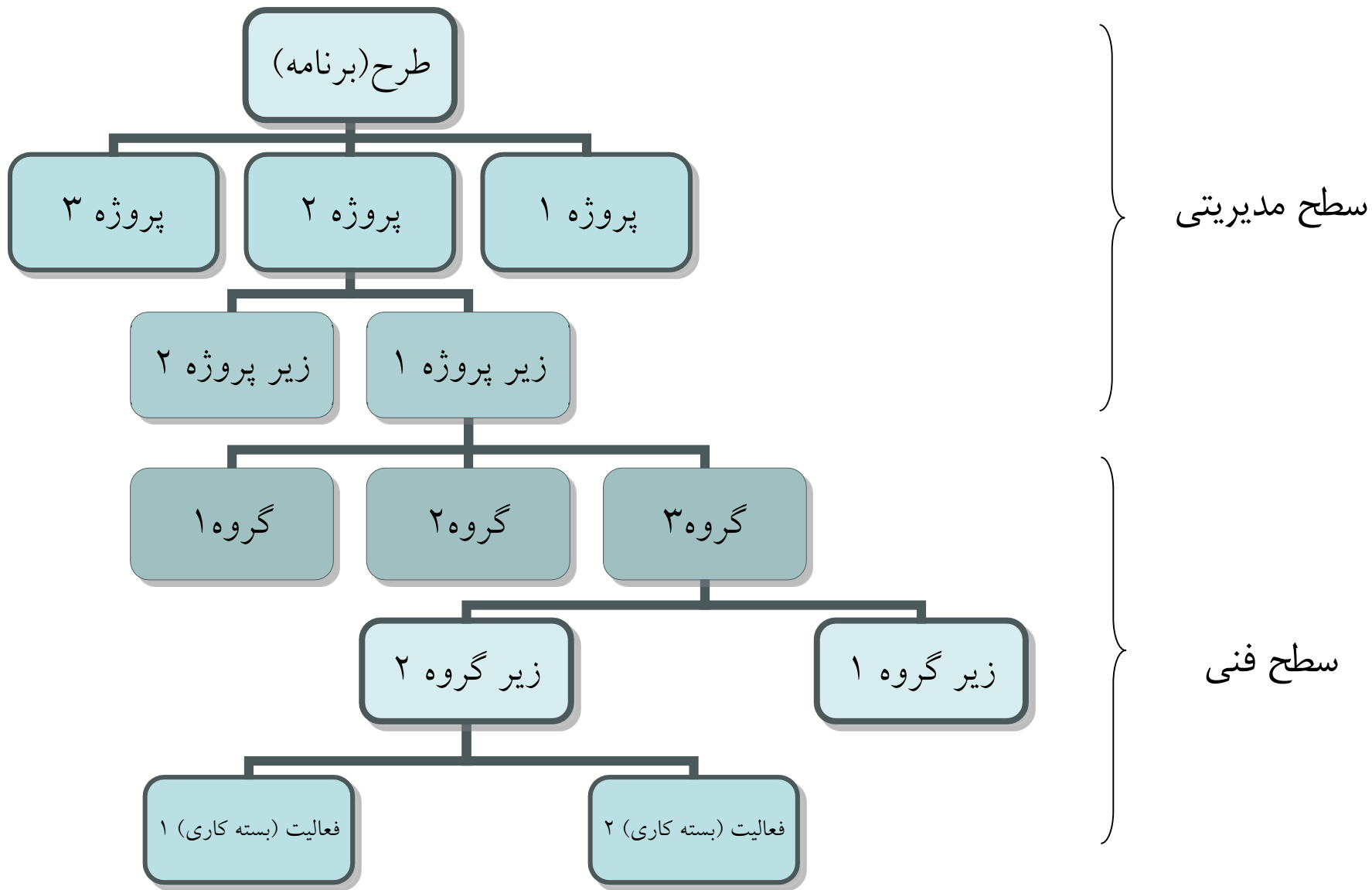
پیش از آنکه مدل شبکه پروژه تهیه و محاسبات روش مسیر بحرانی بر روی آن اعمال گردد، لازمست محتوای پروژه مشخص گردد و فعالیتهای تشکیل دهنده آن تعیین شود. بدین منظور باید از ساختار شکست کار استفاده کرد. بدین ترتیب، طراحی ساختار شکست کار، اولین گام اساسی در مرحله برنامه ریزی پروژه است.

ساختار شکست کار پروژه، یک روش اصولی و سیستماتیک است که پروژه را مرحله به مرحله و بتدریج به اجزای ریزتر تشکیل دهنده آن تقسیم کرده، درنهایت، فعالیتهای لازم برای دستیابی به اهداف پروژه را مشخص میکند.

روش تهیه ساختار شکست کار

ساختار شکست کار کار، پروژه را به تعدادی "بسته کاری" یا فعالیت تقسیم میکند. ابتدا پروژه به یکسری گروههای اصلی و سپس به زیرگروه ها و مجموعه ها و ... و در نهایت به فعالیت (یا بسته کاری) تقسیم می شود.

ساختار شکست کار باید یک روال منطقی و سیستماتیک را طی کند، در تهیه ساختار شکست کار ابتدا عناصر سطح یک تعیین میشود و این روند ادامه می یابد تا ساختار تکمیل شود.



معیارها و ضوابط شکست کار

ضوابط اصلی در شکستن کارها و تفکیک آنها عبارتند از:

- ۱- تفاوت در ماهیت و طبیعت فیزیکی فعالیتها
- ۲- تفاوت یا تعدد مسئولین اجرای کار
- ۳- تفاوت یا تعدد محل اجرای کار
- ۴- تفاوت در تعداد، نوع و کیفیت منابع مورد استفاده
- ۵- تعارض مدت طولانی اجرای فعالیت با نظارت موثر و ثمربخش

حد ریز کردن اجزا

حد ریز کردن اجزا به عواملی به شرح زیر بستگی دارد:

- سطح برنامه ریزی و کنترل پروژه
- دقت
- حجم و اندازه پروژه
- پیچیدگی و تنوع اجزای داخلی پروژه
- مکان (محل) انجام فعالیتها

انواع ساختار تقسیم کار

مهمترین روشهای تقسیم، تفکیک یا خرد کردن پروژه عبارتند از:
۱- روش تفکیک براساس مراحل

Phase Orientation Approach

۲- روش تفکیک براساس موضوعات و کارهای اصلی و عمده

Function Orientation Approach

۳- روش تفکیک براساس محصول نهایی و اجزای آن

Product Orientation Approach

۴- روش تفکیک براساس سازمانها و واحدهای سهمیه در اجرای پروژه

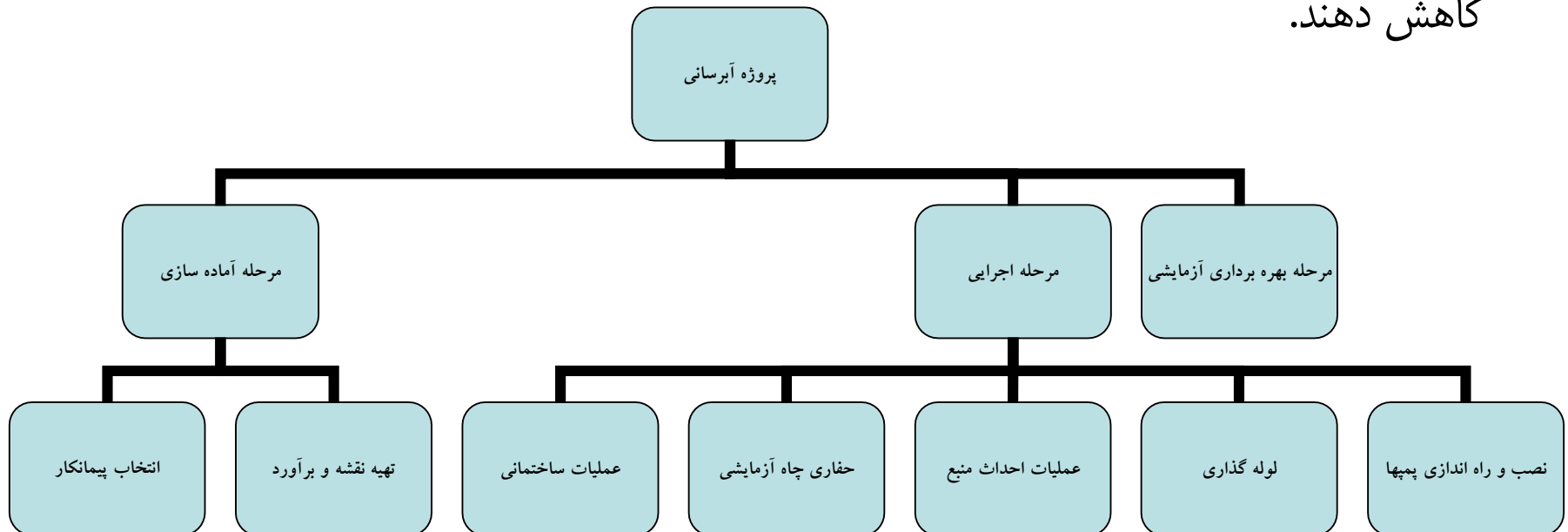
Organization Orientation Approach

روش تفکیک براساس مراحل

در این روش هر پروژه به چند مرحله (فاز) تقسیم می شود. هر مرحله شامل کارها و فعالیت های خاصی است که آنرا از سایر مراحل پروژه متمایز می کند.

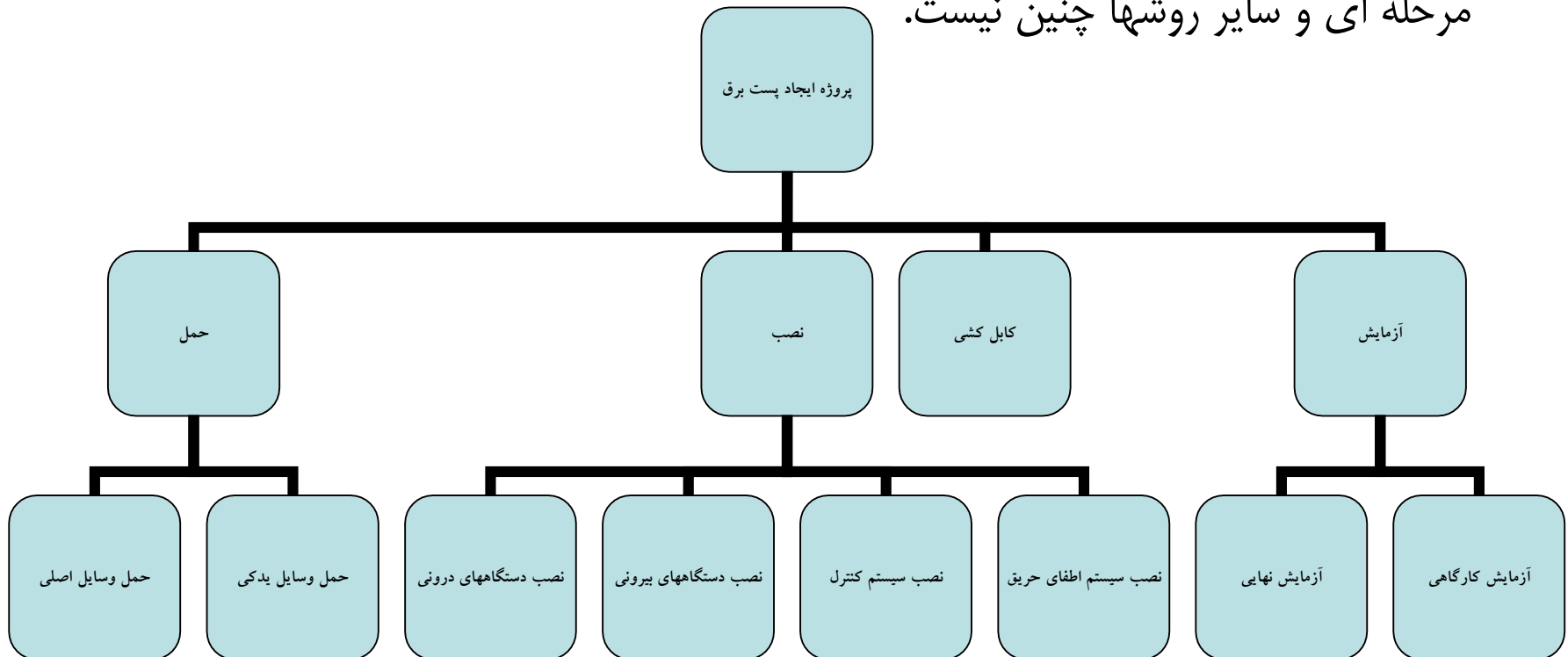
در پایان هر مرحله، نتایج، محصولات و فراورده های مشخصی بدست می آید که مرحله یا مراحل بعدی با استفاده از این نتایج شروع و اجرا می شود.

در برخی از پروژه ها، مراحل را بطور موازی یا همزمان اجرا می کنند تا مدت اجرای پروژه را کاهش دهند.



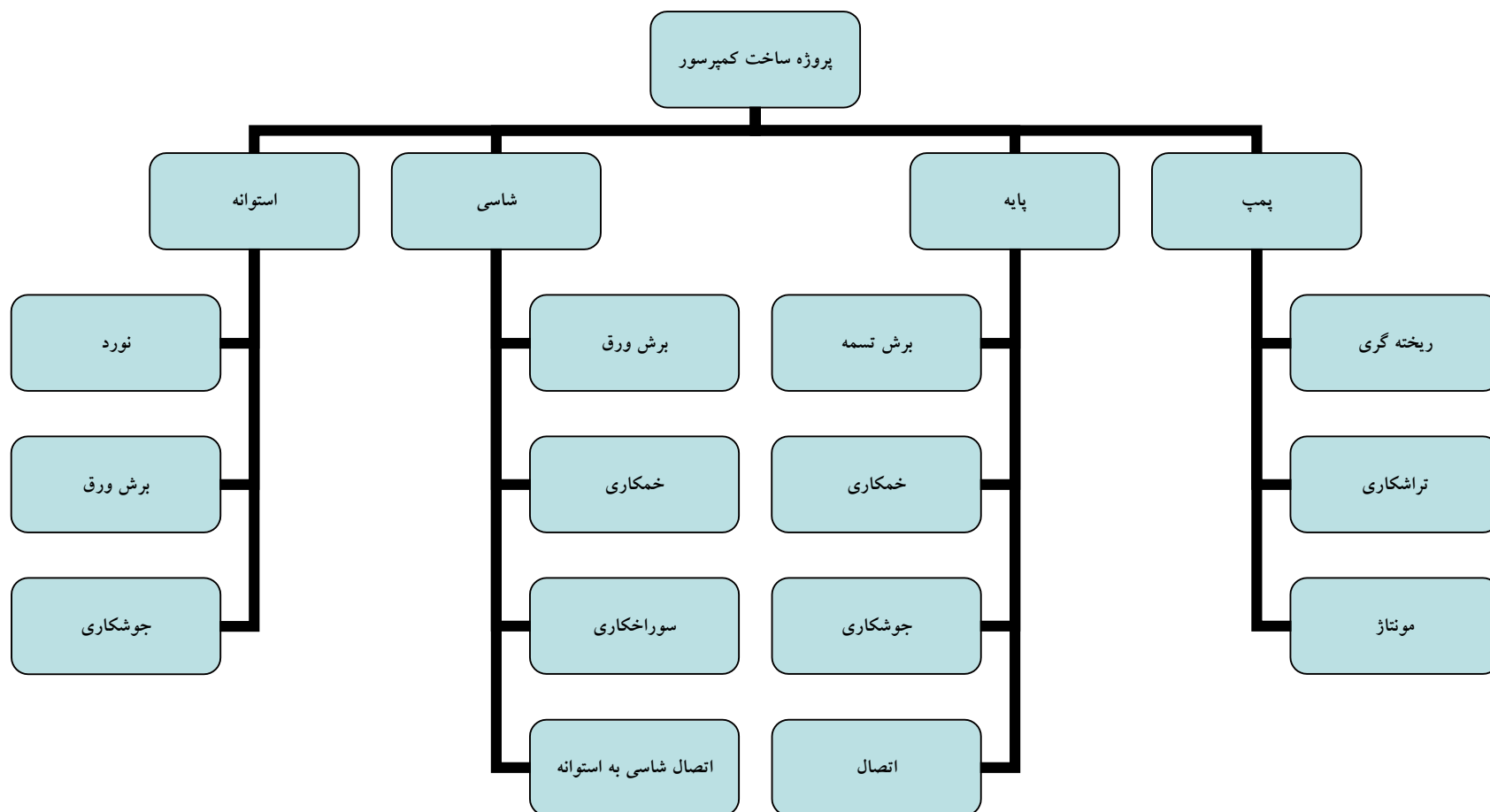
روش تفکیک براساس موضوعات و کارهای اصلی و عمده (وظیفه ای)

در این روش پروژه براساس کارها، تخصصها یا موضوعات اصلی و عمده تقسیم میشود. تفاوت عمده این روش با روش تفکیک براساس مراحل در این است که در این روش عناصر سطح پایین تر از جنس و نوع کارهای عناصر سطح بالاتر خود هستند، در حالیکه در روش تقسیم کار مرحله ای و سایر روشها چنین نیست.



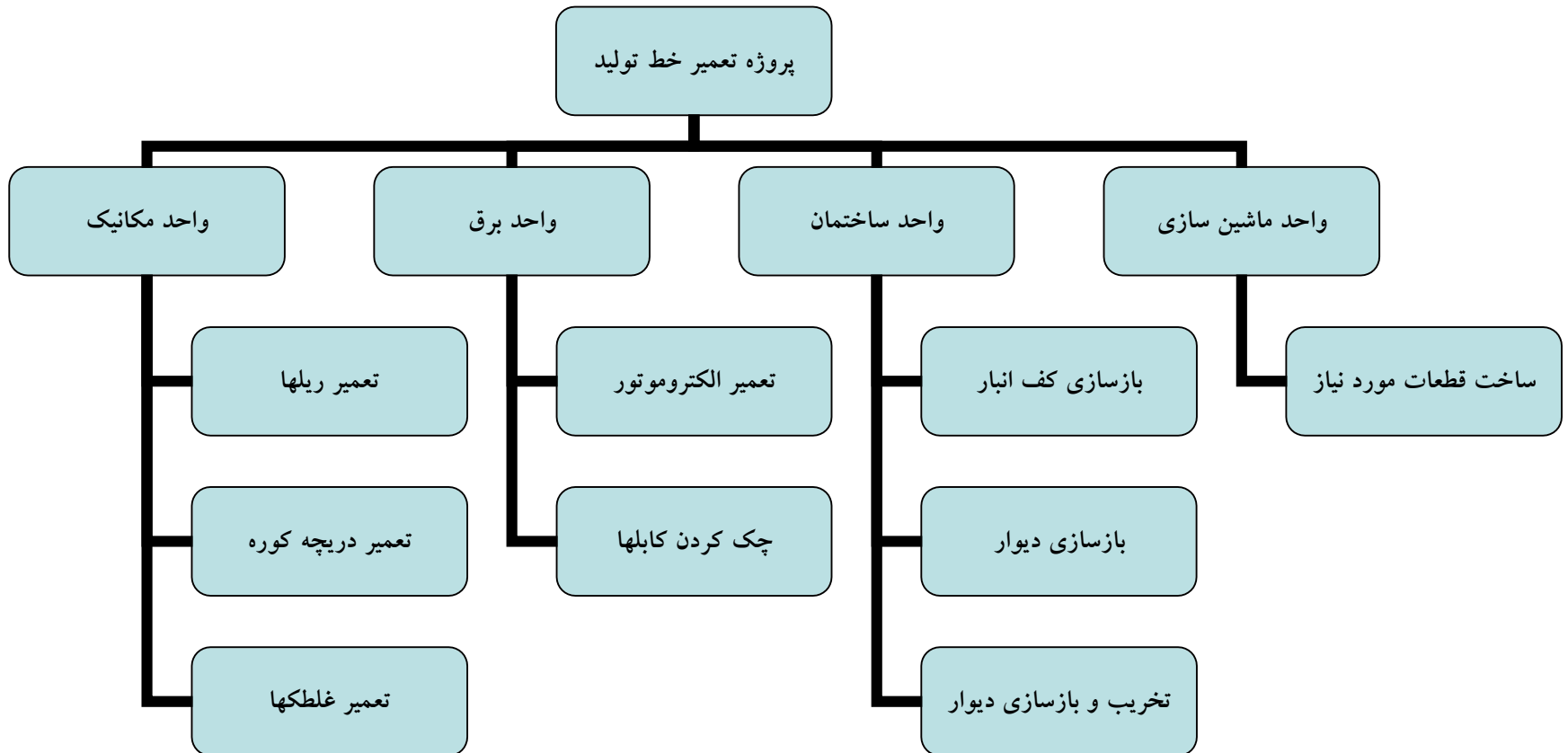
روش تفکیک بر اساس محصول نهایی و اجزای آن

در این روش، محصول نهایی و اجزای آن مبنای تقسیم بندی پروژه است.



روش تفکیک براساس سازمانها و واحدهای سهم در اجرای پروژه

در این روش، نام واحدها و سازمانهای سهم در اجرای پروژه، در سطح دوم قرار میگیرد. سایر سطوح کارهایی است که بر عهده هریک از این واحدهاست.



منابع اطلاعاتی تهیه ساختار شکست کار

بطور کلی منابع اطلاعاتی تهیه ساختار شکست کار را می توان به دو دسته تقسیم کرد:

۱- اسناد: اسناد مرتبط با پروژه: افق پروژه و محصولات و کلیه مسائل مرتبط با آنرا بیان می دارد.

اسناد غیر مرتبط: سیاست گذاریها، رویه های عملیاتی و هرچیز دیگری که برای انجام پروژه ها در سازمان تهیه شده است.

۲- کارشناسان و افرادی که بطور مستقیم یا غیر مستقیم با پروژه ارتباط دارند

مزایای استفاده از ساختار شکست کار

عمده مزایای استفاده از ساختار شکست کار بشرح زیر است:

- جلوگیری از امکان نادیده گرفتن بعضی فعالیتها
- رعایت تناسب بین فعالیتها
- افزایش اعتبار شبکه و برنامه زمانبندی اجرای پروژه
- جلوگیری از دوباره کاری در مورد بعضی از فعالیتها
- فهم بهتر رابطه بین فعالیتها
- کنترل دقیق تر اجرای پروژه
- کمک به پیش بینی دقیق تر زمان و هزینه

تناسب فعالیت ها

اجزای موجود در سطوح اول تا ماقبل آخر ساختار شکست کار لازم نیست که از لحاظ حجم، اندازه، هزینه و ... با یکدیگر تناسب داشته باشند.

اجزای سطح آخر ساختار شکست کار (فعالیت ها) باید تا حدی از نظر اندازه متناسب باشند.

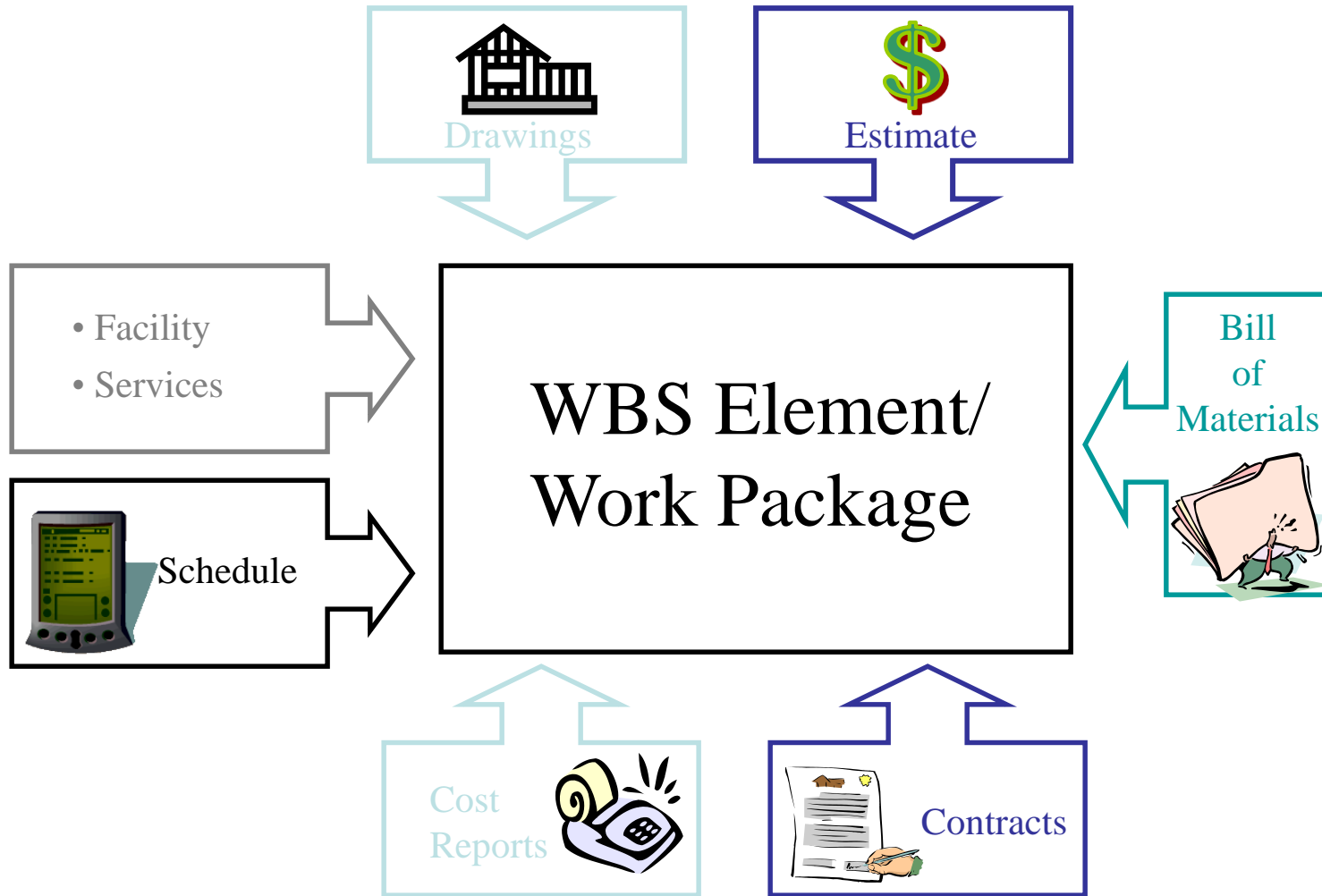
ویژگی های عناصر ساختار شکست کار

- تعریف پذیر
- قابل اداره کردن
- قابل تخمین
- مستقل
- قابل یکپارچه سازی
- قابل اندازه گیری
- تطبیق پذیر

نکات تکمیلی

- کلیه عناصر در تمام سطوح ساختار شکست کار باید دارای کد منحصر بفرد باشند.
- تهیه فرهنگ ساختار شکست کار به درک بهتر ساختار در میان اعضاء تیم پروژه و ایجاد زبان مشترک کمک بسزایی می نماید.
- سایر ساختارهای مورد استفاده در پروژه ها
- خلاصه ساختار شکست کار پروژه
- ساختار شکست پیمانی کارها
- ساختار شکست مسئولیت
- ساختار شکست سازمانی
- ماتریس تخصیص وظایف

The WBS



پارامترهای برنامه ریزی

اطلاعاتی که برای انجام برنامه ریزی پروژه به آنها نیاز است. و به دو دسته تقسیم می شوند:

- پارامترهای پروژه: اطلاعاتی که برای کل پروژه و بدون توجه به هر فعالیت باید تعیین شوند. شامل: تاریخ شروع پروژه، تاریخ پایان پروژه، تقویم کاری پروژه، منابع در اختیار، تقویم کاری منابع
- پارامترهای فعالیت ها: پس از به دست آمدن لیست فعالیت ها و به منظور برنامه ریزی انجام آنها، برای هر یک از آنها اطلاعاتی بدین شرح تعیین می شود: مدت زمان انجام فعالیت، هزینه انجام فعالیت، رابطه بین فعالیت مورد نظر با سایر فعالیت ها، منابع مورد نیاز برای انجام فعالیت، محدودیت زمانی

روش تعیین پارامترهای فعالیت ها

تعیین پارامترهای فعالیت ها، به انواع تخصصها نیاز دارد و از عهده تیم برنامه ریزی پروژه به تنهایی خارج است. بنابراین از روش های زیر بدین منظور استفاده می شود:

- سوابق تاریخی: استفاده از اطلاعات فعالیت های مشابه در پروژه های گذشته
- نظرخواهی از افراد متخصص: با استفاده از اطلاعات و تجربیات فردی متخصص در آن زمینه یا گروهی از کارشناسان مطلع

فرضیات برنامه ریزی

- استفاده از ظرفیتهای برای دستیابی به کمیت تعریف شده
- مطابق استانداردهای تعریف شده
- مطابق زمان تعیین شده
- مطابق هزینه تعیین شده

شیوه های برنامه ریزی پروژه

Sequencing
Scheduling

- براساس زمان تعیین شده
- براساس برآورد و ارزیابی

زمانبندی



NETWORK SCHEDULING

مقدمه

در قسمت های گذشته با فعالیت های تشکیل دهنده پروژه و پارامترهای برنامه ریزی آشنا شدید. طبق فرآیند برنامه ریزی و کنترل پروژه اکنون نوبت به رسم شبکه رسیده است. ابتدا روشهای تهیه برنامه زمانبندی اولیه پروژه مطرح می شود:

- روش نمودار گانت
- روشهای مبتنی بر تحلیل شبکه

نمودار گانت

اولین وسیله ای که برای تهیه زمانبندی بکار برده شد.

در این نمودار فعالیتها بر روی محور عمودی و زمان بر روی محور افقی نمایش داده می شود. و میله های افقی که نمایش دهنده مدت زمان مورد نیاز و زمان شروع فعالیت است رسم می شود.

مزیت اصلی این نمودار سهولت رسم و درک مدت زمان مورد نیاز هر فعالیت است. معایب آن: ۱- رابطه بین فعالیت ها را نشان نمی دهد.

۲- تاثیر یک تغییر را در بقیه فعالیت ها نشان نمی دهد.

نمونه ای از نمودار گانت

کد	شرح فعالیت	زمان															
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
۱	مطالعات اولیه	■	■														
۲	بررسی تجهیزات مورد نیاز			■	■	■											
۳	تامین منابع مالی					■	■										
۴	سفارش ساخت تجهیزات						■										
۵	ساخت تجهیزات							■	■	■	■	■	■	■	■		
۶	عملیات ساختمانی						■	■	■	■	■	■	■				
۷	نصب تجهیزات												■	■	■		
۸	راه اندازی																■

روشهای مبتنی بر تحلیل شبکه

نارساییهای نمودار گانت موجب بکارگیری روشهای مبتنی بر شبکه گردید.

روشهای مبتنی بر شبکه به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

- روشهای قطعی (Deterministic Methods): در این روش کلیه عوامل از جمله اجرای فعالیت ها، مدت زمان اجرا و ... قطعی فرض می شود.
- روشهای احتمالی (Stochastic Methods): در این روش بعضی از عوامل احتمالی فرض می شوند.

فعالیت	زمان	طبیعت کار	نوع کار	روش
معلوم	معلوم	قطعی	تکراری	روش مسیر بحرانی CPM (Critical Path Method)
معلوم	مجهول	احتمالی	غیرتکراری	روش ارزیابی و تجدیدنظر در برنامه PERT (Program Evaluation and Review technique)
مجهول	مجهول	احتمالی	غیرتکراری	روش ارزیابی و تجدیدنظر ترسیمی GERT (Graphical Evaluation and Review technique)

روشهای مبتنی بر تحلیل شبکه

در محاسبات روش مسیر بحرانی (CPM) کلیه موارد و مقادیر از جمله مدت زمان اجرای فعالیت قطعی فرض میشود. بنابراین تا خاتمه یافتن آخرین فعالیت پروژه نمیتوان زمان ختم پروژه را بطور قطع و یقین تعیین کرد، اما با وجود این، بدلیل سادگی و سهولت استفاده از روش مسیر بحرانی، این روش در بسیاری از موارد استفاده میشود.

در محاسبات روش پرت (PERT) موضوع احتمال در مورد مدت زمان انجام فعالیت در نظر گرفته میشود. که نحوه محاسبات را در بخش تخمین مدت زمان ملاحظه خواهید کرد. روش پرت با دخالت دادن احتمال در زمان اجرای فعالیت قادر است اطلاعات بسیار مفیدی بشرح زیر از اجرای پروژه را در اختیار مسئولین قرار دهد:

- میانگین زمان ختم پروژه یا وقوع هر یک از رویدادهای شبکه
- واریانس زمان ختم پروژه یا وقوع هر یک از رویدادهای شبکه
- شناوری هر یک از گره ها
- احتمال اینکه پروژه تا زمان تعیین شده خاتمه یابد
- زمانی که با یک احتمال مشخص، پروژه خاتمه می یابد

روشهای مبتنی بر تحلیل شبکه

در محاسبات روش گرت (GERT) این امکان برای برنامه ریزان فراهم میشود که از فعالیتهای غیرقطعی استفاده کنند. در این روش وقوع فعالیتهای احتمالی در نظر گرفته میشود و برای وقوع هر فعالیت، درصد احتمالی اختصاص می یابد. این روش در مورد رسم شبکه تفاوتی با روشهای مسیر بحرانی و پرت دارد که در انتهای این بخش به اجمال توضیح داده خواهد شد.

مراحل رسم شبکه

- تهیه فهرست فعالیت ها
- تعیین مدت زمان اجرای هر فعالیت
- ترسیم شبکه
- انجام محاسبات زودترین و دیرترین زمان شروع فعالیت ها (مسیر رفت)
- تعیین زمان مورد نیاز تکمیل پروژه
- انجام محاسبات زودترین و دیرترین زمان پایان فعالیت ها (مسیر برگشت)
- تعیین شناوری کل و شناوری آزاد
- تشخیص مسیر بحرانی

شبکه

در فرایند برنامه ریزی و کنترل پروژه از شبکه به مثابه مدل پروژه استفاده می شود. شبکه، نمایش گرافیک یک پروژه است که فعالیت‌های گوناگون پروژه و ارتباط بین آنها را نشان می دهد.

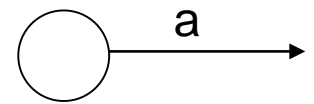
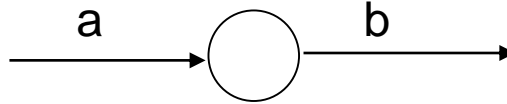
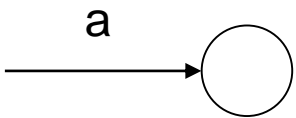
مفاهیم شبکه

- فعالیت: جزیی از پروژه است که برای انجامش نیاز به منابع باشد، دارای نقطه شروع و پایان قابل تعریف باشد و برای انجامش باید زمان صرف شود.
در شبکه هر فعالیت با یک بردار (\longrightarrow) نمایش داده می شود.
- فعالیت مجازی: وجود خارجی ندارد و یک فعالیت واقعی نیست. چنین فعالیتی هیچ منبع و زمانی مصرف نمی کند و هدف از بکار بردن آن نمایش تقدم و تأخرهاست.
در شبکه فعالیت مجازی به شکل (\dashrightarrow) یا ($\xrightarrow{0}$) نمایش داده می شود.

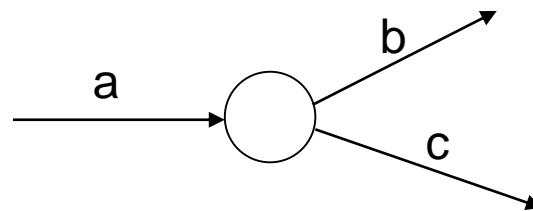
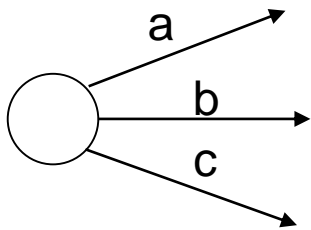
مفاهیم شبکه

- رویداد یا گره: بدون صرف زمان و منابع وقوع می یابد و نشان دهنده ابتدا و انتهای فعالیت است. در شبکه برداری گره با (○) نمایش داده می شود.
- انواع گره

گره ساده: حداکثر یک بردار به آن وارد و خارج شود.



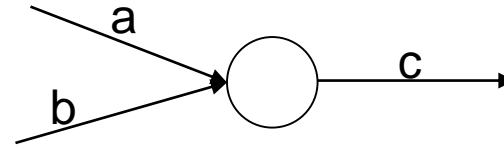
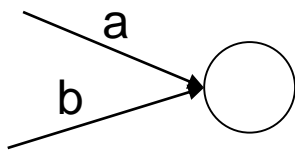
گره جوششی یا انفجاری: حداکثر یک بردار به آن وارد بیش از یک بردار از آن خارج شود.



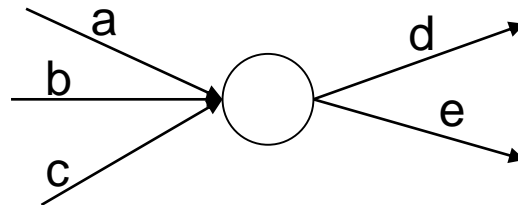
مفاهیم شبکه

• انواع گره

گره پوششی یا فراگیر: بیش از یک بردار به آن وارد و یک بردار از آن خارج شود.



گره مرکب: بیش از یک بردار به آن وارد و بیش از یک بردار از آن خارج شود.



انواع وابستگی

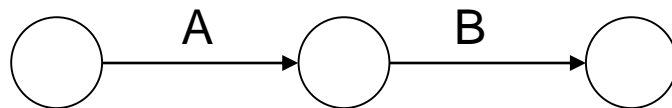
- وابستگی طبیعی: نوعی وابستگی بین دو فعالیت است که براساس آن، فعالیت دوم به لحاظ طبیعی، فنی و تکنیکی به فعالیت اول وابسته است، وابستگی طبیعی به سه دسته تقسیم میشود:
 - وابستگی ساده: فعالیت دوم میتواند بلافاصله پس از اتمام فعالیت اول شروع شود.
 - نیم وابستگی: قسمتی یا نیمی از فعالیت اول برای شروع فعالیت دوم لازم است.
 - وابستگی ربطی: بین شروع یا پایان فعالیت دوم، با شروع یا پایان فعالیت اول n واحد زمانی فاصله است.
- وابستگی غیرطبیعی: وابستگی بی که یک فعالیت به لحاظ محدودیت منابع نمیتواند با فعالیت یا فعالیتهای دیگر بطور همزمان انجام شود.

قوانین رسم شبکه

- پیش از رسم بردار مربوط به هر فعالیت، باید بردار مربوط به کلیه فعالیت‌های ماقبل آن که پیش نیاز فعالیت موردنظر هستند، رسم شده باشد.
- یک بردار فقط و فقط نشان دهنده وضعیت تقدم و تاخر انجام فعالیت است که با آن بردار معرفی می شود. به عبارت دیگر شکل ظاهری و اندازه بردار ارزش و معنی خاصی ندارد.
- بمنظور شناسایی گره ها، آنها را شماره گذاری می کنند. بصورتی که هیچ دو گره ای شماره یکسان نداشته باشند. برای شماره گذاری از دو روش عمودی و همواره استفاده می شود.
- هر دو گره را فقط با یک بردار می توان به هم وصل نمود.
- شبکه فقط می تواند یک گره شروع و یک گره پایان داشته باشد.

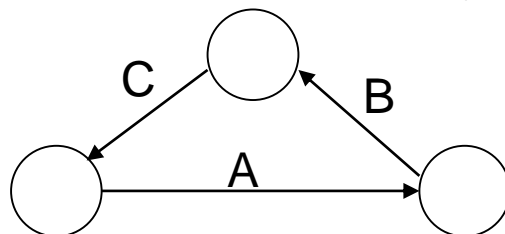
منطق شبکه

- منطق شبکه، منطق تقدم و تاخر عمليات است. $A < B$ (A مقدم است بر B)



خطا در شبکه

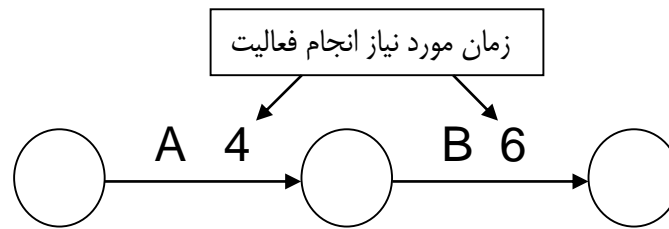
- ۱- ایجاد حلقه تکرار (LOOP) در شبکه خطاست.



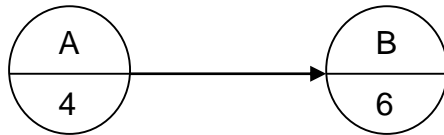
- ۲- وجود فعالیتهایی که در انجام هدف پروژه تاثیری نداشته باشند.

انواع شبکه

- فعالیت گرا (AOA - Activity On Arrow) : فعالیت بر روی بردار و رویدادها روی گره ها نشان داده میشود، البته بردارها بیانگر وابستگی فعلیتها نیز میباشدند. (مانند CPM)



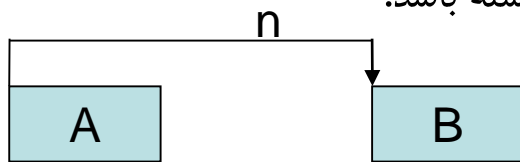
- رویدادگرا (AON – Activity On Node) : رویداد (دایره) معرف فعالیت است و بردارها فقط بیانگر وابستگیها هستند. (مانند PERT)



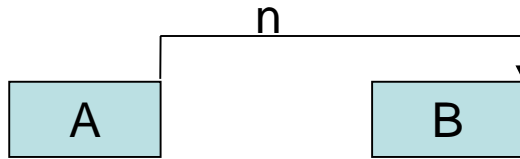
انواع شبکه

• شبکه های پیش نیازی

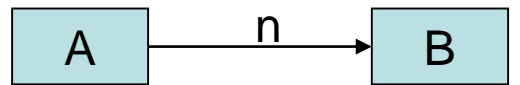
(PDM – Precedence Diagramming Method / PN – Precedence Network) : این شبکه ها حالت تعمیم یافته شبکه های رویدادگرا هستند. در شبکه های رویدادگرا یا برداری فعالیت وابسته بلافاصله بعد از فعالیت پیش نیاز آغاز میشود، اما در شبکه های پیش نیازی بین فعالیت پیش نیاز و وابسته میتواند فاصله زمانی وجود داشته باشد. شبکه های پیش نیازی چهار نوع وابستگی وجود داشته باشد.



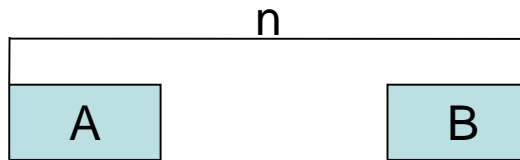
- آغاز به آغاز- از آغاز A تا آغاز B، n واحد زمانی (SS=n)



- پایان به پایان- بین پایان A و پایان B، n واحد زمانی (FF=n)



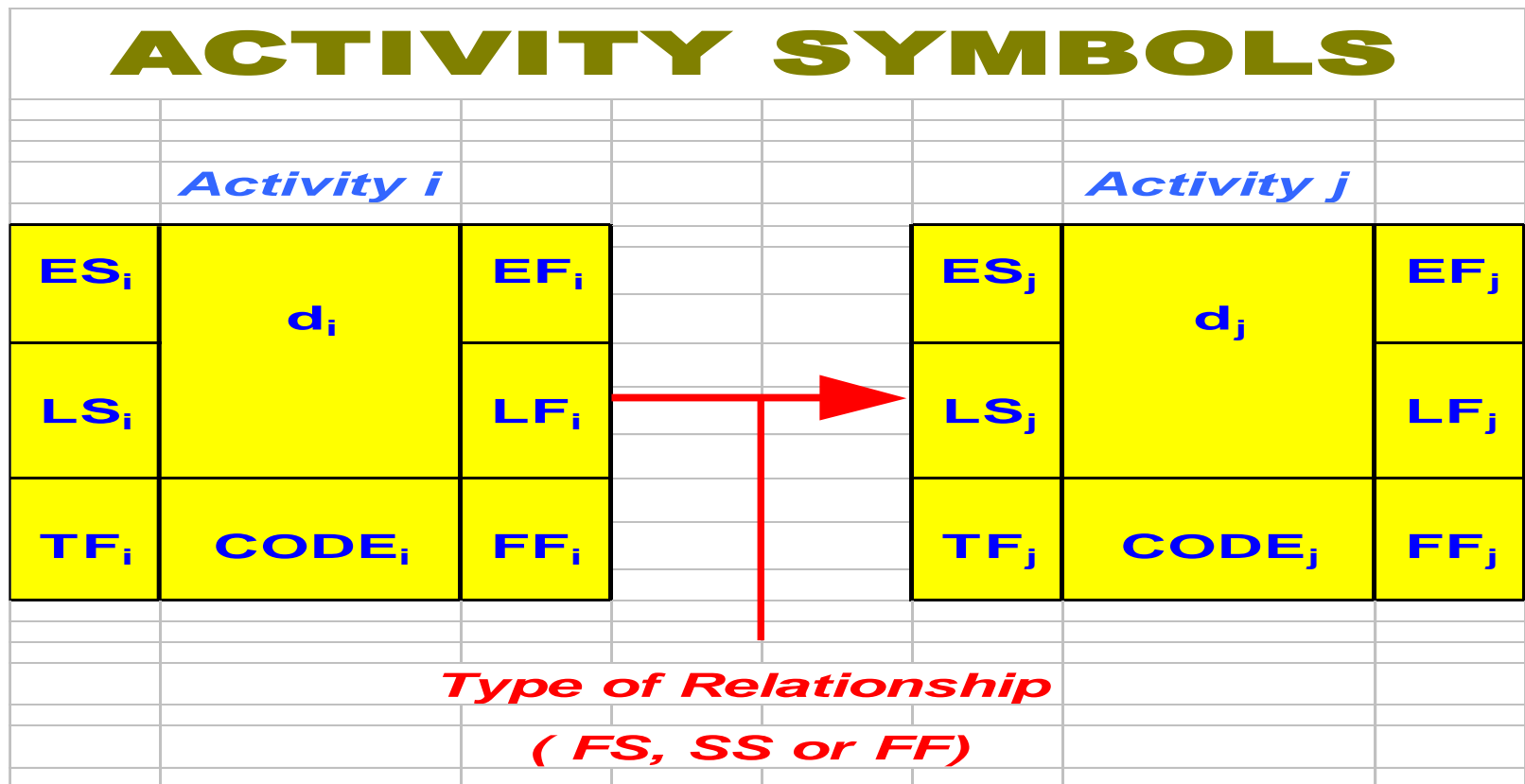
- پایان به آغاز- بین پایان A و آغاز B، n واحد زمانی (FS=n)



- آغاز به پایان- از آغاز A تا پایان B، n واحد زمانی (SF=n)

انواع شبکه

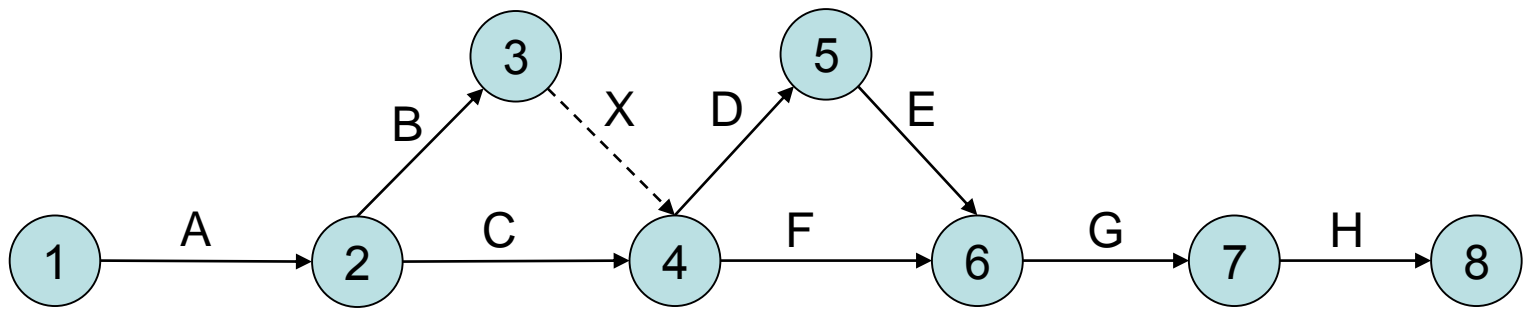
- روش مستطیلی نیز یک شکل نمایش خاصی از شبکه های رویدادگرا و پیش نیازی است که در آن فعالیت در مستطیل (بجای دایره) نمایش داده می شود و اطلاعات لازم نیز در مستطیل درج میگردد.



مثال رسم شبکه

ردیف	کد	شرح فعالیت	مدت زمان اجرا (هفته)	فعالیت پیش نیاز
۱	A	مطالعه اولیه	۲	-
۲	B	بررسی و تعیین تجهیزات موردنیاز	۳	A
۳	C	تامین منابع مالی	۲	A
۴	D	سفارش ساخت تجهیزات	۱	B,C
۵	E	ساخت تجهیزات	۸	D
۶	F	ساخت ساختمان	۷	B,C
۷	G	نصب تجهیزات	۳	E,F
۸	H	راه اندازی آزمایشی	۱	G

مثال رسم شبکه



تخمین زمان انجام فعالیت

پس از تهیه ساختار تقسیم کار، باید زمان انجام فعالیت ها تخمین زده شود. ابتدا زمان مورد نیاز جهت تکمیل فعالیت ها که آخرین سطح ساختار تقسیم کار هستند تخمین زده می شود، سپس با استفاده از این زمان ها، زمان مورد نیاز تکمیل پروژه برآورد می شود. فواید تخمین زمان

- کمک به برآورد دقیقی از زمان موردنیاز پروژه
- تشخیص فعالیت های بحرانی و تعیین فرجه های زمانی فعالیت ها
- کمک به تخصیص صحیح منابع
- ابزاری برای کنترل
- معیاری برای اندازه گیری پیشرفت پروژه

روش های تخمین زمان

- برآورد قطعی (یک زمانه، Unscientific Estimating)
- برآورد احتمالی (سه زمانه، PERT Estimate)
- برآورد با استفاده از توابع توزیع

بر آورد قطعی (یک زمانه، Unscientific Estimating)

در این نوع تخمین یک زمان معین و قطعی برای انجام فعالیت برآورد می شود. این روش بیشتر در کارهای تکراری (مانند عملیات ساختمانی) استفاده می شود. در این شیوه برآوردکننده معمولاً هیچ متغیری را در نظر نمی گیرد. مقادیر مینیمم و ماکزیمم مدت زمان اجرا در نظر گرفته نمی شود. برآوردکننده معمولاً تغییرات زمان بر اثر اجرای خوب یا بد را در نظر نمی گیرد. بطور کلی این شیوه تنها در مورد فعالیت هایی قابل اجراست که به دفعات تکرار شده و برآورد دقیقی از زمان مورد نیازش وجود دارد. اما در مورد فعالیت هایی که تا کنون اجرا نشده اند یا تجربه کمی در مورد آنها موجود است استفاده از این روش باید با احتیاط بسیار زیادی همراه باشد.

برآورد احتمالی (سه زمانه، PERT Estimate)

در این روش برآورد کننده سه زمان برای انجام فعالیت در نظر می گیرد:

- خوشبینانه (a)
- محتمل ترین زمان (m)
- بدبینانه (b)

سپس با استفاده از فرمول زیر زمان مورد نیاز را برآورد می کند:

$$t_e = \frac{a+4m+b}{6}$$

بهبود برآوردهای حاصل از برآورد

بمنظور بهبود برآوردهای حاصل از برآورد احتمالی و اطمینان از تکمیل پروژه در زمان تعیین شده از روشهای مختلفی استفاده میشود.

- محاسبه انحراف استاندارد
- ضریب بهره وری کلی (Global Efficiency Factor)
- درصد اصلاح بازدهی (Productivity Adjustment Percentage)

محاسبه انحراف استاندارد

ابتدا انحراف استاندارد هریک از فعالیتها با استفاده از معادله زیر محاسبه می شود.

$$\delta_{te} = \frac{b - a}{6}$$

که δ_{te} انحراف استاندارد زمان مورد انتظار t_e است.

پارامتر مفید دیگر واریانس است.

$$v = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$$

حال برای محاسبه مدت انحراف استاندارد مسیر داریم:

$$\delta_{total} = v_{1-2} + v_{2-3} + \dots + v_{n-1-n}$$

$$\delta_{total} = \sqrt{\delta^2_{1-2} + \delta^2_{2-3} + \dots + \delta^2_{n-1-n}}$$

یا

محاسبه انحراف استاندارد

براساس جدول توزیع استاندارد داریم:

$$\pm 3\delta = 99.73\%$$

$$\pm 2\delta = 95\%$$

$$\pm 1\delta = 68\%$$

بنابراین اگر بخواهیم زمان پایان مسیر را با احتمال تقریباً صددرصد حساب کنیم داریم:

$$t_e + 3\delta_{t_e}$$

و بترتیب برای سایر احتمال ها با استفاده از جدول توزیع نرمال.

همچنین برای محاسبه احتمال انجام کار

در یک زمان مشخص D داریم:

$$Z = \frac{D - t_e}{\delta}$$

که پس از پیدا کردن مقدار Z ، احتمال متناظر آن در جدول نرمال احتمال پایان کار طی زمان تعیین شده است.

ضریب کارآیی کلی (Global Efficiency Factor)

این روش بسیار ساده است اما متکی به دانش و تجربیات فردی. در ابتدا کارآیی کارکنان و افراد درگیر اجرا صد در صد در نظر گرفته می شود، سپس درصدهای برآورد شده ناکارآیی از آن کسر می گردد. در آخر زمان تخمین زده شده اولیه فعالیت به درصد باقیمانده کسر می گردد و عدد حاصل زمان مورد انتظار انجام فعالیت است.

مثال: در مورد یک فعالیت با برآورد اولیه ۱۵۰ ساعت، عوامل ناکارایی زیر برآورد شده است.

عدم روحیه ۱۵٪ - مهارت کم ۵٪ - ناشناختی با پروژه ۱۰٪ - تجهیزات ناکافی ۵٪ جمعاً ۳۵٪

$$100\% - 35\% = 65\%$$

$$150 \div 65\% \approx 230$$

درصد اصلاح بازدهی (Productivity Adjustment Percentage)

این روش شبیه روش ضریب کارایی کلی است. در این روش تخمین اولیه براساس اجرا فعالیت توسط یک گروه متخصص تعیین می شود. سپس با توجه به نرخ بهره وری گروه اجرا کننده فعالیت در پروژه زمان مورد انتظار تعیین می شود. مثال: یک فعالیت توسط گروه متخصص (بهترین ایفا کننده) ۱۵۰ ساعت زمان می برد. برآورد از نرخ کارایی گروه اجرا کننده در پروژه ۷۵٪ است. بنابراین:

$$100\% - 75\% = 25\%$$

$$1.25 \times 150 = 187.50$$

نمونه فرم تخمین زمان

شماره فعالیت	شرح فعالیت	برآورد خوشبینانه	محتملترین زمان	برآورد بدبینانه	زمان مورد انتظار	درصد اصلاح بازدهی	زمان مورد انتظار بازبینی شده
۲.۱.۳	تعیین نیازهای مشتری	۱۰	۱۲	۲۲	۱۳.۳	٪۱۰	۱۴.۷
۲.۱.۴	بازبینی	۴	۷	۹	۶.۸	٪۲۰	۸.۲

مزایا و معایب بر آورد سه زمانه

مزایا

- توجه به حد بالایی و پایینی زمان مورد نیاز و انتخاب زمان با توجه به هر دو این زمانها.
- جلب توجه برآوردکننده و سایر اعضا تیم پروژه به موارد بحرانی.
- بهبود ارتباطات میان اعضا پروژه و دستیابی به روش مورد توافق در اجرا.

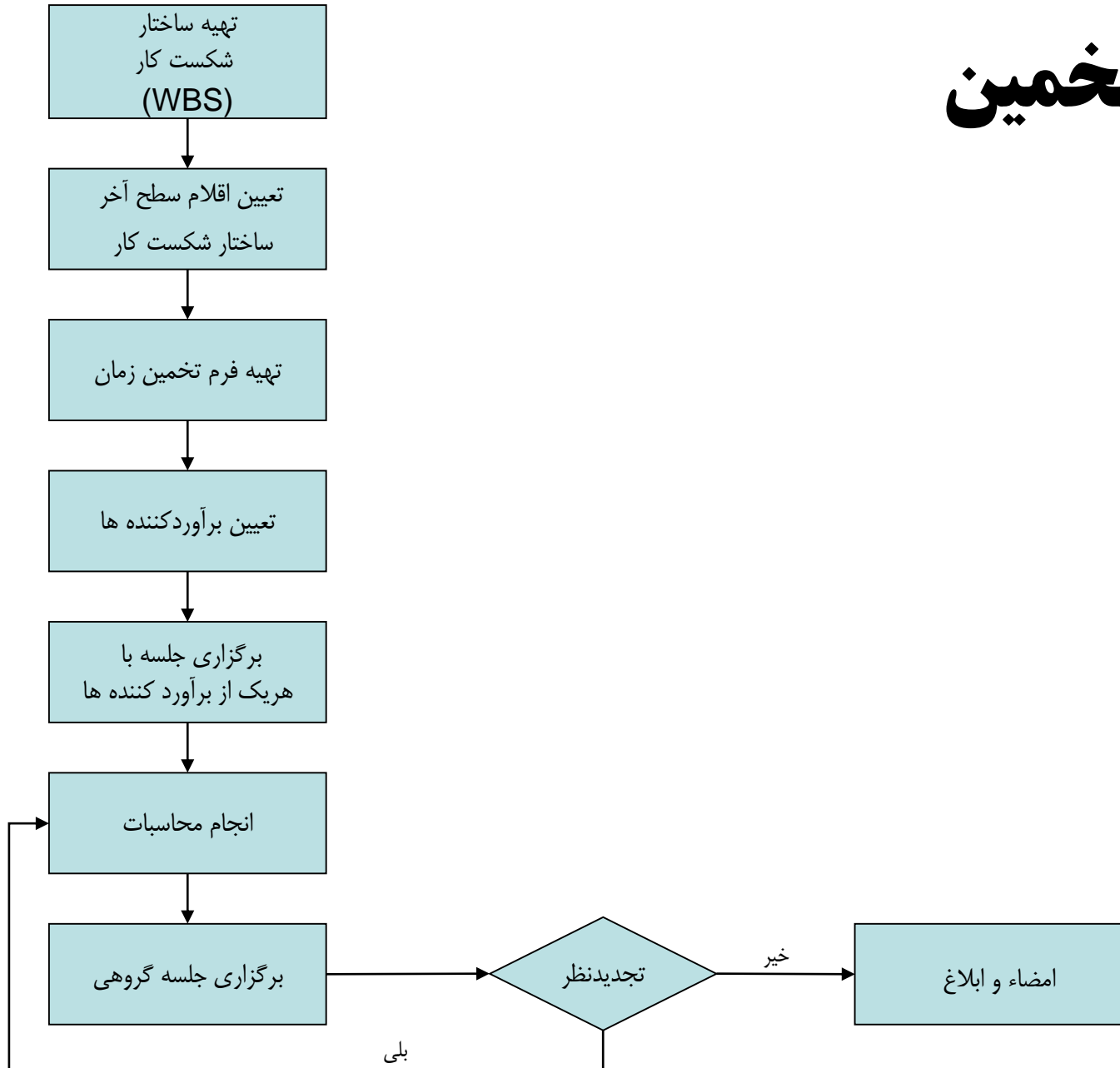
معایب

- صعوبت استفاده و زمانبری زیاد، بخصوص در پروژه های بزرگ.
- ناامید شدن افراد درگیر در فرآیند تخمین بدلیل مدت زمان زیاد این روش و تخصیص زمان های بسیار بیش از زمان خوشبینانه که دقت تخمین را کاهش می دهد.
- بدلیل محاسبات بسیار زیاد، وقت مدیر پروژه بیشتر در عملیات محاسبه استفاده می شود تا در وظایف مدیریتی اش.

برآورد با استفاده از توابع توزیع

در این روش ابتدا تابع توزیع زمان انجام فعالیت تشخیص داده شده و سپس با استفاده از تابع مولد گشتاور، میانگین و واریانس آن تخمین زده می شود. این نوع برآورد از نظر کاربرد مشکل است (از نظر ریاضی و آمار پیچیده) ضمن آنکه ممکن است تشخیص تابع توزیع و پارامترها دقت کافی نداشته باشد.

مراحل تخمین



روش مسیر بحرانی (CPM)

پس از تعریف و تعیین مشخصات پروژه، تعیین فعالیت‌های آن، مشخص کردن روابط بین فعالیتها، رسم شبکه و برآورد مدت زمان اجرای فعالیتها نوبت به برنامه ریزی فعالیتها و تهیه برنامه زمانبندی اولیه اجرای پروژه می رسد. در این مرحله مشخص می شود که هر یک از فعالیتها باید در چه زمانی شروع شود و در چه زمانی خاتمه یابد، شروع و پایان پروژه چه زمانی است و مدت زمان اجرای آن چقدر خواهد بود.

یکی از روشهایی که بدین منظور مورد استفاده قرار می گیرد، روش مسیر بحرانی است. پیش از پرداختن به این روش، تعاریف مورد استفاده ارائه می شود.

تعاریف

D_{ij}	Duration	مدت زمان اجرای فعالیت ج-ا
E_i	Earliest Event Time	زودترین زمان وقوع رویداد ا
L_i	Latest Event Time	دیرترین زمان وقوع رویداد ا
ES_{ij}	Earliest Start Time	زودترین زمان شروع فعالیت ج-ا
LS_{ij}	Latest Start Time	دیرترین زمان شروع فعالیت ج-ا
EF_{ij}	Earliest Finish Time	زودترین زمان پایان فعالیت ج-ا
LF_{ij}	Latest Finish Time	دیرترین زمان پایان فعالیت ج-ا
TF_{ij}	Total Slack or Total Float	فرجه یا شناوری کل برای فعالیت ج-ا
FF_{ij}	Free Slack or Free Float	فرجه یا شناوری آزاد برای فعالیت ج-ا
T_s	Time Specified for Project Completion	زمان ختم پروژه
IF_{ij}	Independent Slack or Independent Float	فرجه یا شناوری مستقل
RF_{ij}	Interfering Slack or Interfering Float	فرجه یا شناوری تداخلی
	Critical Path	مسیر بحرانی

تعاریف

- شناوری کل: مقدار زمانی که یک فعالیت می تواند به تعویق بیفتد، یا به زمان اجرای آن افزوده شود بدون آنکه در زمان اجرای کل پروژه تاثیر بگذارد.

$$TF_{ij} = L_j - E_i - D_{ij} \quad \text{Or} \quad = T_L - T_E$$

- شناوری آزاد: مقدار زمانی که یک فعالیت می تواند به تعویق بیفتد، یا به زمان اجرای آن افزوده شود بدون آنکه بر فعالیت های بعد از خود تاثیر بگذارد.

$$FF_{ij} = ES_j - ES_i - D_{ij} \quad \text{Or} \quad = ES_j - EF_i$$

تعاریف

• **فعالیت و رویداد بحرانی:** شناوری کل برخی از فعالیتها و رویدادها برابر صفر است،

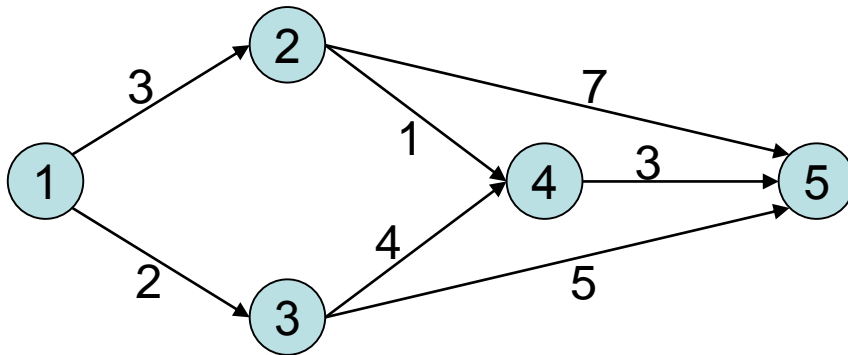
اینگونه فعالیتها و رویدادها اجازه هیچگونه تاخیری ندارند. بدلیل اینکه چنین فعالیتها و رویدادهایی به لحاظ زمانی از اولویت بیشتری نسبت به سایر فعالیتها و رویدادها برخوردارند، به آنها بحرانی میگویند. بنابراین:

فعالیت بحرانی و رویداد بحرانی، فعالیت و رویدادی هستند که دارای حداقل شناوری نسبت به سایر فعالیتها و رویدادهای شبکه باشند.

فعالیتها و رویدادهای بحرانی واقع در شبکه یک پروژه، از نظر زمانی اهمیت بسیار زیادی دارند و بنابراین در مرحله کنترل پروژه توجه زیادی به آنها میشود و کلیه تمهیدات لازم برای انجام بموقع آنها اتخاذ میشود. اگر کمبودهایی برای انجام پروژه وجود داشته باشد، تلاش میشود این کمبودها به سمت فعالیتهای غیر بحرانی هدایت شوند تا فعالیتهای بحرانی با داشتن امکانات کافی به موقع شروع و خاتمه یابند و در نتیجه از تاخیر در زمان ختم پروژه جلوگیری بعمل آید.

تعاریف

- **مسیر:** بردار مربوط به هر فعالیت در شبکه، از یک گره خارج و به یک گره وارد می شود. به گروهی از بردارها که اولین بردار آنها از گره شروع پروژه خارج و آخرین بردار آنها به گره پایان پروژه وارد شود یک مسیر گفته می شود. هر مسیر شامل تعدادی فعالیت است که برخی از آنها ممکن است مجازی باشند. مسیر را با توالی کد فعالیت‌های تشکیل دهنده آن مسیر نشان می‌دهند.



مسیر	ردیف
۱-۲-۵	۱
۱-۲-۴-۵	۲
۱-۳-۴-۵	۳
۱-۳-۵	۴

تعاریف

- **طول مسیر:** مجموع مدت زمانهای اجرای فعالیتهای تشکیل دهنده یک مسیر را طول آن مسیر (PD) گویند.

ردیف	مسیر	طول مسیر
۱	۱-۲-۵	۱۰
۲	۱-۲-۴-۵	۷
۳	۱-۳-۴-۵	۹
۴	۱-۳-۵	۷

- **شناوری مسیر:** همانطور که فرجه یا شناوری برای هر فعالیت قابل تعریف است، برای هر مسیر نیز می توان شناوری در نظر گرفت. تعریف شناوری مسیر بصورت زیر است:
فرجه یا شناوری یک مسیر (PS)، برابر با کل مدت زمان لازم برای اجرای پروژه منهای طول آن مسیر است.
بطور مثال در شبکه اسلاید قبل شناوری مسیر ۱-۲-۴-۵ برابر با ۳ است

تعاریف

- **مسیر بحرانی:** مسیر یا مسیرهایی که شناوری آنها برابر صفر باشد یا طولانی ترین مسیر در کل شبکه یا از نظر زمانی دارای اهمیت بیشتری باشند. وقتی چند مسیر بحرانی داریم، آن مسیری را بعنوان بحرانی انتخاب می کنیم که دارای واریانس بیشتری باشد.
- **رویداد کلیدی (Milestone):** برخی از رویدادها در پروژه از اهمیت و حساسیت فوق العاده ای برخوردارند، بطوریکه یکی از ملاکهای اصلی در تعیین وضعیت پیشرفت پروژه محسوب میشوند. به هریک از این رویدادها، واقعه کلیدی اطلاق میگردد. وقوع هریک از این رویدادها حاکی از پیشرفت پروژه تا مقطع خاصی است.

تعاریف

• روشهای تشخیص مسیر بحرانی:

- مسیری که حداکثر طول را داشته باشد
- مسیری که حداقل شناوری را داشته باشد
- مسیری که کلیه فعالیت‌های تشکیل دهنده آن بحرانی باشند
- با استفاده از حرکت برگشت: در این روش از گره انتهای پروژه شروع به سمت ابتدا حرکت میکنیم در هر گره مسیری را دنبال میکنیم که دیرترین زمان پایان آن فعالیت با زودترین زمان شروع گره و فعالیت بعد برابر باشد و به این ترتیب مسیر بحرانی مسیر حرکت ما خواهد بود.

محاسبات روش مسیر بحرانی

- مسیر رفت: محاسباتی است که از گره شروع پروژه آغاز و گره به گره و فعالیت به فعالیت به سمت گره پایان پروژه پیش میرود. در مسیر رفت، زودترین زمانهای ممکن برای وقوع هریک از گره های شبکه و زودترین زمانهای شروع و پایان هریک از فعالیتها تعیین میشود. بطور ساده در مسیر رفت اعداد را جمع کرده و به جلو میرویم، اگر چند فعالیت به گره وارد شده بود عدد فعالیت بزرگتر را انتخاب میکنیم.
- مسیر برگشت: از گره پایان آغاز میشود و به سمت گره شروع پروژه به عقب برمیگردد. در مسیر برگشت، دیرترین زمانهای ممکن برای وقوع هر گره و دیرترین زمانهای شروع و پایان هر یک از فعالیتها تعیین میشود. یعنی از گره پایان اعداد را کسر کرده و به سمت گره شروع برمیگردیم، اگر چند فعالیت از گره خارج شده بود عدد فعالیت کوچکتر را انتخاب میکنیم.

محاسبات روش مسیر بحرانی

محاسبات حرکت رفت:

- دستور ۱: فرض می شود که گره آغازین شبکه در زمان صفر واقع می شود.
- دستور ۲: زودترین زمان ختم یک فعالیت برابر است با حاصل جمع زودترین زمان شروع و مدت زمان اجرای آن فعالیت.
- دستور ۳: زودترین زمان وقوع گره ها برابر است با حداکثر زودترین زمان های ختم فعالیت های منتهی به آن گره.

محاسبات مسیر بحرانی در شبکه های پیش نیازی

- محاسبات حرکت رفت

– حالت اول: شروع فعالیت موردنظر (j) با شروع یا پایان فعالیت‌های قبل رابطه زمانی دارد.

$$ES_j = \text{Max}_{i \in k} \begin{bmatrix} ES_i + SS_{ij} \\ EF_i + FS_{ij} \end{bmatrix}$$

$$EF_j = ES_j + D_j$$

– حالت دوم: پایان فعالیت موردنظر (j) با شروع یا پایان فعالیت‌های قبل رابطه زمانی دارد.

$$EF_j = \text{Max}_{i \in k} \begin{bmatrix} ES_i + SF_{ij} \\ EF_i + FF_{ij} \end{bmatrix}$$

$$ES_j = EF_j - D_j$$

K مجموعه فعالیت‌های قبل از فعالیت موردنظر است

محاسبات مسیر بحرانی در شبکه های پیش نیازی

• محاسبات حرکت رفت

– حالت سوم: شروع و پایان فعالیت موردنظر (j) با شروع و پایان فعالیتهای قبل رابطه زمانی دارد.

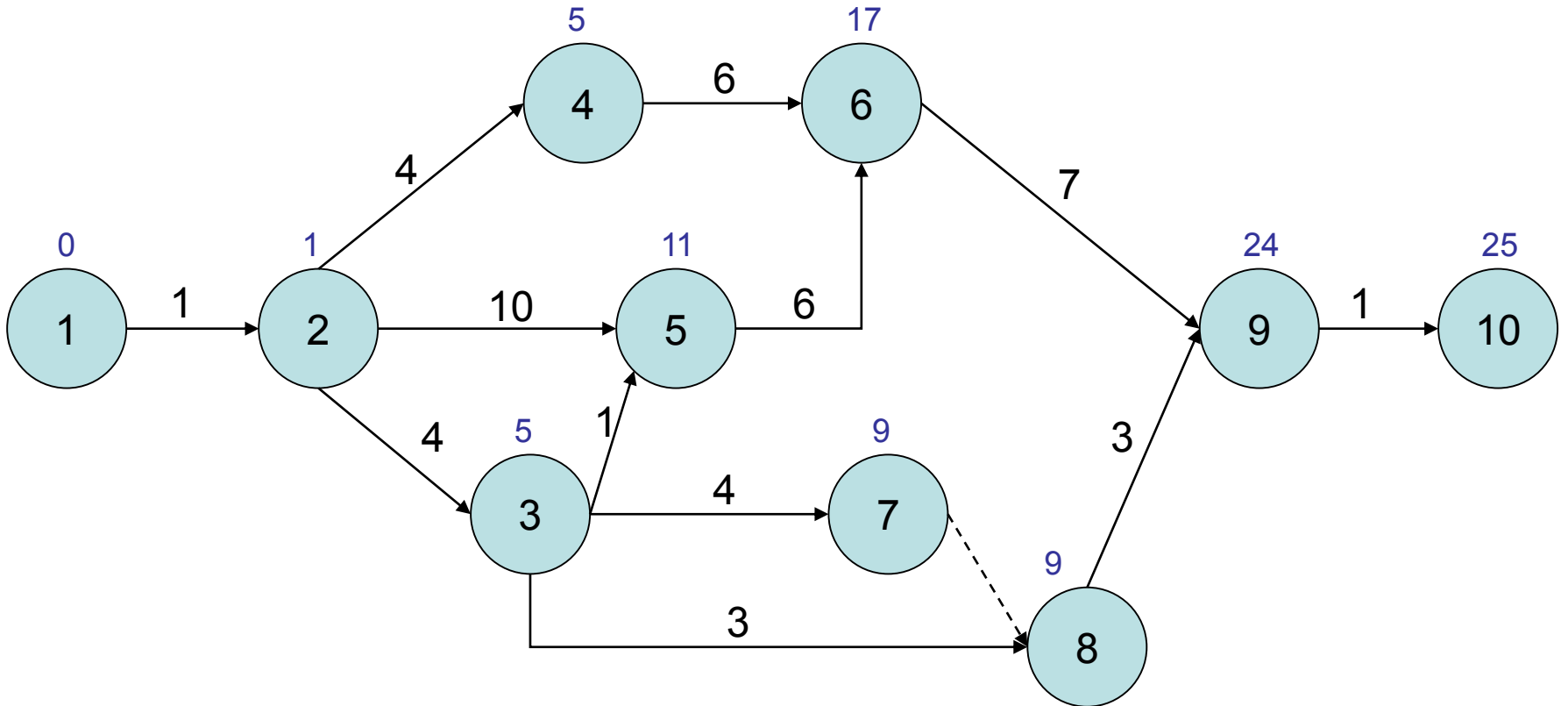
$$\left\{ \begin{array}{l} ES_j = \text{Max} \left[\begin{array}{l} ES_i + SS_{ij} \\ EF_i + FS_{ij} \\ ES_i + SF_{ij} - D_j \\ EF_i + FF_{ij} - D_j \end{array} \right] \\ EF_j = ES_j + D_j \end{array} \right.$$

Or

$$\left\{ \begin{array}{l} EF_j = \text{Max}_{i \in k} \left[\begin{array}{l} ES_i + SS_{ij} + D_j \\ EF_i + FS_{ij} + D_j \\ ES_i + SF_{ij} \\ EF_i + FF_{ij} \end{array} \right] \\ ES_j = EF_j - D_j \end{array} \right.$$

مثال:

محاسبات مسیر رفت



محاسبات روش مسیر بحرانی

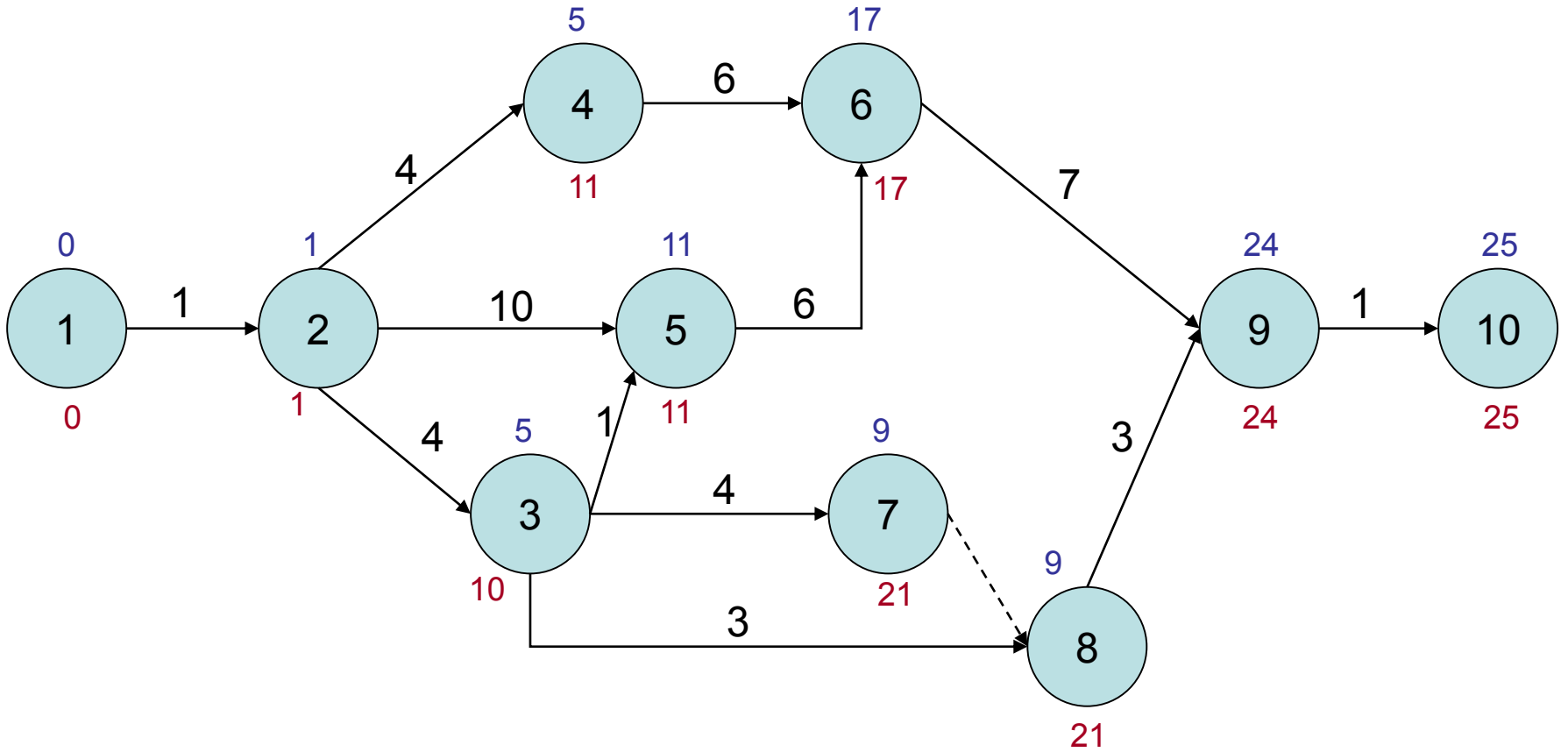
محاسبات حرکت برگشت:

- دستور ۱: دیرترین زمان انجام برای وقوع گره پایانی را برابر با مقداری دلخواه یا زودترین زمان وقوع آن واقعه در نظر می گیریم.
- دستور ۲: دیرترین زمان شروع یک فعالیت برابر است با دیرترین زمان ختم آن فعالیت منهای مدت زمان اجرای آن فعالیت.
- دستور ۳: دیرترین زمان وقوع واقعه ها برابر است با حداقل دیرترین زمان های شروع فعالیت های منشعب از آن.

مثال:

محاسبات مسیر رفت

محاسبات مسیر برگشت



شناوری آزاد	شناوری کل	دیرترین زمان		زودترین زمان		زمان	فعالیت	ردیف
		پایان	شروع	پایان	شروع			
۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱-۲	۱
۰	۵	۱۰	۶	۵	۱	۴	۲-۳	۲
۰	۶	۱۱	۷	۵	۱	۴	۲-۴	۳
۰	۰	۱۱	۱	۱۱	۱	۱۰	۲-۵	۴
۵	۵	۱۱	۱۰	۶	۵	۱	۳-۵	۵
۰	۱۲	۲۱	۱۷	۹	۵	۴	۳-۷	۶
۱	۱۳	۲۱	۱۸	۸	۵	۳	۳-۸	۷
۶	۶	۱۷	۱۱	۱۱	۵	۶	۴-۶	۸
۰	۰	۱۷	۱۱	۱۷	۱۱	۶	۵-۶	۹
۰	۰	۲۴	۱۷	۲۴	۱۷	۷	۶-۹	۱۰
۰	۱۲	۲۱	۲۱	۹	۹	۰	۷-۸	۱۱
۱۲	۱۲	۲۴	۲۱	۱۲	۹	۳	۸-۹	۱۲
۰	۰	۲۵	۲۴	۲۵	۲۴	۱	۹-۱۰	۱۳

محاسبات مسیر بحرانی در شبکه های پیش نیازی

- محاسبات حرکت برگشت

– حالت اول: پایان فعالیت مورد نظر (i) با شروع یا پایان فعالیت‌های بعد رابطه زمانی دارد.

$$LF_i = \text{Min}_{j \in k} \begin{bmatrix} LS_j - FS_{ij} \\ LF_j - FF_{ij} \end{bmatrix}$$

$$LS_i = LF_i - D_i$$

– حالت دوم: شروع فعالیت مورد نظر (i) با شروع یا پایان فعالیت‌های بعد رابطه زمانی دارد.

$$LS_i = \text{Min}_{j \in k} \begin{bmatrix} LS_j - SS_{ij} \\ LF_j - SF_{ij} \end{bmatrix}$$

$$LF_i = LS_i + D_i$$

K مجموعه فعالیت‌های بعد از فعالیت مورد نظر است.

محاسبات مسیر بحرانی در شبکه های پیش نیازی

• محاسبات حرکت برگشت

– حالت سوم: شروع و پایان فعالیت موردنظر (i) با شروع یا پایان فعالیتهای بعد رابطه زمانی دارد.

$$\left\{ \begin{array}{l} LF_i = \underset{j \in k}{\text{Min}} \left[\begin{array}{l} LS_j - FS_{ij} \\ LF_j - FF_{ij} \\ LS_j - SS_{ij} + D_i \\ LF_j - SF_{ij} + D_i \end{array} \right] \\ LS_i = LF_i - D_i \end{array} \right\} \text{ Or } \left\{ \begin{array}{l} LS_i = \underset{j \in k}{\text{Min}} \left[\begin{array}{l} LS_j - FS_{ij} - D_i \\ LF_j - FF_{ij} - D_i \\ LS_j - SS_{ij} \\ LF_j - SF_{ij} \end{array} \right] \\ LF_i = LS_i + D_i \end{array} \right\}$$

محاسبه شناوری در شبکه های پیش نیازی

- شناوری کل:










$$TF_{ij} = L_j - E_i - D_{ij} \quad \text{Or} \quad = T_L - T_E$$

- شناوری آزاد:

$$FF_i = \underset{j \in k}{\text{Min}} \begin{bmatrix} ES_j - SS_{ij} - ES_i \\ ES_j - FS_{ij} - EF_i \\ EF_j - SF_{ij} - ES_i \\ EF_j - FF_{ij} - EF_i \end{bmatrix}$$

عناصر شبکه گرت

- گره های منطقی: در شبکه گرت، هر گره به دو نیمه ورودی و خروجی تقسیم میشود. شاخه های وارد شونده از ناحیه ورودی وارد و شاخه های خارج شونده از ناحیه خروجی خارج میشوند. ناحیه دارای سه نوع رابطه منطقی و ناحیه خروجی شامل دو نوع رابطه منطقی است.

خروجی گره / ورودی گره	قطعی (غیراحتمالی)	احتمالی
«یای خاص» Exclusive - or 	 ۱	 ۲
«یای عام» Inclusive - or 	 ۳	 ۴
«و» And 	 ۵	 ۶

عناصر شبکه گرت

- یای خاص (Exclusive - or): حالتی است برای ورودی که براساس آن اگر هریک از شاخه های ورودی به وقوع بپیوندد، گره مزبور نیز تحقق می یابد. ازبین شاخه های ورودی در هر زمان فقط یکی از آنها می تواند وقوع یابد.
- یای عام (Inclusive - or): حالتی است برای ورودی که براساس آن وقوع هریک از شاخه های ورود باعث وقوع گره میشود و زمان آن برابر کوچکترین زمان اتمام شاخه های منتهی به گره مزبور است.
- و (And): حالتی که در آن وقوع گره مستلزم وقوع کلیه شاخه های منتهی به آن است.
- قطعی (Deterministic): حالتی برای خروجی که با وقوع گره کلیه شاخه های خروجی آن وقوع می یابند.
- احتمالی (Probabilistic): حالتی برای خروجی که با تحقق گره فقط یکی از شاخه های خروجی آن به وقوع می پیوندد.