

www.iedoc.ir

دانلود شده از

سایت مهندسی صنایع آی ئی داک

Industrial Engineering Document

آدرس وبسایت مهندسی صنایع

www.iedoc.ir

آدرس انجمن مهندسی صنایع

www.iedoc.ir/forum

سامانه پیامک ما

3000 122 000 000 6

مسئولیت حقوقی انتشار فایل بر عهده **منبع** می باشد.

آشنایی با برنامه ریزی و کنترل پروژه

www.iedoc.ir

مدرس:

شهرام قبادی

Science & Technology Highway
تلفن: ۰۶۰-۸۹۳-۵-۶
www.mecenter.ir

کنترل پروژه

تاریخچه، مفاهیم



7/4/2011

1

تاریخچه مدیریت پروژه

تاریخچه مدیریت پروژه

7/4/2011

2

تاریخچه

قدمت مدیریت پروژه ها بدون توجه به دانش مدیریت پروژه به حداقل 4500 سال پیش بر میگردد.

پیدایش مدیریت پروژه به عنوان یک علم از جنگ جهانی اول آغاز شد به طوری که در سال 1917 آفای هنری ال . گانت نمودار معروف گانت را ابداع کرد.

مدیریت پروژه با دیدگاه امروزی به برنامه ریزی و کنترل و مدیریت پروژه هایی اتلاق می شود که غیر تکراری و منحراً به فرد و موقعی بوده و قابل شکسته شدن به مجموعه ای از فعالیت ها هستند که نقاط شروع و پایان تعریف شده ای داشته و مجموعه ای از منابع در سطوح مختلفی بکار می گیرد.

7/4/2011

3

تاریخچه

■ سیر تحولات مدیریت پروژه

﴿ بخش اول: 1960 تا 1985؛ رشد آرام

- بدنبال یافتن فنون و تکنیکهای مدیریتی و ساختارهای سازگار با آنها
- دهه 1970: تغییر ساختارها به ساختار پروژه ای با توجه به محیط عملیاتی پویا و سرعت تغییر فناوری
- پیشگامی صنایعی مانند هواپضا، صنایع دفاعی و ساختمانی در مدیریت پروژه

﴿ بخش دوم: 1985 تا کنون؛ رشد سریع

7/4/2011

4

تاریخچه

■ سیر تحولات مدیریت پژوهش

- ﴿ 1985: مدیریت کیفیت جامع (TQM) ﴾
- ﴿ 1990: مهندسی همزمان (Concurrent Engineering) ﴾
- ﴿ 1991: گروههای خودهادی/توانمندسازی کارکنان ﴾
- ﴿ 1993: مهندسی مجدد فرایندهای کسب و کار (BPR) ﴾
- ﴿ 1994: کنترل هزینه ها (Lifecycle Costing) ﴾
- ﴿ 1995: مدیریت اثربخش (Effective Management) ﴾
- ﴿ 1996: مدیریت ریسک (Risk Management) ﴾
- ﴿ 1997: مدیریت تغییر (Change Management) ﴾
- ﴿ 1998: مدیریت پژوهش (Project Management) ﴾

7/4/2011

5

افراد مهم

■ افراد مهم در تاریخ مدیریت پژوهش

- ﴿ فدریک تیلور (1865-1915)
▪ کارخانه دار امریکائی
▪ پدر مدیریت، معرف اصول مدیریت علمی ﴾
- ﴿ هنری گانت (1861-1919)
▪ نمودار گانت ﴾
- ﴿ ادواردز دمینگ (1900-1993)
▪ پدر کیفیت
▪ 14 اصل مدیریت کیفیت ﴾

7/4/2011

6

تعاریف پروژه و مدیریت پروژه

تعاریف

7/4/2011

7

تعاریف

پروژه (Project) ■

- ریشه لاتین: پیش
- Pro: هدف
- Jacare: پرتاب کردن

پروژه

- مجموعه اقدامات و عملیات پیچیده و منحصربفرد، متشكل از فعالیتهای منطقی و وابسته به یکدیگر زیر نظر یک مدیریت و سازمان اجرائی مشخص، برای تأمین هدف یا هدفهای مشخص، که در چارچوب بودجه و برنامه زمانی از پیش تعیین شده ای اجرا می شود.

7/4/2011

8



پروژه چیست؟

■ پروژه طبق تعریف PMI عبارت از مجموعه فعالیت های موقتی برای تحقق یک تعهد و ایجاد یک محصول یا ارایه خدمات مشخص است.

7/4/2011

9

تعریف



Project

■ مولفه های اصلی پروژه

- محدوده (Scope)
- زمان (Time)
- بودجه/هزینه (Cost)
- کیفیت (Quality)

© 2000 Joel Paquette For licensing and duplication info, contact joelp@wayhome.com

7/4/2011

10

محدودیت های سه گانه در مدیریت پروژه



.1. اهداف محدوده (Scope Goals)

.2. اهداف زمانی (Time Goals)

.3. اهداف هزینه (Cost Goals)

7/4/2011

11

سناریوهای برنامه ریزی پروژه

بعد از تعیین محدوده پروژه، سه عنصر اصلی هر پروژه به ترتیب ■

عبارتنداز:

.1 زمان

.2 منابع (تجدیدپذیر و غیرقابل تجدید)

.3 هزینه

7/4/2011

12

بطورکلی در پروژه ها یکی از سه سناریو زیر دنبال می شود:

سناریو ۱: برنامه ریزی زمان.

سناریو ۲: برنامه ریزی زمان و منابع.

سناریو ۳: برنامه ریزی زمان ، منابع و هزینه.

- مدیریت کیفیت امروزی توجه خود را به پروسه تولید تا محصول نهایی معطوف داشته، در مدیریت پروژه نیز توجه به برنامه زمان بندی کفايت نکرده و داشتن یک برنامه جامع نظیر سناریو ۳ تضمین کننده اجرایی بودن برنامه تهیه شده است.

7/4/2011

13

تعریف

پروژه (Project) ■

« PMI: یک پروژه تلاشی موقتی است که به منظور ایجاد محصول یا خدمتی یکتا اجرا می شود.

ویژگیهای پروژه (Temporary) ■

دارای زمان شروع و پایان مشخص و محدود (finite)

اثرات زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی ماندگار

موقتی بودن فرآنشهای بازار و تیم پروژه

محصول ها، خدمات یا نتایج یکتا یا منحصر بفرد (Unique)

انواع دستاورده (Deliverable): Result, Product, Service

نقاوت در مالک، طراحی، مکان، پیمانکار و ...

وجود تناسق نکاری، نافی یکتاوی دستاورده پروژه نیست

بسط افزایشی / توسعه تدریجی (Progressive Elaboration)

توسعة گام به گام، رشد و افزونی ادامه دار

مثال:

- مرحله پروژه های پتروشیمی: طراحی پایه، طراحی تفصیلی، تعیین مشخصات تجهیزات، نقشه های ساخت.

- مرحله پروژه های توسعه اقتصادی: رفاه مردم جامعه X--> تامین غذا و آب--> توسعه کشاورزی و ...

7/4/2011

14

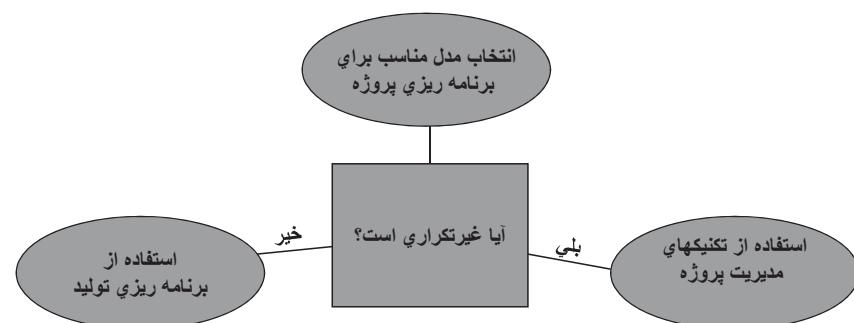
ویژگیهای یک پروژه

- یک کار منحصر به فرد- جدید و غیر تکراری است.
- دارای یک نتیجه عینی در قالب محصول یا ارائه خدمت است .
- موقتی است یک نقطه شروع و پایان قابل تعریف دارد .
- باید بتوان آنرا به اجزا گسته تقسیم نمود .
- هر جزء دارای زمان - منابع و هزینه خاصی است که روابط وابستگی خاصی بین آنها حاکم است و نیازمند منابع کاری و مصرفی مختلفی است.
- بودجه آن محدود و قابل پیش بینی است و باید یک حمایت کننده مالی داشته باشد.

7/4/2011

15

اگر بخواهیم یک سیستم خبره (Expert System) برای تشخیص مدل مناسب برنامه ریزی با قوانین اگر ... آنگاه ... طراحی کنیم، می‌توان از نمودار زیر کمک گرفت



7/4/2011

16

تفاوت پروژه با کار عملیاتی

■ تفاوت پروژه با کار عملیاتی (Operational Work)

« انواع کار (Work) عمليات پروژه

- شبهاتهای عملیات و پروژه
- هر دو توسط افراد انجام می شوند
- هر دو دارای منابع محدود هستند
- هر دو برنامه ریزی، اجرا و کنترل می شوند

« تفاوت‌های عملیات و پروژه

- عملیات‌ها پیوسته و تکراری هستند، در حالی‌که پروژه‌ها موقتی و یکتا می‌باشند.
- تفاوت در اهداف

 - پروژه‌ها: دستیابی به اهداف پروژه و پایان
 - عملیات پیوسته: پایداری در کسب و کار؛ تدوین اهداف جدید

7/4/2011

17

مقایسه بین پروژه‌ها با فرایندهای عملیات

فرایندهای تولیدی و عملیات	پروژه‌ها
■ ادامه دارند: تکرار همان فرایند بارها بارها	■ غیرتکراری و موقتی اند: شروع و پایانی دارند.
■ تولید خروجی‌های یکسان در هر بار تکرار فرایند	■ تولیدخروجی منحصر به فرد
■ تخصیص‌های کاری از پیش تعیین شده ندارند.	■ تخصیص‌های کاری از پیش تعیین شده ندارند.

7/4/2011

18

تفاوت پژوهه با کار عملیاتی

■ تفاوت‌های مدیریت سنتی با مدیریت پژوهه

مدیریت سنتی	مدیریت پژوهه
ترجیح می دهد در قالب گروه فعالیت نماید.	ترجیح می دهد بصورت فردی کار کند.
نقشه انتکای وی، شیوه مدیریت و مسوولیتهای فنی است.	نقشه انتکای وی روی فناوری است.
به همکاری و تشریک مسامعی نظر نارد.	به حرقه ای بودن نظر نارد.
همواره در چهت تحقق اهداف کام بر می دارد.	همواره به دنبال فراتر رفتن از اهداف می باشد.
ریسک پذیر است.	چون تقابل به ریسک ندارد، هر چیز را می آزماید.
به دنبال تمام و کمال بودن است.	به دنبال آنچه که ممکن است، می باشد.
صرفه به خود موضوع فکر می کند.	به حواشی موضوعات نیز می پردازد.
انسانها و افکار را مدیریت می کند.	سخت افزار را مدیریت می کند.
مسائل را در قالب عینی و ملموس می بیند.	مسائل را در قالب انتزاعی می بیند.

7/4/2011

19

نمونه هائی از پژوهه ها

■ تفاوت پژوهه با کار عملیاتی (Operational Work)

« نمونه هائی از انواع پژوهه »

- توسعه یک محصول یا خدمت جدید
- ایجاد یک تغییر در ساختار، کارکنان یا سیک سازمان
- طراحی یک وسیله‌ی حمل و نقل جدید
- توسعه یا ایجاد یک سیستم اطلاعاتی جدید یا اصلاح شده
- احداث یک ساختمان یا تأسیسات
- ساخت یک سیستم آبرسانی برای یک اجتماع
- راه‌اندازی مبارزات برای یک دفتر سیاسی
- اجرای یک رویه یا فرایند جدید کسب و کار
- پاسخ به یک درخواست پیمان

7/4/2011

20

پروژه و برنامه ریزی استراتژیک

■ پروژه و برنامه ریزی استراتژیک

- » پروژه ها، ابزار سازمانها (ی پروژه محور) برای دستیابی به اهداف ملاحظات راهبردی موثر بر تصویب اجرای پروژه
- یک تقاضای بازار
- برای مثال، یک شرکت نفتی یک پروژه را جهت ساخت یک پالایشگاه جدید در پاسخ به کمبود شدید بنزین مصوب می کند.
- یک نیاز سازمانی
- برای مثال، یک موسسه آموزشی به منظور افزایش درآمدش یک پروژه را برای ایجاد یک دوره جدید مصوب می کند.
- یک نیاز مشتری
- برای مثال، یک فراهم آوردنده خدمات برق یک پروژه را برای ساخت یک ایستگاه برق به منظور خدمت رسانی به یک بارک صنعتی جدید مصوب می کند.
- یک پیشرفت فن آوری
- برای مثال، یک شرکت نرم افزاری پس از معرفی دستگاه پخش بازی توسط شرکت های الکترونیکی یک پروژه جدید برای توسعه نسلی جدید از بازی های ویدئویی را مصوب می کند.
- یک الزام قانونی
- برای مثال، یک شرکت ساخت رنگ یک پروژه جدید را به منظور تهیه رهمنون های جابجایی مواد سیمی مصوب می کند.

7/4/2011

21

مدیریت پروژه

مدیریت پروژه

Graham J. McNaughton INCO IFS 05.2 / Dr. Frank Dwyer March 2000

7/4/2011

22

مدیریت پروژه

■ مدیریت پروژه (Project Management)

↳ بکارگیری دانش، مهارت‌ها، ابزارها و تکنیک‌ها برای فعالیت‌های پروژه به‌منظور تحقق
الزامات پروژه

↳ معمولاً شامل مجموعه فرایندهای آغازین، برنامه ریزی، اجرا، پایش و کنترل، پایانی
(اختتامی)

7/4/2011

23

مدیریت پروژه چیست؟

مهمنترین رسالت مدیریت پروژه ایجاد تعهد و مسئولیت در مقابل
برنامه زمان بندی است که مانع ازیه تاخیر افتادن پروژه
و هزینه‌های مرتبط می‌گردد.

7/4/2011

24

مدیریت پروژه

■ مدیریت پروژه (Project Management)

« مدیریت یک پروژه موارد زیر را در برابر می‌گیرد:

- شناسایی نیازمندی‌ها
- تعیین اهداف روشن و قابل تحقق
- برقراری تعادل بین تقاضاهای رقابتی برای کیفیت، محدوده، زمان و هزینه
- سازگار کردن مشخصه‌ها، طرح‌ها و رویکرد به نگرانی‌ها و انتظارات متفاوت ذی نفعان مختلف

« مسئولیت حرفه‌ای تیم مدیریت پروژه نسبت به ذی نفعان خود از جمله مشتریان، سازمان اجرایی و اجتماع

Code of Ethics ■

Code of Professional Conduct ■

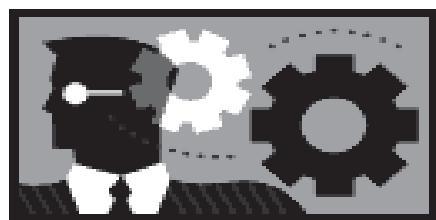
7/4/2011

25

مدیریت پروژه زبان مشترک ایجاد می‌کند

■ کنترل پروژه و سیله مج‌گیری نیست بلکه زبان مشترک و شفاف بیان

نیاز‌ها و اندازه گیری خدمات است .

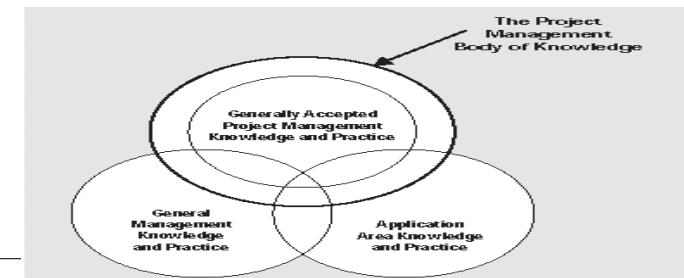


7/4/2011

26

مدیریت پروژه و سیله مستند سازی تجربیات است

- لازمه عدم تکرار اشتباهات و الگو برداری از هدایت موفق پروژه ها ، مستند سازی پروژه است . که با پیاده سازی مدیریت پروژه تحقق می یابد .



7/4/2011

27

مدیریت پروژه

- مدیریت بر مبنای پروژه ها (Management by Projects)

↳ رویکردی سازمانی یا مدیریتی برای مدیریت پروژه ها و برخی عملیات جاری که می توانند به عنوان پروژه ها تعریف شوند

7/4/2011

28

محیط پروژه

■ محیط پروژه (Project Environment)

« لزوم آشنائی تیم پروژه با محیط پروژه و تاثیرات متقابل آن بر پروژه

« محیط اجتماعی و فرهنگی

- درک جنبه های اقتصادی، جمعیت‌شناختی، تحصیلی، اخلاقی، نژادی، مذهبی و ...

▪ فرهنگ سازمانی

« محیط سیاسی و بین المللی

- قوانین و رسوم کاربردی بین المللی، ملی، منطقه ای و محلی و همچنین محیط سیاسی که می تواند بر پروژه اثرگذار باشد.

- اختلاف های منطقه ها ای زمانی، تعطیلات ملی و منطقه ای، نیازمندی های مسافرت برای جلسه های رودررو و امکانات پشتیبانی از کنفرانس تلفنی

« محیط فیزیکی

- بوم شناسی محلی و جغرافیای فیزیکی که می تواند بر پروژه اثر بگذارد یا از پروژه تاثیر پذیرد

7/4/2011

29

حوزه های کاربرد

■ حوزه های کاربردی (Application Area)

« دسته ای از پروژه ها شامل:

- واحدهای وظیفه ای و دیسپلین های پشتیبانی همچون امور حقوقی، مدیریت تولید و موجودی، بازاریابی، تدارکات و کارکنان.

- بخش های فنی همچون توسعه یا مهندسی نرم افزار و گاهی اوقات نوعی خاص از مهندسی همچون مهندسی آب و فاضلاب یا مهندسی ساختمان.

- تخصص های مدیریتی همچون انعقاد قرارداد دولتی، توسعه ای جامعه یا توسعه ای محصول جدید.

- گروه های صنعتی مثل خودروسازی، شیمیابی، کشاورزی یا خدمات مالی.

7/4/2011

30

استانداردها و مقررات

■ استانداردها (Standards) و مقررات (Regulations)

- ▷ معمولاً هر حوزه کاربردی دارای مجموعه‌ای از استانداردها و مقررات می‌باشد
- ▷ تقاضت میان استانداردها و مقررات از دید سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO):
 - استاندارد
 - یک «سندهایگان» بر اساس اجماع و تأییدشده توسط یک نهاد شناخته شده می‌باشد که قوانین، رهمنویسی‌ها یا مشخصه‌هایی را برای فعالیت‌ها یا تابعیت آنها در استفاده عمومی و مکرر فراهم می‌آورد و هدف آن دستیابی به بهترین درجه از نظم در مضمونی خاص می‌باشد. برخی مثال‌های استاندارد عبارتند از اندازه‌های دیسکت‌های رایانه‌ای و ثبات حرارتی سیال‌های هیدرولیکی.
 - مقررات
 - یک الزام تحمیلی دولتی است که ویژگی‌های محصول، فرایند یا خدمت را تعیین می‌کند و در برگیرنده شرایط اداری کاربردی می‌باشد که انتساب با آن الزامی است. آئین‌نامه‌های ساختنای نمونه‌ای از مقررات می‌باشند.
 - ▷ وجود هم پوشانی در مفاهیم استاندارد و مقررات

7/4/2011

31

بستر مدیریت پروژه

بستر مدیریت پروژه

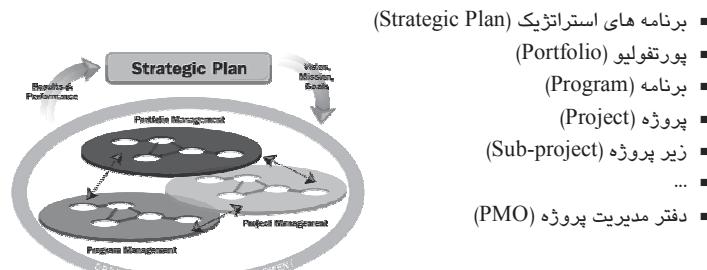
7/4/2011

32

بستر مدیریت پروژه

■ بستر مدیریت پروژه (PM Context)

« بستر مدیریت پروژه شامل موارد زیر است (PMBOK):



7/4/2011

33

مدیریت پورتفولیو

■ مدیریت پورتفولیو (Portfolio Management)

« پورتفولیو

یک پورتفولیو عبارت است مجموعه ای از پروژه ها یا برنامه ها و سایر کارها که جهت تسهیل مدیریت اثربخش آن کارها به منظور تحقق اهداف راهبردی کسب و کار یا یکدیگر به یک گروه تبدیل می شوند. ممکن است پروژه ها یا برنامه های موجود در یک پورتفولیو الزاماً مستقل یا مستقیماً مرتبط نباشند.

« مدیریت پورتفولیو

- یکی از اهداف مدیریت پورتفولیو عبارت است از بیشینه کردن ارزش پورتفولیو از طریق بررسی دقیق پروژه ها و برنامه های پیشنهادی برای گنجاندن آنها در پورتفولیو و خارج کردن به موقع پروژه هایی که اهداف راهبردی پورتفولیو را محقق نمی سازند.
- سرمایه گذاری و پشتیبانی می تواند بر مبنای دسته های ریسک/ابازده، خطوط مشخص کسب و کار یا انواع عمومی پروژه ها همچون زیرساختاری و بهبود مستمر داخلی تخصیص داده شود.
- اغلب مدیران ارشد یا تیم مدیریت ارشد مسئولیت مدیریت پورتفولیو یک سازمان را می پذیرد.

7/4/2011

34

مدیریت برنامه

■ مدیریت طرح (Program Management)

◀ طرح

یک طرح عبارت است از گروهی از پروژه‌ها که برای کسب منافعی که با مدیریت چدگانه آنها میسر نمی‌باشد، به‌گونه‌ای هماهنگ مدیریت می‌شوند. برنامه‌ها ممکن است دربرگیرنده بخش‌هایی از کارهای مرتبط خارج از محدوده پروژه‌های مجزای موجود در برنامه باشند.

Common benefit . وابستگی فرایندی

▪ مثال:

- یک برنامه مدل جدید خودرو شامل پروژه‌های طراحی و ارتقا هر یک از مولفه‌های اصلی (برای مثال، انتقال نیرو، موتور، داخلی و خارجی)

- برنامه ساخت‌وساز تأسیسات عمومی شامل مجموعه‌ای از پروژه‌ها

- برنامه انتشار یک روزنامه که هر شماره آن یک پروژه است

◀ مدیریت طرح

بر عکس مدیریت پروژه، مدیریت طرح مدیریت هماهنگ (Coordinated) و مرکز (Centralized) گروهی از پروژه‌ها جهت تحقق اهداف و منافع راهبردی برنامه می‌باشد.

7/4/2011

35

زیر پروژه

■ زیر پروژه‌ها (Subprojects)

◀ اغلب از طریق قرارداد به سازمانهای خارجی یا سایر قسمتهای سازمان مجری و اگذار می‌شوند

◀ مثال:

▪ زیرپروژه‌های مبتنی بر فرایند پروژه؛ مثل یک مرحله منفرد در یک چرخه حیات پروژه

▪ زیرپروژه‌های مطابق با الزامات مهارتی منابع انسانی؛ مثل لوله‌کش‌ها یا متخصصین برق در یک پروژه ساختمانی

▪ زیرپروژه‌های دربرگیرنده فن‌آوری خاص، مثل آزمون خودکار برنامه‌های رایانه‌ای در یک پروژه توسعه نرم‌افزار

7/4/2011

36

دفتر مدیریت پروژه

■ دفتر مدیریت پروژه (Project management Office/PMO)

« دفتر مدیریت پروژه یک واحد سازمانی جهت اولویت بندی، متمرکز ساختن و هماهنگ نمودن مدیریت پروژه ها تحت یک حوزه می باشد

« وظایف

- آموزش نرم افزار، سیاست های استاندارد شده و رویه ها
- انتخاب، مدیریت و جایگزینی کارکنان مشترک پروژه و در صورت امکان کارکنان اختصاصی پروژه
- اشتراک و هماهنگی متابع بین همه پروژه های دفتر شده توسط اداره مدیریت پروژه
- شناسایی و توسعه متداول‌تری مدیریت پروژه، بهترین شیوه ها و استانداردها
- تبادل و مدیریت خط مشی ها، رویه ها، المکارها و سایر مستندات به اشتراک گذاشته شده پروژه
- مدیریت منفرک پیکندی همه پروژه هایی که توسط دفتر مدیریت پروژه اداره می شوند
- خزانه و مدیریت مشترک ریسک هایی که اشتراک گذاشته شده و همچنین یکتای همه پروژه ها
- اداره مرکزی برای عملیات و مدیریت ابزارهای پروژه همچون نرم افزار مدیریت پروژه در سطح شرکت
- هماهنگی مرکزی مدیریت ارتباطات در میان پروژه ها
- محل مریبگری برای پروژه ها
- نظارت مرکزی بر همه بودجه ها و زمان بندی های پروژه های اداره مدیریت پروژه، معمولاً در سطح شرکت
- هماهنگی استانداردهای کلی مدیریت کیفیت بین مدیر پروژه و هر یک از کارکنان داخلی یا خارجی کیفیت یا سازمان های استاندارد

7/4/2011

37

مشخصات منابع کاری و مصرفی

منابع مصرفی یا تجدید ناپذیر	منابع کاری یا تجدید پذیر Renewable
<p>■ شامل: انواع ملزمات و مواد مصرفی</p> <p>■ مثل: گچ، سیمان، کاغذ...</p> <p>■ مشخصه اصلی: با اتمام یک فعالیت مقدار منابع براور دشده به اتمام می رسد.</p>	<p>■ شامل: انواع نیروی انسانی و تجهیزات</p> <p>■ نیروی انسانی مثل: کارگر، بنا، مهندس...</p> <p>■ نجهیزات مثل: لودر، کامیون، بیل مکانیکی...</p> <p>■ مشخصه اصلی: با اتمام یک فعالیت منابع واگذار شده به آن بیکاریا آزاد می شوند.</p>

7/4/2011

38

هزینه های ناشی از تاخیرپرژه

هزینه های کمی:

- .1 هزینه دیررسیدن به بهره برداری یا سود از دست رفته
- .2 هزینه ناشی از گران شدن منابع مصرفی
- .3 افزایش هزینه منابع کاری
- .4 هزینه تمدید مجوزها و پیمان نامه ها
- .5 هزینه بهره سرمایه مصرف شده

7/4/2011

39

هزینه های کمی (quantitative)

1- هزینه دیر رسیدن به بهره برداری یا سود از دست رفته

فقط در پروژه کلان فازهای 6 و 7 و 8 پارس جنویی، به ازاء هر روز تاخیر در بهره برداری از پروژه، کشور زیانی معادل 5.190.000 دلار متحمل می شود. بنابراین اگر پروژه های بزرگ چند ماه زودتر به بهره برداری برسند، اثر تعیین کننده ای در اقتصاد کشور خواهند داشت.

2- هزینه ناشی از گران شدن منابع مصرفی

3- افزایش هزینه منابع کاری

4- هزینه تمدید مجوزها و پیمان نامه ها

7/4/2011

40

هزینه های ناشی از تاخیر پروژه

هزینه های کیفی:

- .1. ضرر از دست دادن بازار رقابت.
- .2. با به تعویق افتادن تکمیل پروژه ، ممکن است پروژه غیر اقتصادی شود .
- .3. ضرر ناشی از عدم اشتغال زایی در کشور.
- .4. ضرر ناشی از کاهش درآمد .

7/4/2011

41

5- هزینه بهره سرمایه صرف شده با توجه به ارزش زمانی پول

بر اساس آمار منتشره سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال 80 متوسط زمان اتمام پروژه های ملی در کشور نزدیک به 22/2 برابر زمان برنامه ریزی شده پروژه ها بوده است.

تاخیر پروژه واقعاً هزینه زا است اما از آنجائیکه آیتمهای هزینه ای فوق نامشهود بوده و مبلغ نقبنیگی بایت آنها پرداخت نمی شود، در نظر مدیران نامحسوس جلوه می کند به همین خاطر ممکن است عملاً توجه زادی به آنها نکند بنابراین اگر شما به عنوان مدیر پروژه قصد پیاده سازی تکنیکهای مدیریت پروژه را دارید اولین و بهترین کار این است که با کامپیوتر کردن این هزینه ها نظر مدیران ارشد را جلب نموده تا از حمایت آنان بهره مند شوید.

7/4/2011

42

چرخه عمر

- دوره یا چرخه عمر پروژه شامل زمان ساخت و زمان بهروری از پروژه می باشد.

7/4/2011

43

ذینعفان پروژه

- ذینعفان پروژه افراد و سازمان های درگیر در پروژه یا عواملی هستند که به نحوی تحت تاثیر فعالیت های پروژه بوده و مالکیت، حقوق و با علاوه مندی در قبال پروژه داشته یا برای این زمینه مدعی هستند .
- موفقیت در اجرای پروژه مستلزم شناسایی ذینعفان و در نظر گرفتن خواسته های آنان در چرخه حیات پروژه است.
- ذینعفان پروژه به دو دسته کلی زیر تقسیم می شوند:

7/4/2011

44

ذینفعان داخلی :

- | |
|--------------------|
| 1. حامی مالی پروژه |
| 2. کارفرما |
| 3. مدیر پروژه |
| 4. تیم پروژه |
| 5. مشتریان پروژه |
| 6. مشاور |
| 7. پیمان کاران |

7/4/2011

45

ذینفعان خارجی :

- | |
|----------------------------|
| 1. رقبا |
| 2. رسانه ها |
| 3. کمیسیون ها |
| 4. سازمان های قانون گذار |
| 5. سهام داران |
| 6. خریداران |
| 7. طرف داران محیط زیست ... |

7/4/2011

46



■ اجرای موقتیت آمیز پروژه مستلزم درنظرگرفتن خواسته های ذینفعان است.

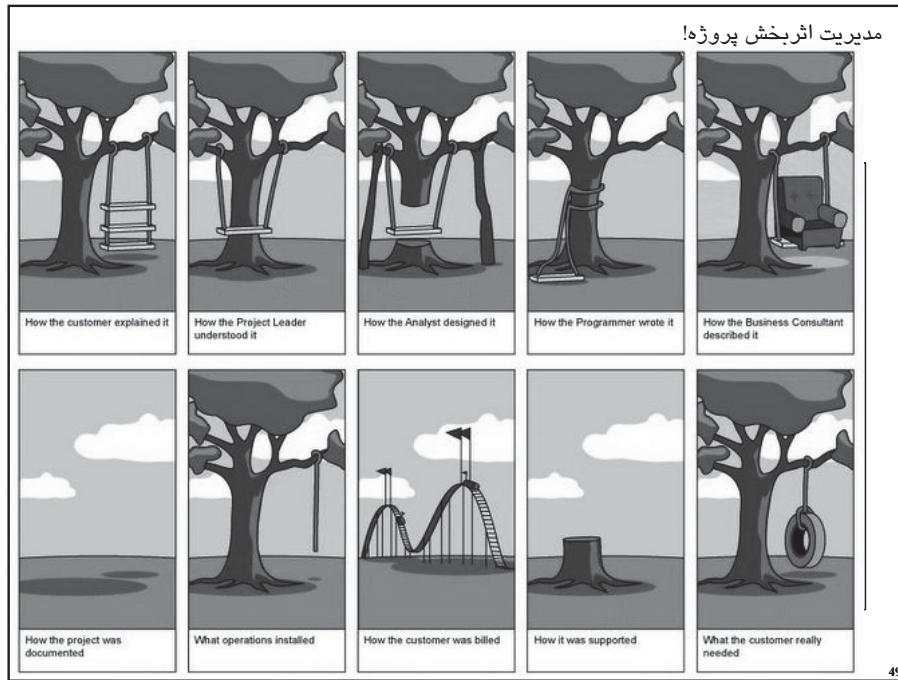
7/4/2011

47

نرم افزارهای متدالو ب برنامه ریزی و مدیریت پروژه			
ردیف	نام نرم افزار	کاربرد	
۱	HPM	تا قبل از سال ۱۹۹۲ استفاده می شده ولی در حال حاضر منسخه شده است. (نمایش AOA شبکه)	
۲	Time Line Ver. 7	دارای امکانات تخصیص منابع خوب است.	
۳	Project Scheduler 8	محیط کاری آن شبیه به MSP است.	
۴	Microsoft Project (MSP)	متدالو ترین نرم افزار بوده و تکامل آن از سال ۱۹۹۲ تا کنون ادامه دارد User Friendly است ولی هنوز ضعفهایی در مقایسه با نرم افزارهای حرفه ای دارد.	
۵	WBS Chart Pro	خاص طراحتی و رسم WBS است. پس از نصب آیکن آن در قرار گرفته و کاملاً با آن لینک می شود.	
۶	Primavera Project Planner (P3) Ver. 5.2	متدالو ترین نرم افزار حرفه ای است. در ورژن ۲/۵ قابلیتهای User Friendly آن افزایش یافته است.	
۷	Primavera Enterprise (P3e)	علاوه بر امکانات P3 قابلیتهای مدیریت پروژه نظیر بخششای سازمانی EPS، گروه بندی پروژه ها، چارت سازمانی OBS، تعریف نقشهها، شماره حسابها مدیریت رسک، حدود آستانه ای و... را نیز دارد.	
۸	Primavera Expedition	نرم افزار جانبی از خانواده Primavera و خاص مدیریت قوارداده است.	
۹	Artemise	حرفه ای ترین نرم افزار بوده ولی به علت گرانی قیمت (حدود ۵۰۰ هزار دلار) ظاهراً هنوز به ایران وارد نشده	

7/4/2011

48



49

■ متابع و مراجع

- ◀ سیزده پور، مهدی؛ کنترل پروژه به روش کام به کام، انتشارات ترمه، چاپ نهم، پاییز 1389.
- ◀ حاج شیر محمدی، علی؛ مدیریت و کنترل پروژه، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ چهارم، زمستان 1380.
- ◀ هریس، ووبرت بی؛ ترجمه پانکی، محمدتقی؛ برنامه ریزی شبکه‌ای، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ دوم، 1372.
- ◀ نادری پور، محمود؛ برنامه ریزی و کنترل پروژه، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، 1384.
- ◀ کلشن، مقتنی؛ برنامه ریزی و کنترل پروژه، نظر زمل، 1389.
- ◀ قبادی، شهرام؛ جزوه درسی برنامه ریزی و کنترل پروژه، دانشگاه آزاد پردیس.
- ◀ شاکری، آرتوش؛ جزوه درسی مدیریت پروژه، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ◀ نوری، سیامک؛ شهریاری، فرهاد؛ محمودی، امیر؛ اصول و مفاهیم برنامه ریزی و مدیریت پروژه، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ اول، 1382.
- ◀ شهریاری، فرهاد؛ مدیریت پروژه و برنامه ریزی شبکه‌ای، انتشارات وثيق، چاپ اول، 1378.
- ◀ نوری، سیامک؛ جزوه درسی برنامه ریزی و کنترل پروژه، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ◀ شادرخ، شهرام؛ جزوه درس مدیریت پروژه، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف، 1385.
- ◀ قاسمی، هرام؛ جزوه درس کنترل پروژه، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف، 1389.
- ◀ فاضلی؛ تجزیه و تحلیل سیستمها با استفاده از گرت، 1382.
- ◀ موسسی مدیریت پروژه (PMI)، ترجمه میدی محسنی اصولی، احسان نجابت؛ استاندارد عملی سازمان مدیریت پروژه برای ساختارهای شکست کار، انتشارات شرکت ملی صنایع پتروشیمی، چاپ اول، 1382.

کنترل پروژه

محدوده، WBS، نمودارهای شبکه



7/4/2011

Project Management

1

ساختار شکست کار



7/4/2011

Project Management

2

تعاریف

■ تعاریف

« ساختار شکست کار (WBS):

- تجزیه سلسله مراتبی و مبتنی بر دستاوردهای کارهای پروژه (Project Works)
- سازماندهی و تعریف محدوده کلی پروژه
- تقسیم کارها به قسمتهای کوچکتر و قابل مدیریت تر

« کار (Work)

- تلاش فیزیکی یا فکری انجام شده برای غلبه بر موافع و دستیابی به یک هدف یا یک نتیجه؛
- یک فعالیت، وظیفه، کارکرد، یا مأموریت مشخص که اغلب جزء یا مرحله‌ای از یک تعهد بزرگتر می‌باشد:
- هر چیز تولید یا انجام شده با تلاش، تلا یا به کارگیری مهارت.

« شکست (Breakdown)

- تقسیم به اجزاء یا دسته‌ها؛ تفکیک به مواد ساده‌تر؛ تجزیه.

« ساختار (Structure)

- چیزی که در الگوی سازمانی معینی نظام یافته باشد.

7/4/2011

Project Management

3

تعاریف

■ تعاریف

« بسته کاری (Work Package) یا تلاش کاری (Work Effort):

- یک قلم قابل تحويل در پایین‌ترین سطح ساختار شکست کار، هنگامی که آن قلم قابل تحويل بتواند برای برنامه‌ریزی و اجرا په یک مدیر پروژه دیگر تخصیص داده شود. (انجمان مدیریت پروژه - سال 2000).

▪ آخرین سطح WBS

- ایجاد کننده امکان برنامه ریزی، تخمین هزینه، پایش و کنترل کارها

« تجزیه (Decomposition)

- تقسیم دستاوردهای پروژه به اجزای کوچکتر و قابل کنترل تر تا سطح بسته های کاری

« برنامه ریزی موج غلستان (Rolling Wave Planning)

- تاخیر انداختن تهیه WBS برای فعالیتهایی که هنوز واضح نیستند

« دیکشنری WBS

- مدرکی که هر یک از اجزای WBS را شرح می دهد

- شامل: ک، توضیح کار (Statement of Work)، بسته های کاری، مشخصات بسته های کاری (Work Package Specification)، مسؤول اجراء، لیست مالیستونهای برنامه، شاخصهای کنترل کیفی، منابع مورد نیاز و ...

7/4/2011

Project Management

4

انواع روش‌های تهیه WBS

■ انواع روش‌های تهیه WBS

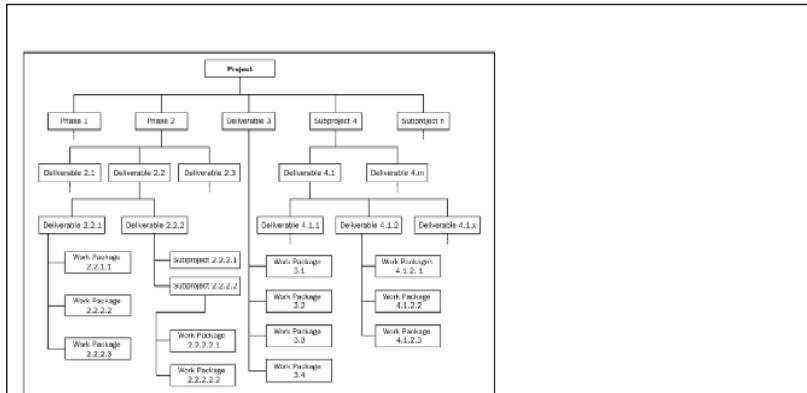
1. تجزیه فیزیکی
2. تجزیه کاری یا وظیفه‌ای (functional)
3. تجزیه طراحی/ساخت/آزمایش/اجرا
4. تجزیه فازی
5. تجزیه جغرافیائی
6. تجزیه نقش اقتصادی
7. تجزیه سازمانی (organizational)

7/4/2011

Project Management

5

WBS نمونه



7/4/2011

Project Management

6

معیارهای ارزیابی WBS

■ معیارهای ارزیابی WBS

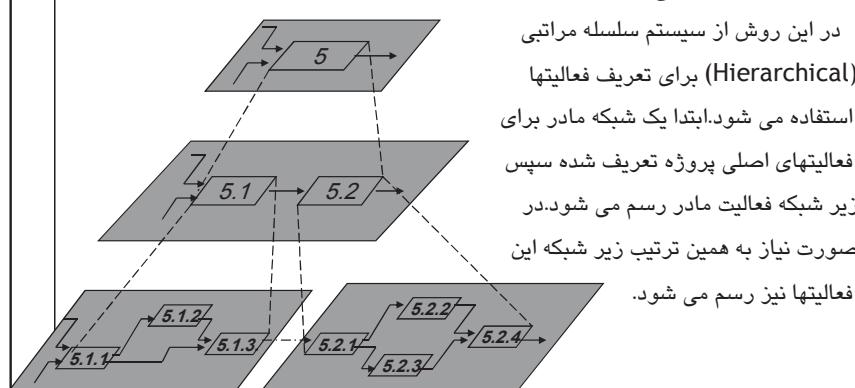
« ویژگهای یک WBS خوب:

- 1. قابلیت اندازه گیری مناسب
- 2. حدود زمانی مناسب
- 3. مشخص بودن نتایج در سطح آخر
- 4. برآورد هزینه/زمان
- 5. حدود مدت قابل قبول فعالیتها
- 6. استقلال فعالیت

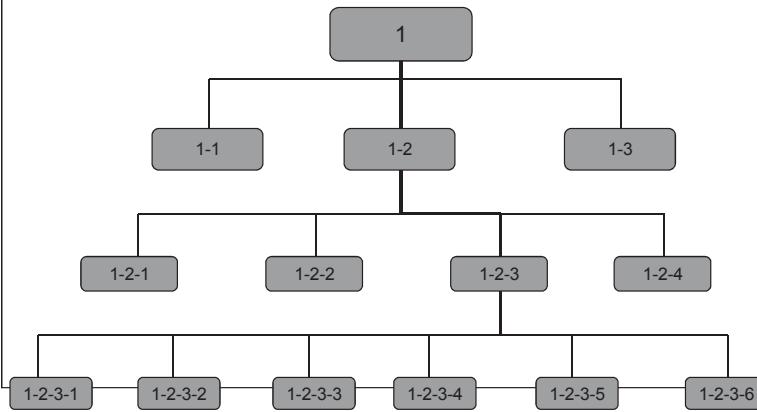
3-1- شناسایی فعالیت های پروژه به وسیله رسم نمودار WBS

■ 1- آشنایی با نمودار WBS

در این روش از سیستم سلسله مراتبی (Hierarchical) برای تعریف فعالیتها استفاده می شود. ابتدا یک شبکه مادر برای فعالیتهای اصلی پروژه تعریف شده سپس زیر شبکه فعالیت مادر رسم می شود. در صورت نیاز به همین ترتیب زیر شبکه این فعالیتها نیز رسم می شود.



■ نمایش یک پروژه اغلب توسط یک نمودار سلسله مراتبی مانند شکل زیر صورت می‌گیرد



9

■ نکته:

■ برای تبدیل یک باکس در سطح پایین تر حداقل 2 باکس نیاز است (تبدیل به یک مجاز نیست).

■ مشخصات سیستم کدینگ WBS:

- ↳ 1- میتوان سطح یک باکس را از طریق کد آن تشخیص داد.
- ↳ 2- حذف و اضافه باکس ها به سطوح WBS امکان پذیر است.
- ↳ 3- باکس ها کاملاً منحصر به فرد می باشند.
- ↳ 4- امکان دستیابی به اطلاعات یک باکس میسر می شود.

10

1-2-3- روشهای تهیه نمودار WBS

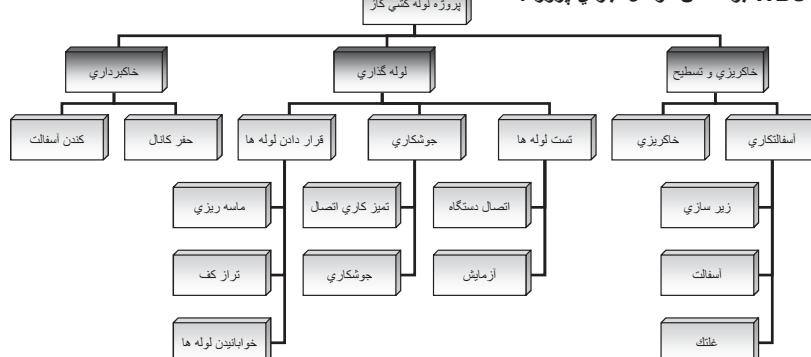
الف- تهیه WBS بر اساس مراحل اجرای پروژه:

هدف پروژه در سطح صفر آورده می شود. در سطح اول مراحل اصلی پروژه تعریف می شوند. در صورت نیاز هر یک از مراحل سطح اول به مراحل ریزتر تجزیه می شوند.

پس از تهیه WBS آن دسته از باکس‌هایی که تجزیه نشده اند کوچکترین واحد عملیاتی پروژه را نشان می دهند.

11

WBS بر اساس مراحل اجرای پروژه:



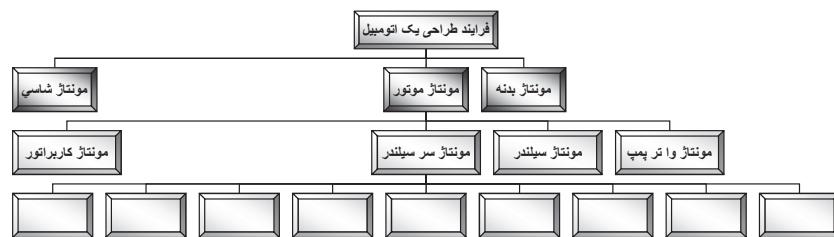
12

■ ب-تهیه WBS بر اساس فرایند مونتاژ محصول نهایی:

- در این روش عکس نمودار مونتاژ عمل می شود. ابتدا محصول نهایی در سطح صفر در نظر گرفته می شود و در یک فرایند دمونتاژ آنرا به محصولات اصلی در سطح 1 سپس 2 تجزیه می کنیم و در صورت نیاز به همین شکل ادامه می دهیم.

13

WBS بر اساس فرایند مونتاژ محصول نهایی:



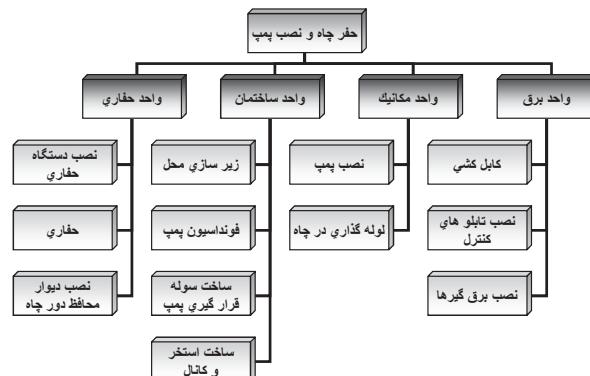
14

■ ج- تهیه WBS بر اساس واحد های اجرایی انجام دهنده پروژه:

- در سطح اول نام واحد های اجرایی پروژه نوشته می شود. در سطح دوم کارهای اصلی که بر عهده هر واحد اجرایی است نشان داده می شوند. در صورت نیاز می توان عناصر را ریزتر نمود.

15

WBS بر اساس واحد های اجرایی انجام دهنده پروژه:



16

3-3-1- تهیه دو نمودار به جای یک نمودار

الف- PBS (Product Breakdown Structure)

نمودار سلسله مراتبی ریز کردن محصول به اقلام قابل تحویل پروژه با هدف کنترل بودجه و درصد پیشرفت پروژه .

ب- FBS (Function Breakdown Structure)

نمودار سلسله مراتبی ریز کردن عملیات پروژه به عملیات کوچکتر با هدف شناسایی بهتر فعالیتهای پروژه .

17

الف- نمودار PBS

بر اساس محصولات قابل تحویل پروژه تهیه می گردد.

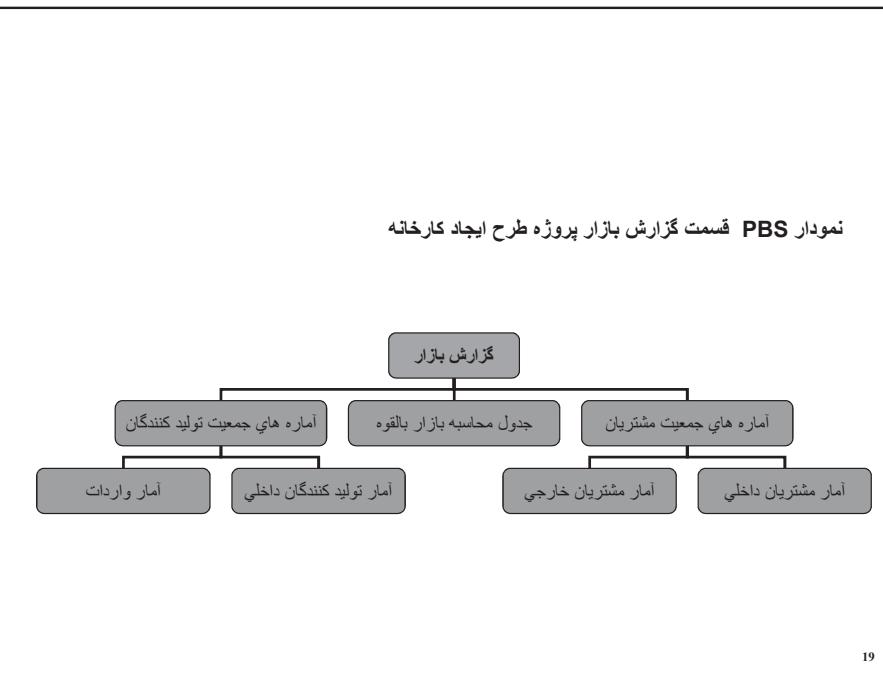
• محصول قابل تحویل (Deliverables) :

محصولات اصلی و فرعی، ساختمانها ، تاسیسات و اجزای آن.در مورد بخش تحقیقاتی پروژه ها عبارت است از گزارشات مکتوب، نقشه ها، نمودارها، جداول و نرم افزارها.این محصولات باید به گونه ای تعریف شوند که بعد از اجرای هر مرحله بتوان آن را تحویل گرفت .



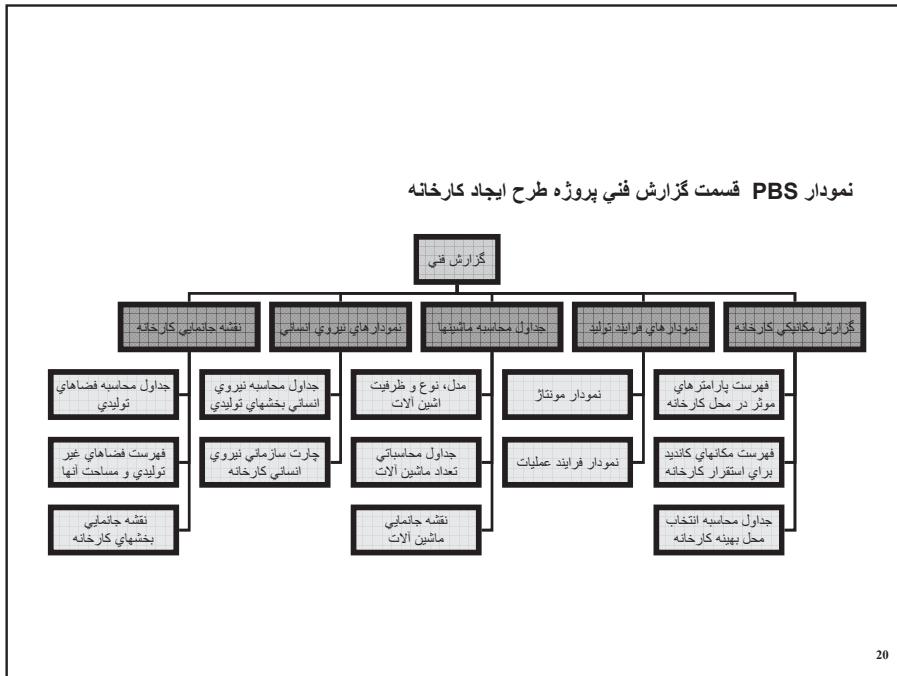
18

نمودار PBS قسمت گزارش بازار پروژه طرح ایجاد کارخانه

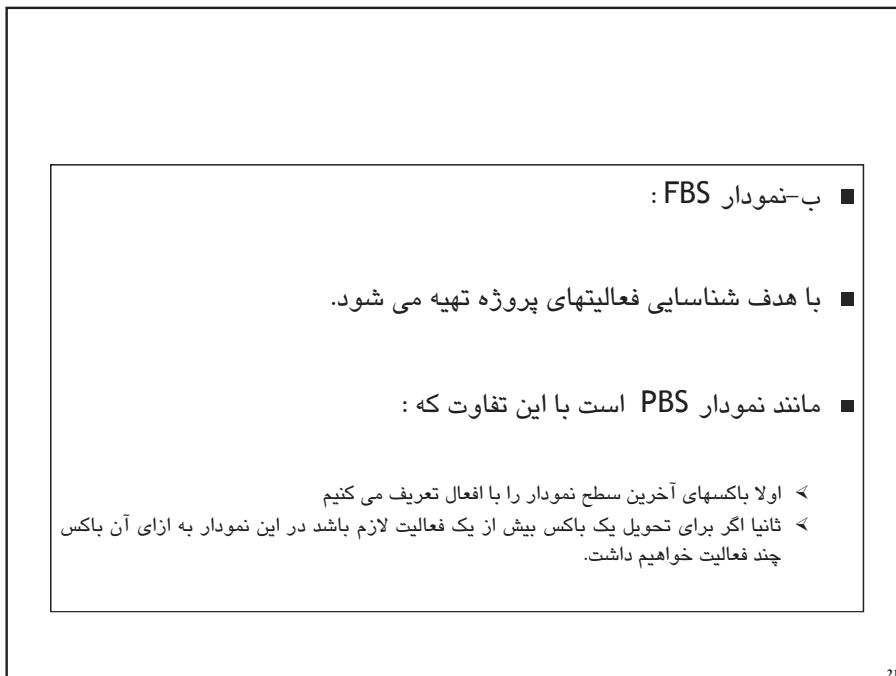


19

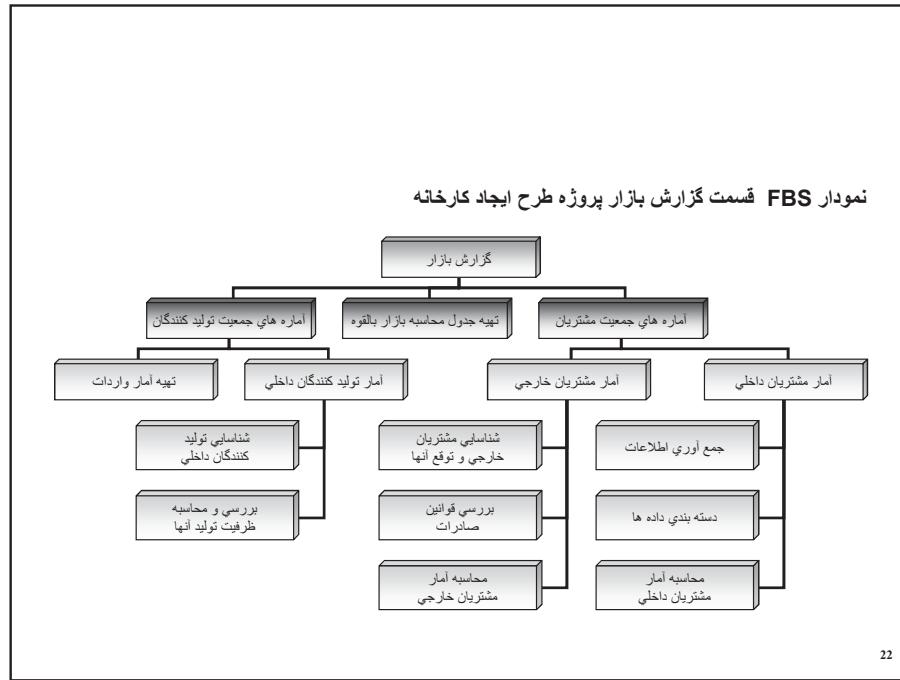
نمودار PBS قسمت گزارش فنی پروژه طرح ایجاد کارخانه



20

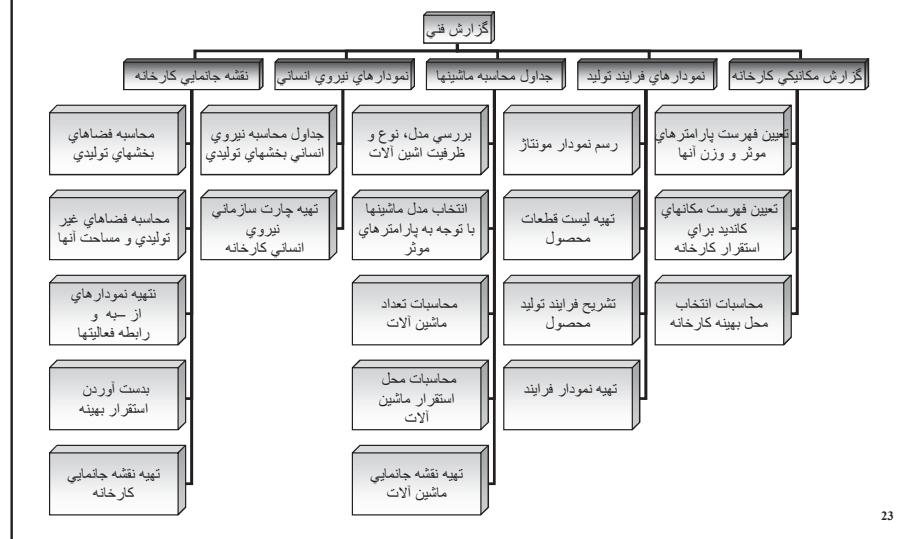


21



22

نمودار FBS قسمت گزارش فنی پروژه طرح ایجاد کارخانه



فصل دوم

معرفی روش های برنامه ریزی شبکه

روش های مختلف برنامه ریزی شبکه :

نمودار های گانت	CPM : روشن مسیر بحرانی
روش شبکه های پیش نیازی PN	روش ارزیابی و بازنگری پروژه ها PERT
روش گرافیکی ارزیابی و بازنگری پروژه ها GERT	
Gantt Charts	PERT : Project Evaluation & Review Technique
CPM : Critical Path Method	GERT : Graphical Evaluation & Review Technique
PN : Precedence Networks	

روش های مختلف برنامه ریزی شبکه :

روش های قطعی برنامه ریزی شبکه ای :
روش های قطعی برنامه ریزی شبکه ای شامل روشن مسیر بحرانی (CPM) و همچنین شبکه های پیش نیازی (PN) می باشند که تعدادی بر روشن مسیر بحرانی به حساب می آید. در این دو روشن مدت زمان نیاز برای انجام فعالیت ها قطعی فرض می گردند. تفاوت میان دو روشن فوق در وجود تنوع در روابط وابستگی میان فعالیت ها در روشن شبکه های پیش نیازی می باشد.

روش های مختلف برنامه ریزی شبکه :

روش های احتمالی برنامه ریزی شبکه ای :

روش های احتمالی برنامه ریزی شبکه شامل دو روش پرت (PERT) و گرت (GERT) می باشند. در روش های فوق زمان و یا ترکیب انجام فعالیت ها احتمالی بوده و دارای قطعیت نمی باشد. روش پرت در خصوص آن دسته از فعالیت ها کاربرد دارد که مدت زمان لازم برای انجام آنها قطعی نمی باشد در صورتی که در روش گرت ، ترکیب انجام فعالیت ها احتمالی بوده و فاقد قطعیت می باشد.

3-1-نمودار گانت (Gantt Chart)

1-1-آشنایی با نمودار گانت

نمودار گانت عمومی ترین وسیله برای نمایش برنامه های صنعتی است زیرا برای عموم افراد قابل فهم است ،
ولی وسیله مناسبی برای برنامه ریزی نیست

مثال 1-3- پروژه ساده‌ای را در نظر بگیرید که در آن شخصی که منزلش در طبقه چهارم یک آپارتمان است قصد خرید یک روزنامه از بیرون منزل را دارد. فرض کنید WBS این پروژه به شرح زیر باشد

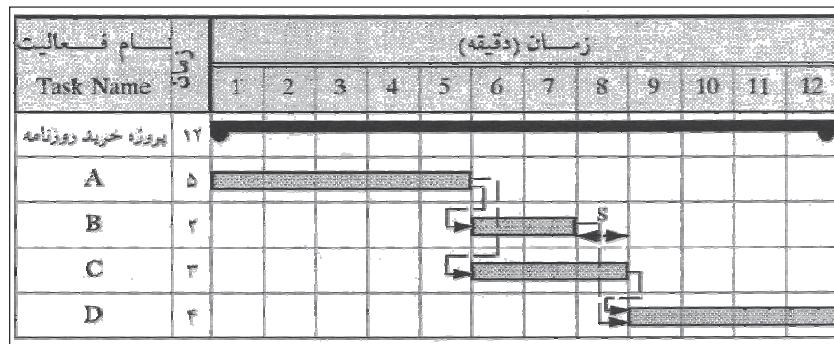


شکل 3-3- WBS شناسایی فعالیت‌های پروژه خرید روزنامه

جدول 1-3- شرح و مشخصات فعالیت‌های مثال 1-3

کد فعالیت	شرح فعالیت	زمان (دقیقه)	پیش‌باز
A	پوشیدن لباس	5	-
B	با کردن کفشه	2	A
C	پایین آمدن از طبقه 4	3	A
D	دفنن به پاچه و خرید	4	CB

شکل 4-3- نمایش نمودار گانت مثال 3-1



WBS-1-3- نحوه وارد کردن فعالیت‌ها در نمودار گانت با ساختار

روابط وابستگی یا پیش نیازی (predecessors) مابین 13

فعالیتی که در شکل 3-2، سطح بعدی ندارند تعیین می‌شوند. فرض

کنید روابط پیش نیازی مابین این 13 فعالیت به قرار جدول زیر باشد

جدول 3-2- تعیین روابط پیشناهی 13 فعالیت شکل 3-2

شماره	نام فعالیت Task Name	پیشناز
3	کدن آسالت	--
4	حفر کانال	3
7	ماسهربزی	4
8	تراز کف	7
9	خواهانیدن نولهای	12 , 8
11	تهیزکاری اتصال	4
12	جوش	11
14	اتصال دستگاه	9
15	آزمایش	14
17	خطکبرزی	15
19	ذیرسازی	17
20	آسالت	19
21	غلتان	20

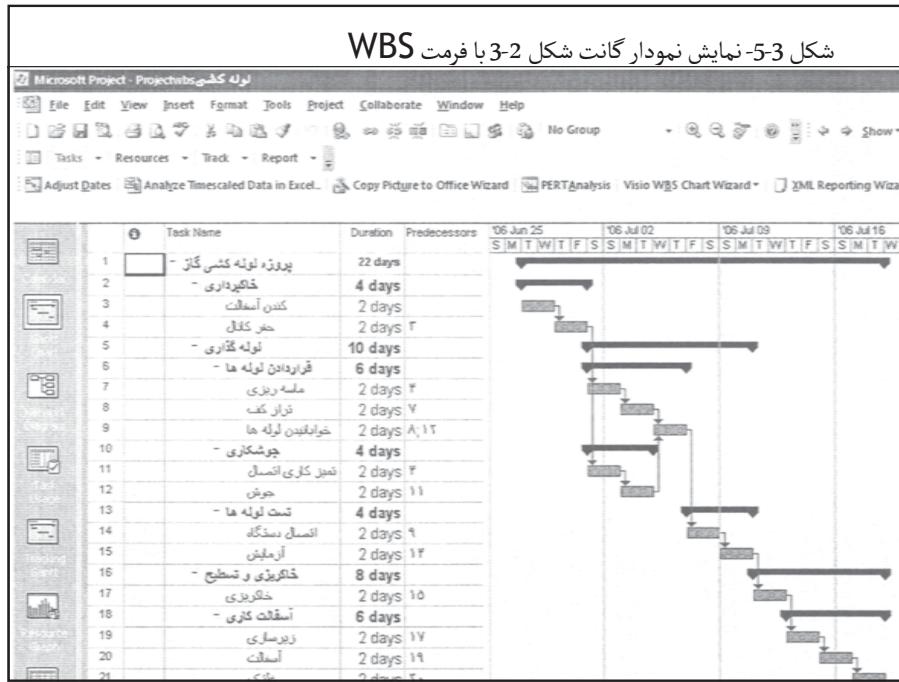
3-1-3- اشکالات نمودار گانت

الف) وسیله مناسبی برای محاسبات زمانی نیست.

ب) مشکل اخذ تصمیمات همزمان.

ج) فقدان انعطاف در بهنگام سازی زمانها

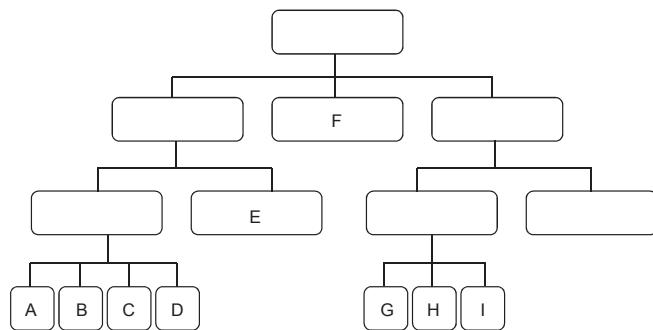
شکل 3-5-نمایش نمودار گانت شکل 2-3 با فرمت WBS



2-3-روش های رسم شبکه

با توجه به این که شبکه ها دارای قابلیت های محاسباتی قدرتمندی بوده و با تغییر عناصر زمان ، منابع و هزینه شکل شبکه ثابت می ماند، از جمله متدائل ترین ابزار نمایش و تحلیل فعالیت های پروژه محسوب شده و به دو سیستم معروف زیر رسم می گردند

مثال 2-3- اینک نمودار WBS زیر را در نظر بگیرید. تعداد فعالیت‌ها در این نمودار 10 تاست

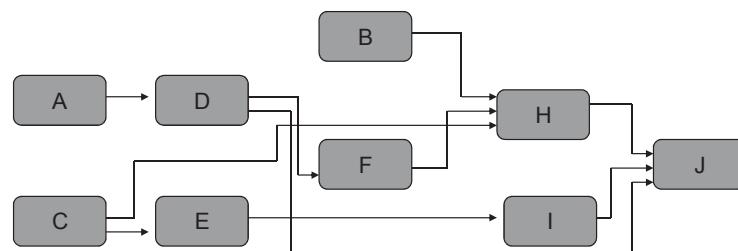


شکل 3-6- نمودار WBS مثال 2-3

نمودار 3-3- مشخصات فعالیت‌های مثال 2-3

فعالیت	پیشناز	فعالیت	پیشناز
A	--	F	D
B	--	G	D
C	--	H	A, B, C, F
D	A	I	E
E	C	J	G, H, I

شکل 3-7- شبکه گرهای AoN معادل شبکه برداری
شکل 3-14- ب AoN



نکته 3-2: از آنجایی که باکس‌های مادر به فعالیت‌های مرتبط شکسته شده‌اند، لازم نیست در شبکه نمایش داده شوند

2-2-3- شبکه برداری یا سیستم فعالیت روی کمان (AoA)



شکل 3-8- نمایش یک فعالیت در شبکه برداری و رویدادهای شروع و پایان آن

تعریف فعالیت (**Activity or Task**) : کوچکترین واحد کنترل در نمودار **WBS** بوده که سطح بعدی نداشته و دارای زمان بوده و ممکن است نیازمند منابع و هزینه نیز باشد.

تعریف رویداد (**Event**) : رویداد یک لحظه زمانی را تشکیل می‌دهد و فقط برای نمایش شروع و پایان فعالیت بوده و احتیاج به زمان و هزینه و منابع کاری و مصرفی ندارد

نکات :

1- طول پیکان نشان‌دهنده هیچ مشخصه‌ای از فعالیت نمی‌باشد و فقط با توجه به موقعیت آن در شبکه و آسانی رسم ممکن است کوتاه‌تر یا بلندتر رسم شود.

2- جهت پیکان نشان‌دهنده جهت پیشرفت زمان ، صرف هزینه یا کاربرد منابع کاری برای فعالیت بوده و حالت برداشی ندارد

3- برای شناسایی یک فعالیت می‌توان به سه طریق عمل کرد :

(الف) نوشتن شرح فعالیت روی پیکان

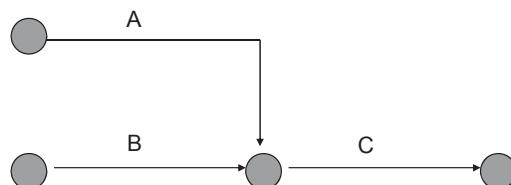
(ب) نوشتن کد فعالیت روی آن

(ج) شناسایی آن به وسیله شماره‌های رویداد شروع و رویداد ختم ، مثلاً بخوانیم فعالیت **J-a**

- قواعد رسم شبکه های برداری (AOA) -

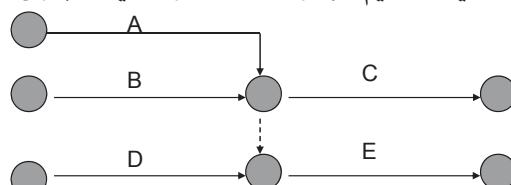
■ قاعده اول:

- برای شروع یک فعالیت ، کلیه فعالیت های پیشینیازی آن باید به اتمام رسیده باشند. در شبکه زیر مادامی که فعالیتهای B و A به اتمام نرسیده اند، فعالیت C نمی تواند شروع شود. فعالیتهای B و A فعالیتهای پیشینیازی فعالیت C هستند.



■ قاعده دوم:

- در هنگامی که شروع فعالیتی مستلزم اتمام یک یا چند فعالیت دیگر باشد و رابطه ای بین این فعالیتها وجود نداشته باشد از یک فعالیت مجازی استفاده میکنیم که به صورت خط چین نمایش داده می شود.
- در شکل زیر اگر بخواهیم علاوه بر فعالیت D فعالیتهای A و B را نیز پیش نیاز فعالیت E کنیم تنها راه استفاده از فعالیت مجازی است.



■ فعالیت مجازی:

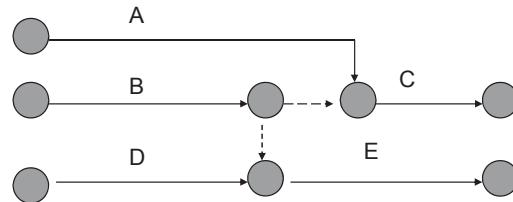
فعالیتی که نیاز به منبعی ندارد، زمان آن صفر است و فقط برای نمایش رابطه بین فعالیتها از آن استفاده می شود.

در صورتی که روابط شبکه قبل به صورت زیر تغییر پیدا کند:

■ شروع فعالیت E بعد از اتمام فعالیتهای D و B

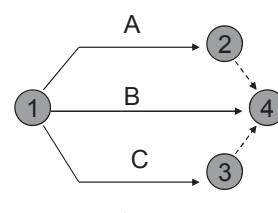
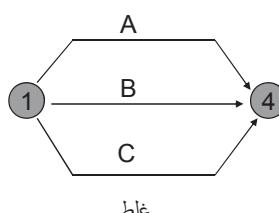
■ شروع فعالیت C بعد از اتمام فعالیتهای A و B

خواهیم داشت:



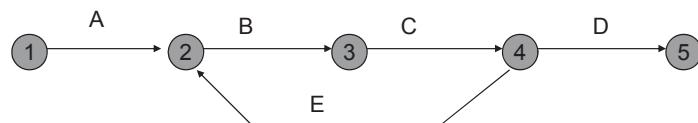
■ قاعدة سوم:

■ بین هر دو رویداد تنها رسم یک فعالیت مجاز است
برای رفع این اشکال می توان از فعالیت های مجازی استفاده کرد



■ قاعده چهارم:

- شماره رویداد پایان یک فعالیت همیشه باید بیشتر از شماره رویداد شروع آن باشد. یعنی اگر شماره رویداد شروع A و شماره رویداد پایان J باشد همیشه باید $J > A$ رعایت شود.
- رعایت این نکته باعث جلوگیری از ایجاد حلقه می شود.



■ قاعده پنجم:

- هر شبکه تنها یک رویداد شروع و یک رویداد پایان دارد.
- لازم به ذکر است که قواعد سوم، چهارم و پنجم مربوط به کامپیوتری کردن شبکه می باشد.

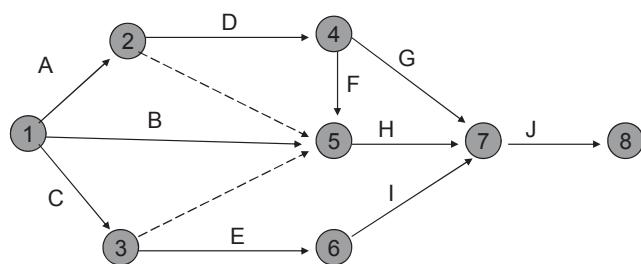
- ترسیم شکل نهایی شبکه -

- در ترسیم یک شبکه باید سعی شود از حداقل فعالیت های مجازی استفاده شود و شکل شبکه باید تا حد ممکن ساده باشد.

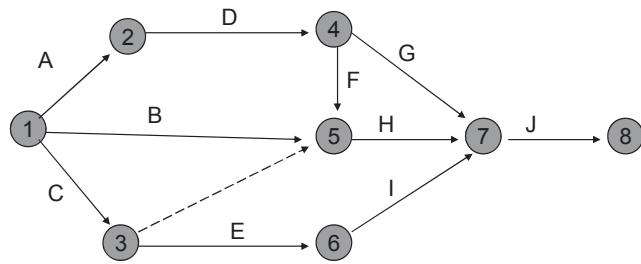
■ مثال ۱-۲- فعالیت های زیر را در نظر بگیرید:

پیشیاز	فعالیت	پیشیاز	فعالیت
D	F	--	A
D	G	--	B
A,B,C,F	H	--	C
E	I	A	D
G,H,I	J	C	E

- با توجه به اطلاعات داده شده شبکه را رسم می کنیم.

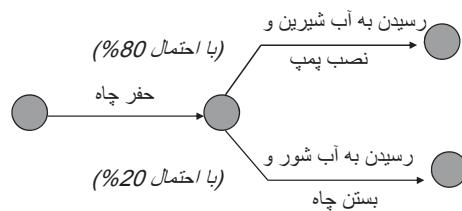


- بعد از رسم شبکه مشاهده می شود فعالیت مجازی ۵-۲ زائد است در نتیجه آن را حذف می کنیم و خواهیم داشت:



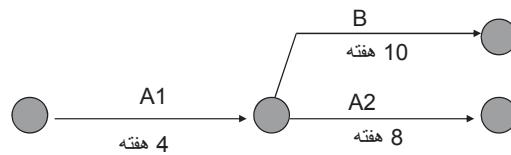
1-3-3-1- فرضیات مدل برنامه ریزی شبکه ای برداری قطعی

- 1- شروع و پایان کار باید قابل تشخیص باشد
- 2- برای انجام یک فعالیت، کلیه فعالیت های پیشنازی آن باید انجام شده باشد
- 3- برای تولید پیوسته مناسب نیست
- 4- زمان فعالیتها قطعی است نه احتمالی
- 5- در رسم شبکه شروع فعالیتها حتمی فرض می شود و شبکه ای مانند شکل زیر قابل قبول نمی باشد

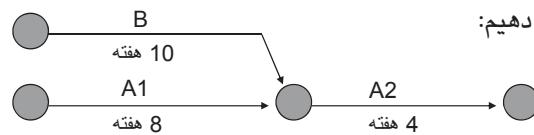


- 6- یک فعالیت نمی تواند مانع از انجام فعالیت دیگر شود و یا آنرا متوقف کند. در چنین مواردی باید فعالیت ها را به دو قسمت تقسیم کرد. برای نمونه:

- اگر فعالیت A 10 هفته و فعالیت B 12 هفته طول بکشد به شرطی که شروع B 4 هفته بعد از شروع A باشد باید فعالیت A را به دو قسمت تقسیم کنیم.



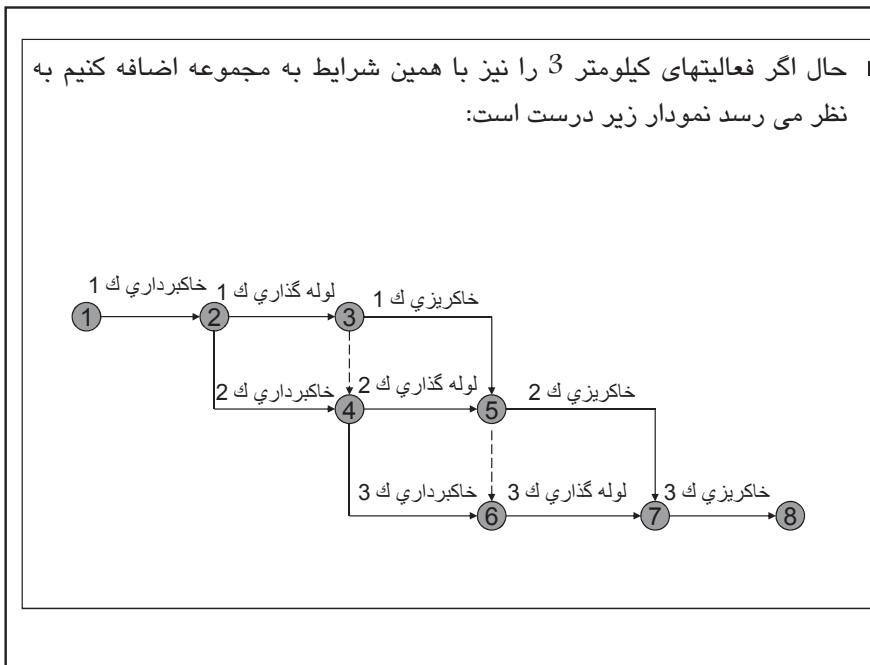
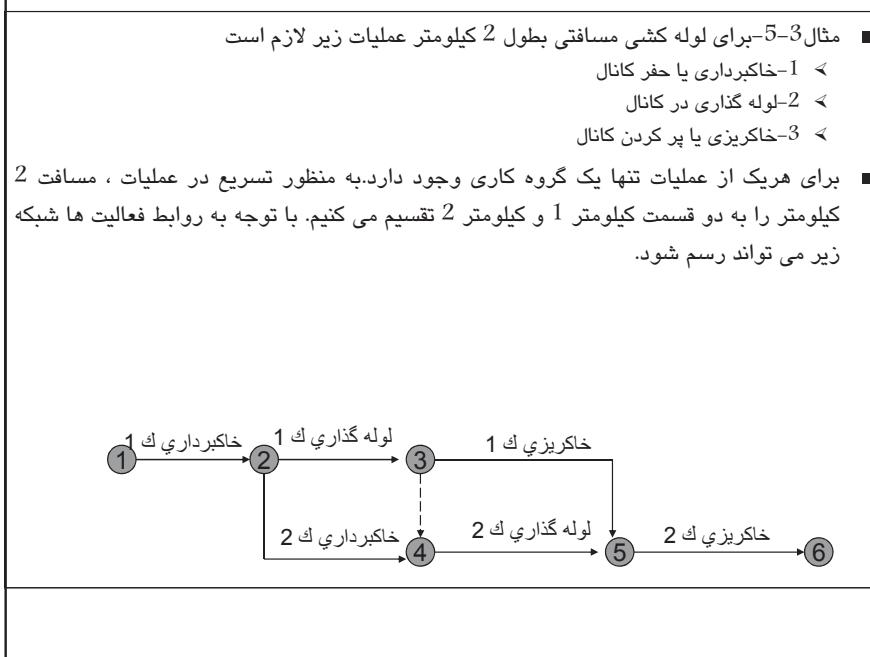
- به همین ترتیب اگر B 8 هفته بعد از شروع فعالیت A پایان پذیرد آنرا به شکل زیر نشان می دهیم:



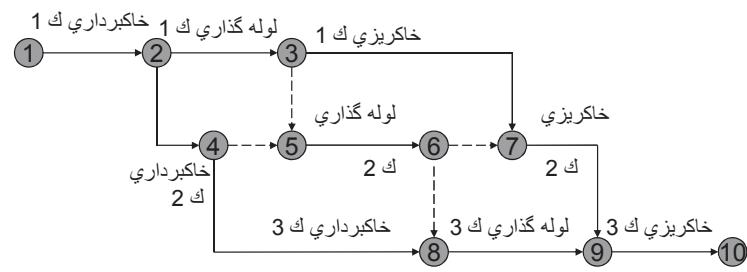
- 7- مدت توقف کارها، مدت انتظار دریافت مواد اولیه و یا فاصله زمانی بین کارها را نیز می توان بصورت بردار در شبکه نشان داد.



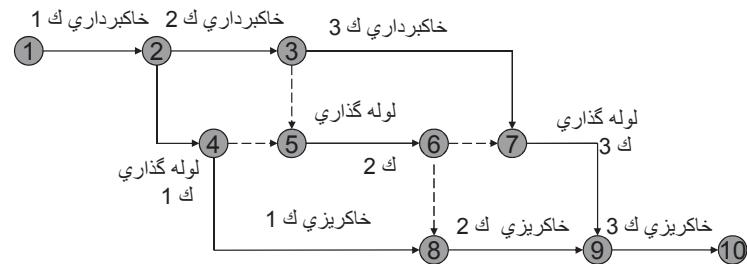
- در فصل های بعد خواهیم دید که اکثر این محدودیتها توسط سایر تکنیکها مثل GERT و PN, PERT برداشته می شود.



■ این شبکه اینطور به ما نشان می دهد که لوله گذاری کیلومتر 3 تا پایان خاکریزی کیلومتر 1 نمی تواند شروع شود که اشتباه است. همچنین این اشتباه در مورد خاکبرداری و خاکریزی کیلومتر 3 نیز تکرار شده است. برای تصحیح این اشتباهات باید از فعالیت های مجازی استفاده نمود:



■ می توان شبکه فوق را به شکل زیر نیز رسم نمود. بنابر این شکل ظاهری شبکه ها منحصر بفرد نیست.



3-4- نوع یا ماهیت وابستگی ها

الف- وابستگی های طبیعی ■

ب- وابستگی های امکانی ■

■ الف- وابستگی های طبیعی:

■ فعالیتها به طور منطقی و طبیعی به هم وابسته هستند. مثلا در یک پروژه لوله کشی فاضلاب تا زمانیکه خاکبرداری انجام نشود لوله گذاری نمی تواند شروع شود. این دو فعالیت به طور طبیعی وابسته ند.

■ ب- وابستگی های امکانی:

■ این نوع وابستگی به دلیل محدودیت در منابع یا امکانات در دسترس ایجاد می شود. برای نمونه در مثال 3-1 از لحاظ منطقی ، خاکریزی کیلومتر 2 ربطی به خاکریزی کیلومتر 1 ندارد اما از آنجاکه برای هر یک از عملیات تنها یک گروه کاری وجود دارد، خاکریزی کیلومتر 2 وقتی می تواند شروع شود که خاکریزی کیلومتر 1 تمام شده باشد.

قوانين رسم شبکه های مسیر بحرانی^۱ :

قانون ۱ : هر فعالیت باید فقط یکبار بر روی شبکه ظاهر شود.

قانون ۲ : دو فعالیت نباید دارای یک اسم مشابه باشند.

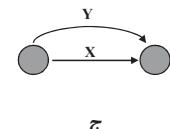
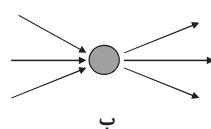
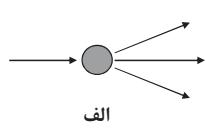
قانون ۳ : شبکه باید فقط دارای یک رویداد آغازین و یک رویداد پایانه باشد.

Critical Path Method

قوانين رسم شبکه های مسیر بحرانی :

قانون ۴ : هر تعداد فعالیت می توانند از یک رویداد آغاز شوند ، یا به یک رویداد ختم گردند ولی

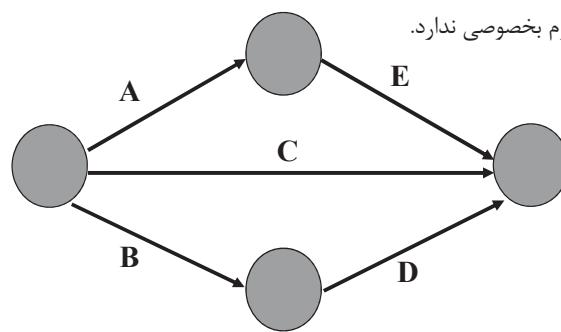
دو فعالیت نمی توانند دارای یک رویداد پایه و یک رویداد پایان باشند.



قوانين رسم شبکه های مسیر بحرانی :

قانون ۵ : یک شبکه نمودار دارای مقیاس زمان نیست (به استثنای مواردی که شبکه را عمداً با مقیاس زمان ترسیم می کنند) بنابراین طول کمانهای نشان دهنده فعالیت ها ، در شبکه ها

اهمیت یا مفهوم بخصوصی ندارد.



قوانين رسم شبکه های مسیر بحرانی :

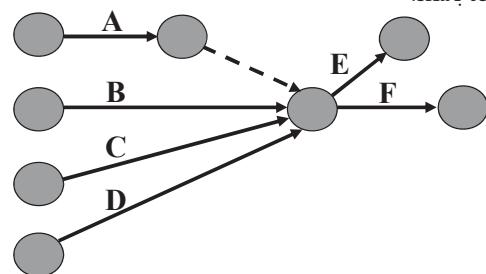
قانون ۶ : راستای جغرافیابی فعالیت ها دارای مفهوم ویژه ای نیستند ولی مناسب است شبکه ها همواره به صورتی ترسیم شوند که رویداد پایه در سمت چپ رویداد پایان قرار گیرد (جهت فعالیت ها از چپ به راست باشد).

قانون ۷ : رویدادها باید به صورتی شماره گذاری شوند که همواره شماره رویداد پایه هر فعالیت از شماره رویداد پایان آن کوچکتر باشد و از یک شماره برای نامیدن دو رویداد مختلف استفاده نشود.

قوانين رسم شبکه های مسیر بحرانی :

قانون 8 : روابط پیش نیازی و وابستگی در شبکه همواره به صورتی است که فعالیت هایی که از یک رویداد خارج می شوند وقتی می توانند شروع شوند که همگی فعالیت هایی که به آن رویداد

می رسند انجام شده باشند.



قوانين رسم شبکه های مسیر بحرانی :

قانون 9 : واحد زمان در شبکه ها باید همواره یکسان باشد. مثلا زمان همگی فعالیت ها به واحد روز یا هفته نشان داده شود.

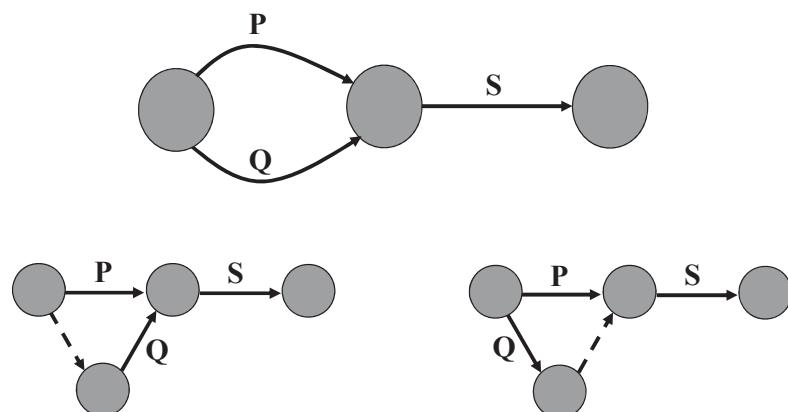
لازم به توضیح است که رعایت همگی قوانین 1 تا 9 در شرایطی که محاسبات به صورت دستی انجام می شوند ضروری نبوده و بعضی از این قوانین مربوط به شرایطی هستند که محاسبات به وسیله کامپیوتر انجام می گیرند.

کاربرد صحیح فعالیتهای موهومی :

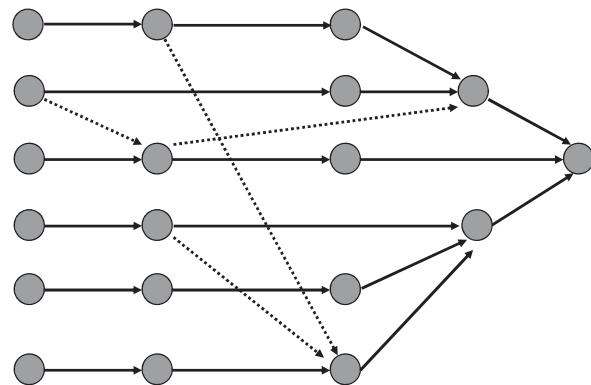
فعالیت های موهومی فعالیت هایی هستند که در عمل وجود نداشته و برای صحیح نشان دادن وابستگی ها به هنگام رسم شبکه مورد استفاده قرار می گیرند.

- 1 - برای فعالیت هایی که از یک رویداد آغاز شده و به یک رویداد ختم می شوند.
- 2 - برای قطع وابستگی های غیر ضروری
- 3 - در شرایطی که شبکه بیش از یک رویداد آغازین یا پایانه داشته باشد.

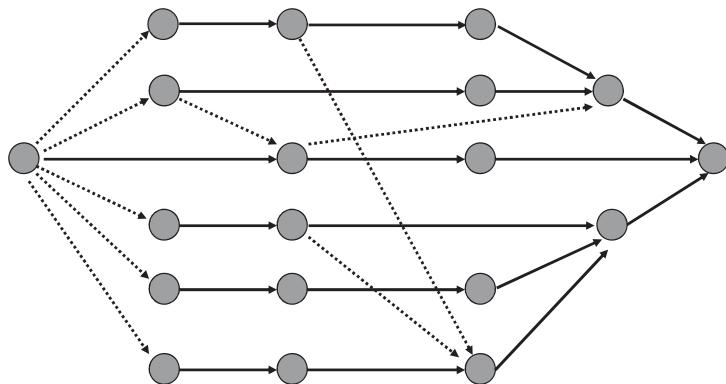
کاربرد صحیح فعالیتهای موهومی :



کاربرد صحیح فعالیتهای موهومی :



کاربرد صحیح فعالیتهای موهومی :



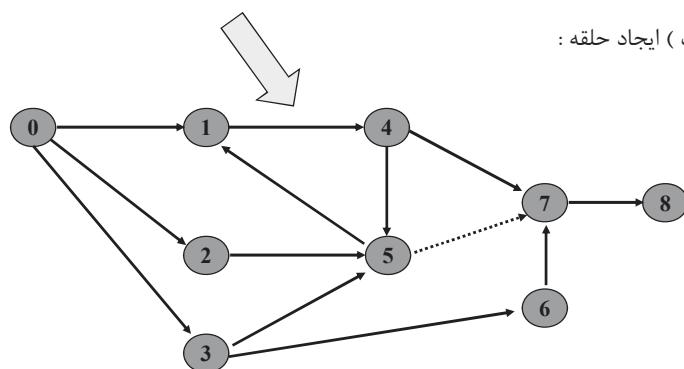
اشتباهات رایج در ترسیم شبکه :

با نادیده گرفتن یا عدم دقت در رعایت قوانین رسم شبکه عموماً اشتباهات زیر ممکن است رخ دهند :

- الف) ایجاد حلقه
- ب) وابستگی های غیر ضروری
- ج) فعالیت های موهومی غیر ضروری

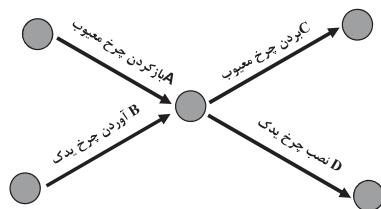
اشتباهات رایج در ترسیم شبکه :

الف) ایجاد حلقه :



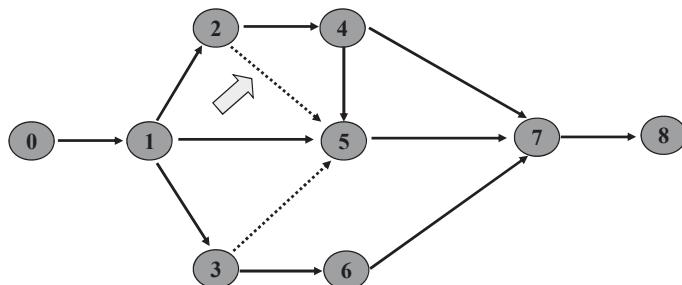
اشتباهات رایج در ترسیم شبکه :

ب) وابستگی های غیر ضروری :



اشتباهات رایج در ترسیم شبکه :

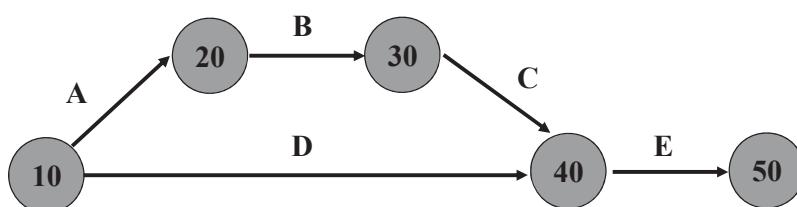
ج) فعالیت های موهومی اضافی :



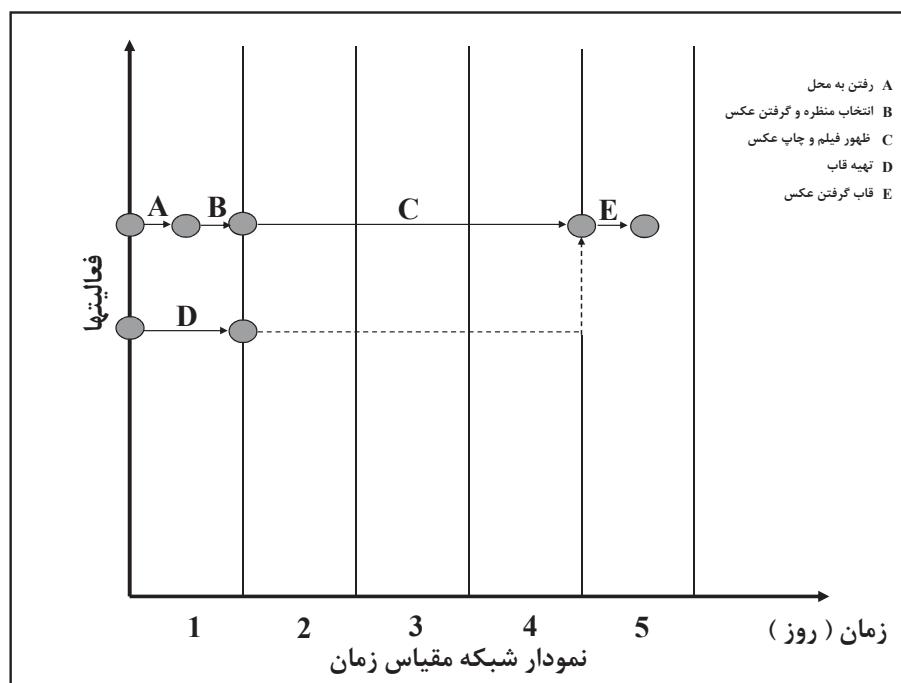
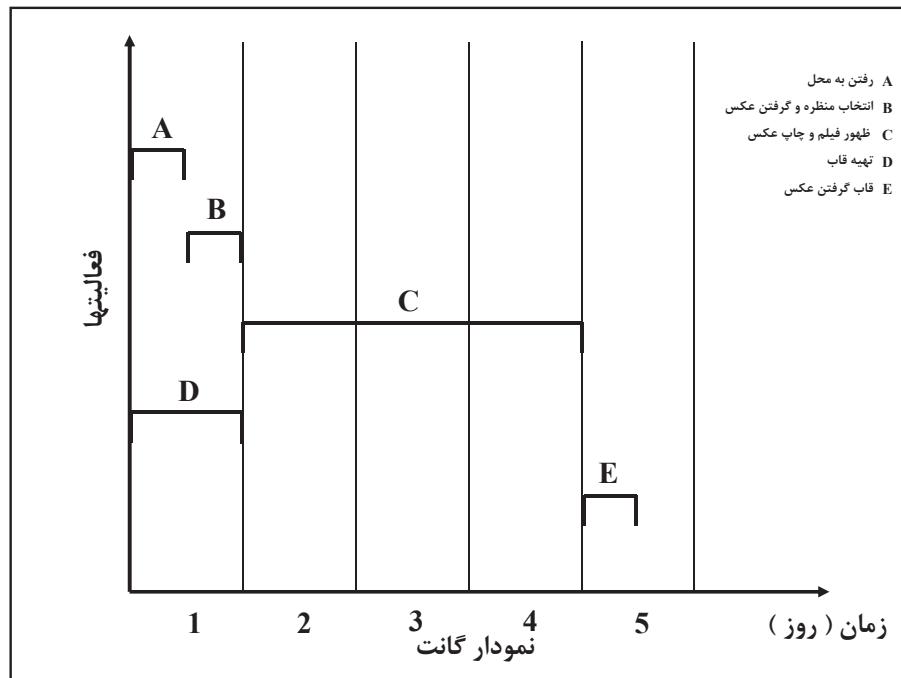
مثال اول

نام فعالیت	شرح	زمان (روز)
A	رفتن به محل	2/1
B	انتخاب منظره و گرفتن عکس	2/1
C	ظهور فیلم و چاپ عکس	3
D	تهیه قاب	1
E	قابل گرفتن عکس	2/1

A رفتن به محل
 B انتخاب منظره و گرفتن عکس
 C ظهور فیلم و چاپ عکس
 D تهیه قاب
 E قابل گرفتن عکس



نمودار شبکه

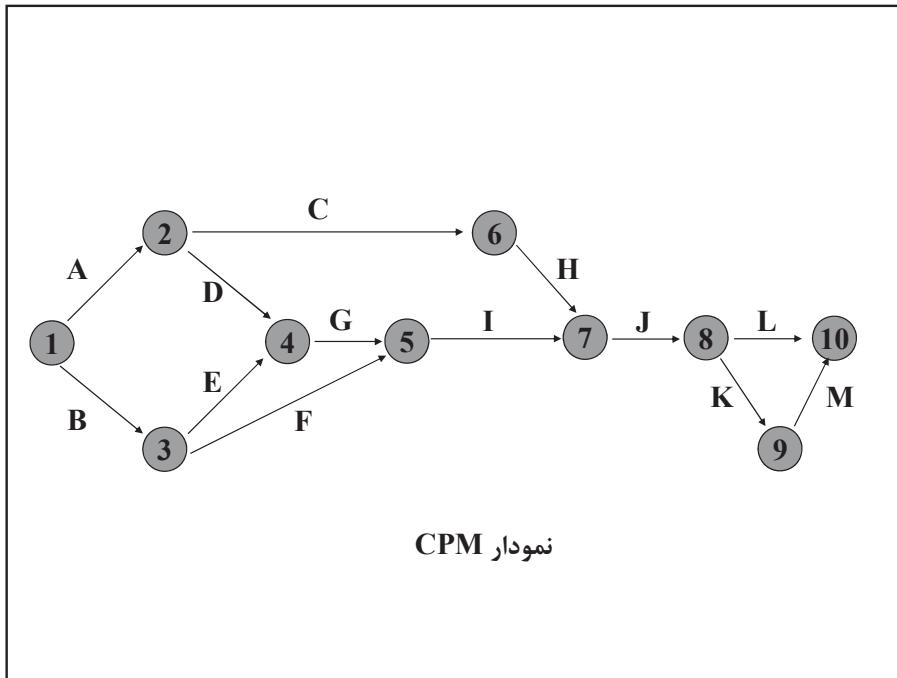


مثال دوم

نام فعالیت	شرح
A	برقرار نمودن یک کارگاه موقت ساختمانی
B	نصب دیوار توری موقت در اطراف محوطه
C	برش و جوشکاری قطعات اسکلت فلزی
D	ساخت قطعات میله های فلزی آرماتور
E	کندن بی
F	نصب ماشینهای بتون سازی
G	قرار دادن میله های آرماتور در بی
H	رنگ آمیزی اسکلت فلزی
I	ریختن بتن فونداسیون
J	سوار کردن (نصب) اسکلت فلزی
K	بنای دیوار آجری
L	نصب ورق فلزی سقف
M	بندکشی دیوار آجری

فعالیت	پیش نیاز(ها)
H	C
I	G,F
J	I,H
K	J
L	J
M	K

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



فصل سوم

محاسبات زمان

محاسبات زمانی یا روش مسیر بحرانی (CPM)

1-4-محاسبات مسیر پیشرو

2-4-محاسبات مسیر پرسرو

3-4-محاسبات انواع فرجه یا زمانهای شناوری

1-3-4-فرجه کل

2-3-4-مسیر بحرانی

3-3-4-فرجه آزاد

4-3-4-فرجه اینمی

5-3-4-فرجه مستقل

6-3-4-مقایسه فرجه ها

4-4-رتبه بندی فعالیتها به ترتیب درجه بحرانی بودن

5-4-محاسبات زمانی به روش جدولی یا کامپیوتري

6-4-روابط میان فرجه های کل و آزاد

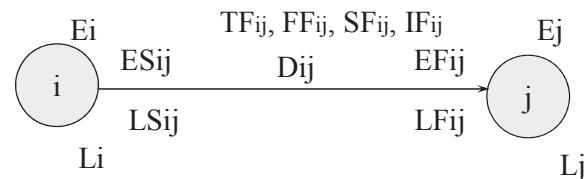
1-6-4-روابط بین فرجه کل در یک شبکه

2-6-4-روابط بین فرجه آزاد و فرجه کل در یک شبکه

7-4-بهنگام سازی برنامه زمان بندی

علامات اختصاری

مدت زمان پیش بینی شده فعالیت $j-i$	(Duration) : D_{ij}	■
زود ترین زمان مجاز وقوع رویداد i	(Earliest event time) : E_i	■
دیرترین زمان مجاز وقوع رویداد i	(Latest event time) : L_i	■
زودترین زمان مجاز شروع فعالیت j	(Earliest Start) : ES_{ij}	■
زودترین زمان مجاز پایان فعالیت j	(Earliest Finish) : EF_{ij}	■
دیرترین زمان مجاز شروع فعالیت j	(latest Start) : LS_{ij}	■
دیرترین زمان مجاز پایان فعالیت j	(Latest Finish) : LF_{ij}	■
فرجه یا زمان شناوری کل فعالیت $j-i$	(Total Float) : TF_{ij}	■
فرجه یا زمان شناوری آزاد فعالیت $j-i$	(Free Float) : FF_{ij}	■
فرجه یا زمان شناوری اینمی فعالیت $j-i$	(Safety Float) : SF_{ij}	■
مسیر یا مسیرهای بحرانی یک شبکه	(Independent Float) : IF_{ij}	■
	(Critical Path) : CP	■



فرمت نمایش علامت اختصاری روی یک فعالیت و رویدادهای شروع و پایان آن

محاسبات مسیر پیشرو

گام 1: زودترین زمان وقوع رویداد آغاز شبکه را برابر با صفر قرار می دهیم. ($E1=0$)

گام 2: زودترین زمان شروع هر فعالیت همیشه برابر با زودترین زمان وقوع رویداد آغاز آن فعالیت است.

$$ES_{ij} = E_i$$

زودترین زمان پایان هر فعالیت همیشه برابر با زودترین زمان وقوع رویداد آغاز آن فعالیت بعلاوه مدت آن فعالیت می باشد.

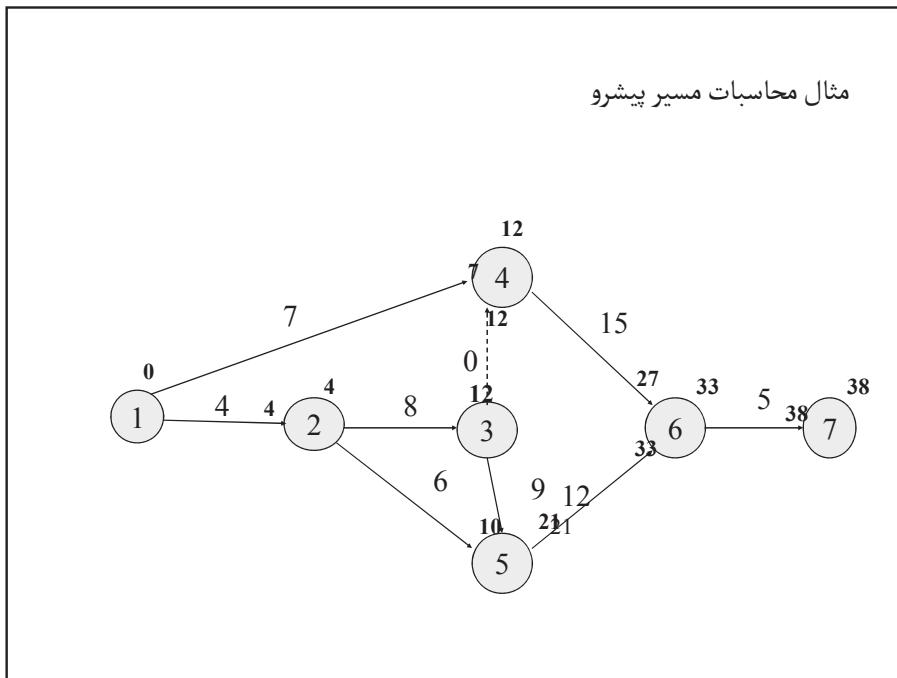
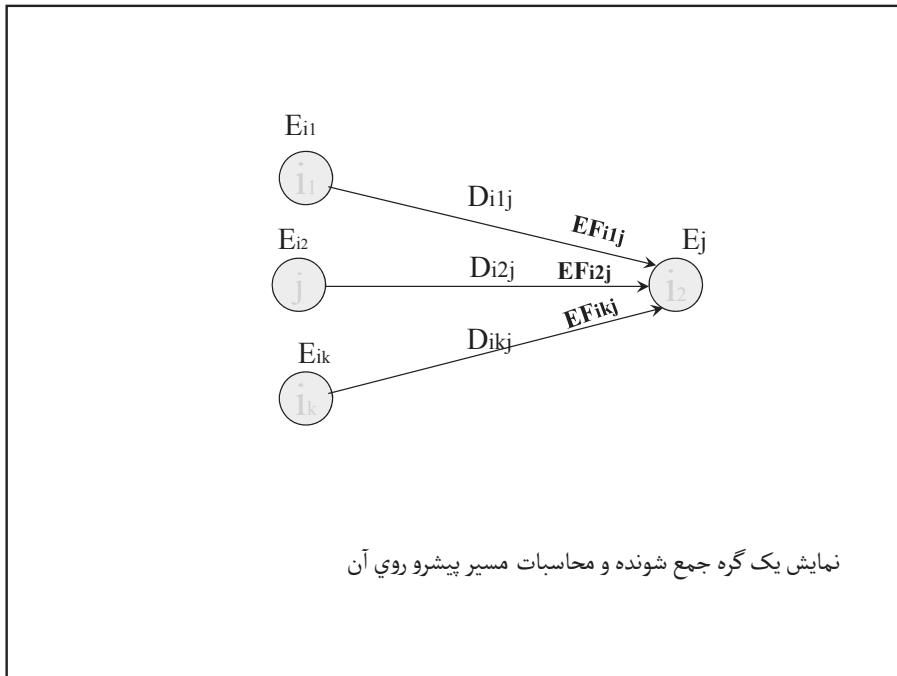
$$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij} \text{ یا } EF_{ij} = E_i + D_{ij}$$

محاسبات مسیر پیشرو

گام 3: زودترین زمان وقوع رویداد j ام شبکه را برابر بزرگترین زودترین زمان پایان فعالیتهایی که به آن رویداد ختم می شوند قرار می دهیم.

$$E_j = \text{Max} \{EF_{i1j}, EF_{i2j}, \dots, EF_{ikj}\}$$

گام 4: گامهای 2 و 3 را آنقدر تکرار می کنیم تا در نهایت زودترین زمان وقوع گره آخر (E_n) یا اتمام پروژه محاسبه گردد.



محاسبات مسیر پرسو

■ گام 1 : دیرترین زمان وقوع رویداد نهایی شبکه را برابر با زودترین زمان وقوع این رویداد قرار می دهیم . $(Ln=En)$ □

■ گام 2 : دیرترین زمان پایان هر فعالیت همیشه برابر با دیرترین زمان وقوع رویداد آن فعالیت است.

$$LF_{ij}=L_j$$

دیرترین زمان شروع هر فعالیت همیشه برابر با دیرترین زمان وقوع رویداد پایان آن فعالیت منهای مدت آن فعالیت می باشد.

$$LS_{ij}=LF_{ij}-D_{ij} \quad \text{يا} \quad LS_{ij} = L_i - D_{ij}$$

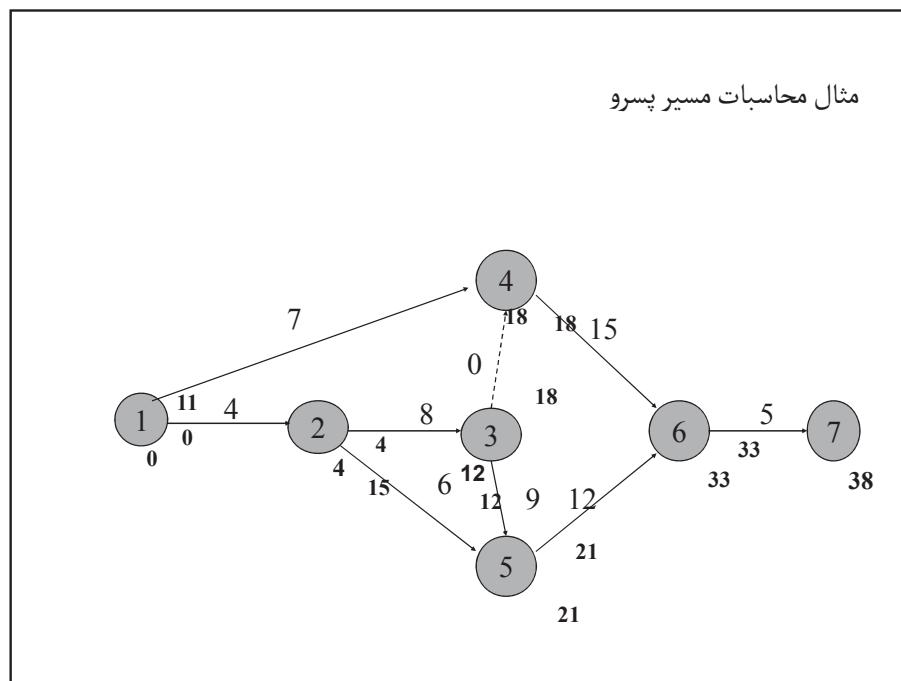
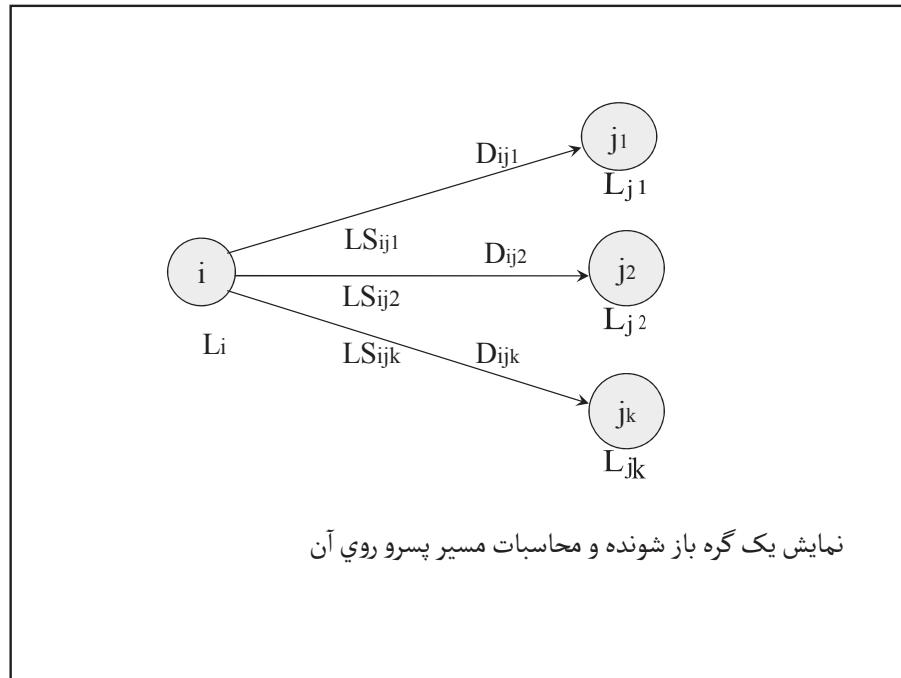
■

محاسبات مسیر پرسو

■ گام 3 : دیرترین زمان وقوع رویداد **A** شبکه را برابر با کوچکترین دیرترین زمان شروع فعالیتهايی که از آن رویداد منشعب می شوند قرار می دهیم .

$$L_i = \text{Min} \{ LS_{i1j}, LS_{i2j}, \dots, LS_{ikj} \}$$

■ گام 4 : گامهای 2 و 3 را به سمت گره اول آنقدر تکرار می کنیم تا در نهایت دیرترین زمان وقوع گره اول شبکه (**L_i**) بدست آید.



محاسبات انواع فرجه یا زمانهای شناوری

Total Float → TF_{ij}

Free Float → FF_{ij}

Safety Float → SF_{ij}

Independent Float → IF_{ij}

محاسبات انواع فرجه یا زمانهای شناوری

فرجه کل (Total Float) ■

تعریف: حداقل زمانی که یک فعالیت می‌تواند تاخیر مجاز داشته

باشد، بدون آنکه روی زمان اتمام کل پروژه تاثیر بگذارد.

$$TF_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} \quad \text{یا} \quad TF_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij}$$

$$TF_{ij} = L_j - E_i - D_{ij}$$

محاسبات انواع فرجه یا زمانهای شناوری

■ مسیر بحرانی (Critical Path)

■ تعریف: مسیر بحرانی متشکل از فعالیتهایی است که فرجه کل آنها برابر صفر است ($TF_{ij} = 0$) ، یعنی هیچ تأخیری در زمان فعالیتهای این مسیر جایز نیست.

محاسبات انواع فرجه یا زمانهای شناوری

فرجه آزاد (Free Float)

• تعریف: مدت زمانی که یک فعالیت می تواند تاخیر مجاز داشته باشد ، بدون آنکه روی زودترین زمان شروع فعالیتهاي بعد از خود تاثير بگذارد.

$$FF_{ij} = E_j - EF_{ij}$$

$$FF_{ij} = \overline{ES_{jk}} - EF_{ij}$$

فعالیت بعدی $\leftarrow ES$

محاسبات انواع فرجه یا زمانهای شناوری

■ فرجه ایمنی (Safety Float)

■ تعریف: اگر قرار باشد فعالیتهای قبلی فعالیت j - i در دیرترین زمان خود یعنی L_i به اتمام برسند در اینصورت حداقل زمانی که یک فعالیت می‌تواند تاخیر مجاز داشته باشد بدون آنکه روی اتمام کل پروژه تاثیر بگذارد.

$$SF_{ij} = L_j - D_{ij} - L_i$$

محاسبات انواع فرجه یا زمانهای شناوری

■ فرجه مستقل (Independent Float)

■ تعریف: اگر قرار باشد فعالیتهای قبلی j - i در دیرترین زمان خود یعنی L_i به اتمام برسند و فعالیتهای بعدی فعالیت j - i در زودترین زمان خود یعنی E_j شروع شوند، در اینصورت فرجه ای که برای فعالیت j - i باقی خواهد ماند فرجه مستقل نامیده می‌شود.

$$IF_{ij} = \text{Max} \{ 0, E_j - D_{ij} - L_i \}$$

مقایسه فرجه ها

	زودترین	دیرترین
زودترین	فرجه آزاد	فرجه کل
دیرترین	فرجه مستقل	فرجه ایمنی

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

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

رتبه بندی فعالیتها به ترتیب درجه بحرانی بودن

$$\begin{array}{ccc} D_{ij} & & TF_{ij} \\ & LS_{ij} & \\ LS_{ij} & & D_{ij} \end{array}$$

الگوریتم رتبه بندی فعالیتها به ترتیب درجه بحرانی بودن

- گام 1 : فعالیتها را به ترتیبی گروه بندی می کنیم که هر گروه دارای فعالیتهایی باشد که فرجه کل آنها با هم دیگر برابر باشند.
- گام 2 : گروهها را به ترتیب افزایش فرجه کل فعالیتهای آن مرتب می کنیم.
- گام 3 : در داخل هر گروه ، فعالیتها را به ترتیب صعودی دیرترین زمان شروع LS_{ij} و در صورت برابری D_{ij} ها به ترتیب صعودی زمان انجام D_{ij} مرتب می کنیم.
- بعد از پیمودن مراحل فوق واضح است که اولین گروه شامل فعالیتهای بحرانی است.

محاسبات زمانی به روش

جدولی یا کامپیوئری

محاسبات زمانی به روش جدولی یا کامپیوتری

$$FF_{ij} = E_j - EF_{ij}$$

$$SF_{ij} = LF_{ij} - D_{ij} - LF_{hi}$$

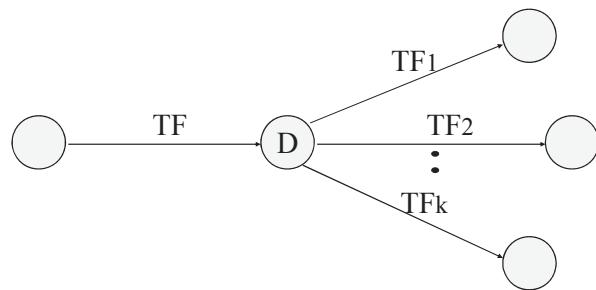
$$IF_{ij} = \text{Max} \{0; ES_{jk} - D_{ij} - LF_{hi}\}$$

محاسبات زمانی به روش جدولی یا کامپیوتری

Taskij	Dij	ESij	EFij	LSij	Lfij	Tfij	CP	FFij	SFij	IFij
1-2	2	0	2	4	6	4	--	0	4	0
1-3	2	0	2	3	5	3	--	0	3	0
1-4	3	0	3	0	3	0	1-4	0	0	0
2-5	4	2	6	6	10	4	--	0	0	0
3-6	3	2	5	5	8	3	--	0	0	0
3-7	3	2	5	7	10	5	--	5	2	2
4-7	7	3	10	3	10	0	4-7	0	0	0
5-8	2	6	8	10	12	4	--	1	0	0
6-8	4	5	9	8	12	3	--	0	0	0
7-9	5	10	15	10	15	0	7-9	0	0	0
8-9	3	9	12	12	15	3	--	3	0	0

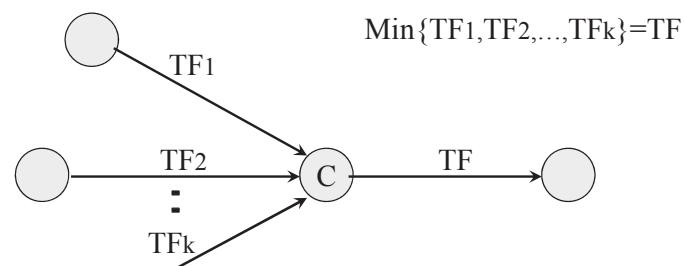
روابط بین فرجه کل در یک شبکه

نمایش گره بازشونده D و رابطه بین فعالیتهای اطراف این گره



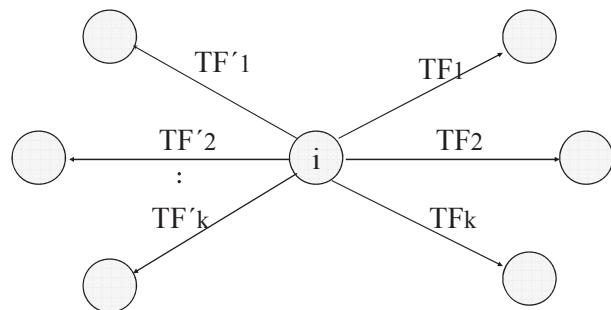
$$TF = \min\{TF_1, TF_2, \dots, TF_k\}$$

نمایش گره جمع شونده C و رابطه فرجه های کل فعالیتهای اطراف آن



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

نمایش گره i و رابطه بین فرجه های کل فعالیتهای اطراف این گره



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

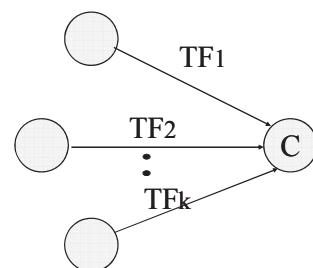
روابط بین فرجه آزاد و فرجه کل در یک شبکه

روابط بین فرجه آزاد و فرجه کل تنها در مورد گره های جمع شونده مانند شکل زیر مطرح می باشد .

$$FF_1 = TF_1 - \min \{ TF_1, TF_2, \dots, TF_k \}$$

$$TF_2 - \min \{ TF_1, TF_2, \dots, TF_k \} = FF_2$$

$$\} FF_k = TF_k - \min \{ TF_1, TF_2, \dots, TF_k \}$$



بهنگام سازی پروژه

الگوریتم بهنگام سازی

گام 1: تاریخ بهنگام سازی به عنوان زودترین زمان شروع برای فعالیتهاي نیمه تمام در نظر گرفته می شود

گام 2: برای فعالیتهاي نیمه تمام باقی مانده برای تکمیل به عنوان زمان گرفته می شود

گام 3: برای فعالیتهاي تکمیل شده زمان فعالیت برابر صفر در نظر گرفته می شود

گام 4: محاسبات رفت و برگشت طبق معمول با اطلاعات مربوطه انجام می شود

شناوري در تاریخهای وقوع رویدادها

مقدار **شناوري** هر رویداد عبارتست از تفاضل بين زودترین و ديرترین تاریخ وقوع آن رویداد بعارت دیگر :

$$F_i = L_i - E_i$$

برای مثال رویداد 1 در مثال قبل می تواند در هر تاریخی بين روزهای 4 تا 8 اتفاق افتد

لذا می توان گفت که شناوري رویداد 1 برابر است با :

$$F_1 = 8 - 4 = 4$$

سایر تعاریف مورد استفاده در شبکه :

رویداد بحرانی^۱ : رویدادهای بحرانی در یک شبکه رویدادهایی هستند که دارای شناوری صفر می باشند. برای این رویدادها زودترین و دیرترین تاریخهای وقوع همواره مساوی بوده و هر تغییری در این تاریخها باعث خواهد شد که زمان لازم برای تکمیل پروژه تغییر یابد.

راههای شبکه (مسیرهای شبکه)^۲ : یک دنباله از فعالیت‌ها که از رویداد آغازین شبکه شروع و به رویداد پایانه شبکه ختم می شود یک راه نامیده می شود.

Critical Event1 :

Network Paths2 :

سایر تعاریف مورد استفاده در شبکه :

شناوری راه : مقدار شناوری یک راه ، عبارت است از اختلاف بین کل زمان لازم برای تکمیل پروژه و جمع زمانهای فعالیت‌های تشکیل دهنده آن راه .

برای یک راه که شامل فعالیت‌های ۱ ، ۲ ، و m می باشد ، شناوری برابر است با :

$$E_c - E_s - (D_1 + D_2 + + D_m) = \text{شناوری راه}$$

که در آن E_c و E_s به ترتیب زودترین تاریخ وقوع رویداد پایانه و زودترین تاریخ وقوع رویداد آغازین شبکه بوده و D_i عبارت از زمان لازم برای اجرای فعالیت i می باشد.

Critical Event1 :

Network Paths2 :

سایر تعاریف مورد استفاده در شبکه :

مسیر (راه) بحرانی^۱ : در هر شبکه حداقل یک راه وجود دارد که شامل طولانی ترین زمان می باشد . این راه را مسیر یا راه بحرانی می نامند. مقدار شناوری مسیر بحرانی همواره برابر با صفر است ($E_c = L_c$) . مسیر بحرانی از رویداد آغازین تا پایانه ، همواره از فعالیت های بحرانی عبور می نماید.

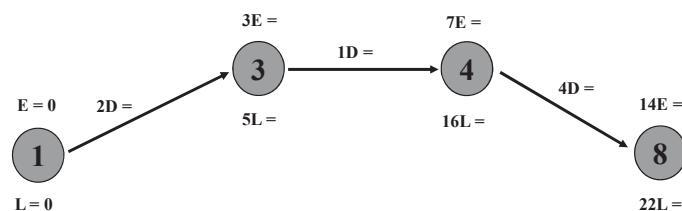
فعالیت بحرانی^۲ : فعالیت های تشکیل دهنده یک مسیر بحرانی ، فعالیت های بحرانی نامیده می شوند. در روی یک مسیر که بحرانی باشد ، همگی فعالیت ها بحرانی خواهند بود. رویدادهای پایه و پایان فعالیت های بحرانی ، همواره بحرانی هستند (ولی این شرط برای بحرانی بودن فعالیت ها کافی نمی باشد).

Critical Path1 :

Critical Activity2 :

شناوری آزاد :

در شکل زیر که مربوط به بخشی از یک شبکه است ، مقدار شناوری آزاد فعالیت 4 - 3 را محاسبه نمایید.



شناوری آزاد :

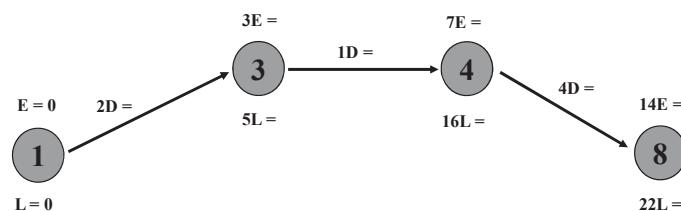
در شکل فوق ، مقدار شناوری آزاد فعالیت 4 - 3 برابر است با :

$$3 = 1 - 3 - 7 = {}_{3-4} - D_3 - E_4 = E_{3-4} FF$$

فعالیت 3-4 را می توان حداکثر به مقدار شناوری آزاد آن (3 واحد زمان) به تاخیر انداخته و به جای تاریخ 3 آن را در تاریخ 6 شروع نمود بدون آنکه بر زودترین تاریخ وقوع رویداد 4 اثری بگذارد. به همین صورت این فعالیت می تواند در تاریخ 3 شروع شده ولی به جای آنکه یک روزه اجرا شود ، حداکثر به مدت 3 روز به زمان اجرای آن افزوده شده و 4 روزه تکمیل گردد بدون آنکه بر زودترین تاریخ وقوع رویداد 4 اثری داشته باشد.

شناوری مستقل :

در شکل زیر که مربوط به بخشی از یک شبکه است ، مقدار شناوری مستقل فعالیت 4 - 3 را محاسبه نمایید.



شناوری مستقل :

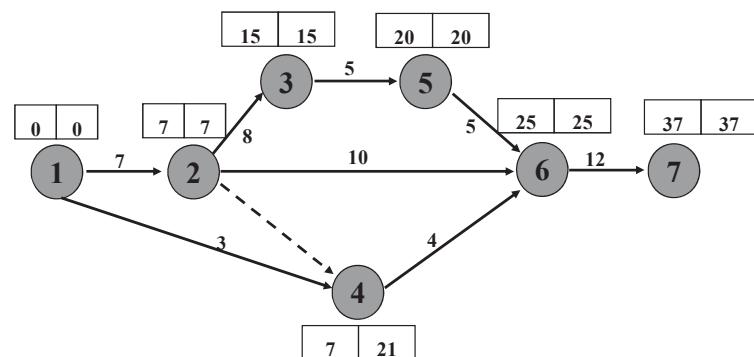
در شکل فوق ، مقدار شناوری مستقل فعالیت 4 - 3 برابر است با :

$$1 = 1 - 5 - 7 = {}_{3-4} - D_3 - L_4 = E_{3-4} IF$$

مقدار شناوری مستقل فعالیت 4-3 برابر با یک است. این بدان معنی است که فعالیت 3-4 را می توان حداقل یک روز به تاخیر انداخت بدون آنکه بر مقدار شناوری سایر فعالیت های قبل و بعد از آن تاثیری داشته باشد.

فعالیت بحرانی :

در شکل زیر با انجام حرکات پیشروی و بازگشتی ، زودترین و دیرترین تاریخ های وقوع رویدادها محاسبه و بررسی شکل نوشته شده اند.



کنترل پروژه

محاسبات زمان در شبکه های برداری و گره ای



7/4/2011

1

شبکه ها

محاسبات زمانی در
 شبکه های AOA

7/4/2011

2

تعاریف

■ تعاریف

« در جریان محاسبات زمانی که به آن مسیر بحرانی (Critical Path Method) (CPM) می‌گویند، این موارد محاسبه می‌شوند:

- زودترین و دیرترین زمان وقوع رویدادها،
- فرجه فعالیت‌ها، و
- مسیر بحرانی پروژه (CP)

« محاسبات زمانی مسیر بحرانی را معمولاً بر روی شبکه‌های AOA (بدلیل سهولت) نشان می‌دهند.

« در محاسبات به روش CPM، محدودیتهای منابع در نظر گرفته نمی‌شوند.

7/4/2011

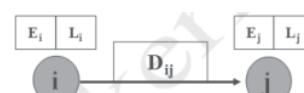
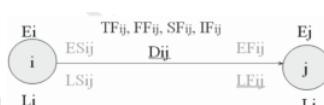
3

نمایش شبکه

■ محاسبات مسیر بحرانی در دو مرحله مسیر پیشرو و مسیر پسرو انجام

	مدت زمان پیش‌بینی شده فعالیت $[i-j]$	D_{ij}	(Duration)
زودترین زمان مجاز وقوع رویداد i	E_i		(Earliest event time)
دیرترین زمان مجاز وقوع رویداد i	L_i		(Latest event time)
زودترین زمان مجاز شروع فعالیت j	ES_{ij}		(Earliest Start)
زودترین زمان مجاز پایان فعالیت j	EF_{ij}		(Earliest Finish)
دیرترین زمان مجاز شروع فعالیت j	LS_{ij}		(Latest Start)
دیرترین زمان مجاز پایان فعالیت j	LF_{ij}		(Latest Finish)
فرجه با شناوری کل فعالیت j	TF_{ij}		(Total Float)
فرجه با شناوری آزاد فعالیت j	FF_{ij}		(Free Float)
فرجه با شناوری ایمنی فعالیت j	SF_{ij}		(Safety Float)
فرجه با شناوری مستقل فعالیت j	IF_{ij}		(Independent Float)
مسیر یا مسیرهای بحرانی یک شبکه	CP		(Critical Path)

می‌شود.



7/4/2011

4

محاسبات CPM

■ محاسبات در مسیر بحرانی:

- « محاسبات مسیر بحرانی در دو مرحله مسیر پیشرو و مسیر پسرو انجام می شود.
- « در محاسبات پیشروی، زودترین تاریخهای وقوع رویدادها محاسبه می شوند. (E_i ها و ES_{ij} ها) و EF_{ij} ها
- « در محاسبات پسروی/بازگشتی، زودترین تاریخهای وقوع رویدادها محاسبه می شوند. (L_i ها و LS_{ij} ها) و LF_{ij} ها)
- « محاسبات مسیر پیشرو، از گروه اول در شبکه شروع شده به سمت گره آخر پیش می رود و در طی آن زودترین زمان وقوع هر رویداد ، زودترین زمان شروع هر فعالیت و نیز زودترین زمان پایان هر فعالیت را می توان محاسبه نمود.

7/4/2011

5

محاسبات CPM

■ محاسبات در مسیر بحرانی:

■ مسیر پیشروی:

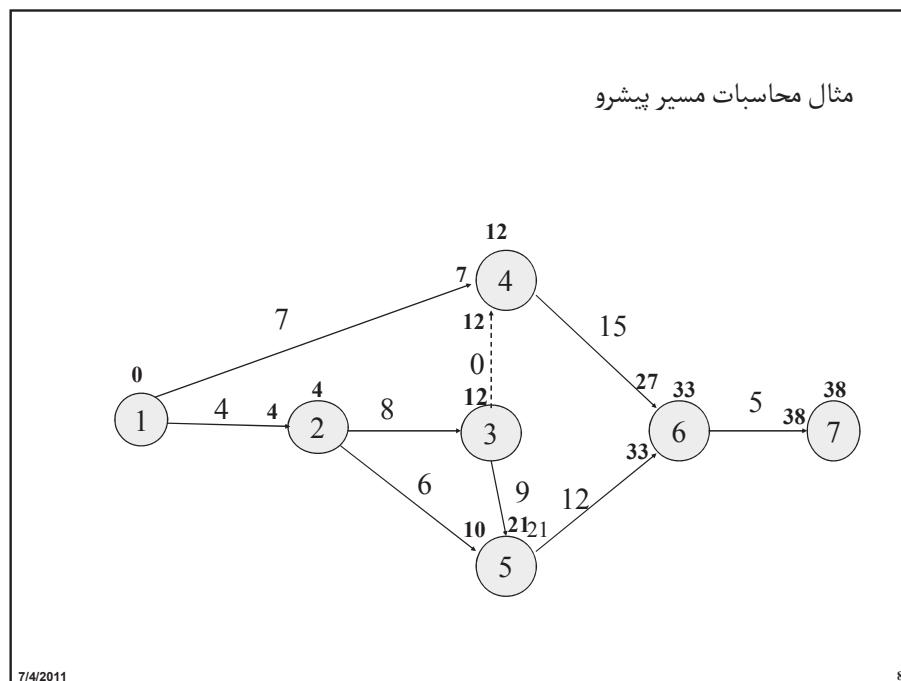
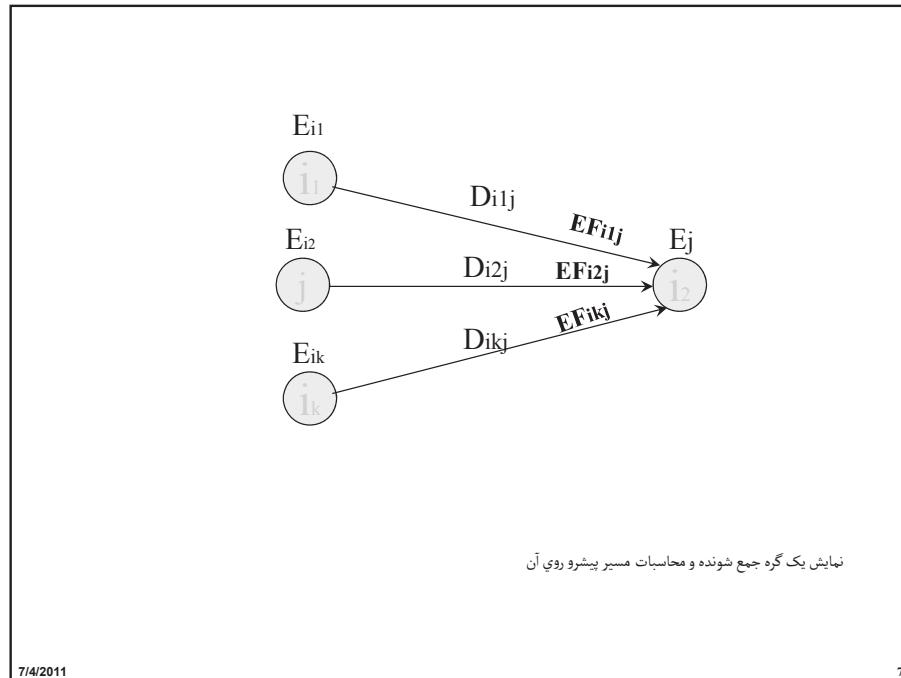
- در گام اول، زودترین زمان وقوع رویداد آغاز شبکه را برابر صفر قرار می دهیم:

- $E_i = 0$
- $ES_{ij} = E_i$
- $EF_{ij} = E_i + D_{ij}$ و $EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij}$
- $E_j = \text{Max} \{EF_{i,j}, EF_{i_2,j}, \dots, EF_{i_n,j}\}$

- علت انتخاب بزرگترین برای در شکل زیر (رویدادهای پوششی) این است که طبق فرضیات مدل های شبکه یک فعالیت وقتی می تواند شروع شود که کلیه فعالیت های پیشناز آن به اتمام رسیده باشند؛ بنابراین، باید تا زمان بزرگترین صبر کنیم تا کلیه فعالیت های پیشنازی رویداد j به اتمام برسند.

7/4/2011

6



محاسبات CPM

■ محاسبات در مسیر بحرانی:

◀ مسیر پسروری:

- محاسبات مسیر پسروری، از گره آخر در شبکه شروع شده به سمت گره اول ادامه می‌باید و در طی آن دیرترین زمان وقوع هر رویداد، دیرترین زمان پایان هر فعالیت و دیرترین زمان شروع هر فعالیت را می‌توان محاسبه کرد.

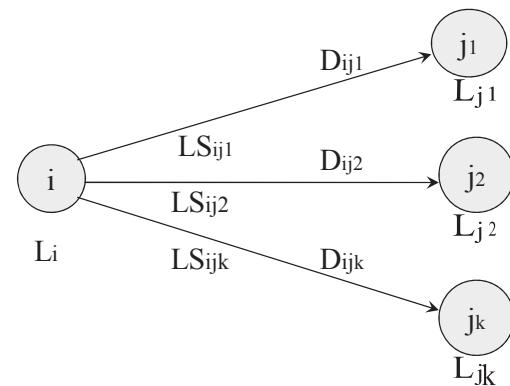
- در گام اول، دیرترین زمان وقوع رویداد نهایی شبکه را برابر با زودترین زمان وقوع این رویداد قرار می‌دهیم (زیرا می خواهیم پروژه در زودترین زمان ممکن به اتمام برسد):

$$\begin{aligned} \bullet \quad L_n &= E_n \\ \bullet \quad LF_{\emptyset} &= L_j \\ \bullet \quad LS_{\emptyset} &= L_j - D_{\emptyset} \quad LS_{\emptyset} = LF_{\emptyset} - D_{\emptyset} \\ \bullet \quad L_i &= \text{Min} \{LS_{g_1}, LS_{g_2}, \dots, LS_{g_k}\} \end{aligned}$$

- علت انتخاب کوچکترین برای در شکل زیر (رویدادهای جوششی) این است که دیرترین زمان مجاز وقوع رویداد آلم نمی‌تواند بیش از کمترین دیرترین زمان مجاز شروع فعالیتهای بعد از خود تأخیر مجاز داشته باشد. بعارت دیگر؛ در صورتی که بزرگتری انتخاب شود، رویداد بعدی شاخه ای که کوچکتری داشته است، دچار تأخیر خواهد شد (لذا آن تغییر خواهد کرد)

7/4/2011

9

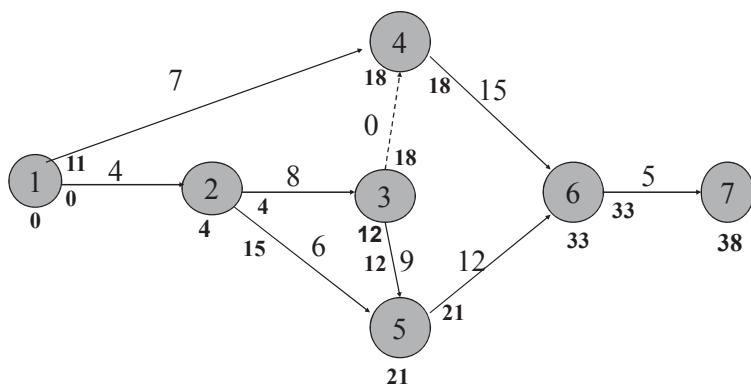


نمایش یک گره باز شونده و محاسبات مسیر پسرور روی آن

7/4/2011

10

مثال محاسبات مسیر پسرور



7/4/2011

11

شناوری

■ شناوری رویداد (Event Float)

﴿ مقدار شناوری هر رویداد عبارتست از تفاضل بین دیرترین و زودترین تاریخ وقوع آن رویداد، یعنی:

$$F_i = L_i - E_i$$

﴿ رویدادهای بحرانی (Critical Event): در یک شبکه، رویدادهایی هستند که دارای شناوری صفر باشند.

7/4/2011

12

شناوری

■ انواع شناوری یا فرجه (Float/Slack) فعالیتها عبارتند از:

- ﴿ فرجه کل/جمعی (Total Float): حداکثر زمانی که یک فعالیت می‌تواند تاخیر مجاز داشته باشد، بدون این که روی زمان اتمام کل پروژه تاثیر بگذارد (یعنی بدون اینکه دیرترین زمان رویداد پایان و زودترین زمان رویداد پایه اش را تغییر دهد).
- ﴿ بنابر این، فعالیتهای قبلی آن فعالیت، باید در زمانی زودتر شروع (پایان) یافته و فعالیتهای بعدی آن فعالیت در زمانی دیرتر شروع (پایان) یابند (یعنی هیچکدام از فعالیتهای قبلی و بعدی نمی‌توانند بطور کامل از فرجه خود استفاده کنند).

$$TF_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} = L_j - D_{ij} - E_i$$

7/4/2011

13

شناوری

■ فرجه آزاد (Free Float):

- ﴿ حداکثر مدت زمانی که یک فعالیت می‌تواند تاخیر مجاز داشته باشد (روی زمان اتمام کل پروژه تاثیر نگذارد)، بدون آن که روی زودترین زمان شروع یا پایان فعالیتهای بعد از خود (با روی شناوری آنها) تاثیر بگذارد.
- ﴿ یعنی به فعالیتهای بعدی خود، اجازه استفاده از فرجه شان را می‌دهد

$$FF_{ij} = E_j - EF_{ij} = ES_{jk} - EF_{ij} = E_j - D_{ij} - E_i$$

7/4/2011

14

شناوری

■ فرجه اینمی/اطمینان (Safety Float):

« حداکثر زمانی که یک فعالیت می‌تواند تاخیر مجاز داشته باشد (روی زمان اتمام کل پروژه تاثیر نگذارد)، بدون آن که روی دیرترین زمان شروع یا پایان فعالیتها قبلاً از خود (یا روی شناوری آنها) تاثیر بگذارد.

« یعنی به فعالیتها قبلاً خود اجازه استفاده از فرجه شان را می‌دهد

$$SF_j = L_j - D_j - L_i$$

7/4/2011

15

شناوری

■ فرجه مستقل (Independent Float):

« اگر قرار باشد فعالیت‌های قبلی فعالیت ز-ا در دیرترین زمان خود به اتمام برسند و فعالیتها بعدی در زودترین زمان خود شروع شوند، در این صورت فرجه‌ای که برای فعالیت ز-ا باقی می‌ماند، فرجه مستقل خواهد بود.

« یعنی به همه فعالیتها قبل و بعدش اجازه استفاده از فرجه هایشان را می‌دهد و بر شناوری آنها تاثیر نمی‌گذارد.

$$IF_j = \text{Max}\{0; E_j - D_j - L_i\}$$

■ علت ماقزیم‌گیری بین دو عبارت فوق آن است که فرجه مستقل ممکن است منفی شود، بنابراین، در حالی که مقدار عبارت منفی شد، مقدار صفر برای فرجه مستقل در نظر گرفته می‌شود. منفی شدن فرجه مستقل به این معناست که حتی اگر فعالیت در زمان معمولی خود اجرا شود، بر روی شناوری فعالیتها بعد و قبل خود تاثیر منفی خواهد داشت.

7/4/2011

16

شناوری

- فعالیت بحرانی (Critical Activity):
 - ﴿ فعالیتهای روی مسیر بحرانی را فعالیت بحرانی می گویند.
 - ﴿ فعالیتهای بحرانی، فعالیتهایی هستند که شناوری جمعی آنها صفر است. (بالتیغ، سایر شناوریها نیز صفر خواهد بود)
 - ﴿ رویداد پایه و پایان فعالیتهای بحرانی، بحرانی هستند، اما این شرط کافی نیست.

- محاسبه شناوری های آزاد، اینمی و مستقل برای فعالیتهای بحرانی ضروری نیست، اما محاسبه شناوری آزاد آنها (برای تعیین مسیر بحرانی شبکه) ضروری است.

- "حداکثر زمان در دسترس" برای هر فعالیت عبارتست از:

$$LF_j - ES_i = L_j - E_i = TF_j + D_{ij}$$

7/4/2011

17

شناوری

- شناوری راه/مسیر:
 - ﴿ مقدار شناوری یک راه عبارتست از اختلاف بین کل زمان لازم برای تکمیل پروژه و جمع زمانهای فعالیتهای تشکیل دهنده آن راه. یعنی:

$$PF = E_e - E_s - (D_1 + D_2 + \dots + D_m)$$
- مسیر بحرانی (Critical Path):
 - ﴿ طولانی ترین مسیر غیر قابل کاهش شبکه
 - مسیر بحرانی در تمام طول خود (از رویداد آغازین تا پایانه)، از رویدادهای بحرانی عبور می کند (شرط لازم).
 - متتشکل از فعالیتهای بحرانی، یعنی فعالیتهایی است که فرجه کل آنها برابر صفر است (؛ یعنی هیچ تأخیری در زمان فعالیتهای این مسیر جایز نیست (شرط کافی).
 - شناوری مسیر بحرانی همواره برابر صفر است.
 - هر شبکه حداقل یک مسیر بحرانی دارد که با خط پررنگ نمایش داده می شود.
 - طول زمان مسیر بحرانی برابر زمان اتمام پروژه است.

7/4/2011

18

شناوری

■ دسته بندی فرجه ها

﴿ طبقه بندی انواع فرجه ها بر اساس این که فعالیت های پیشنهادی یا پسندیداری فعالیت J_i در زودترین زمان ممکن خود و یا دیرترین زمان ممکن خود به اتمام برسند:



7/4/2011

19

شناوری

■ رابطه بین فرجه ها:

- ﴿ رابطه بین فرجه های کل، آزاد و مستقل:
 $IF_{ij} \leq FF_{ij} \leq TF_{ij}$
- ﴿ رابطه بین فرجه های کل، ایمنی و مستقل:
 $IF_{ij} \leq SF_{ij} \leq TF_{ij}$
- ﴿ نمی توان رابطه مشخصی بین فرجه های ایمنی و آزاد تعريف کرد. یعنی در یک پروژه، برای برخی فعالیتها فرجه ایمنی بزرگتر است و برای برخی دیگر، فرجه آزاد.
- ﴿ تساوی TF_{ij} و FF_{ij} زمانی ایجاد می شود که رویداد پایان فعالیت بحرانی باشد.
 ■ یعنی $L_j = E_j$
- ﴿ تساوی TF_{ij} و SF_{ij} زمانی ایجاد می شود که رویداد پایان فعالیت بحرانی باشد.
 ■ یعنی $L_i = E_i$
- ﴿ تساوی TF_{ij} و IF_{ij} (و بالطبع دو شناوری دیگر) زمانی ایجاد می شود که هر دوی رویدادهای پایه و پایان بحرانی باشند.
 ■ در این حالت هر چهار شناوری برابر صفر خواهند بود.

7/4/2011

20

■ رتبه بندی فعالیتها بر اساس درجه بحرانی بودن:

« روش اول (سبزه پرور):

- گروه‌بندی فعالیتها بر اساس فرجه کل (J_{TF}) یکسان؛ و مرتب کردن صعودی گروهها
- در هر گروه، ابتدا بر اساس J_{LSi} و بعد بر اساس J_{D}

« روش دوم (شیرمحمدی):

- گروه‌بندی فعالیتها بر اساس فرجه کل (J_{TF}) یکسان؛ و مرتب کردن صعودی گروهها
- در هر گروه، بر اساس J_{ESi}

7/4/2011

21

محاسبات کامپیوتری

■ محاسبات زمانی به روش جدولی (کامپیوتری) یا جدول محاسبات اصلی

- « در نرم افزارها معمولاً نمودار شبکه رسم نشده و محاسبات CPM در داخل جول انجام می‌شود.
- « سطرهای فعالیتها را در بر داشته و ستونها شامل Duration (استون/علوم)، زودترین و دیرترین زمانهای شروع و پایان (4ستون/جهول)، شناوریها (4ستون/جهول) و فعالیت‌های بحرانی (1ستون/علامت) هستند.
- « محاسبات بر اساس مسیرهای پیشرو و پسرو است، یعنی ابتدا دو ستون J_{ESi} و J_{LSi} (بصورت مزمزان برای هر فعالیت) محاسبه شده و بعد از اتمام، دو ستون J_{EFi} و J_{LFi} محاسبه می‌شوند.
- « در ادامه، شناوریها محاسبه خواهند شد و مسیرهای بحرانی تعیین می‌شوند.
- « تکرار در عدد بیست راست شماره فعالیتها، نشاندهنده گره پوششی، و تکرار در عدد سمت چپ، نشاندهنده گره جوششی است.
- « وقتی TF برای فعالیتی صفر باشد، سه شناوری دیگر نیز برابر صفر خواهد بود.
- « نامساویهای مربوط به 4 نوع شناوری می‌تواند برای اطمینان از صحت اعداد محاسبه شده به کار رود.

7/4/2011

22

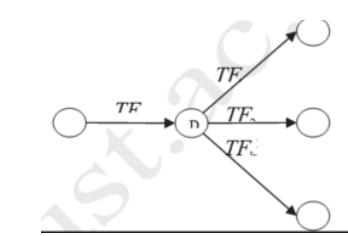
TASKij	Dij	ESij	EFij	LSij	Lfij	TFij	CP	FFij	SFij	IFij
1-2	2	0	2	4	6	4	--	0	4	0
1-3	2	0	2	3	5	3	--	0	3	0
1-4	3	0	3	0	3	0	1-4	0	0	0
2-5	4	2	6	6	10	4	--	0	0	0
3-6	3	2	5	5	8	3	--	0	0	0
3-7	3	2	5	7	10	5	--	5	2	2
4-7	7	3	10	3	10	0	4-7	0	0	0
5-8	2	6	8	10	12	4	--	1	0	0
6-8	4	5	9	8	12	3	--	0	0	0
7-9	5	10	15	10	15	0	7-9	0	0	0
8-9	3	9	12	12	15	3	--	3	0	0

7/4/2011

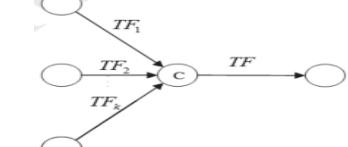
23

روابط شناوریها

■ روابط فرجه کل در یک شبکه:



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



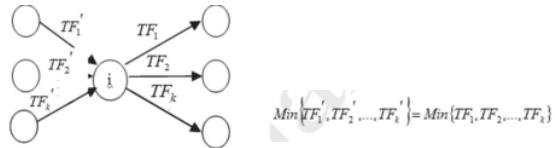
$$TF = \min\{TF_1, TF_2, \dots, TF_k\}$$

7/4/2011

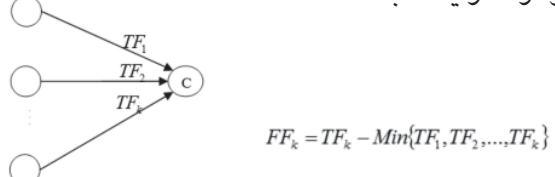
24

روابط شناوریها

■ روابط فرجه کل در یک شبکه:



■ روابط فرجه کل و آزاد در یک شبکه:



7/4/2011

25

بهنگام سازی شبکه

■ بهنگام سازی برنامه زمانبندی:

- » حالات مختلف تغییرات در برنامه زمانبندی یک پروژه در زمان گزارش گیری (status date/cut-off date/data date) ممکن است به دو شکل زیر باشد:
 - زمان انجام یک فعالیت تغییر کند (زمان واقعی از برنامه‌ای متفاوت باشد).
 - در زمان بررسی تنها بخشی از کارهای یک فعالیت تکمیل و مابقی ناتمام باشد. (%) Complete
- » بهنگام سازی ممکن است مسیر بحرانی شبکه را تغییر دهد.

» دستورالعمل خلاصه بهنگام سازی:

- برای فعالیتهای تکمیل شده: زمان برابر صفر
- برای فعالیتهای نیمه تمام/تکمیل نشده: تاریخ گزارش/بهنگام سازی، بعنوان زودترین زمان شروع؛ زمان باقیمانده بعنوان زمان فعالیت
- » انجام مجدد محاسبات رفت و برگشت به شیوه معمول

7/4/2011

26

ساختار شکست کار

محاسبات زمانی در شبکه‌های PN و AON
(Precedence Network)

7/4/2011

27

شبکه‌های گره‌ای

■ شبکه‌های PN

﴿ یکی از محدودیت‌های شبکه‌های برداری این است که در آن‌ها تنها یک رابطه وابستگی یا تقدم-تاخر مجاز دانسته شده است و آن این که شروع یک فعالیت فقط وقتی ممکن است که کلیه فعالیت‌های پیشینیاز آن پایان یافته باشند (FS).

﴿ در شبکه‌های PN که به آن‌ها شبکه‌های تقدم-تاخر نیز می‌گویند، نوع روابط وابستگی بین فعالیت‌ها نسبت به شبکه‌های برداری گسترده‌تر است.

7/4/2011

28

شبکه های گره ای

■ نمایش فعالیتها

﴿ نحوه نمایش شبکه های PN به روش گره ای AON است. هر فعالیت به صورت یک گره که معمولاً مستطیل است نشان داده می شود. پیکان ها در اینجا با خطوط پر رسم شده و فقط نشان دهنده وابستگی بین فعالیتها هستند. بنابراین، بردار مجازی که در شبکه های AOA وجود داشت در اینجا مفهومی نخواهد داشت. ﴾

﴿ نحوه نمایش یک فعالیت در شبکه PN به صورت زیر است؛ البته نمایش اطلاعات در باکس فعالیتها محدود به فرمت زیر نیست و می توان اطلاعات را بر حسب نیاز و سلیقه تغییر داد. ﴾

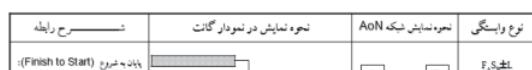
ES	D	EF	شماره فعالیت		
نام یا شرح فعالیت			ES	تح مختصر	EF
Ls		LF	Ls	D	TF

7/4/2011

29

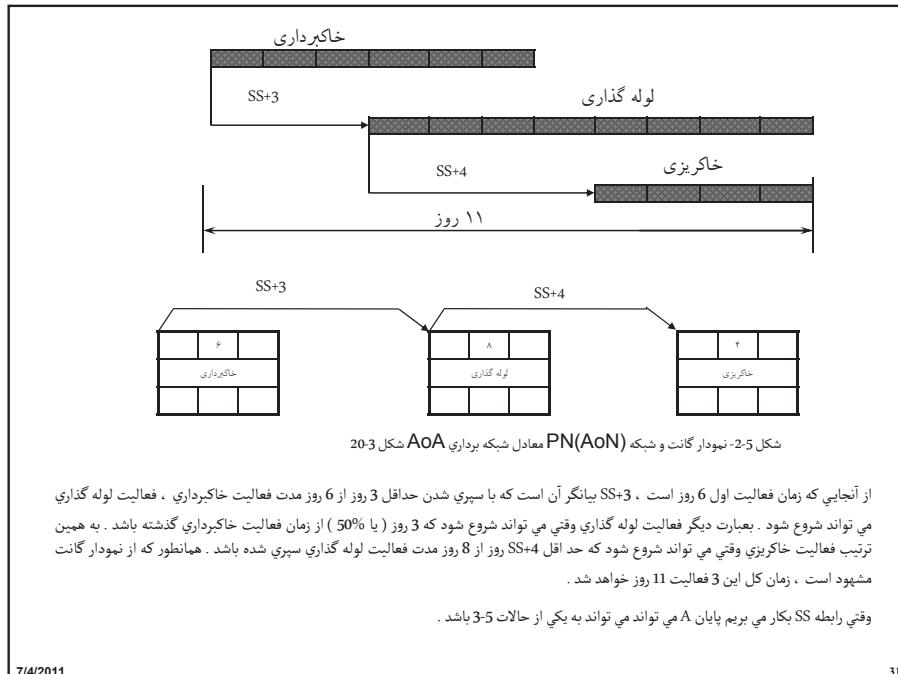
روابط فعالیتها در شبکه گره ای

■ شبکه های مینیمم (Min)

نحوه ربطه	نحوه نمایش در نمودار گذاین	AoN	نحوه نمایش شبکه	نوع وابستگی
(Finish to Start) پایان به شروع فعالیت B حداقل ۰٪ و بعد رسانید از پیان فعالیت A می تواند شروع فعالیت شروع به شروع فعالیت B حداقل ۰٪ و بعد رسانید از شروع فعالیت A می تواند شروع فعالیت				F ₁ S ₂ ↓L
(Start to Start) شروع به شروع فعالیت B حداقل ۰٪ و بعد رسانید از شروع فعالیت A می تواند شروع فعالیت شروع به شروع فعالیت B حداقل ۰٪ و بعد رسانید از شروع فعالیت A می تواند شروع فعالیت				S ₁ S ₂ ↓L
(Finish to Finish) پایان به پایان فعالیت B حداقل ۰٪ و بعد رسانید از پایان فعالیت A می تواند پایان فعالیت شروع به پایان فعالیت B حداقل ۰٪ و بعد رسانید از شروع فعالیت A می تواند پایان فعالیت				F ₁ F ₂ ↓L
(Start to Finish) شروع به پایان فعالیت B حداقل ۰٪ و بعد رسانید از شروع فعالیت A می تواند پایان فعالیت شروع به پایان فعالیت B حداقل ۰٪ و بعد رسانید از شروع فعالیت A می تواند پایان فعالیت				S ₁ F ₂ ↓L

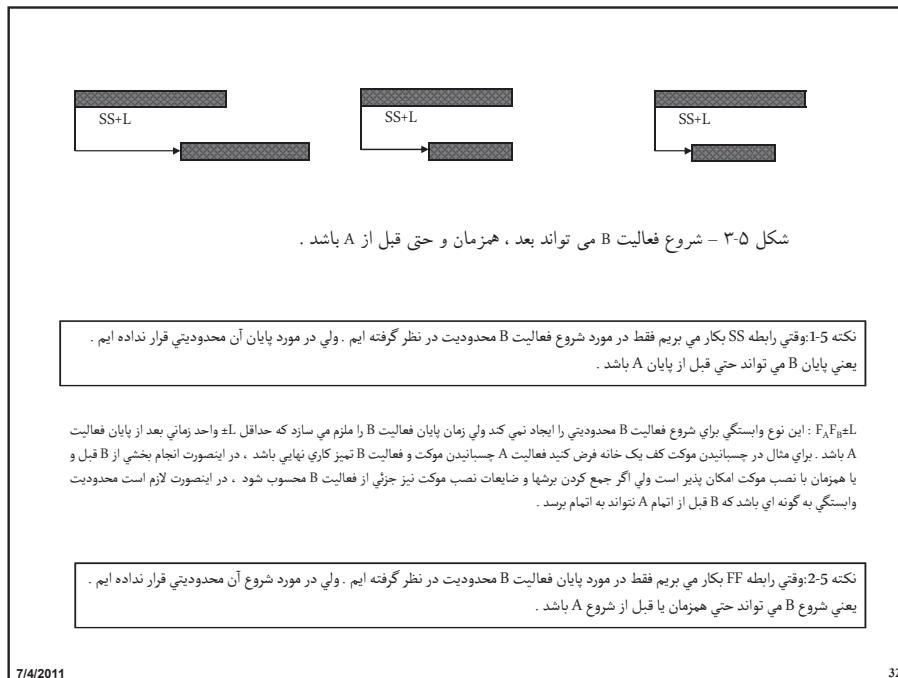
7/4/2011

30



7/4/2011

31



7/4/2011

32

شبکه های Min

■ شبکه استاندارد:

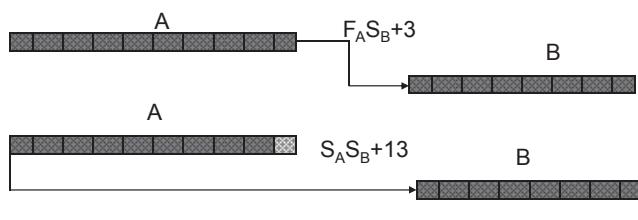
« انواع روابط وابستگی FS و SF را می توان با فرض ثابت بودن زمان فعالیت ها به SS تبدیل کرد. اگر کلیه روابط وابستگی را به SS تبدیل کنیم، شبکه حاصله را شبکه استاندارد می گویند.

« فرمول های تبدیل روابط وابستگی به SS عبارتند از:

فرمول تبدیل به رابطه	SS	معنی
$F_A S_B$	$S_A S_B = D_A + F_A S_B$	معنی lag قبل با D_A جمع می شود
$F_A F_B$	$S_A S_B = D_A - D_B + F_A F_B$	معنی lag قبل با $D_A - D_B$ جمع می شود
$S_A F_B$	$S_A S_B = S_A F_B - D_B$	معنی lag F_B کم می شود

7/4/2011

33



. شکل 4-5- تبدیل رابطه

هبانگونه که مشاهده کردید فقط مقدار Lag بین دو فعالیت و برابر $SS+13$ شده است. مقدار 13 از جمع D_A+SS ایجاد شده است.

سایر روابط FF و SF را نیز با رسم نمودار گانست می توان از لحاظ مفهومی تحلیل نموده و فرمولی برای تبدیل به رابطه SS استخراج نمود. این فرمولها با قوانین به شرح جدول 5-2 است.

7/4/2011

34

شبکه های Min

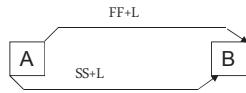
▪ شریط خاص در روابط پیش نیازی از نوع :Minimum

« ۱. بیش از یک رابطه وابستگی بین دو فعالیت:

- در بعضی موارد ممکن است بین دو فعالیت بیشتر از یک رابطه وابستگی وجود داشته باشد (غلب SS و FF با هم).

▪ این موضوع در محاسبات دستی اشکالی ایجاد نمی کند، اما در نرم افزارهای برنامه ریزی پروژه تنها یک رابطه بین دو فعالیت مجاز است. زیرا تمامی روابط وابستگی را می توان به SS تبدیل کرد.

▪ بنابراین، با فرض ثابت بودن زمان فعالیتها، وجود بیش از یک رابطه بین دو فعالیت بیانگر تناقض است.



7/4/2011

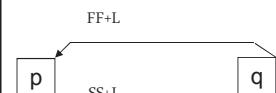
35

▪ شریط خاص در روابط پیش نیازی از نوع :Minimum

« وجود حلقه:

- از آنجایی که تعداد روابط وابستگی بین دو فعالیت در شبکه های PN بیشتر از شبکه های برداری است، احتمال به وجود آمدن حلقه در این شبکه ها بیشتر است (مثلاً اگر رابطه بین دو فعالیت، و باشد).

▪ وجود حلقه یا Loop در شبکه های PN غیرمجاز است؛ مگر در شرایط پنجره های زمانی (Time Window) و داشتن روابط وابستگی ماقزیم؛ که در این شرایط نیز، محاسبات زمانی و تخصیص منابع پروژه را بسیار پیچیده (NP-Hard) می کند؛ طوری که نرم افزارهای معمول برنامه ریزی پروژه قادر به تحلیل آن نیستند.



7/4/2011

36

مدلسازی شبکه PN

■ گام‌های مدلسازی یک پروژه به وسیله شبکه PN عبارتند از:

- ↳ شناسایی فعالیتهای با نمودار WBS و برآورد زمان آن‌ها
- ↳ تشخیص پیش‌نیازی‌های هر فعالیت
- ↳ تعیین نوع روابط وابستگی و Lag بین فعالیتها به گونه‌ای که حلقه ایجاد نشود، از طریق نظرات کارشناسانه متخصصین
- ↳ در نظر گرفتن یک باکس برای هر فعالیت و رسم طرح استقرار فعالیتها
- ↳ رسم یک پیکان توپر به ازای هر یک از روابط وابستگی

7/4/2011

37

مثال 5- بتن ریزی سه واحد مسکونی

تمرین 2- تشریحی فصل دوم را در آن 3 واحد مسکونی مشابه ساخته می‌شوند ، یکبار دیگر در نظر بگیرید. با توجه به اطلاعات جدول 2-2 (فصل دوم) و رسم شده در شکل 2-13 از همان فصل ، مجموعاً 15 فعالیت خواهیم داشت . فرض کنید زمان فعالیتها به قرار جدول زیر باشد .

نام فعالیت	واحد ۱	واحد ۲	واحد ۳	زمان
پاک کردن محوله و شب سندی	1	6	11	8h
قرار دادن قالب‌های بتن	2	7	12	12h
لوله گذاری فاضلاب	3	8	13	16h
نصب میلگرد‌های بتن	4	9	14	9h
بنن ریزی و ساختکاری	5	10	15	4h

حال باید طبق گام 3 علام وابستگی بین فعالیتها را بدست آورد . روابط تقدم - تاخر فعالیتها با توجه به مصاحبه ای که با پیمانکار و سرپرست کارگاه بعمل می‌آید بصورت شفاهی زیر بیان می‌گردد که از خلال این گفته‌ها باید علام وابستگی را استخراج نمود .

7/4/2011

38

جدول 4-5- استخراج عالمی و استگی از متن مصاحبه بعمل آمده از کارشناسان با توجه به گام 2

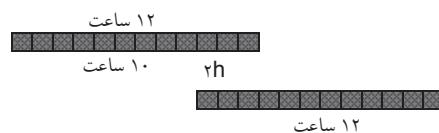
واحد ۳	واحد ۲	واحد ۱	رج
$F_{11}S_{12=0}$	$F_6S_{7=0}$	$F_2S_{2=0}$	-1 باید مجموعه قبیل از قراردادن قالبها بین با لوشهای فاضلاب پاک شود.
$F_{11}S_{13=0}$	$F_6S_{8=0}$	$F_3S_{3=0}$	-2 قالبایی بین و لوشهای فاضلاب را پی نوان همزمان قرارداد . ولی لوشهای فاضلاب باید حداقل 2 ساعت قبل از اتمام قراردادن قالبها بین به بیان برسد (تا بیان قالبایی اخیر را روی اتصالات بین ساختمان و لوشهای خارجی قرار داد).
■ نکته: در بند اول چون قید کرده فعالت 23 را می نوان (ولازم نسبت لزوماً) همزمان انجام داد . لذا برای انتساب از وجود آمدن حلقه از توشن و روابط آن برهیز نموده ایم. البته اینکوئه اتفاقاً با توجه به معنی جمله، ممکن است معنای ایام (مانند حالت زیر) او را عدم لزوم بیندازد.			
■ 3-نهایاً پس از گذشت 7 ساعت از شروع قراردادن قالبها بین و لوشهای فاضلاب می نوان نسب میل گرد های بین را شروع کرد . اینکار نبی تواند قبل از اتمام لوشهای فاضلاب با یک ساعت بعد از اتمام قراردادن قالبها بین به اتمام برسد .			
$S_{12}S_{14=7}$	$S_7S_{9=7}$	$S_2S_{4=7}$	-3-نهایاً پس از گذشت 7 ساعت از شروع قراردادن قالبها بین و لوشهای فاضلاب می نوان نسب میل گرد های بین را شروع کرد . اینکار نبی تواند قبل از اتمام لوشهای فاضلاب با یک ساعت بعد از اتمام قراردادن قالبها بین به اتمام برسد .
$S_{13}S_{14=7}$	$S_8S_{9=7}$	$S_3S_{4=7}$	
$F_{13}F_{14=0}$	$F_8F_{9=0}$	$F_3F_{4=0}$	-4-قبل از شروع بین زیری لازم است 2 ساعت صرف بارزی چهار فعالیت اول شود .
$F_{12}F_{14=1}$	$F_7F_{9=1}$	$F_2F_{4=1}$	
$F_{11}F_{15=2}$	$F_9S_{10=2}$	$F_4S_{5=2}$	■ نکته: چون لازم است 4 فعالیت اول تمام شوند و میس 2 ساعت و فقهه بیندازد کافی است این و فقهه بین پایان نسب میل گرد ها (که آخرین فعالیت در بین 4 تا اول است) و شروع بین زیری انجام شود .

7/4/2011

39

رابطه واحد ۲	رابطه واحد ۱	رج ادامه ش
$F_6S_{11=0}$ $F_9S_{14=0}$ $\cup F_7S_{12=2}$ $\left\{ \begin{array}{l} S_7S_{12=10} \\ \cup F_{10}S_{15=2} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} S_{10}S_{15=2} \\ \cup F_8S_{13=6} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} S_8S_{13=10} \end{array} \right.$	$F_1S_{6=0}$ $F_4S_{9=0}$ $\cup F_2S_{7=2}$ $\left\{ \begin{array}{l} S_5S_{7=10} \\ \cup F_5S_{10=2} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} S_6S_{10=2} \\ \cup F_3S_{8=6} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} S_3S_{8=10} \end{array} \right.$	5- کارگرایی که کارهای پاک کردن مجموعه و شیب بندی را انجام می دهد باید کار خود را در یک واحد نهاد کنند میس به واحد دیگر بروند . این موضوع در مورد نسب میل گرد های بین زیر باید رعایت شود . ولی قراردادن قالبها بین در دو واحد می نواند تا 2 ساعت بطور همزمان (موازی) انجام شوند . در مورد کارهای بین زیر نیز تا 2 ساعت همزمانی در دو واحد اشکال ندارد . این مقدار براي کارهای لوشهای فاضلاب 6 ساعت است .

نکته: در مورد اینکه دو فعالیت قراردادن قالبها بین در دو واحد مسکونی تا 2 ساعت بطور همزمان یا موازی می نواند انجام شود منظور حالت شکل زیر است .



شکل 5- نهایی حالتی که دو فعالیت 7 و 2 ساعت اشتراک زمانی دارند .

7/4/2011

40

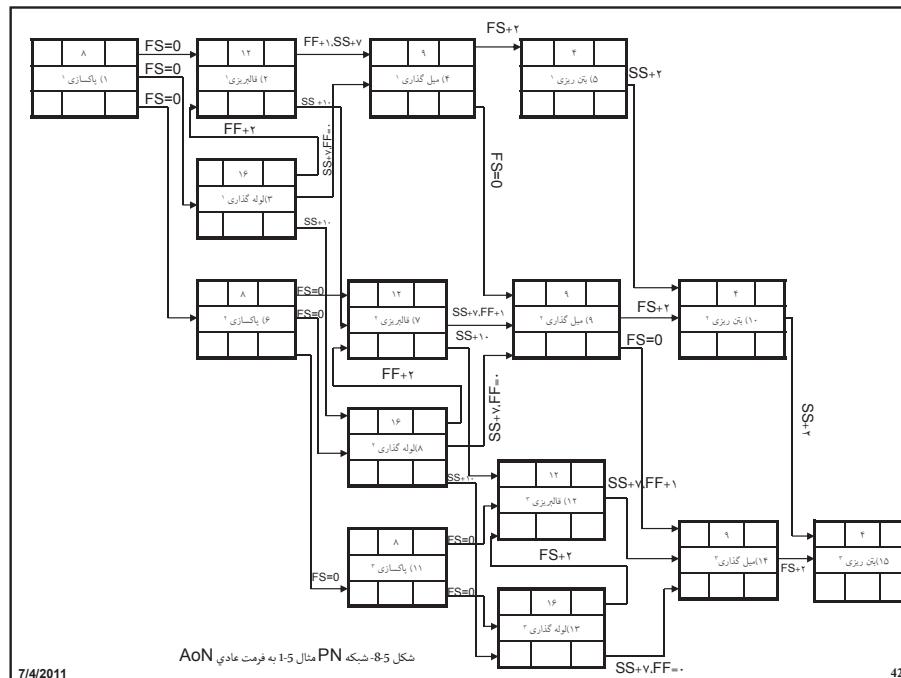
چون زمان قراردادن قالب‌های بتی در هر واحد مسکونی 12 ساعت بطول می‌انجامد ، بنابراین برای منظور کردن و استگی که بیانگر 2 ساعت اشتراک زمانی باشد با توجه به شکل 7-5 اگر نخواهیم از Lag های منفی استفاده کیم ، می‌توان رابطه را به این صورت تعریف کرد که 10 ساعت $S_{i-2}=10$ (12-2=10) بعد از شروع ریختن قالب‌های بتی در واحد مسکونی اول ، ریختن قالب‌های مسکونی دوم می‌تواند شروع شود یعنی $S_{i-1}=10$. برای بدست آوردن سایر روابط قسمت آخر نیز مانند شکل 7-5 عمل می‌کنیم .

رسم نمودار PN مثال 1-5-همانطوری که در گام 3 شرح داده شد ، چون 15 فعالیت داریم ، 15 باکس در نظر گرفته و آنها را در یک ترتیب منطقی مانند شکل 8-5 رسم می‌کنیم . میس طبق گام 4 به ازای هر عالمت و استگی بدست آمده در جدول 3-5 بک پیکان با خط بین دو فعالیت مربوطه با توجه به فرمت جدول 1-5 رسم می‌کنیم . لبته با توجه به نکته 5 بزای جلوگیری از شلوغی ووضوح بیشتر در اینجا فرمت رسم پیکانها به طریق جدول 1-5 رعایت شده است ، بلکه اتصال پیکانها بصورت معمولی صورت گرفته و در عوض عالمم و استگی مربوطه روی آنها نشان داده است . بنابراین در جاهایی از شکل 8-5 نظری و استگی بین فعالیت 7 و 9 که دو عالمت و استگی وجود دارد ، تنها به رسم یک پیکان اکتفا شده است .

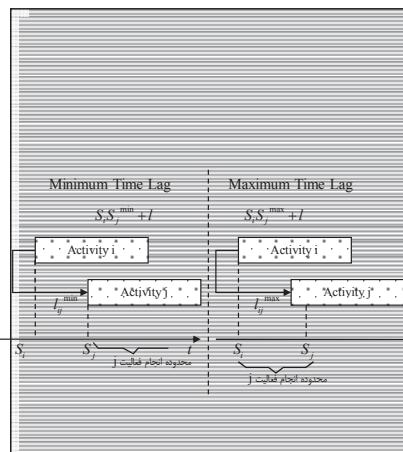
نکته 5-5: رعایت فرمت نمایش رسم شبکه مانند جدول 1-1 در اتصال پیکانها به باکس فعالیتها الزامی نیست . اما اگر رعایت شود در محاسبات دستی نیازی به حفظ فرمول نبوده و بسیار کمک کننده است . عموماً در نرم افزارهای کامپیوتی نیز اتصال پیکانها به شکل معمولی انجام می‌شود

7/4/2011

41



شبکه های Max



شبکه های PN از نوع ماکزیمم

« به عنوان مثال، اگر بین ریزی در قالبها و 'B' و پیره قاب باشد، شبان می بدهد و پیره بین باید حداقل 30 دقیقه بعد از شروع بین ریزی، شروع شود؛ با اگر بین از مدت واحد زمانی از شروع فعالیت A پیشتر، مجاز به شروع فعالیت B نیستم. رابطه دیگر FF و FS نیز می توانند از نوع ماکزیمم باشند.

« اگر در پروژه ای هم روابط میندم و هم ماکزیمم وجود داشته باشد، معمولاً برای تصریف دادن این روابط از همیکر آنها را با اندیس بالای min و max مشخص می کنند.

« نرم افزارهای فعلی بر نامه ریزی پروژه قابلیت تحلیل تمام حالات روابط ماکزیمم را ندارند. زیرا در برخی شرایط استفاده از روابط ماکزیمم موجب ایجاد پنجره های زمانی می گردد. (و قبیل هم رابطه میندم و هم ماکزیمم داشته باشید)

7/4/2011

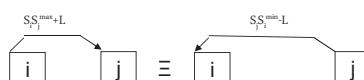
43

شبکه های Max

شبکه های PN از نوع ماکزیمم

« برای تبدیل رابطه ماکزیمم از $j-i$ به Min، کافی است جهت پیکان را عکس، یعنی از j به i نموده و مقدار Lag ماکزیمم را در منفی ضرب کنید.

$$S_i S_j^{\max} + l_{ij}^{\max} \equiv S_j S_i^{\min} - l_{ij}^{\min}$$



« در موقعیت کارگیری روابط منفی باید دقت شود؛ زیرا ممکن است معنی رابطه ماکزیمم داده و ایجاد پنجره زمانی کند.

7/4/2011

44

پنجره زمانی (Time Window)

■ پنجره زمانی (Time Window)

﴿ در شرایطی که بین دو فعالیت هم رابطه ماکزیم و هم مینیم وجود داشته باشد، پنجره زمانی ایجاد خواهد شد. ﴾

﴿ به عنوان مثال، اگر قرار باشد ویره کردن بتن حاصل 10 دقیقه بعد از بتونریزی در قالبها شروع شده، ولی لحظه شروع آن دیرتر از 30 دقیقه از زمان بتونریزی نشود، روابط آنها عبارت خواهد بود: و . هر دو رابطه باید تحقق یابد؛ در نتیجه برای شروع فعالیت ز محدودیت دو طرفه ایجاد می‌شود، به طوری که در بازه زمانی بین فرصت دارد تا شروع شود. این بازه زمانی را اصطلاحاً پنجره زمانی می‌گویند. طول این بازه در این مثال 20+ است. ﴾

﴿ حلقه در حالت پنجره های زمانی (به شرط غیرمثبت بودن جمع جبری lag ها در روابط SS) مجاز است، اما تحلیل آن بسیار پیچیده بوده و نرم افزارهای معمول قادر به تحلیل آن نیستند. ﴾

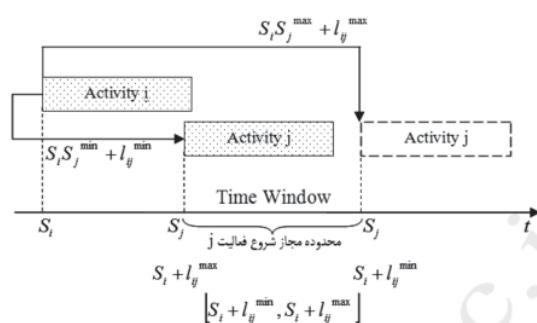
7/4/2011

45

پنجره زمانی (Time Window)

■ پنجره زمانی (Time Window)

﴿ نمایش شماتیک پنجره زمانی به صورت زیر است: ﴾



7/4/2011

46

محاسبات زمانی با روابط مینیمم در شبکه‌های AON

■ محاسبات

« چون تنوع روابط وابستگی در شبکه‌های PN بیشتر از شبکه‌های برداری است فرمول‌های داخلی محاسبه زودترین زمان شروع هر فعالیت و دیرترین زمان پایان هر فعالیت با حالت برداری تفاوت دارد؛ اما اصول محاسبات پیشرو هنگام در نظر گرفتن بزرگترین زمان شروع به سمت آمده برای ES تقریباً مشابه شبکه‌های برداری است. همچنین، اصول محاسبات مسیر پسرو هنگام در نظر گرفتن کمترین زمان پایان به دست آمده برای LF تقریباً مشابه شبکه‌های برداری است.

« فرق دیگر محاسبات در شبکه‌های PN و برداری این است که در شبکه‌های PN محاسبات در دو حالت زیر مقاومت است:

- قطع فعالیت‌ها به منظور ایجاد وقفه در آن‌ها مجاز نباشد. (بدون preemption)
- قطع فعالیت‌ها به منظور ایجاد وقفه در آن‌ها مجاز باشد.

7/4/2011

47

محاسبات شبکه گره‌ای مینیمم

■ حالتی که قطع فعالیت‌ها مجاز نیست:

« الف-1) محاسبات مسیر پیشرو

برای هر فعالیت بدون رابطه قبلی: $ES_j = 0$

$$EF_j = ES_j + D_j$$

محاسبه برای دیگر فعالیتها، با توجه به نوع وابستگی بردار قبلی فعالیت j از:

نوع رابطه قبلی (ij)	محاسبه ES_j
F_S_j	$ES_j = EF_i + F_S_j$
S_S_j	$ES_j = ES_i + S_S_j$
F_F_j	$ES_j = EF_i + F_F_j - D_j$
S_F_j	$ES_j = ES_i + S_F_j - D_j$

■ بعد از این که j -به ازای تمام روابط قبلی محاسبه شد، در CPM بیشترین مقدار به دست آمده را برای ES_j در نظر می‌گیریم.

■ کامهای 2 و 3 را آنقدر تکرار می‌کنیم تا ES_j و EF_j تمام فعالیتها به دست آیند. چون ممکن است

چند فعالیت نهایی داشته باشیم، زمان اتمام پروژه (Tf) به ازای تمام j -ها برابر است با:

$$T_f = \text{Max} \{EF_j\}$$

7/4/2011

48

محاسبات شبکه گره ای مینیمم

■ حالتی که قطع فعالیت‌ها مجاز نیست:

« الف-2) محاسبات مسیر پسرو (در خلاف جهت بردارهای وابستگی از انتها به ابتدای شبکه)

■ برای هر فعالیت بدون رابطه بعدی: $LF_j = Tf$

$$LS_j = LF_j - D_j$$

■ محاسبه با توجه به نوع وابستگی بردار بعدی فعالیت J_m :

نوع رابطه بعدی $j k$	نحوه محاسبه
$F_j S_k$	$LF_j = LS_k - F_j S_k$
$S_j S_k$	$LF_j = LS_k - S_j S_k + D_j$
$F_j F_k$	$LF_j = LF_k - F_j F_k$
$S_j F_k$	$LF_j = LF_k - S_j F_k + D_j$

■ بعد از این که LF_j به ازای تمام روابط بعدی محاسبه شد، در CPM کمترین مقدار به دست آمده را برای در نظر می‌گیریم.

■ گام‌های 2 و 3 را آنقدر تکرار می‌کنیم تا J_m و LS_j تمام فعالیت‌ها به دست آید.

7/4/2011

49

محاسبات شبکه گره ای مینیمم

■ حالتی که قطع فعالیت‌ها مجاز نیست:

« الف-3) محاسبه فرجه‌های PN (در حالت مجاز نبودن قطع فعالیتها)

■ فرجه کل: محاسبه فرجه کل در این شبکه‌ها مشابه شبکه‌های برداری است؛ اما چون در اینجا یک فعالیت را با اندیس J شخص می‌کنیم، تنها اندیس فرمول‌های ارائه شده را باید تغییر داد؛

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

■ فعالیتهای دارای فرجه کل صفر، برره نامیده می‌شوند.

■ فرجه آزاد: ابتدا مقدار خام فرجه آزاد را بر اساس نوع رابطه بعدی $(j|k)$ (بصورت زیر) محاسبه می‌کنیم:

بعد از این که از تمام روابط بعدی فعالیت J مقدار خام فرجه آزاد فعالیت J را محاسبه کردیم، فرجه آزاد فعالیت را برابر می‌نیم فرجه‌های به دست آمده قرار می‌دهیم.

نوع رابطه بعدی $j k$	نحوه محاسبه
$F_j S_k$	$FF_j = ES_k - F_j S_k - EF_j$
$S_j S_k$	$FF_j = ES_k - S_j S_k - ES_j$
$F_j F_k$	$FF_j = EF_k - F_j F_k - EF_j$
$S_j F_k$	$FF_j = EF_k - S_j F_k - ES_j$

7/4/2011

50

محاسبات شبکه گره ای مینیمم

■ حالتی که قطع فعالیت‌ها مجاز نیست:

« الف-3) محاسبه فرجه‌های در شبکه‌های PN (در حالت مجاز نبودن قطع فعالیتها)

- فرجه اینمی: ابتدا مقدار خام فرجه اینمی را بر اساس نوع رابطه قبلی (jz) بصورت زیر محاسبه می‌کنیم:

نحوه محاسبه	نوع رابطه قبلی (jz)
SF_j	$LS_j - FS_j - LF_i$
SS_j	$LS_j - S_iS_j - LS_i$
FF_j	$LF_j - FF_j - LF_i$
S_iF_j	$LF_j - S_iF_j - LS_i$

بعد از این که از تمام روابط قبلی فعالیت لر مقدار خام فرجه اینمی فعالیت لر را محاسبه کردیم، فرجه اینمی فعالیت را برابر مینیمم فرجه‌های به دست آمده قرار می‌دهیم.

- فرجه مستقل: این فرجه هم به روابط قبلی و هم به روابط بعدی فعالیت لستگی دارد. هر رابطه 4 حالت دارد، بنابراین، 4×4 حالت برای محاسبه این فرجه وجود دارد. برای مثال، اگر رابطه بعدی (jz) از نوع FS و رابطه قبلی (jz) از نوع SS باشد، فرجه مستقل برابر است

$$IF_j = \text{Max} \{0; ES_k - F_jS_k - D_j - S_iS_j - LS_i\}$$

7/4/2011

51

محاسبات شبکه گره ای مینیمم

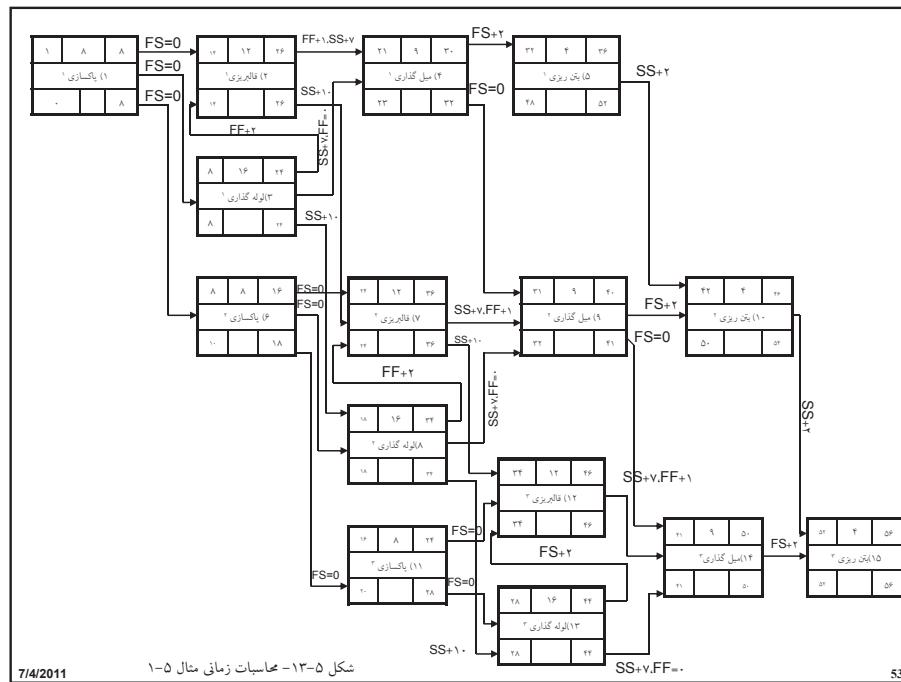
■ راه میانبر برای محاسبات شبکه‌های گره ای مینیمم:

« در مسیر پیشرو، عنصر زمانی شروع پیکان را به علاوه مقدار پیکان کنید، عنصر انتهایی پیکان به دست می‌آید.

« در مسیر پسرو، عنصر انتهایی پیکان را منهای مقدار پیکان کنید، عنصر ابتدایی پیکان به دست می‌آید.

7/4/2011

52



محاسبات شبکه گره ای مینیمم

■ حالتی که قطع فعالیت‌ها مجاز است:

- « قطع فعالیت‌ها این مزیت را دارد که باعث می‌شود بتوان کارهای بیشتری را در هر لحظه انجام داد. بنابراین، زمان کل پروژه در این حالت از آنچه که در شرایط عدم قطع فعالیتها به دست می‌آید، کوتاهتر است.
- « اصل کلی این روش این است که محدودیتهای زمان شروع و پایان هر فعالیت در نظر گرفته می‌شود.

محاسبات شبکه گره ای مینیمم

■ حالتی که قطع فعالیت‌ها مجاز است:

ب-(۱) محاسبات سیر پرسرو: اگر $EF_j - ES_j < D_j$ باشد، فعالیت j تضمین می‌شود تو عالمت جدید در به کارگیری این المکرر مشارتد از j (اولن قسمت یک فعالیت قطع شده) و b_j (آخرین قسمت یک فعالیت قطع شده)

-۱- برای هر فعالیت بیون رابطه قبلی، و از نوع FS با $ES_j = 0$

-۲- محاسبه ES_j برای دیگر فعالیتها با توجه به نوع روابطه و استگنی بردار فعلی فعالیت j :

نحوه حسابه	ES_j
$F_i S_j$	$ES_j = EF_i + F_i S_j$
$S_i S_j > a_i$	$ES_j = EF_i + S_i S_j - D_i$
$S_i S_j \leq a_i$	$ES_j = ES_i + S_i S_j$

بعد از این که از تمام روابطه قبلي فعالیت j محاسبه شد، بیشترین مقاداره دست آمده برای آن را به عنوان مقادار بهایی در نظر می‌گیریم.

-۳- همچنان، اگر رابطه و استگنی بردار قبلی فعالیت j از نوع FF باشد:

-۴- اندیزه برای بیشترین مقادار دست آمده از رابطه فوق است، اگرقداره دست

-۵- آمده از رابطه اول ماتریزم باشد، لگاه $a_j = D_j - F_j F_j$ و اگر از رابطه اوم ماتریزم باشد، لگاه $a_j = D_j - F_j F_j$

-۶- گامهای ۲ و ۳ را تقدیر تکرار می‌کنیم تا ES_j و EF_j تمام فعالیتها به دست آمدند چون ممکن است چند

فعالیت نهایی داشته باشیم، زمان اتمام پروژه (T_p) به ازای تمام زمان پایانی برای است بد:

$$T_p = \text{Max}\{EF_j\}$$

7/4/2011

55

محاسبات شبکه گره ای مینیمم

■ حالتی که قطع فعالیت‌ها مجاز است:

ب-(۲) محاسبات سیر پرسرو (در خلاف جهت بردارهای و استگنی از آنها به اندیشه شبکه)

-۱- برای هر فعالیت بیون رابطه بعدی، و از نوع FS با $LF_j = T_p - FF$

-۲- محاسبه LF_j با توجه به نوع روابطه و استگنی بردار بعدی فعالیت j :

نحوه رابطه بعدی	LF_j
$F_j S_k$	$LF_j = LS_k - F_j S_k$
$F_j F_k > b_k$	$LF_j = LS_k - F_j F_k + D_j$
$F_j F_k \leq b_k$	$LF_j = LF_k - F_j F_k$

بعد از این که LF_j به ازای تمام روابطه بعدی محاسبه شد، بیشترین مقاداره دست آمده را برای j در نظر می‌گیریم.

-۳- دویزین زمان شروع فعالیت‌ها مواره از رابطه $LS_j = LF_j - D_j$ به دست می‌آید؛ اگر نوع رابطه بردار بعدی

فعالیت از نوع $S_j S_k$ باشد، $LS_j = LS_k + S_j S_k$ را از رابطه $S_j S_k$ نزدیکی حساب نمود در نهایت، مقادار مینیمم

از دو رابطه فوق انتخاب می‌کنیم، اگرقداره دست آمده از رابطه اول می‌نمایم باشد، لگاه $a_j = D_j - b_j$ و اگر از رابطه

-۴- دوم می‌نمایم باشد لگاه $a_j = D_j - S_j S_k$

-۵- گامهای ۲ و ۳ را تقدیر تکرار می‌کنیم تا LS_j و LF_j تمام فعالیتها به دست آمدند

7/4/2011

56

محاسبات شبکه گره ای مینیمم

- حالتی که قطع فعالیت‌ها مجاز است:

ب-۳ در محاسبه فرجه فعالیتها وقتی قطع آنها مجاز نباشد، هر چند این قطع شدن فعالیتها زمان پروژه را کوتاه می‌کند، اما محاسبات فرجه‌ها و مفایل آنها را بسیار پیچیده تر می‌کند (عنوان مثال دو مقدار بندست آمده از دو فرمول فرجه کل، بعضی $LF_r - EF_r$ و $LS_r - ES_r$ در زمان پروژه می‌شود، استفاده از این روش توجیه بسیار می‌کند)

7/4/2011

57

محاسبات شبکه گره ای در حالت پنجره زمانی

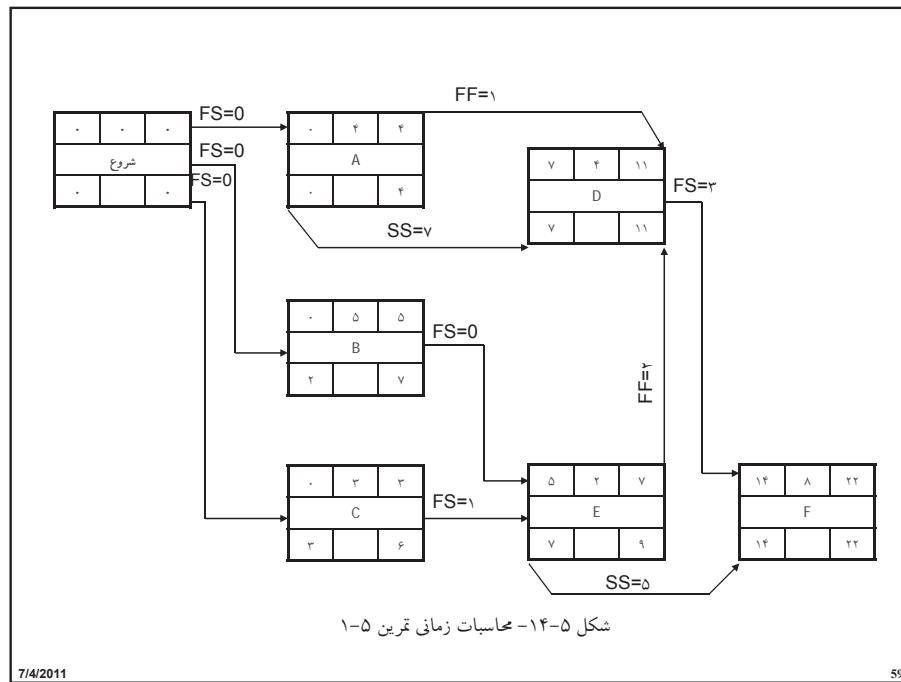
- محاسبات زمانی در حالت پنجره‌های زمانی:

« در این شرایط نمی‌توان محاسبات زمانی را به روش معمول مسیرهای پیشرو و پسرو انجام داد و باید از روش‌های تئوری شبکه (بخصوص روش کوتاهترین مسیر) استفاده کرد.

- برای محاسبات زمانی به جای کوتاه‌ترین فاصله، ماکزیمم زمان (فاصله) را باید جایگزین کرد.
- مشهورترین این روشها روش Floyd-Warshall Algorithm است.
- در حالت تخصیص منابع، مساله بسیار پیچیده تر شده و تبدیل به مساله NP-Hard می‌گردد. به همین خاطر، در نرم افزارهای معمول کامپیوتری هنوز روابط ماکزیمم و پنجره‌های زمانی در نظر گرفته نشده‌اند.

7/4/2011

58



7/4/2011

59

کنترل پروژه

تخصیص منابع محدود، تسطیح منابع نامحدود



7/4/2011

1

تخصیص منابع محدود
(RCPSP)

7/4/2011

2

بخش های مطرح شده در این فصل:

(1) مفهوم منابع و انواع آن

(2) گراف منابع

(3) مفهوم مساله برنامه ریزی تخصیص منابع محدود

(4) روش‌های برنامه ریزی تخصیص منابع محدود

(5) مساله تخصیص منابع تجدیدناپذیر(صرفی)

(6) سایر روش‌های حل مشکل محدودیت



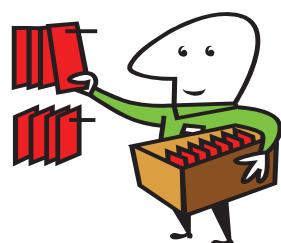
3

1) مفهوم منابع و انواع آن

منابع به دو دسته تقسیم می شوند:

(1) منابع کاری یا تجدید پذیر

(2) منابع صرفی یا تجدید ناپذیر



7/4/2011

4

انواع منابع

■ 2 نوع منبع

« منابع کاری (Working or Labor) یا تجدیدپذیر (Renewable)

▪ شامل نیروی انسانی، ماشین‌آلات و تجهیزات که به هر فعالیت تعداً مشخصی تخصیص می‌یابد و انجام فعالیت به

عهده آن‌هاست.

▪ ماهیت این منابع به گونه‌ای است که با اتمام یک فعالیت یا بسته کاری، منابع تخصیص داده شده به آن آزاد یا یک‌بار می‌شوند و می‌توان آن هارا به سایر فعالیتها تخصیص داد.

« منابع مصرفی (Material) یا تجدیدناپذیر (Non-renewable)

▪ مثل گچ، سیمان، آجر، مواد خام و ...؛ ماهیت این منابع به گونه‌ای است که با اتمام یک فعالیت یا بسته کاری، منابع مصرفی پیش‌بینی شده برای انجام آن مصرف شده و به اتمام می‌رسند.

▪ محدودیت این منابع لزوماً بر حسب پریودهای زمانی نیست بلکه روی مصرف کل است.

7/4/2011

5

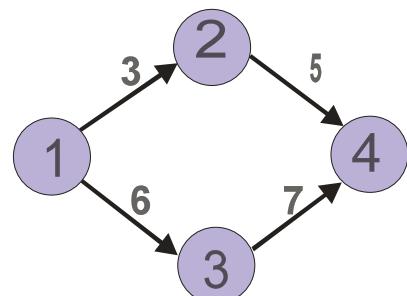
Resource Graph

2(گراف منابع

(1) تعریف: نموداری که سطوح بکارگیری منابع را در طول

اجرای پروژه نمایش می‌دهد.

: (2) مثال

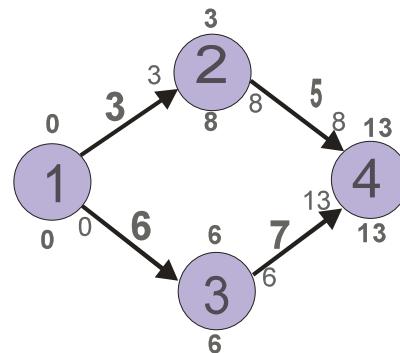


7/4/2011

6

محاسبات عددی برای شبکه مثال:

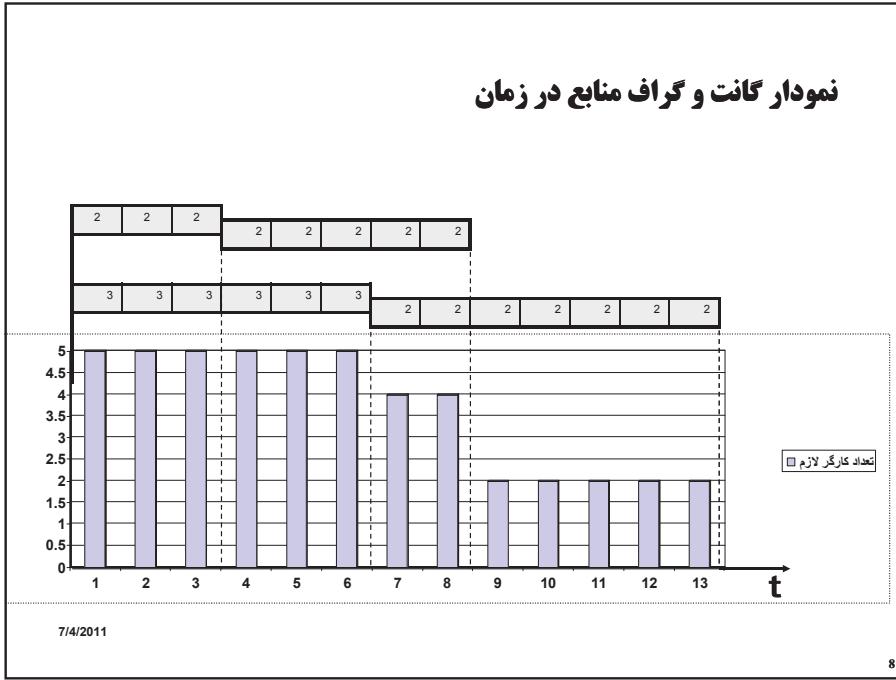
فعالیت	1-2	2-4	1-3	3-4
کارگر لازم	2	2	3	2



7/4/2011

7

نمودار گانت و گراف منابع در زمان



RCPSP

(3) مفهوم مساله برنامه ریزی تخصیص منابع محدود

برای توضیح این بخش فرض کنید در مثال قبل پروژه محدود به 4 نفر کارگر باشد. پس واضح است که 5 کارگر موجود نیست که این پروژه را به اتمام برسانیم.

پس با این شرط که زمان و منابع برآورد شده ثابت هستند، تنها راه برخورد با محدودیت منابع، جابجایی یا شیفت دادن برخی فعالیتها به راست است. این کار ممکن است به طولانی شدن پروژه بیانجامد.

پس به روشنی نیاز داریم که:



1) پروژه با حداقل تأخیر غیر مجاز به اتمام برسد. (هدف)

2) پروژه با 4 کارگر قابل انجام باشد. (محدودیت)

9

RCPSP

■ برنامه ریزی پروژه با منابع محدود (RCPSP)

- » این مساله از سال 1950 مورد بررسی بوده است.
- » با وجود محدودیت منابع، دیگر نمی‌توان شروع فعالیتها را بر حسب زودترین زمان شروع (ES) برنامه ریزی کرد.
- » در برنامه ریزی تخصیص منابع، بررسی می‌شود که زمان شروع فعالیتها با در نظر گرفتن محدودیت منابع و روابط وابستگی بین آنها چگونه باشد تا پروژه با حداقل تأخیر ممکن نسبت به زمان اتمام محاسبه شده به پایان برسد (هدف).
- » حتی در حالت عدم محدودیت منابع نیز این برنامه ریزی مفید است، زیرا باعث می‌شود نیازمندی منابع در طول زمان اجرای پروژه مشخص شده و برای آن برنامه ریزی شود.

RCPSP

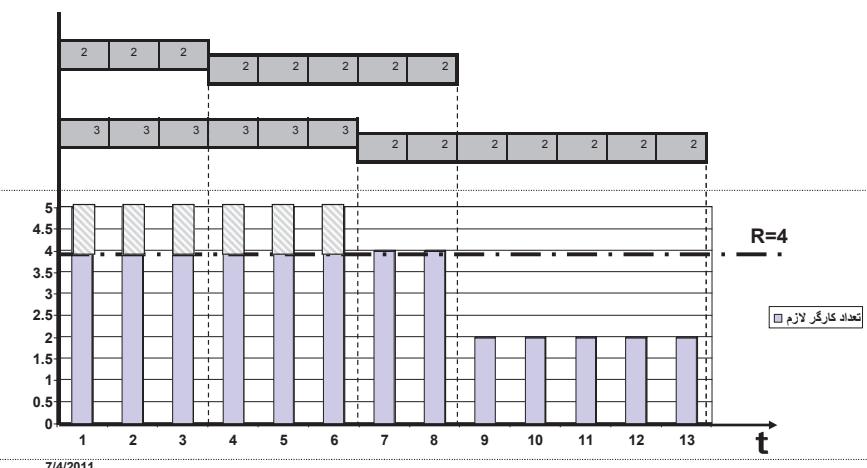
■ استفاده از جابجایی فعالیتها برای حل مشکل محدودیت منابع

- با فرض این که زمان و منابع برآورده شده کلیه فعالیتها ثابت باشد، و امکان اضافه کاری و افزایش شیقتهای نباشد، تنها راه برخورد با محدودیت منابع، جابجایی یا تبیفت دادن برخی از فعالیتها به سمت راست است.
- این کار ممکن است باعث طولانی شدن زمان پروژه گردد. بنابراین، به روشنی نیازمندیم که پروژه بر اساس آن با حداقل تأخیر غیرمجاز به اتمام برسد و نیز، با تعداد منابع محدود قابل انجام باشد (اولی هدف و دومی محدودیت است).
- برای جابجایی فعالیتها، ایندا فعالیتها را در فاصله فرجه آن‌ها جابجا می‌کنند:
- اگر نتیجه این جابجایی ارضا کننده نبود، از جابجایی برخی از فعالیتها حتی بیش از فرجه آن‌ها استفاده می‌شود. در اینحالت پروژه با تأخیر انجام خواهد شد.
- فعالیت‌های بحرانی را نمی‌توان جابجا کرد، بنابراین اگر در یک شبکه سطح منابع لازم برای اجرای فعالیت‌های بحرانی نیز از سقف منابع موجود بیشتر باشد، پروژه حتماً دچار تأخیر می‌گردد.

7/4/2011

11

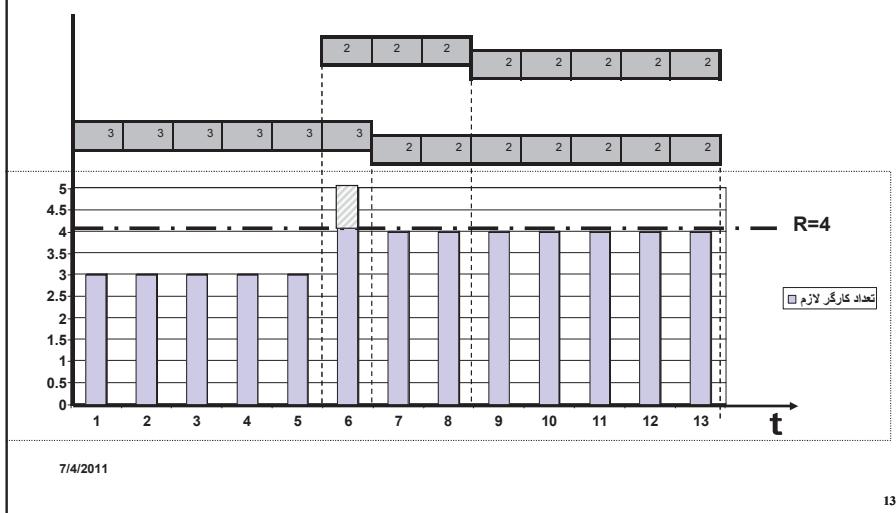
نحوه نمایش مازاد بر فعالیت منابع در گراف منابع



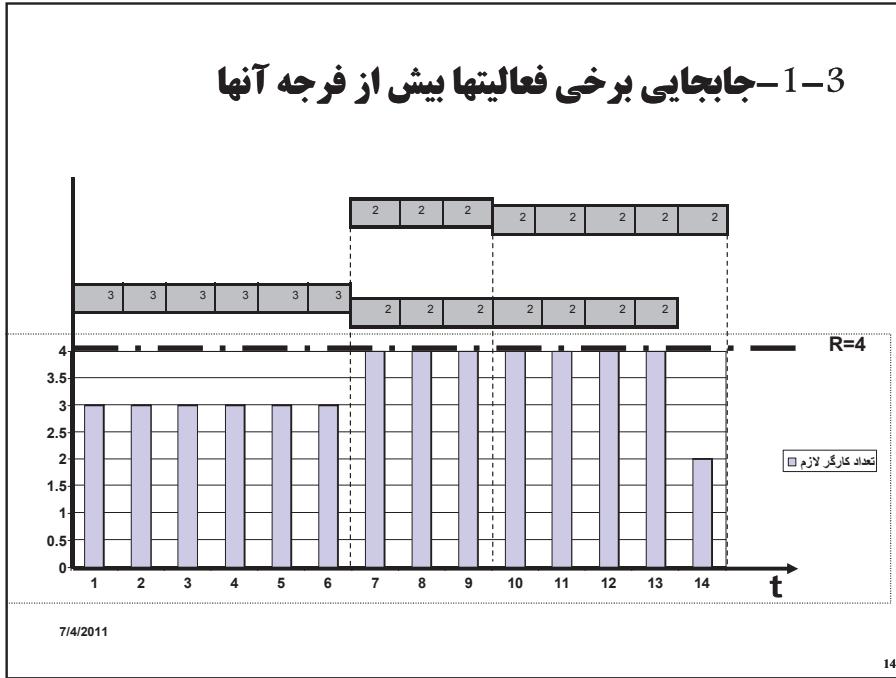
7/4/2011

12

1-3- جابجایی برخی فعالیتها در فاصله فرجه آنها



1-3- جابجایی برخی فعالیتها بیش از فرجه آنها



RCPSP

4) روش‌های برنامه ریزی تخصیص منابع محدود

1-4- دسته بندی روشها

1) روش‌های مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی صفر و یک

2) روش‌های دقیق مبتنی بر شاخه و کران و طرighهای شمارشی

3) روش‌های ابتکاری مبتنی بر قوانین اولویت بندی

4) روش‌های فرا ابتکاری مبتنی

منطق این برنامه ها به دو دسته تقسیم می شوند:

1) روش‌های ایجادی

2) روش‌های بهبود دهنده



7/4/2011

15

2-4- روش برنامه ریزی موازی

فرضیات الگوریتم کامپیوتری تخصیص منابع محدود

1) فازهای منطق اجرای فعالیتها و برآورد زمان آنها باید معین باشند.

2) مقدار منبع یا منابع لازم برای انجام هر فعالیت مشخص و ثابت باشد.

3) برای هر منبع حداقل تعداد قابل دسترس در طول زمان باید مشخص باشد.

4) قطع فعالیتها تا تکمیل نهایی آنها مجاز نیست.



7/4/2011

16

گامهای الگوریتم

گام 1: ES_{ij} و LS_{ij} را محاسبه کنید و کل منابع در دسترس را در نظر بگیرید و $T=0$

گام 2: مجموعه فعالیتهاي واحد هرایط را تشکيل دهيد. (EAS)

گام 3: مجموعه فعالیتهاي مدت‌ب شده برای برنامه ریزی را تشکيل دهيد. (OSS)

گام 4: منابع موجود را به ترتیب OSS با توجه به R_{ij} تا جای ممکن تخصیص می دهیم و زمان را مشخص می کنیم.

(پایان الگوریتم)



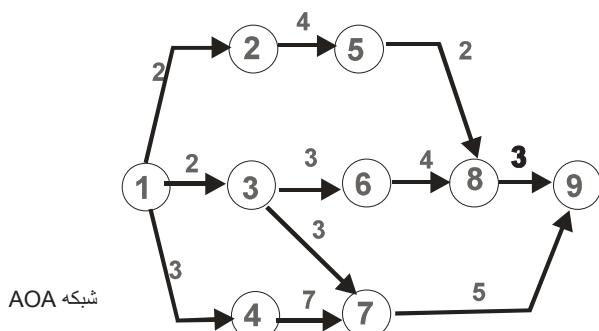
7/4/2011

17

مثال:

فعالیت	1-3	1-4	3-6	4-7	2-5	5-8	7-9
تعداد وسیله لازم R_{ij}	4	4	3	5	2	3	6

جدول منابع لازم و شبکه



7/4/2011

18

محاسبات مثال به روش محاسباتی

مرحله اول			مرحله دوم			مرحله دوم		
$T=0 \quad R=8$			$T=2 \quad R=4$			$T=3 \quad R=5$		
2 گام : EAS	1-2	1-3	1-4	2-5	3-6	3-7	2-5	4-7
LSij	4	3	0	6	5	7	6	3
Dij	2	2	3	4	3	3	4	7
3 گام : OSS	1-4	1-3	1-2	3-6	2-5	3-7	4-7	2-5
Rij	4	4	0	3	2	0	5	2
$T+Dij =$ زمان پایان	3	2	2	5	---	5	10	---

7/4/2011

19

	مرحله چهارم		مرحله پنجم		مرحله ششم		مرحله هفتم	
	$T=5 \quad R=3$		$T=9 \quad R=3$		$T=10 \quad R=5$		$T=11 \quad R=8$	
2 گام : EAS	2-5	6-8	5-8	7-9	7-9	8-9		
LSij	6	8	10	10	10	12		
Dij	4	4	2	5	5	3		
3 گام : OSS	2-5	6-8	5-8	7-9	7-9	8-9		
r _{ij}	2	0	3	6	6	0		
$T+Dij =$ زمان پایان	9	9	11	---	16	14		

7/4/2011

20

حل مساله به روش برنامه ریزی موازی

■ روشهای حل مساله به روش برنامه ریزی موازی عبارتند از:

۱. روش محاسباتی (جدول محاسبات و تعیین OSS.R.T.EAS و زمانهای پایان)

۲. روش جدولی (ترکیب جدول و نمودار گانت):

▪ درک آسانتر و بهتر برای گزارشده،

▪ ES و LS بعلاوه یک!

» تعداد منابع تخصیص داده شده در سطر آخر روش جدولی، همان مقادیر Resource Graph طی واحدهای زمانی پروژه هستند. این اطلاعات به مدیر پروژه کمک می کند تا بداند در چه زمانهایی می تواند به افراد مخصوصی داده و یا در سایر پروژه ها از آنها استفاده کند.

» این روش هم برای تک منبع و هم در حالت چند منبع قابل استفاده است.

» این روش (مانند سایر روشهای ابتکاری) از یک قاعده ارجحیت تعریف شده (اول صعودی LS و بعد D) تبعیت می کند که مبنای ریاضی قوی ندارد و بر اساس حس و منطق عمومی طراحی شده است. لذا لزوماً به جواب بهینه ختم نمی شود.

7/4/2011

21

محاسبات مثال به روش جدولی یا نمودار گانت

فعالیت	rij	Dij	ESij	LSij	T															
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1-2	----	2	1	5	—	—														
1-3	4	2	1	4	4	4														
1-4	4	3	1	1	4	4	4													
2-5	2	4	3	7							2	2	2	2						
3-6	3	3	3	6			3	3	3											
3-7	----	3	3	8			—	—	—											
4-7	5	7	4	4			5	5	5	5	5	5	5							
5-8	3	2	7	11										3	3					
6-8	----	4	6	9						—	—	—	—							
7-9	6	5	11	11											6	6	6	6	6	
8-9	----	3	10	13												—	—	—		
تعداد منبع تخصیص داده شده					8	8	7	8	8	7	7	7	7	8	3	6	6	6	6	6
تعداد منبع تخصیص داده نشده					---	---	1	---	---	1	1	1	1	---	5	2	2	2	2	2

7/4/2011

مثال: برنامه ریزی برای چند نوع منبع

جدول تعداد منبع لازم برای هر فعالیت

فعالیت	1-2	1-3	1-4	2-5	3-6	3-7	4-7	5-8	6-8	7-9	8-9
منبع A	---	4	4	2	3	---	5	3	---	6	---
منبع B	2	1	3	2	1	2	---	2	2	---	3

7/4/2011

23

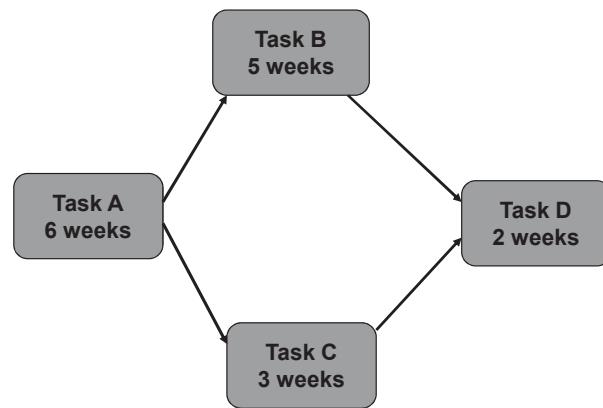
فعالیت	rA	rB	Dij	ESij	LSij	T													
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1-2	-	2	2	1	5				- Z	- Z									
1-3	4	1	2	1	4	4	1	4	1										
1-4	4	3	3	1	1	4	3	4	3	4	3								
2-5	2	2	4	3	7						Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	
3-6	3	1	3	3	6			3	1	3	1	3	1						
3-7	-	2	3	3	8				- Z	- Z	- Z								
4-7	5	-	7	4	4				5	- 5	- 5	- 5	- 5	- 5	- 5	- 5	- 5	-	
5-8	3	2	2	7	11									3	2	3	2		
6-8	-	2	4	6	9								- Z	- Z	- Z	- Z	- Z		
7-9	6	-	5	11	11										X	6	- 6	- 6	
8-9	-	3	3	10	13											- 3	- 3	- 3	
تعداد منبع تخصیص داده شده						8 4	8 4	7 4	8 3	8 3	7 4	7 4	7 4	7 4	8 4	3 4	6 2	6 3	6 3
تعداد منبع تخصیص داده نشده						-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	5 1	2 2	2 1	2 1

7/4/2011

24

5) مساله تخصیص منابع تجدیدناپذیر(مصرفی)

:مثال



7/4/2011

25

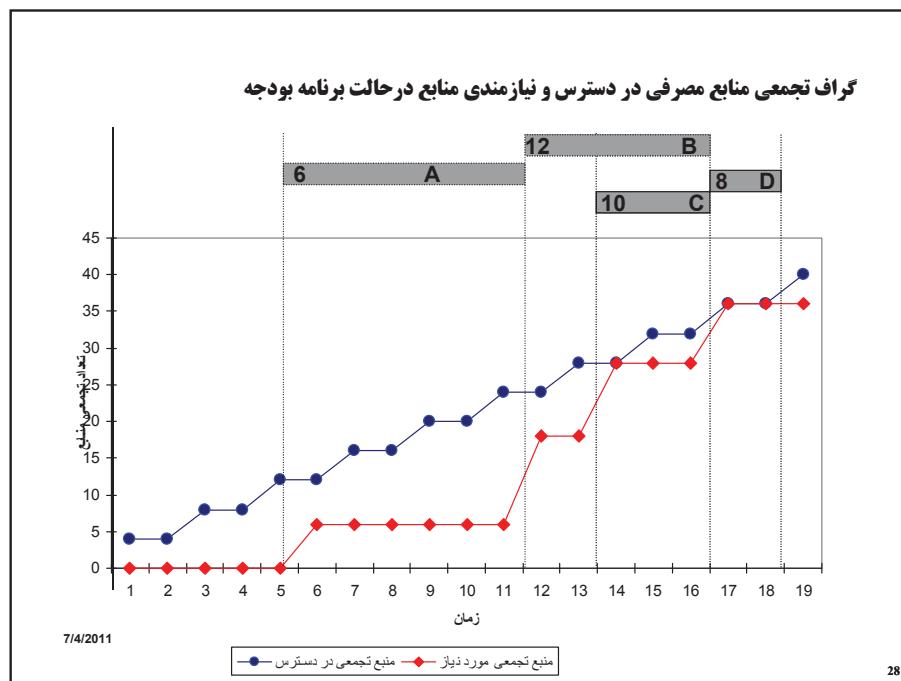
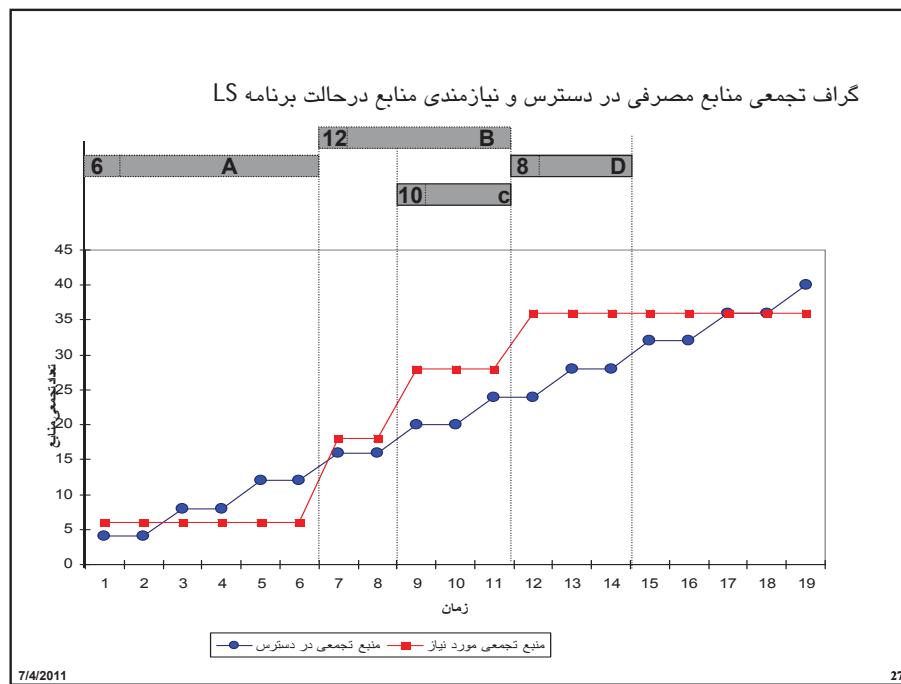
اطلاعات مثال

فعالیت	زمان فعالیت	تعداد منبع مصرفی	ESj	LSj
A	6	6	0	6
B	5	12	6	6
C	3	10	6	8
D	2	8	11	11

جدول 4-6- اطلاعات مثال

7/4/2011

26



مثال فوق دارای دو نکته مهم است:

۱) این برنامه ریزی در مقایسه با مسائل برنامه ریزی منابع تجدیدپذیر، ساده‌تر است.

۲) ممکن است در یک مساله هر دو محدودیت منابع تجدیدپذیر(کاری) و تجدیدناپذیر(صرفی) همزمان وجود داشته باشد. که منجر به پیچیده شدن مساله می‌گردد.

در شرایطی است که انواع محدودیتها را داشته و RCPSP پیچیده ترین حالت مسائل نیز وجود داشته باشد. در این حالت Time Window روابط وابستگی ماکزیمم با می‌گردد. مساله به شدت از نوع NP-Hard.



29

تخصیص منابع مصرفی

■ تخصیص منابع مصرفی

- » در اینجا محدودیت بر روی مصرف کل منبع است، نه لزوماً در اختیار بودن زمانی.
- » روال کار باز هم مانند قبل است
- (حل مساله بدون در نظر گرفتن محدودیت منابع، تعیین ES و LSها، تخصیص بکمک گرافهای تجمعی منابع موجود و مورد نیاز):
- ضمن اینکه در این حالت، فعالیتهای موجه (feasible) را علاوه بر انجام پیش نیازی ها، وجود منابع مشخص می‌کند.
- » وقتی فعالیتی تمام می‌شود، مقدار برآورده شده از آن منبع به اتمام رسیده و آزاد نمی‌شود. (برخلاف منابع کاری)

7/4/2011

30

6) سایر روش‌های حل مشکلات محدودیت منابع

■ سایر روش‌های حل مشکلات محدودیت منابع

- « 1. تبادل زمان-منابع (Time/Resource Trade-off)
- « 2. استفاده از اضافه کاری
- « 3. تغییر ساعات و شیفت‌های روزانه در تقویم پروژه
- « 4. تغییر الگوی توزیع منابع مورد نیاز یا حجم اضافه کار در طول زمان فعالیت
- « 5. تغییر الگوی حداکثر تعداد منابع در دسترس (Maximum Unit of R.)

7/4/2011

31

6) سایر روش‌های حل مشکلات محدودیت منابع

■ 1. تغییر منابع و زمان فعالیت با استفاده از تبادل (Trade off) مابین آنها:

« 1. تبادل زمان-هزینه (Time/ Cost Trade-off)

- معروفترین نوع تبادل است؛ در این نوع تبادل با افزایش هزینه یک فعالیت ممکن است بتوان زمان آن را تا حدی کاهش داد.

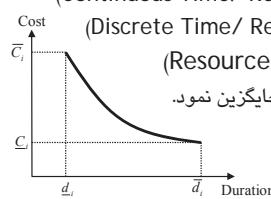
« 2. تبادل زمان-منابع (Time/ Resource Trade off)

▪ گیسته (Continuous Time/ Resource Trade off Problem) CTRTP

▪ پیوسته (Discrete Time/ Resource Trade off Problem) DTRTP

« 3. تبادل منابع-منابع (Resource / Resource Trade off)

- در این تبادل زمان ثابت است ولی منابع را می‌توان جایگزین نمود.



7/4/2011

32

6) سایر روش‌های حل مشکلات محدودیت منابع

1. تغییر منابع و زمان فعالیت با استفاده از تبادل (Trade off) مابین آنها:

- ﴿ مساله برنامه ریزی پروژه چند حالته با منابع محدود (Multi Mode) MRCPSP
 - در این مساله برای یک فعالیت چندین حالت اجرا قابل بیش بینی است و هر سه نوع تبادل فوق را در بر می‌گیرد؛ اما به طور مشخص درگیر مسایل تبادل زمان- منابع است. یعنی در این مساله، هر فعالیت می‌تواند در مدهای مختلف (معمولاً ترکیب زمان-منابع) انجام شود.
 - این مساله دو هدف دارد، یکی تعیین مد بینه برای هر فعالیت و نیز زمان شروع هر فعالیت.
 - پارامترهای موثر در حالتهای مختلف این مسایل عبارتند از: (A)امین روش ممکن یا مد انجام فعالیت، (منابع لازم برای انجام فعالیت آم به روش یا مد)، (زمان لازم برای انجام فعالیت آم به روش).
 - از مزایای روش MRCPSP احتمال کاهش زمان کل پروژه در بررسی مدهای مختلف، و امکان دستیابی به ضریب اشتغال بالاتر منابع است.
 - به علت زیاد شدن تعداد حالتها در مسایل بزرگتر (تعداد حالتها به توان تعداد فعالیتها)، تعیین جواب پنهان مساله حتی با پرسرعت ترین کامپیوترها بسیار پیچیده می‌شود، بنابراین در نرم افزارها مساله MRCPSP انجام نمی‌شود.
 - در نرم افزار MSP، قابلیت ضعیفی به نام effort driven وجود دارد که اگر روش باشد، فقط برای یک فعالیت، موازنه زمان-منابع را (آن هم فقط بصورت خطی) در نظر می‌گیرد، ولی هوشمند نیست.

7/4/2011

33

6) سایر روش‌های حل مشکلات محدودیت منابع

2. استفاده از اضافه کاری

- ﴿ کاهش زمان فعالیت با اضافه کاری در روزهای کمتر، برای کاهش نیازمندی منابع در یک روز خاص از پروژه.
- ﴿ در MSP امکان تعریف اضافه کاری وجود دارد (بکمک Resource Work)، اما نمی‌توان توزیع اضافه کاری را روی تقویم و گانت چارت فعالیت تعریف نمود.

3. تغییر ساعت‌ها و شیفت‌های روزانه در تقویم پروژه

7/4/2011

34

6) سایر روش‌های حل مشکلات محدودیت منابع

■ 4. تغییر الگوی توزیع منابع مورد نیاز یا حجم اضافه کار در طول زمان

فعالیت:

↳ الگوی توزیع تعداد منابع یا حجم کار در طول زمان فعالیت می‌تواند هیستوگرام توزیعهای احتمالی دارای هر الگوی دلخواه باشد. یعنی نیازمندی منبع یک فعالیت در هر روز یکسان نباشد.

↳ بکمک Work Contour در P6 (عالی) یا Resource Curve در MSP (ضعیف)



■ 5. تغییر الگوی حداقل تعداد منابع در دسترس (Maximum Unit of R.)

↳ این مقدار می‌تواند احتمالی، فازی، گسسته یا پیوسته باشد.

7/4/2011

35

تسطیح منابع نامحدود Resource Leveling

7/4/2011

36

تسطیح

■ تسطیح منابع

- « تسطیح، در واقع نوعی از برنامه‌ریزی تخصیص منابع است که در آن معمولًا فرض بر این است که به مقدار کافی از منابع مورد نیاز موجود است.
- « هدف از تعیین برنامه در این حالت به حداقل رساندن هزینه‌های ناشی از نوسانات سطوح منابع مختلف است؛ به طوری که تاخیر غیرمجازی در هیچ یک از فعالیت‌های پروژه پیش نیاید.
- منظور از نوسانات در مورد منابع نیروی انسانی هزینه‌های استخدام و اخراج و در مورد وسایل و تجهیزات، هزینه‌های نسب و آماده‌سازی آنهاست. این هزینه‌ها از آن جهت ناشی می‌شود که به کار انداختن و خارج کردن متقابو منابع معمولًا توان با صرف زمان تلف شده و هزینه است.
- « در صورتی که بتوان فعالیتها را در فاصله فرجه کل آنها به گونه‌ای جابجا کرد که تعداد مورد نیاز از یک نوع منبع خاص در طول زمان تقریباً ثابت بماند این هدف محقق شده است. به عبارت دیگر، هدف از این برنامه‌ریزی، یکواخت یا همسطح کردن سطوح تقاضا برای برخی منابع خاص که هزینه نوسان آنها بالاست در طول زمان اجرای طرح می‌باشد.

7/4/2011

37

تخصیص در برابر تسطیح

■ شبهات تخصیص و تسطیح

- « در هر دو، محدوده (scope) و کیفیت (quality) ثابت است.
- « در هر دو، هزینه‌ها را در نظر نمی‌گیریم و موازنۀ بین منابع-زمان انجام می‌شود.

■ تفاوت تخصیص و تسطیح

- « در تخصیص، منابع محدود است و در تسطیح، نامحدود
- « در تخصیص، زمان فعالیتها را جابجا می‌کنیم و در تسطیح، منابع آنها را.
- « در تخصیص، تاخیر زمانی مجاز است و در تسطیح خیر.

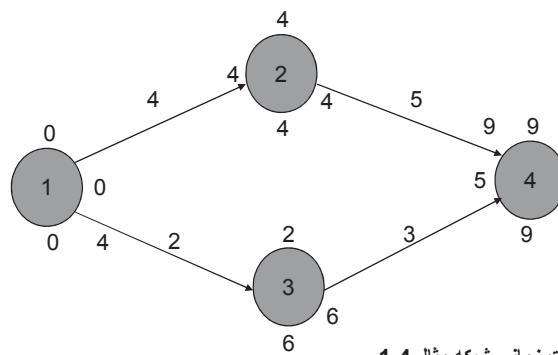
7/4/2011

Project Control_shakeri@iust.ac.ir

38

مثال

شبکه ساده شکل زیر را در نظر بگیرید که در آن محاسبات مسیرهای پیشرو و پسرو انجام شده اند.



شکل ۱-۴- محاسبات زمانی شبکه مثال ۱-۴

7/4/2011

39

کارگران موردنیاز برای انجام هر یک از فعالیتهای شبکه فوق عبارتند از :

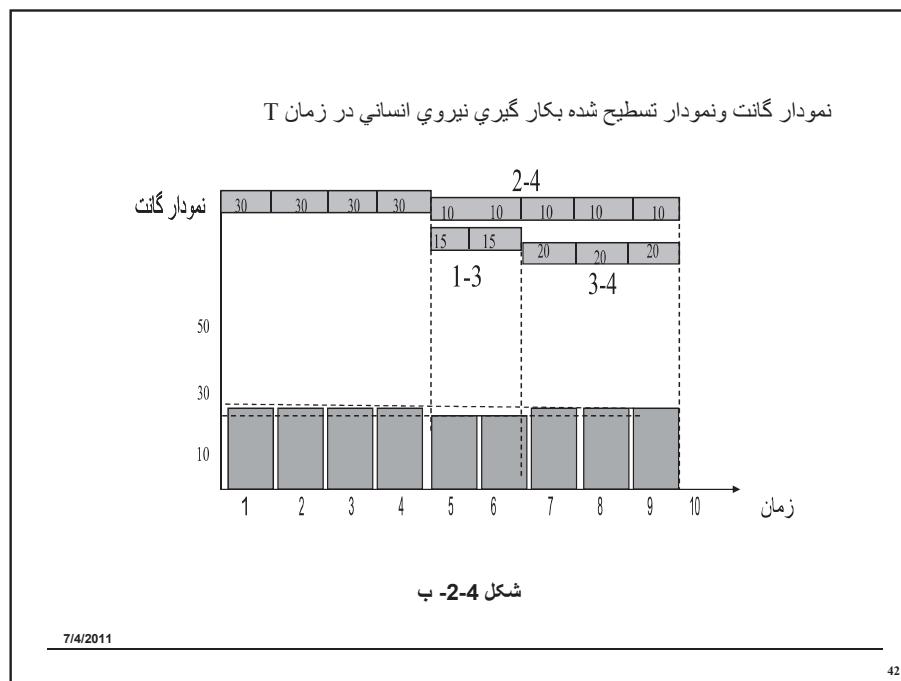
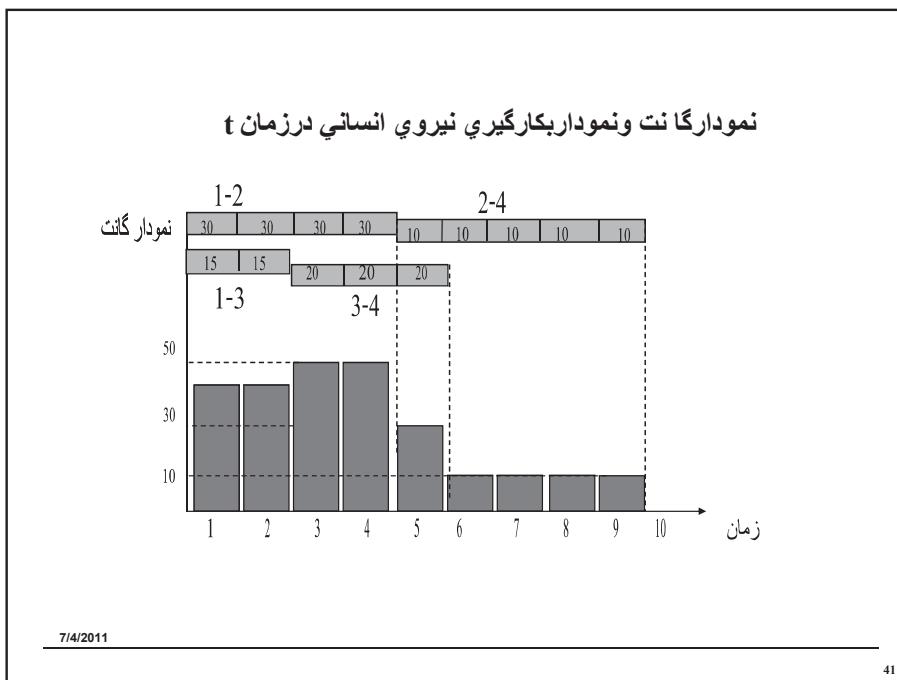
فعالیت	1-2	2-4	1-3	3-4
کارگر لازم	30	10	15	20

◆ ضمناً تعداد کارگر که برای استخدام بخواهیم موجود است یعنی تعداد منابع در دسترس نامحدود است.

اگر این فعالیتها را بر حسب زودترین زمان شروع برنامه ریزی کنیم، نمودار گانتم و برنامه نیروی انسانی آن به قرار شکل ۱-۴-الف خواهد شد.

7/4/2011

40



تسطیح

■ مدل ریاضی مساله تسطیح

- » تابع هدف: حداقل نمودن نوسانات سطوح منابع (برای کاهش هزینه های آنها)
- » محدودیتها: اتمام پروژه بدون تأخیر غیرمجاز
- » فرضیات برنامه ریزی تسطیح منابع عبارتند از:
 - فازهای منطق اجرای فعالیتها و برآورده زمان آنها باید معین شده باشد.
 - مقدار منابع لازم برای انجام هر فعالیت باید مشخص و در طول زمان ثابت باشد.
 - قطع فعالیتها تا تکمیل نهایی آنها مجاز نیست.
 - عبارتی شرط سوم مدل تخصیص (ثابت بودن حداقل منابع موجود در طول اجرای پروژه) در اینجا حذف شده است.

7/4/2011

43

تسطیح

■ مدل ریاضی مساله تسطیح

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{t=1}^{E_n} (r_{t+1} - r_t)^2 \\ \text{st:} \quad & \sum_{t=1}^{E_n} r_t = R \quad \text{or} \quad W \\ & r_t \geq 0 \quad \forall t = 1, 2, 3, \dots, E_n \end{aligned}$$

r_t : تعداد یا سطح منبع لازم برای انجام فعالیتی که در مقطع زمانی t در حال انجامند. یعنی: $\sum_{\forall t} r^t$

R_k : حجم منبع لازم نوع k برای کل پروژه بر حسب نفر- زمان؛ مقدار R از مجموع تعداد منبع مورد نیاز هر فعالیت $\forall t$ در مدت زمان فعالیت $D_{\forall t}$ به دست می آید: $Work = W = R = \sum_{\forall t} r_{\forall t} D_{\forall t}$

آن محدودیت، در واقع یعنی اینکه سطح زیر منحنی بکارگیری منابع تا زمان اتمام پروژه، باید برابر حجم منبع لازم برای کل پروژه باشد که باعث می شود تأخیر ایجاد نشود

7/4/2011

44

مدل ریاضی تسطیح منابع

نوسانات سطوح منابع باید کمینه شونداما این کمینه کردن نباید به قیمت افزایش طول پروژه نسبت به En انجام شود. برای مدلسازی ریاضی این نکته می دانیم که باید یک تابع هدف ویکسری محدودیت داشته باشیم. پس برای دستیابی به نکته فوق، کمینه کردن نوسانات سطوح منابع بعنوان هدف ریاضی و مجاز نبودن تأخیر نسبت به En را بعنوان محدودیت مدل در نظرمی گیریم. بهترین برنامه تخصیص منابع مدل ازحل غیرخطی زیر بدست می آید.

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

$$\text{ST:} \quad \sum_{T=1}^{\text{En}} r_t = R \\ r_t \geq 0 \quad t = 1, 2, \dots, n$$

7/4/2011

45

که در آن:

r_t : تعداد یا سطح منبع لازم برای انجام فعالیتهايی است که در مقطع زمان درحال انجامند.

$$r_t = \sum_i r_{ij}$$

در شکل قبل مقادیر r_t (نشانگر خانه های زمان است) خواهد شد :

$$r_1 = 45, \quad r_2 = 45, \quad r_3 = 50, \quad r_4 = 50, \quad r_5 = 30, \\ r_6 = 10, \quad r_7 = 10, \quad r_8 = 10, \quad r_9 = 10$$

R : حجم منبع لازم برای کل پروژه برحسب نفر- زمان
مقدار R از مجموع تعداد منبع مورد نیاز هر فعالیت i,j در مدت زمان
فعالیت D_{ij} بدست می آید.

7/4/2011

46

رابطه 2-4

$$R = \sum r_{ij} \cdot D_{ij}$$

برای مثال 4-1 خواهیم داشت:

$$R = (30 \times 4) + (15 \times 2) + (10 \times 5) + (20 \times 3) = 260$$

محدودیت مدل یعنی اینکه سطح زیر منحنی بکارگیری منابع تا زمان En باید برابر حجم منبع لازم برای کل پروژه باشد. که باعث می شود تأخیر در طول پروژه نسبت به En ایجاد نشود.

توان 2 درتابع هدف مدل 1-4 که باعث غیرخطی شدن این مدل ریاضی گردیدار آن جهت است که نوسانات منفی نوسانات مثبت را خنثی نکند. می توان این تابع هدف را با تابع قدر مطلق جایگزین نمود اما حل توابع قدر مطلق نیز مشکلات خاص خود را دارد. عبارت تابع هدف را که شامل مجموع مربعات تفاضل است می توان با عبارت ساده $\sum r_t^2$ جایگزین نمود.

7/4/2011

47

نتایج این دو تابع هدف درواقع یکی است، چون تابع هدف اخیر باعث کمینه شدن مقادیر سطوح فوقانی درنمودار بکارگیری منابع می گردد و انقره قسمتهای فوقانی را انتقال می دهد تا آنکه سطوح منابع در طول زمان در حد ممکن هم سطح گردد.

پس می توان از مدل ساده شده قبل استفاده نکرد.

$$\text{Min} \sum_{n \geq 0} r_t^2$$

ST: $\quad \quad \quad \text{En}$

$$\sum_{n \geq 0} r_t = R$$

$$At = 1, 2, \dots, En$$

7/4/2011

48

الگوریتم های کامپیوتری تسطیح منابع

هردو برنامه ریزی غیرخطی شرح داده شده جواب بهینه رامی دهندا همانطوری که می دانیم حل مسائل برنامه ریزی غیرخطی با وجود توسعه روشهای متعدد فقط در حالات خاصی و آنهم در صورت کم بودن تعداد محدودیتها و متغیرها امکان پذیراست و از آنجایی که پروژه های عملی عموماً شامل صدھا فعالیت هستند برنامه ریزی تسطیح منابع آنها به این روش غیرعملی است، به همین خاطر سعی زیادی درجهت طراحی و توسعه الگوریتم های کامپیوتری ابتکاری (Heuristic) صورت گرفته است.

منطق و معیارهای استفاده شده در اکثر این الگوریتم ها براساس همان مدل های ریاضی فوق است اما هبیج یک از آنها جواب بهینه را نمی دهد بلکه جواب آنها ممکن است نزدیک به بهینه باشد. اینک برای آشایی با این الگوریتم ها به شرح مکانیزم و گامهای یک نمونه خواهیم پرداخت.

7/4/2011

49

الگوریتم برگس (Burgess)

برای استفاده از این الگوریتم ابتدا به تعریف علامت اختصاری زیرمی پردازیم.

t_{ij}^t : مقدار منبع لازم برای فعالیت $j-i$ در خانه زمانی t

گام 1 : فعالیتهای پروژه را در جدولی مانند جدول تخصیص منابع محدود به ترتیب صعودی شماره ختم و در صورت برابری، به ترتیب شماره شروع می نویسیم. بعد از انجام محاسبات ES_{ij} و LS_{ij} و اضافه نمودن یک واحد به آنها، زمان شروع فعالیتها را بر مبنای ES_{ij} برنامه ریزی می کنیم.

7/4/2011

50

گام 2 : از آخرین فعالیت شروع می کنیم و به ترتیب هر فعالیت را در طول زمان شناوری (بين ESij و LSij) طوري به زمان تخصیص می دهیم که مقدار $Z = \sum(\sum r^{tij})^2$ حداقل شود. باید توجه نمود که فعالیتها برخلاف تخصیص منابع محدود به هیچ وجه نباید دیرتر از LSij انجام شوند (یعنی تأخیر غیر مجاز جایزن نیست). اگر حالات مختلف از برنامه تخصیص منابع پیدا شده Z آنها مساوی بودند آن حالتی را انتخاب می کنیم که بیشترین مقدار فرجه را برای فعالیتهای قبلی که در ردیفهای بالاتر جدول هستند باقی گذارد. بعبارت دیگر در صورت موافجه با حالات تساوی Z، فعالیت در دست برنامه ریزی راه اندازه که ممکن است دیرتر شروع میکنیم.

گام 3 : پس از آنکه تمامی فعالیتها برنامه ریزی شدند مجدداً از پایین ترین فعالیت جدول گام 2 را برای فعالیتها تکرار می کنیم. این روند را آنقدر ادامه می دهیم تا کاهش بیشتری درتابع Z ممکن نباشد.

«پایان الگوریتم

7/4/2011

51

مثال 2-3-2 (صفحه 91) را درنظر بگیرید فرض کنید در این مثال محدودیتی از نظر تعداد منابع در دسترس (که محدود به 8 بود) وجود نداشته باشد. می خواهیم فعالیتها رابه گونه اي برنامه ریزی کنیم که نوسانات سطوح منابع کمینه شوند بدون آنکه زمان اتمام پروژه از $E9=15$ بیشتر شود.

همانطوری که از جدول 1-4 بیداشت اگر مقدار منبع لازم برای هر فعالیت ز-андریک خانه زمانی^t را باهم جمع کنیم مقدار کل منبع مورد نیاز در آن خانه زمانی \sum_{ij}^{482} بست می‌آید. این مقادیر به مراده مرربع آنها در سه ردیف آخر جدول نشان داده شده اند. هر ردیف نشان‌دهنده یک تعییر یا جابجایی در برنامه ریزی زمان یک فعالیت است که در جریان پیمودن گام‌دوم صورت گرفته است. در مرحله اول فعالیتها بر حسب ESij برنامه ریزی شده اند. در این حالت مقدار Z که از جمع سطردوم ردیف اول مذکور بست می آید خواهد شد:

$$\sum (\sum r_{ij})^2 = 816$$

7/4/2011

(Resource Leveling برئشه ریزی سطوح منابع)

52

در طی گام دوم، اولین تغییر که در ردیف دوم پایین جدول آمده وقتی است که شروع فعالیتهای 9-6 و 8-6 به اندازه 3 خانه زمانی به عقب کشیده شده است و بعد از آن فعالیت 8-5 به اندازه 2 خانه زمانی به عقب کشیده شده، لذا نیاز منع در خانه های زمانی فعالیتهای مربوطه بعد از خط خوردن جابجا شده است. بنویان مثال برای فعالیت 8-5 نیاز منبع در خانه های زمانی 7 و 8 خط خورده و به خانه های زمانی 9 و 10 انتقال یافته است. هر چند که با انجام اینکارها کاهشی در مقدار Z (مجموع مربعات ردیف دوم) ایجاد نشده است اما سبب گردیده تا فعالیتهای قلی (بالایی جدول) نظیر 6-3 و 3-1 از فرجه ایجاد شده 3 واحد فعالیتهای 5-2 و 2-1 نیز از فرجه ایجاد شده 2 واحد استفاده کنند. با ادامه گام دوم که از اینجا به بعد اثرش در سطر سوم پایین جدول آورده شده است (زیرا به محض تغییر عددی در مقدار $\sum r_{ij}$ بهتر است یک سطر محاسباتی جدایانه برای آن در نظر گرفت تا در ادامه گام 2 دچار سردرگمی نشویم). فعالیتهای 5، 3-7 و فعالیت 6-3-6 تا جایی که مقدار Z کاهش بیشتری یابد (یعنی 3 روز) دیرتر برنامه ریزی شده اند، در این حالت $Z = 798$ شده است. با انجام گام سوم که در واقع تکرار گام دوم است، مشاهده می گردد که کاهش بیشتری در مقدار Z امکان پذیر نیست، در نتیجه الگوریتم در اینجا متوقف می گردد.

7/4/2011

(Resource Leveling)

53

جدول 1-4 برنامه ریزی فعالیت ها به وسیله الگوریتم تخصیص منابع

فعالیت	rij	Dij	Eij	Lsij	T														
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1..2		2	1	5	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	
1..3	4	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1..4	4	3	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2..5	2	4	3	7	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	
3..6	3	3	3	6	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3..7	3	3	8		- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	
4..7	5	7	4	4			- - -	- - -	- - -	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5..8	3	2	7	11						- - -	- - -	- - -	3	3	3	3	3	3	3
6..8		4	6	9						- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
7..9	6	5	11	11									- - -	6	6	6	6	6	6
8..9	-3	10	13										- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
$\sum r_{ij}$					8	8	9	10	10	7	8	8	5	5	6	6	6	6	6
$\sum (r_{ij})$					64	64	91	100	100	49	64	64	25	25	36	36	36	36	36
$\sum r_{ij}$					64	64	81	100	100	49	25	25	64	64	36	36	36	36	36
$\sum (r_{ij})$					64	64	36	49	49	100	64	64	64	36	36	36	36	36	36
$\sum (r_{ij})$					64	64	36	49	49	100	64	64	64	36	36	36	36	36	36

(Resource Leveling)

54

$$r_{t+1} = r_t = \frac{R}{E_n} \quad \text{رابطه 3-4}$$

که در مورد مثال 1-4 خواهد شد :

$$\frac{R}{E_n} = \frac{260}{9}$$

◆ یعنی فعالیتها را باید به گونه ای جابجا کنیم که سطوح منابع در طول زمان به سمت 28.8 میل کند. سطح منبع 28.8 در شکل 4-2- ب به وسیله خط چین نشان داده شده است.

در مورد مثال اخیر نیز بعنوان یک معیار جنبی می توان فعالیتها را به گونه ای جابجا نمود که $\sum r^t ij$ به سمت $R/E_n = 108/7.2$ میل کند.

7/4/2011

(Resource Leveling) برآنشه ریزی تسطیح منابع

55

4-3-2- سایر الگوریتم های کامپیووتری تسطیح منابع

علاوه بر الگوریتم برگس، الگوریتم های دیگری نیز نظری الگوریتم ویست (Wist) برای تسطیح منابع وجود دارند. اما از آنجایی که منطق آنها ضعیف تر از منطق الگوریتم برگس است از تو ضیچ آنها صرفنظر می شود.

7/4/2011

(Resource Leveling) برآنشه ریزی تسطیح منابع

56

تسطیح منابع در حالت چندین نوع منبع

- روشهای دارای اشکال
 - ↳ استفاده از مجموع منابع، بدون در نظر گرفتن نوع منبع (اشتباه، زیرا مثلاً ماشین را نمی‌توان با انسان جمع (زد!)
 - ↳ کمینه سازی مجازی منابع (اشتباه، زیرا منابع ممکن است تعامل داخلی داشته باشد، مثل انسان و ماشین)

- روشهای مناسب برای تسطیح منابع در حالت چندین نوع منبع
 - ↳ برای تسطیح منابع در حالت چندین نوع منبع، بهتر است از برنامه‌ریزی چند هدفه (Multiple Objective) استفاده شود. این نوع برنامه‌ریزی دارای مدل‌های ریاضی متعدد و یچیده‌ای است اما یک طریق ساده برای برخورد با این مسائل رتبه‌بندی اهداف و استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی (Goal Programming) است. این رتبه‌بندی بر اساس اهمیت کاهش هزینه نوسانات سطوح منابع مختلف می‌تواند صورت گیرد.
 - ↳ برای تسطیح منابع در حالت چندین نوع منبع ابتدا تسطیح منابع را برای منبعی که دارای رتبه اول است، آنچه می‌دهیم؛ سپس در صورت لزوم در بازه‌هایی که حالت تساوی در مجموع هزینه نوسانات منبع رتبه اول پیش می‌اید، اقدام به کاهش نوسانات سطوح منبع رتبه بعدی نمود.

7/4/2011

57

أنواع مساليل معروفة برنامه‌ریزی منابع

- انواع مسالیل معروف برنامه‌ریزی منابع
 - ↳ 1. تسطیح منابع در حالت محدودیت منابع (Resource Availability Cost Problem) RACP
 - ↳ 2. مساله هزینه تامین منابع (Resource Investment Problem) RIP
 - ↳ 3. مساله سرمایه گذاری در منابع Resource Overtime Cost (Problem)
 - ↳ 4. مساله کاهش هزینه اضافه‌کاری منابع (Resource Idle-time Cost Problem)
 - ↳ 5. مساله هزینه بیکاری منابع

7/4/2011

58



سیستمها و تکنیکهای کنترل پروژه

ویژگیهای یک فرآیند برنامه ریزی کامل:

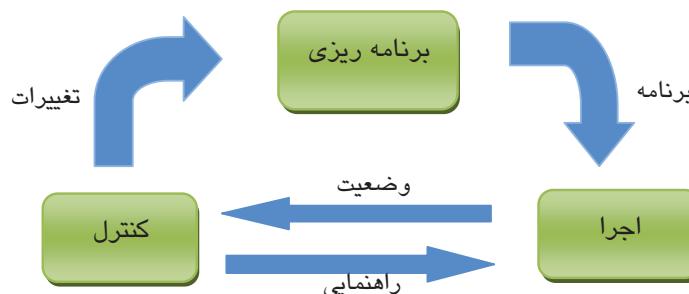
یک برنامه کامل باید مشخصات فنی هر فعالیت، روش اجرای آن، منابع مورد نیاز و زمان و هزینه پیش بینی شده اجرای آن فعالیت را در بر داشته باشد

برنامه ریزی پروژه یعنی: تعیین هدفها و برآوردهای هزینه؛ برنامه ریزی زمان ، منابع و هزینه؛ برنامه ریزی تغییرات ناشی از اعمال کنترل

اجرای یک پروژه یعنی: هماهنگی زمانی اجرای برنامه زمانبندی؛ تامین و تخصیص منابع برنامه ریزی شده؛ راهنمایی افراد در سطوح مختلف سازمان

معنای کنترل پروژه: کنترل و اندازه گیری عملکردها و نتایج؛ مقایسه نتایج عملکردها با پیش بینی ها؛ شناخت علل انحرافات و انتخاب یک سری استراتژی مناسب

نحوه ارتباط فرآیندهای برنامه ریزی، اجرا و کنترل پروژه:



فرآیند کنترل، عملیات کاهش اختلاف میان طرح برنامه ریزی شده و طرح واقعی در حال اجراست.

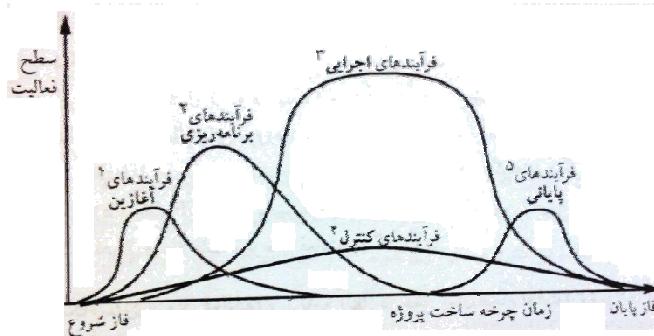
فرآیند کنترل روی چهار جز محدوده، کیفیت، هزینه و زمان پروژه صورت می گیرد.

کنترل پروژه ها بعلت:

مشکلات فنی‌های اجرا، تغییر خواسته های کارفرما و مشتری، تغییر مشخصات پروژه، تغییر مشخصات اقلام تحویلی (دستاوردها)، تغییر قلمرو (scope) پروژه، توالی نادرست فعالیتها، نادرستی نوع روابط وابستگی، دسترس نبودن منابع مصرفی، پیش بینی و تخمین نادرست زمان و منابع و هزینه، کمبود منابع، ضعف سازمانی و تشکیلاتی، عدم تناسب اختیارات و مسئولیت ها.

کنترل پروژه از ابتدا تا انتهای پروژه، یعنی:

کنترل فرآیندهای آغازین پروژه، کنترل فرآیندهای اجرایی و بهنگام سازی برنامه پروژه، کنترل فرآیندهای پایانی پروژه



گامهای کنترل پروژه بترتیب انجام:

گام ۱- کنترل فرایندهای آغازین پروژه

گام ۲- بهنگام سازی فعالیتهای پروژه و روابط وابستگی آنها

گام ۳- بهنگام سازی فعالیتها و محاسبات زمانی مربوط به آنها

گام ۴- کنترل هزینه و بهنگام سازی اطلاعات منابع و هزینه

گام ۵- کنترل اجرای فعالیت‌های نگهداری پیشگیرانه در مورد تجهیزات درگیر در پروژه

گام ۶- کنترل وظایف نیروی انسانی

گام ۷- کنترل اقلام پروژه

گام ۸- گزارش کامل اجرای پروژه

گام ۹- تهیه دیکشنری پروژه

تأثیر تغییر اهداف و طرحهای اولیه بر کل پروژه و بهنگام سازی آغازین پروژه است. افزایش دانش فنی، سطح آگاهی و توقعات کارفرما، تردید در مرور اقلام قابل تحويل پروژه (PBS) و تکنولوژی بکار رفته در آن، تغییر در قوانین، فرضیات یا اصول بکار رفته در فرآیند اجرای پروژه، سبب تغییرات در پروژه از سوی کارفرما یا تیم پروژه می‌شود.

فرآیندهای برنامه ریزی و اجرا به صورت یک چرخه در تعامل با یکدیگرند.

مهمنرین بخش اجرای کنترل پروژه: کنترل برنامه ریزی و اجرای پروژه

علل بی ثمر شدن محاسبات زمانی CPM: وقایع پیش بینی نشده، تغییرات در روش‌های اجرا، اشتباهاتی در تخمین زمانها تاریخ بررسی یا تاریخ گزارشگیری: در فاز اجرایی، وضعیت پیشرفت فعالیتها در پروژه در زمانهای خاصی (status Date) (که می‌تواند گستاخ باشد)، مورد بررسی قرار گرفته و گزارش می‌شود.

بهنگام سازی فعالیت‌ها (Update Task) یعنی اعمال تغییرات در فعالیتهای پروژه

بهنگام سازی پروژه (Update Project) یعنی هماهنگ سازی پروژه را با شرایط زمان دریافت گزارش

شرایط تغییر منابع فعالیتها: در دسترس نبودن منابع در زمان مورد نیاز؛ نیاز به تعداد بیشتر و یا کمتر منبع نسبت به حالت پیش بینی شده



فعالیتهای دوره ای (Recurring Task) : فعالیتهای پیشگیری هستند که بصورت پریودیک در زمانهای خاصی تکرار می شوند، مثل روغن کاری دستگاه یا تعویض تسمه.

شکستها و خرابیهای اتفاقی دستگاهها در حین اجرای پروژه مانع از اجرای طرح برنامه ریزی شده می گردد.

کنترل وظایف منابع انسانی به مفهوم آگاهی از انطباق شرح وظایف منابع انسانی با قابلیتها و استعدادهای آنها، راهنمایی افراد در سطوح مختلف، تناسب مسئولیتها و نهایتاً وجود یک سیستم تنبیه و تشویق برای منابع درگیر پروژه است.

کنترل فرآیندهای پایانی به وسیله سیستم کنترل پس از اتمام (Post Control) کنترل می گردد تا پروژه های مشابه بعدی با دقت و کارایی بیشتری اجرا شوند.

کنترل فرآیندهای پایانی در سه گام مجزا:
کنترل اقلام پروژه؛ گزارش کامل اجرای پروژه؛ تهیه دیکشنری پروژه.

کنترل اقلام پروژه: اوّلین بخش کنترل پس از اتمام شامل مقایسه اقلام تعریف شده اوّلیه پروژه با اقلام تحويل شده نهایی است. استخراج و شناسایی اقلام تعریف شده اوّلیه پروژه از PBS، زمان بندی، بودجه پروژه صورت می پذیرد.

کنترل اقلام پروژه مهمترین بخش سیستم کنترلی اختتام پروژه است.

بیشترین نگرانی پیمانکارو کارفرما درمورد دقت برآوردها و فرضیات اوّلیه مطرح شده درقرارداد و نیز میزان موفقیت آنها در دستیابی به تعهدات خویش می باشد.

گزارش کامل اجرای پروژه: شامل مقایسه کامل برنامه تفصیلی (نه اوّلیه) زمان، منابع، هزینه و... با آنچه که در عمل اتفاق افتاده است می باشد. و با استفاده از گزارش‌های وضعیت پروژه که در طول دوره زمانی پروژه تهیه می گردند صورت میگیرد.

دیکشنری پروژه شامل: انحرافات مطلوب و نامطلوب تواماً و چگونگی اجرای پروژه (حداقل شامل: سازمان پروژه ، شرح اختلاف روش های استفاده شده و برنامه ریزی شده، سیستم های کنترلی اعمال شده).

سیستم کنترلی باید موارد ذیل را در بر داشته باشد:

۱- اندازه گیری چیزی که قرار است کنترل شود و نحوه آن

۲- نحوه مقایسه و ارزیابی چیزی که قرار است کنترل شود با استاندارد ها

۳- استراتژی و نحوه به کنترل درآوردن جزء خارج شده از کنترل

انواع سیستمهای کنترلی:

سیستم کنترل پس از اتمام(Post Control)، سیستم کنترلی برو نرو با فعالیتهای Milestone، سیستم کنترل دوره ای



برنامه ریزی و کنترل پروژه (مؤلف: شهرام قبادی)

(Cybernetic) (کنترل پیوسته)، سیستم کنترل عصبی یا سایبرنتیک (periodic)

Milestone به تابلوهای راهنمایی جاده های بین شهری اطلاق می شود که مشخص می کند تا شهر بعدی چند مایل دیگر باقی مانده است.

فعالیتهای **Milestone**، معمولاً فعالیتهایی با زمان صفر هستند. این فعالیتها در حقیقت فعالیت نبوده بلکه نقاط کنترلی پروژه می باشند.

از آنجایی که برای وقوع **Milestone** لازم است برخی فعالیتهای پیشنهادی انجام گیرند، معمولاً به صورت فعالیت در شبکه تعریف می شوند.

بررسی پیشرفت پروژه بعد از اتمام فعالیت های مربوط به مراحل فونداسیون کف، یک فعالیت **Milestone** است.

بررسی پیشرفت پروژه بعد از اتمام اسکلت بندی یک فعالیت **Milestone** است.

بررسی پیشرفت پروژه بعد از اتمام دیوار چینی یک فعالیت **Milestone** است.

اتمام فازهای مهم، نقاط تحويل اقلام اصلی قابل تحويل و ... می توانند به عنوان مایل استون تعريف شوند.

بی توجهی به فعالیتهای مایل استون و عدم تعريف آنها مانع از نیاز سنگی فازهای بعدی شده، در نتیجه منجر به افزایش هزینه های پروژه می گردد.

سیستم کنترل پریودیک مرسوم ترین سیستم در کنترل پروژه است.

سیستم در تاریخ وضعیت (Status Date) ابتدا مقادیر پیش بینی شده (Baseline) را ذخیره نموده و وضعیت اجرای واقعی پروژه را مورد بررسی قرار داده و اطلاعات آن را بهنگام می کند.

فرآیند کنترل توسط سیستمهای کنترل سایبرنیک، بطور پیوسته یعنی در هر لحظه از زمان انجام می شود. ایده آن ترین سیستم کنترلی هستند، مثل ترمومترات بخاری.

در نرم افزار **P3e** (Primavera Enterprise) با تعريف کدهای کاربری (User Name) و کلمه عبور برای کاربران و تعیین محدودیتهای دسترسی به پروژه و اجزا WBS، تا حدودی می توان مفهوم کنترل پیوسته سایبرنیک را اعمال نمود.

دلایل عدم تعادل یک سیستم کنترلی عبارتند از:

پیگیری و کنترل بیش از حد جزئیات در مورد برخی فعالیتها، باعث می شود افراد از اهمیت فعالیتهایی که کنترل در مورد آنها اعمال نمی شوند غافل شوند.

کنترل بیش از حد فعالیتهایی که کنترل آنها ساده است و غافل شدن از فعالیتهایی که کنترل آنها پیچیده، کیفی و غیرقابل لمس هستند.

کنترل بیش از حد بوسیله یک مجری پرخاشگر که حس سوء ظن را در افراد برمی انگیزد نتیجه ای عکس دارد.

برنامه ریزی و کنترل مانند دو بال برای موقوفیت اجرای یک پروژه محسوب می گردد.

جريان اجرای پروژه مانند رودخانه ای در مسیر برنامه ریزی شده قرار می گیرد.

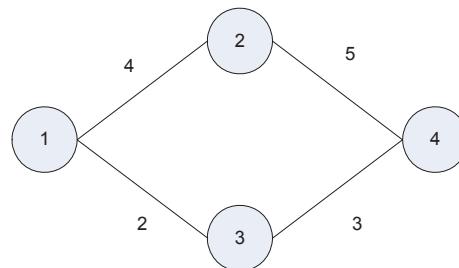
روشهای سنتی محاسبه درصد پیشرفت پروژه:

$$\text{[ارزش وزنی فعالیت} \times \text{درصد تکمیل هر فعالیت}] = \text{درصد پیشرفت پروژه}$$

$$\%C_p = \frac{\sum_i [\%C_i \cdot \omega_i]}{\sum_i W_i} \cdot 100$$

زمان فعالیت به عنوان معیار ارزش وزنی

$$w_i = D_i$$

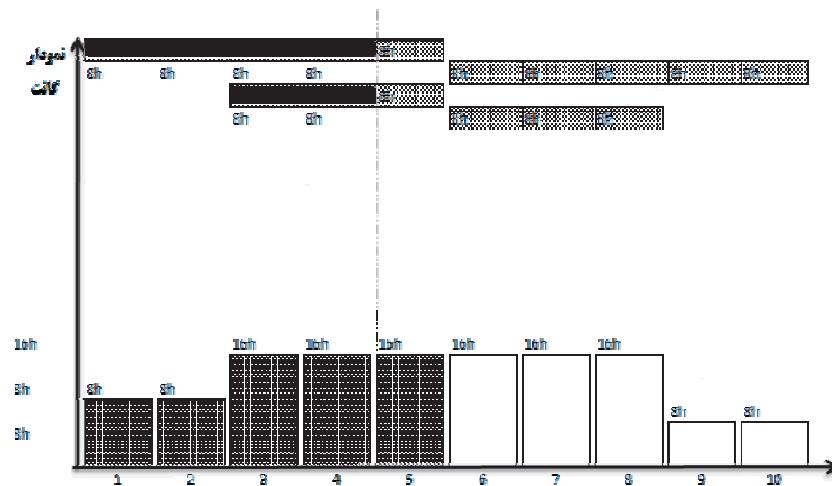


مخرج کسر فقط زمان فعالیتهای بحرانی یا پروژه نبوده بلکه مجموع زمان تمامی فعالیتها را تشکیل می‌دهد، زیرا در اینجا برای زمانها ماهیت زمانی قائل نشده، بلکه به عنوان ارزش وزنی در نظر گرفته می‌شوند.

مثال

فعالیت ۱-۳ با دو روز تاخیر شروع شده و زمان آن به جای ۲ روز، ۳ روز طول کشیده است.

زمان ۱-۲ نیز یک روز افزایش یافته که باعث تاخیر یک روزه پروژه شده است.



$$\%C_p = \frac{[(0.80)(5)] + [(0.67)(3)]}{(5) + (3) + (5) + (3)} * 100 = \%37 / 5$$

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

درصد پیشرفت زمانی پروژه = ۳۷.۵٪

حجم کار به عنوان معیار ارزش وزنی

$$wi=Wi$$

محاسبه حجم کار فعالیت در حالت چندین نوع منبع از رابطه زیر به دست می آید.

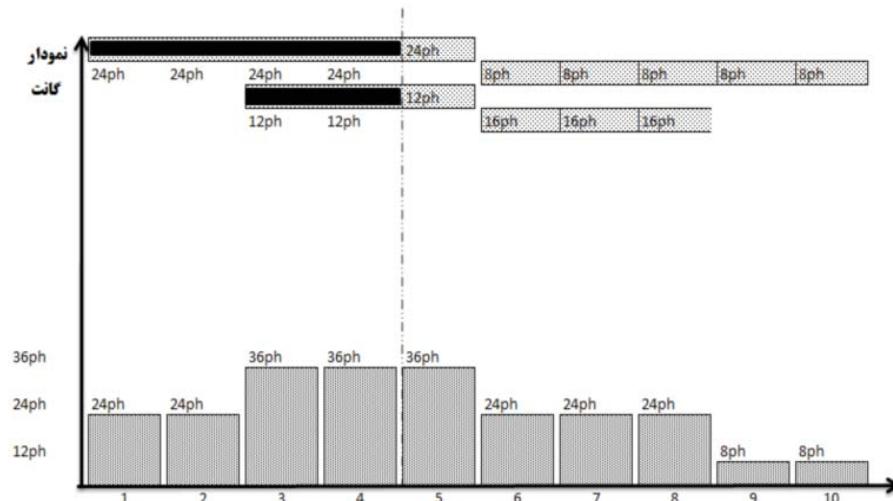
مثال

تعداد کارگر لازم برای هر فعالیت

فعالیت	1-2	1-3	2-4	3-4
کارگر لازم r_{ij}	3	1.5	1	2

$$\text{رابطه } 4-4: \text{ تعداد ساعت در روز نفر} - \text{ساعت که } W_i = \sum_k [\alpha_k r_i^k] \times D_i \text{ بر حسب } \alpha_k$$

در آن α_k ضریب تعییل منبع نوع K است.



$$\%C_p = \frac{[(0.80)(3)] + [(0.67)(1/5)(3)]}{[(3)(5)] + [(1/5)(3)] + [(1)(5)] + [(2)(3)]} * 100 = \%49$$

درصد پیشرفت کاری پروژه = ۴۹٪

هزینه فعالیت به عنوان معیار ارزش وزنی

$$wi=Ci$$

هزینه (Cost) فعالیت به عنوان ارزش وزنی هر فعالیت در نظر گرفته می شود.

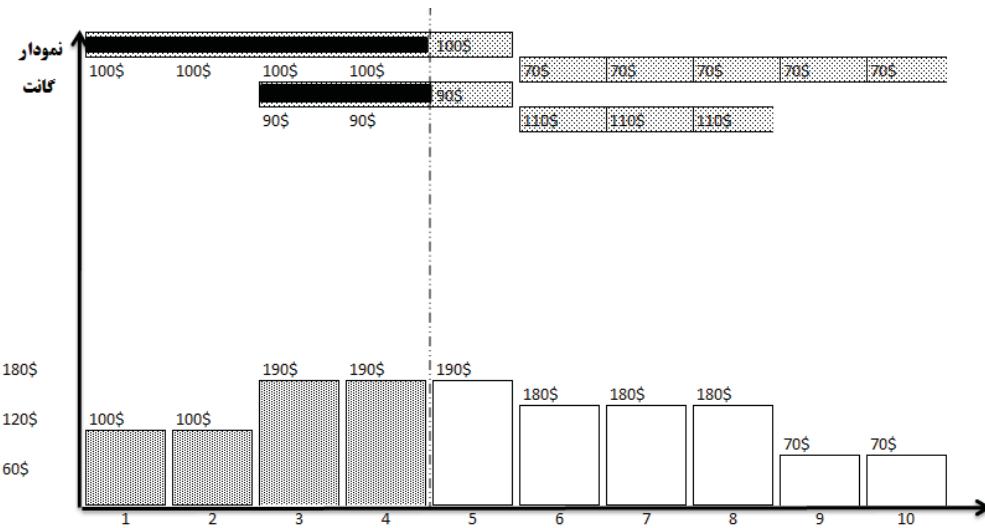
برای محاسبه هزینه فعالیت، از روشهای برآورد هزینه کمک می گیریم.

مثال

هزینه روزانه لازم برای هر فعالیت

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

فعالیت	1-2	1-3	2-4	3-4
هزینه روزانه لازم	۱۰۰\$	۹۰\$	۷۰ \$	\$ ۱۱۰



$$\%C_p = \frac{[(0.80)(500\$)] + [(0.67)(270\$)]}{500\$ + 270\$ + 350\$ + 330\$} * 100 = \%40$$

۴۰٪ درصد پیشرفت ریالی پروژه

مشکل اختلاف روشهای وزن دهنده

در صد تکمیلی که از سه روش فوق محاسبه شد، با هم اختلاف داشتند.

این اختلاف به خاطر استفاده از معیارهای متفاوتی برای وزن دهنده به فعالیتها است.

پیمانکاران ترجیح می دهند حجم کار انجام شده را مانیتور کنند.

برای کار فرمایان و مشتریان گزارشات پیشرفت زمانی جذابیت بیشتری دارد.

روشهای حل مشکل اختلاف روشهای وزن دهنده

انتخاب یک معیار واحد وزنی در منشور پروژه

ترکیب سه معیار به عنوان معیار ارزش وزنی فیزیکی

روش سلسه مراتبی برای تعیین ارزش وزنی

روش سلسه مراتبی برای تعیین ارزش وزنی

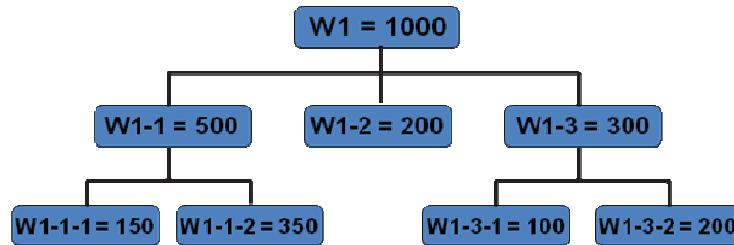
روش سلسه مراتبی وزنها با توجه به نمودار WBS صورت میگیرد بهتر است که بر اساس سطح ۱ که همان نام پروژه است، کل

وزن پروژه در قالب یک عدد (مثل ۱۰۰۰) داده میشود. سپس وزن عددی مربوطه مابین باکسها سطح بعدی (سطح ۲) بر حسب

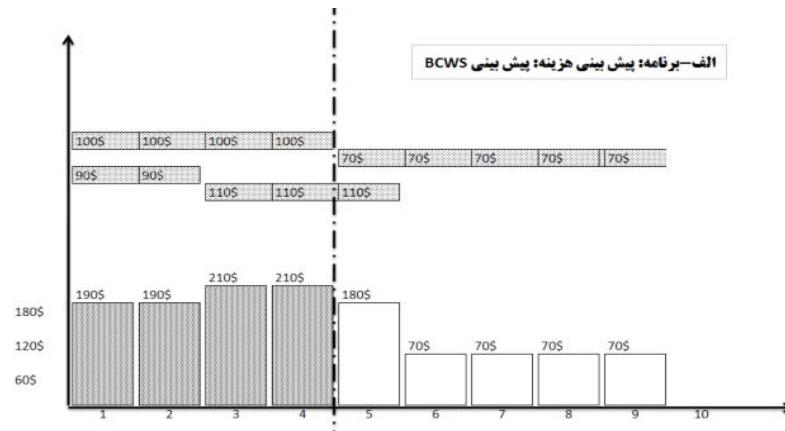
اهمیت آنها تقسیم میشود. درسطوح بعدی نیز ادامه یافته تا آنکه وزن فعالیتها، یا وزن آخرین سطح باکسها FBS یا

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

یا مشخص شود.

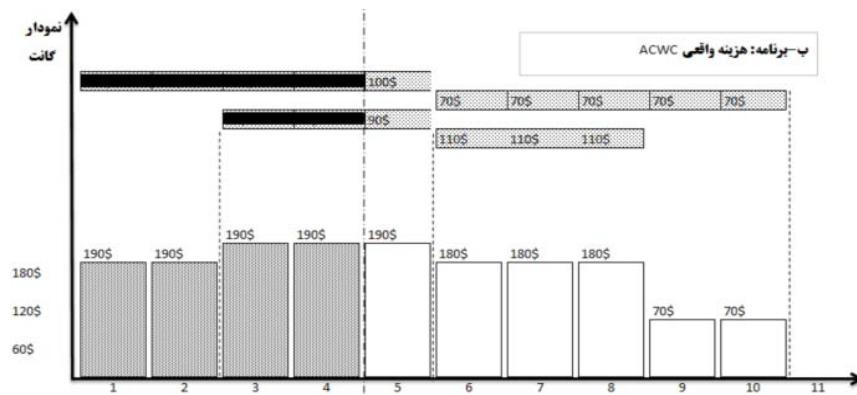


مشکل مقایسه درصد تکمیلی واقعی با برنامه
حل یک مثال برای درک این مشکل



$$\text{درصد پیشرفت برنامه ای} = \frac{190 + 190 + 210 + 210}{190 + 190 + 210 + 180 + 70 + 70 + 70 + 70} * 100 = \%63$$

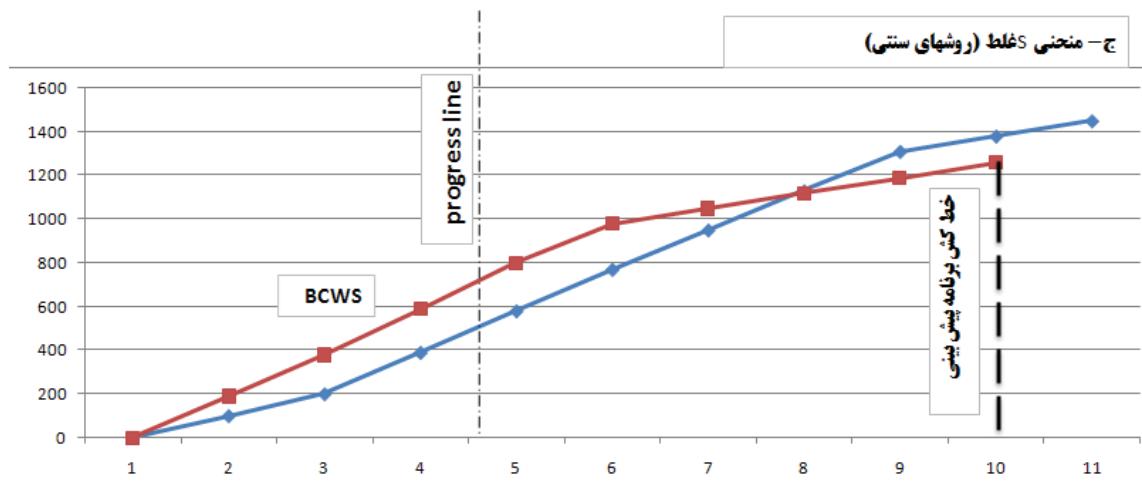
126.



$$\%C_p = \frac{[(0.80)(500)] + [(0.67)(270)]}{500 + 270 + 350 + 330} * 100 = \%40$$

140.

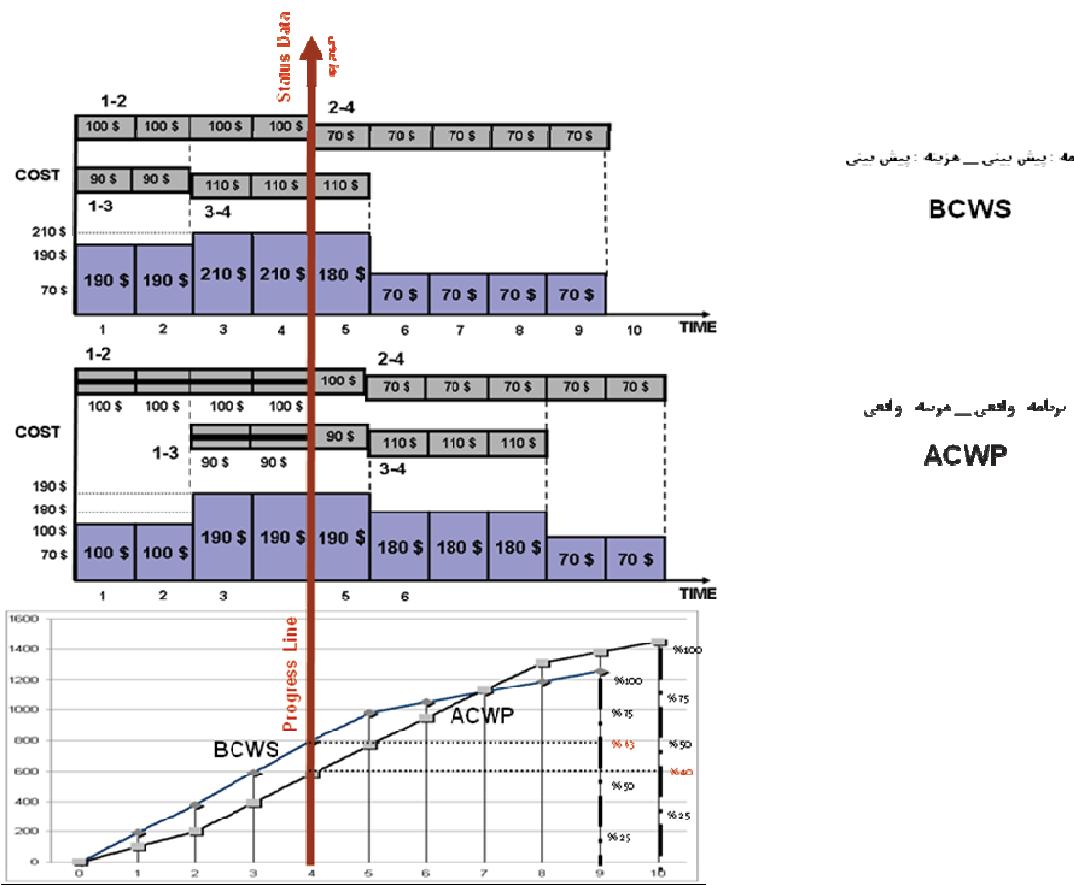
برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)



جمع هزینه ها در حالت پیش بینی = ۱۲۶۰

جمع هزینه ها در حالت واقعی = ۱۴۵۰

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)



مکانیزم تکنیک ارزش حاصله Earned Value

مبنای قرار دادن خط کش برنامه پیش بینی و اندازه گیری پیشرفت هر دو برنامه بر مبنای آن.
ایده مبنای قرار دادن خط کش برنامه پیش بینی مبدأ پیدایش تکنیک ارزش حاصله است.

چرا؟ EV

۷۰٪ پروژه ها بیش از بودجه تعیین شده هزینه دارند و از برنامه پیش بینی شده عقب هستند
۵۲٪ پروژه ها برای تکمیل ۱۸۹٪ بودجه خود را مصرف می کنند
برخی از پروژه ها پس از صرف هزینه و بودجه هی بسیار هرگز تکمیل نمی شوند.

به مثابه عکسی فوری از زمان است EV

جایگاه کنونی پروژه را با کار قبلی انجام شده و جایگاهی که برای پروژه طرح و برنامه ریزی شده است مقایسه می کند.

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

سیستم هشدار دهنده‌ی سریعی است که جریانهای ناکارا و خطرزا را شناسایی و نمایان می‌کند.

هر دستاوردی از پروژه یک هزینه‌ی برنامه‌ریزی شده‌ای دارد که به آن «ارزش» گویند.

زمانی که آن دستاورد تکمیل شود و به وقوع بپیوندد، ارزش آن در پروژه «حاصل» خواهد شد که اصطلاحاً به آن «ارزش کسب شده» گویند.

مزایای استفاده از ارزش کسب شده (EV)

ارزش کسب شده سریعترین نمایانگر روند، مسائل و مشکلات پروژه است.

ارزش کسب شده تصویری دقیق از وضعیت پروژه را به ما نشان می‌دهد.

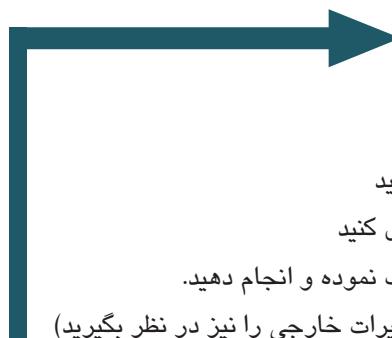
ارزش کسب شده پایه و اساس اقدامات اصلاحی است.

ارزش کسب شده هزینه نهایی پروژه را پیش‌بینی می‌نماید.

ارزش کسب شده اهداف مشترک و دو جانبی تامین‌کنندگان و مشتریان پروژه را برآورده می‌سازد.

استفاده از یک واحد ثابت اندازه‌گیری در تحلیل مدیریت ارزش کسب شده

مراحل مختلف فرایند ارزش کسب شده

- 
- کار را تعریف کنید
 - کار را طرح‌ریزی کنید
 - طبق طرح پیش بروید
 - نتایج را جمع آوری کنید
 - عملکرد را اندازه گیری کنید
 - انحرافات را تجزیه و تحلیل کنید
 - اقدامات اصلاحی را تعریف نموده و انجام دهید.
 - تغییرات را کنترل کنید (تغییرات خارجی را نیز در نظر بگیرید)

سوالات کلیدی که EV پاسخ می‌دهد

- (۱) آیا از چیزی که صرف کرده ایم چیزی را که می‌خواستیم بدست آورده ایم؟
- (۲) آیا در پایان پروژه هزینه کمتر یا برابر با مقدار اولی هی تخمین زده شده خواهد بود؟

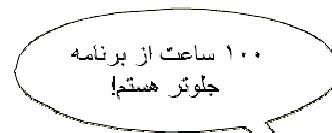
عملکرد گذشته را تجزیه و تحلیل می‌کنیم تا به ما در کنترل آینده کمک کند



برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

در مقایسه EV با روش های قبلی در یک مثال ساده مثال: ۵ فعالیت داریم که برای هر کدام ۱۰۰ ساعت زمان صرف می شود در انتهای ماه ۴۰۰ ساعت صرف شده است. آیا ۴۰۰ ساعت مصرف شده نشاندهنده ۴۰۰ ساعت کار است؟ خیر!

<u>Budget</u>	<u>vs</u>	<u>Actual</u>	<u>Variance</u>
500	-	400	= 100



ولی این محاسبات به چه معنایست؟ آیا این نمایانگر وضعیت واقعی کار است؟

چه مقدار کار انجام شده است؟

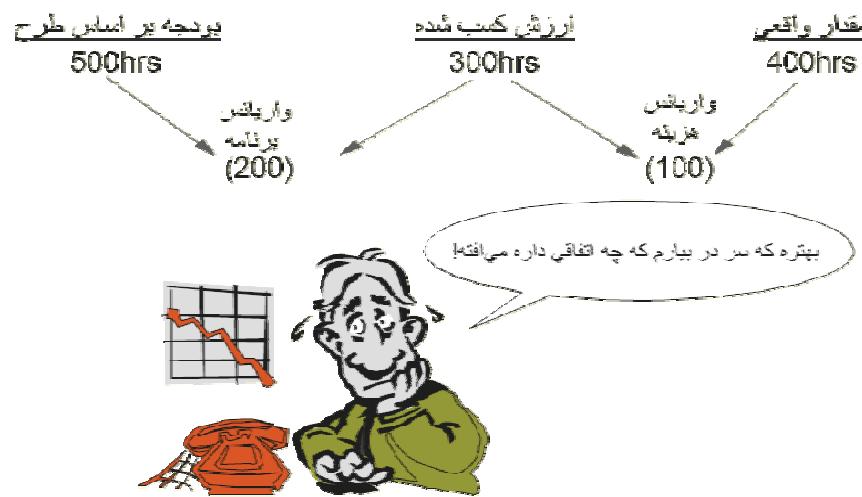
در این سیستم ها شما بودجه را به کار تخصیص می دهید و سپس هزینه های واقعی را ثبت می کنید. هزینه واقعی برابر نشانه ای برای پیشرفت کار نیست، بلکه تنها نشان دهنده زمان/هزینه ای صرف شده است. اکثر روش ها نگاه هزینه ای و فقط هزینه ای دارند!!! ارزش کسب شده مقیاس معقول برای اندازه گیری مقدار کار انجام شده است. مثال: طبق برنامه ریزی در این ماه باید ۵ محصول تولید شود. برای هر فعالیت ۱۰۰ ساعت صرف شود. حال ارزش کسب شده را بر حسب تعداد فعالیتهای انجام شده اندازه گیری می کند.



در پایان ماه ۳ فعالیت انجام شده است ...

بودجه بر اساس طرح	ارزش کسب شده	مقدار واقعی
500	300	400
(3 * 100 hrs)		

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)



مدیریت با استفاده از ارزش کسب شده
"ارزش کسب شده" بعد جدیدی به سیستم های پیگیری سنتی می افزاید.

قوانین پایه‌ای EV

- محدوده‌ی کار را به عناصر گستته و قابل اندازه‌گیری خرد کنید و مسئولیت‌ها را واگذار کنید.
- طرح کار را به نحوی بریزید که محدوده، برنامه و هزینه را در طرحی با فاز زمانی با هم یکپارچه کنید و تغییرات طرح را کنترل کنید.
- فرایندها و کارهای انجام شده را به طور معقول و هدفمند ارزیابی کنید.
- از هزینه‌های واقعی صرف شده استفاده کنید.
- انحرافات از طرح را تجزیه و تحلیل کنید.
- از اطلاعات برای مدیریت کردن استفاده کنید.

ارزش‌ها و مفاهیم کلیدی در ارزش کسب شده :

سؤال	پاسخ	علامت اختصاری
طبق طرح چه مقدار کار برای الجئم داشتمیم؟	بردهجی تخصیص داده شده برای کار برنامه‌گیری شده	$BCWS = PV$
چه مقدار کار انجام داده‌ایم؟	بردهجی تخصیص داده شده برای کار انجام شده	$BCWP = EV$
کار تکمیل شده چقدر هزینه داشته است؟	هزینه‌ی واقعی کار انجام شده Actual Cost of Work Performed	$ACWP = AC$
چقدر هزینه برای کل کار انتظار سیرفت؟	بردهجی در هنگام تکمیل Budget at Completion	BAC
در حال حاضر انتظار چقدر هزینه برای کل کار انتظار داریم؟	تخمین در هنگام تکمیل Budget at Estimate	EAC

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

ارزش برنامه‌ای (PV & BCWS)

ارزش برنامه‌ای (PV) را هزینه‌ی بودجه شده برای کار زمان‌بندی شده (BCWS) تعریف می‌نمایند و آن بخشی از هزینه‌ی براورده است.

برنامه‌ریزی شده مصوبی است که در طول یک دوره‌ی معین از فعالیت خرج می‌شود.

ارزش‌های برنامه‌ای همان بودجه‌ی تخصیصی در هر دوره‌ی زمانی از مدت زمان فعالیتها می‌باشد که در شروع پروژه برآورد می‌گردد.

اگر معيار ارزش وزنی بر اساس هزینه باشد، در این صورت مقادیر تجمعی هزینه پیش‌بینی شده (Cumulative Baseline Cost) تا یک روز خاص BCWS نامیده می‌شود.

مقادیر تجمعی بودجه پیش‌بینی شده برنامه‌ای است که در آن فعالیتها بر حسب زودترین زمان شروع برنامه‌ریزی شده‌اند.

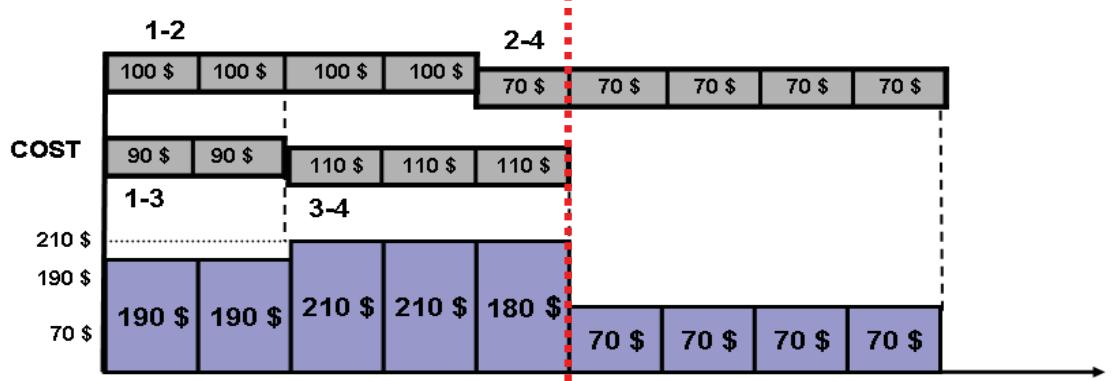
$\text{Planned Value} = \text{PV}$

$\text{Budgeted Cost of Work Scheduled} = \text{BCWS}$

PV

برنامه : پیش‌بینی

هزینه : پیش‌بینی



ارزش کسب شده (EV & BCWP)

ارزش کسب شده (EV) را هزینه بودجه شده برای انجام کار انجام شده (BCWP) تعریف می‌کنند و آن را ارزش واقعی کار تکمیل شده می‌باشد.

بودجه پیش‌بینی شده کارهای خاتمه یافته مقادیر تجمعی بودجه پیش‌بینی شده برنامه واقعی یک زمان خاص

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

برنامه زمانی اجرای فعالیتها واقعی است اما هزینه‌های نوشته شده روی میله‌های افقی گانت چارت هر فعالیت هنوز همان

هزینه‌های پیش بینی شده اما با توزیع متفاوت است و هزینه‌های واقعی مصرف شده نیست.

مجموع این هزینه‌ها تا یک زمان خاص از اجرای پروژه که همان BCWP است.

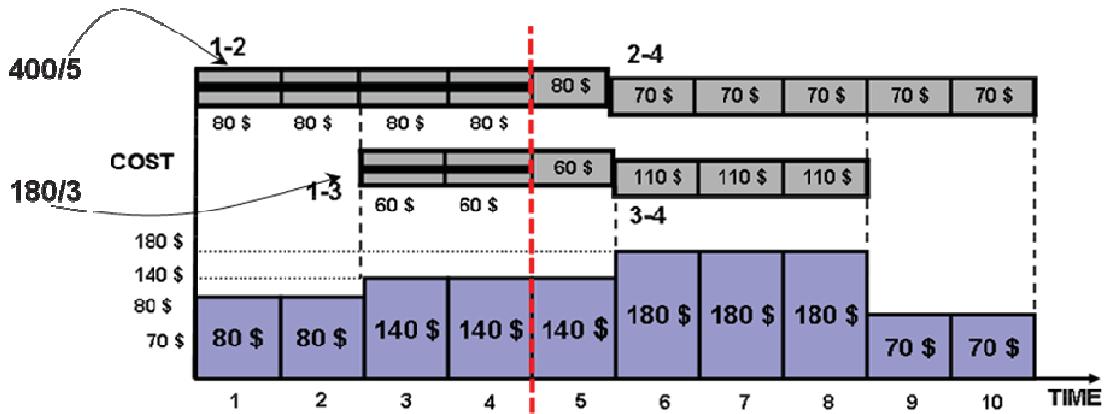
Earned value =EV

Budgeted Cost of Work Performed=BCWP

نحوه محاسبه EV

برنامه : واقعی

هزینه : پیش بینی



هزینه‌های نوشته شده روی میله‌های افقی گانت چارت هر فعالیت همان هزینه‌های پیش بینی شده اما با توزیع متفاوت است.

هزینه‌ی واقعی (AC & ACWP)

هزینه‌ی واقعی (AC) عبارت است از کلیه‌ی هزینه‌هایی که در طول مدت زمان در نظر گرفته شده برای انجام یک کار محقق می‌گردد. مقادیر تجمعی هزینه واقعی برنامه واقعی را ACWP گویند.

هزینه‌های واقعی (Actual Cost) اجرای پروژه در روزهای مختلف در پایان آن روزها محاسبه شده و سپس مقادیر تجمعی انان تنظیم می‌گردد.

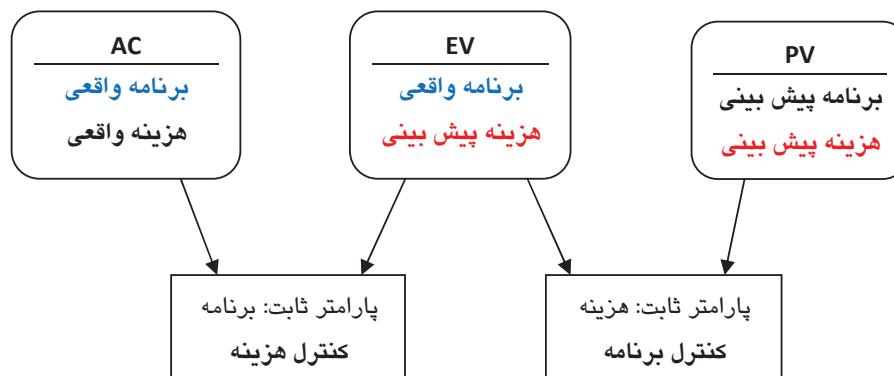
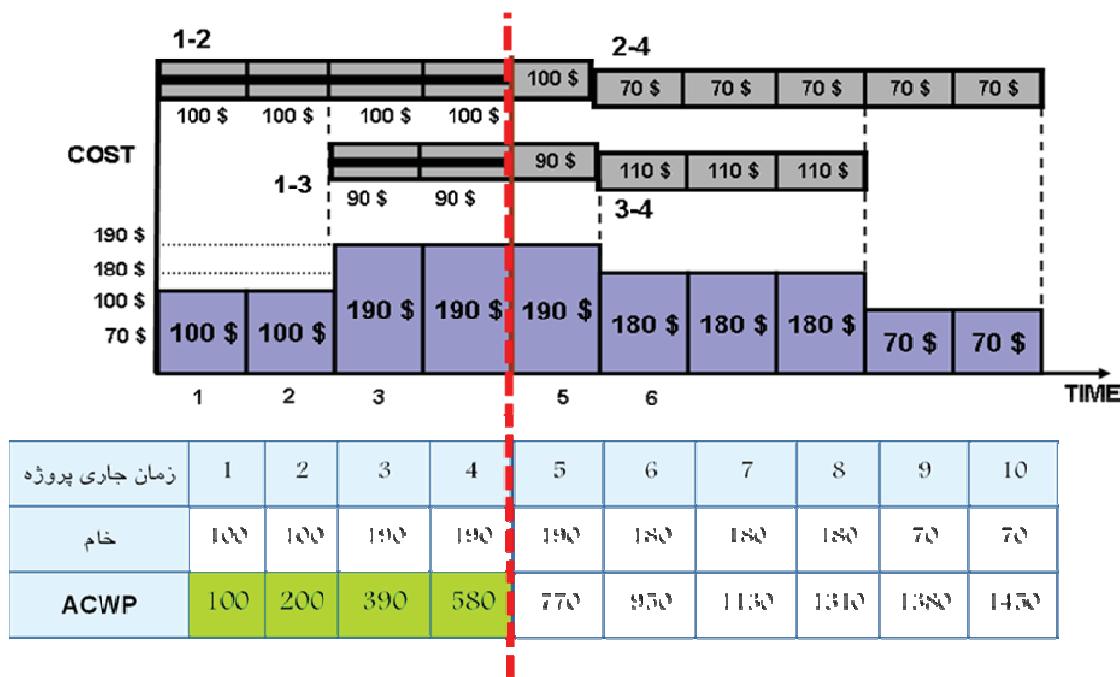
Actual Cost =AC

Actual Cost of Work Performed =ACWP

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

نحوه محاسبه AC

- برنامه: واقعی
- هزینه: واقعی



با مقایسه PV و EV می توان کنترل برنامه انجام داد.

در کنترل برنامه هزینه ها ثابت بوده و از جنس هزینه های پیش بینی هستند.

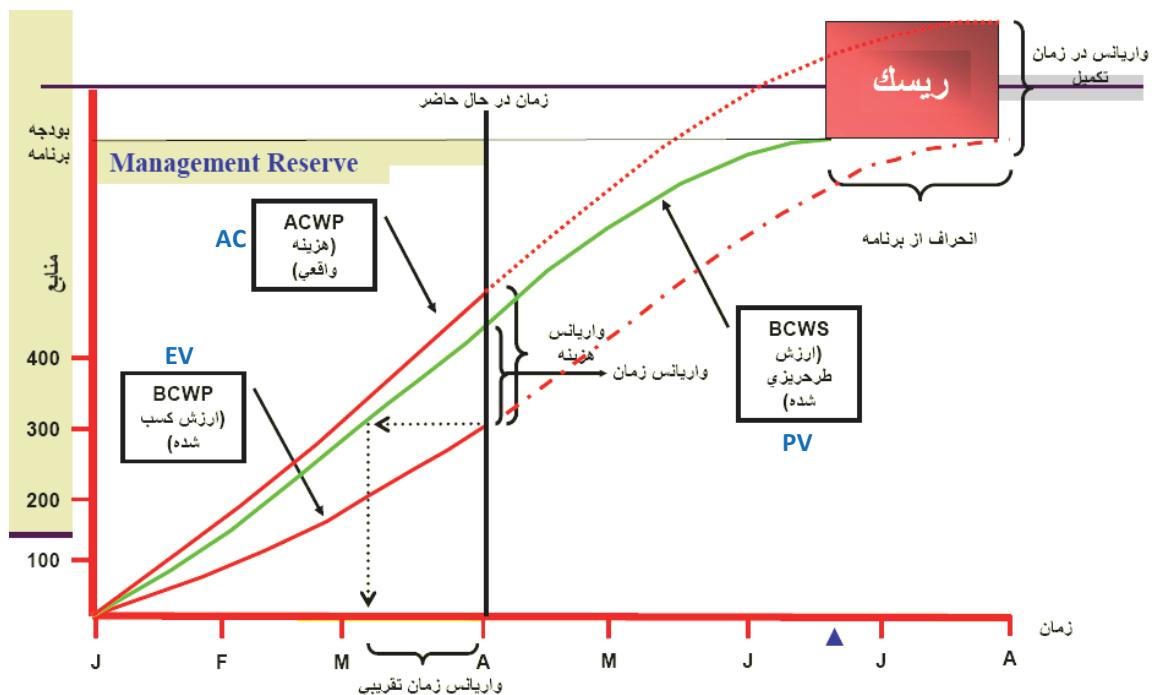
در کنترل برنامه، به مقایسه EV با PV می پردازیم.

با مقایسه AC و EV می توان کنترل هزینه انجام داد.

در کنترل هزینه، برنامه ها ثابت بوده و از جنس برنامه واقعی انجام پروژه هستند.

در کنترل هزینه، به مقایسه EV با AC می پردازیم.

نکات نموداری:



شاخصهای کنترلی:

- واریانس هزینه: تفاوت میان بودجه‌ی تخصیص داده شده به کار انجام شده است با هزینه‌ی واقعی کار انجام شده.
- این مغایرت در نتیجه‌ی تفاضل هزینه‌ی واقعی از ارزش کسب شده به دست می‌آید.
- $$CV = BCWP - ACWP = EV - AC$$
- واریانس هزینه منفی یعنی افزایش هزینه.
- واریانس زمان: تفاوت میان بودجه‌ی تخصیص داده شده به کار انجام شده است با بودجه‌ی کار برنامه ریزی شده.
- این مغایرت در نتیجه‌ی تفاضل ارزش برنامه‌ای از ارزش کسب شده به دست می‌آید.

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

$$SV = BCWP - BCWS = EV - PV$$

واریانس برنامه منفی یعنی عقب افتادگی از برنامه

- از آنجاییکه واریانس برنامه برحسب تابعی از هزینه است. برای حذف عامل هزینه میتوان آنها را بحسب درصد همسنگ نمود.

محاسبه درصد واریانس برنامه (svp)

$$SVP = SV\% = \frac{SV}{BCWS} = \frac{SV}{PV}$$

محاسبه درصد واریانس هزینه (cvp)

$$CVP = CV\% = \frac{CV}{BCWP} = \frac{CV}{EV}$$

شاخص های عملکردی

CPI شاخص کارایی هزینه

- شاخص عملکردی هزینه CPI به گونه‌ای دقیق بین ارزش کار فیزیکی انجام شده و فرآیند و هزینه‌های واقعی که به طور مستقیم برای انجام آن کار خرج می‌شود، ارتباط برقار می‌نماید و اگر پول خرج شده خیلی بیشتر از کار فیزیکی انجام شده باشد ، CPI نتایج عملکردی آن را به صورت تخطی از بودجه نشان خواهد داد .
- نشاندهنده عملکرد پروژه در هزینه هاست.
- میتوان برای پیش‌بینی هزینه‌ی پروژه در هنگام تکمیل استفاده نمود.

$$CPI = BCWP/ACWP = EV/AC$$

CPI => 1

- هزینه‌ی پروژه بهتر از طرح عمل کرده است. نشاندهنده نخیره بودجه (و عدم افزایش هزینه) است. منحنی AC زیر EV است.
- CPI => 1

هزینه‌ی پروژه طبق طرح عمل کرده است. دقیقاً طبق بودجه، هزینه شده است. منحنی AC منطبق با EV است.

CPI < 1

نشاندهنده افزایش هزینه است و هزینه‌ی پروژه مطابق با طرح نیست. منحنی AC بالای EV است.

SPI شاخص کارایی برنامه

- شاخص عملکردی زمان‌بندی SPI برای پیش‌بینی نتایج زمان بندی پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد این شاخص کار انجام شده را براساس برنامه مبنای پروژه ، اندازه گیری می‌نماید .
- نشاندهنده عملکرد پروژه در برنامه است.
- میتوان برای پیش‌بینی تاریخ تکمیل پروژه استفاده نمود.

$$SPI = BCWP/BCWS = EV/PV$$

SPI => 1

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

یعنی پروژه بهتر از برنامه عمل کرده است. نشاندهنده شرایط جلو افتادگی از برنامه است. منحنی PV زیر EV است.

SPI => 1

نشاندهنده اینست که پروژه دقیقاً منطبق با برنامه جلو رفته است. منحنی PV روی EV است.

SPI < 1

نشاندهنده شرایط عقب افتادگی از برنامه است. پروژه طبق طرح عمل نمی‌کند. منحنی PV بالای EV است.

Performance Measures		SV & SPI		
		>0 & >1.0	=0 & =1.0	<0 & <1.0
CV & CPI	>0 & >1.0	Ahead of Schedule Under Budget	On Schedule Under Budget	Behind Schedule Under Budget
	=0 & =1.0	Ahead of Schedule On Budget	On Schedule On Budget	Behind Schedule On Budget
	<0 & <1.0	Ahead of Schedule Over Budget	On Schedule Over Budget	Behind Schedule Over Budget

- ✓ CPI و SPI مساوی یعنی عملکرد پروژه از نظر زمان‌بندی و هزینه مطابق برنامه است.
- ✓ مقادیر بزرگتر از 1 عملکرد خوب را نشان می‌دهد.
- ✓ مقادیر کمتر از 1 عملکرد ضعیف را نشان می‌دهد.

پیش‌بینی هزینه نهایی و نتایج زمان‌بندی پروژه

برای پیش‌بینی هزینه نهایی و نتایج زمان‌بندی پروژه از شاخص‌های عملکردی هزینه (CPI) و زمان‌بندی (SPI) که از ارزش کسب شده نتیجه گیری می‌شوند، استفاده می‌نماییم.

این دو شاخص عملکردی SPI و CPI می‌توانند یا به صورت مستقل و یا توامان برای پیش‌بینی دقیق و سریع نتایج نهایی پروژه مورد استفاده قرار گیرند.

سه عامل مهم که نتایج نهایی پروژه را تعیین خواهند کرد:

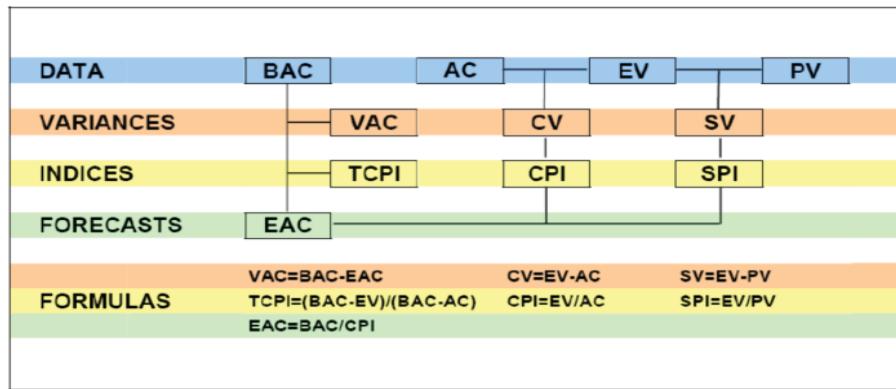
- کیفیت برنامه اولیه پروژه
- عملکرد واقعی در مقایسه با برنامه اولیه توافقی
- تصمیم مدیریت برای تاثیرگذاری در نتایج نهایی (نقش و عزم مدیریت در تعیین نتایج نهایی)

متداول‌بودن پیش‌بینی هزینه نهایی و نتایج زمان‌بندی پروژه

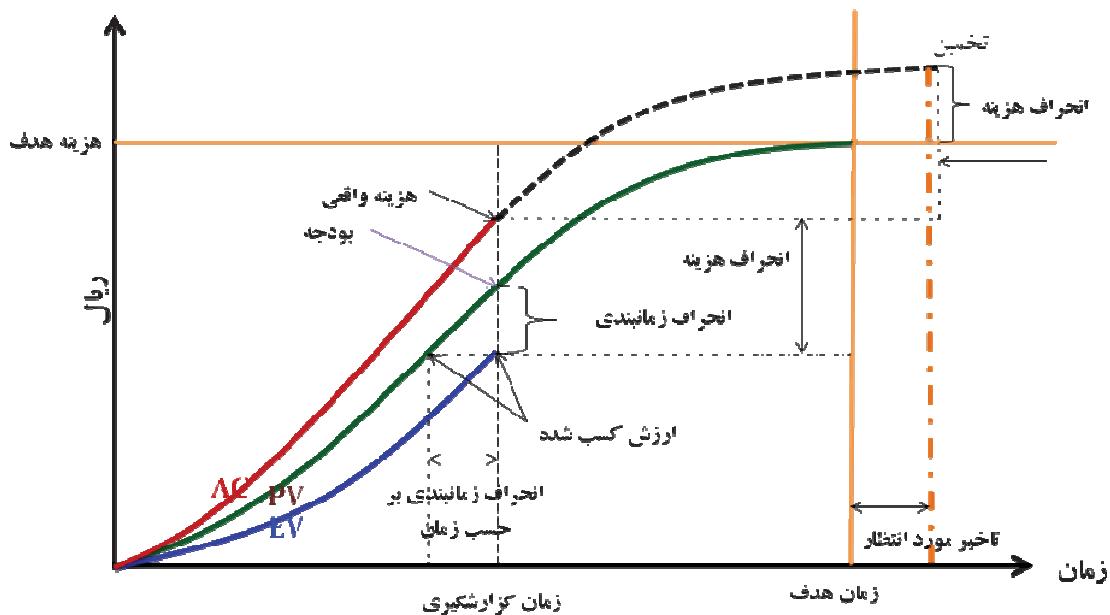
اولین اندازه‌گیری، اندازه‌گیری عملکرد واقعی در مقایسه با زمان‌بندی برنامه‌ریزی شده می‌باشد یا به عبارتی اندازه‌گیری کار فیزیکی انجام شده از کار زمان‌بندی شده می‌باشد.

اندازه‌گیری دوم، اندازه‌گیری عملکرد هزینه پروژه می‌باشد.

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)



نکات نموداری:



پیش بینی نتایج پایانی پروژه

- به فرض معتبر بودن مبنای توافقنامه قابل قبولی برای نتایج پایانی پروژه به دست آورد.
- ابتدا باید مقدار عددی و وضعیت دو شاخص SPI و CPI را مشخص گردد.

(Estimate At Completion) EAC تخمین هزینه پایانی پروژه

فرمول کلی EAC که معمولاً آخرین پیش بینی تجدید نظر شده (LRE) نیز نامیده می شود به صورت زیر است:
مقدار بودجه مورد نیاز برای تکمیل پروژه + مقدار هزینه مصرف شده در پروژه = هزینه پایانی پروژه

$$\text{EAC} = \text{Actual Costs} + \text{ETC}(\text{Estimate to Complete})$$

ETC تخمین مقدار بودجه مورد نیاز برای تکمیل پروژه

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

در تخمین EAC بیشتر بحثها پیرامون روش تخمین ETC است.

به طور کلی ETC را می‌توان به صورت ذیل نشان داد:

$$ETC = (BAC - EV) / PF$$

که در آن :

$$(BAC - EV) = \text{ارزش بودجه مورد نیاز برای کارهای باقیمانده} (\text{بودجه کل منهای ارزش کسب شده})$$

$$BAC = \text{کل بودجه مصوب پروژه}$$

$$EV = \text{ارزش کسب شده}$$

$$PF = \text{ضریب عملکرد پروژه} (\text{Performance Factor})$$

ضریبی که بر اساس عملکرد پروژه مقدار بودجه مورد نیاز برای کارهای باقیمانده را اصلاح می‌کند.

سه روش محاسبه ETC

۱. محاسبه ETC با فرض عملکرد آینده ۱۰۰ درصد

۲. محاسبه ETC با شاخص عملکرد هزینه تجمعی (CPI)

۳. محاسبه ETC با استفاده از CPI و SPI تجمعی

محاسبه ETC با فرض عملکرد آینده٪ ۱۰۰ :

$$EAC = AC + [(BAC - EV) / (PF=1)]$$



$$ETC = [(BAC - EV) / (PF=1)]$$

محاسبه ETC با شاخص عملکرد هزینه تجمعی (CPI) :

اساس این روش براین فرض استوار است که عملکرد پروژه‌ها اغلب به سمت بهبود متمایل نیست.

در این روش فرض می‌شود پروژه در ادامه کار با عملکردی مانند عملکرد تا کنون خود پیشرفت خواهد کرد.

برای این منظور CPI به عنوان شاخص عملکرد در فرمول تخمین لحاظ می‌شود.

در این روش با تقسیم بودجه کارهای باقیمانده بر CPI تخمین بودجه مورد نیاز برای کارهای باقیمانده (ETC) اصلاح می‌شود.

در این صورت این تخمین نتیجه ادامه روند عملکردی موجود (تا به امروز) را در پایان پروژه منعکس می‌سازد.

$$EAC = AC + [(BAC - BCWP) / CPI]$$



$$ETC = (BAC - EV) / CPI$$

محاسبه ETC با استفاده از CPI و SPI تجمعی

$$EAC = ACWP + [(BAC - EV) / (CPI * SPI)]$$



$$ETC = (BAC - EV) / (CPI * SPI)$$

برنامه ریزی و کنترل پروژه (مولف: شهرام قبادی)

شاخص عملکرد مورد نیاز برای تکمیل کار باقیمانده: (TCPI)

این شاخص بیانگر این است که اگر بخواهیم با توجه به وضعیت عملکرد گذشته پروژه ، به هدف بودجه مصوب پروژه دست یابیم از این به بعد با چه نوع عملکردی باید کار کنیم.

سرمایه باقیمانده / کار باقیمانده =

$$\text{TCPI} = (\text{BAC} - \text{EV}) / (\text{BAC or EAC} - \text{AC})$$

سرفراز باشد

شهرام قبادی