دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری
مدیریت و تشکیلات کارگاهی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷- ۹۶

مدرس : دکتر مقیمی

تعریف پروژه

مجموعه ای از فعالیتها برای دستیابی به هدف خاص انجام میگیرد.

برخی تعاریف دیگر

فعالیت : کوچکترین جزء عملیاتی تشکیل دهنده یک پروژه را گویند.

مثلاً جوش کاری،اجرای آسفالت، اجرای فونداسیون ، ... در یک پروژه سازه

مدت فعالیت : مدت زمان انجام یک فعالیت در پروژه را مدت فعالیت گویند.

منابع: به کلیه امکانات و وسایلی گفته میشود که برای انجام آن فعالیت مورد نیاز است. که به سه دسته عمده تقسیم میشوند:

۱- منابع انسانی ۲- ماشین آلات و تجهیزات ۳- مواد و مصالح

انواع پروژه

۱- پروژه اجرایی:

احداث سد ، احداث ساختمان و ...

۲- پروژه مطالعاتی و تحقیقاتی:

مطالعه توجیه اقتصادی یک پروژه، مطالعات اجتماعی و فردی یک منطقه یا شهر و ...

۳- پروژه خدماتی :

همانند زیبا سازی شهر، بهبود ترافیک ، دفع زباله و ...

ویژگی های پروژه

موقتی بودن

دارای هدف یا اهداف تعیین شده می باشد.

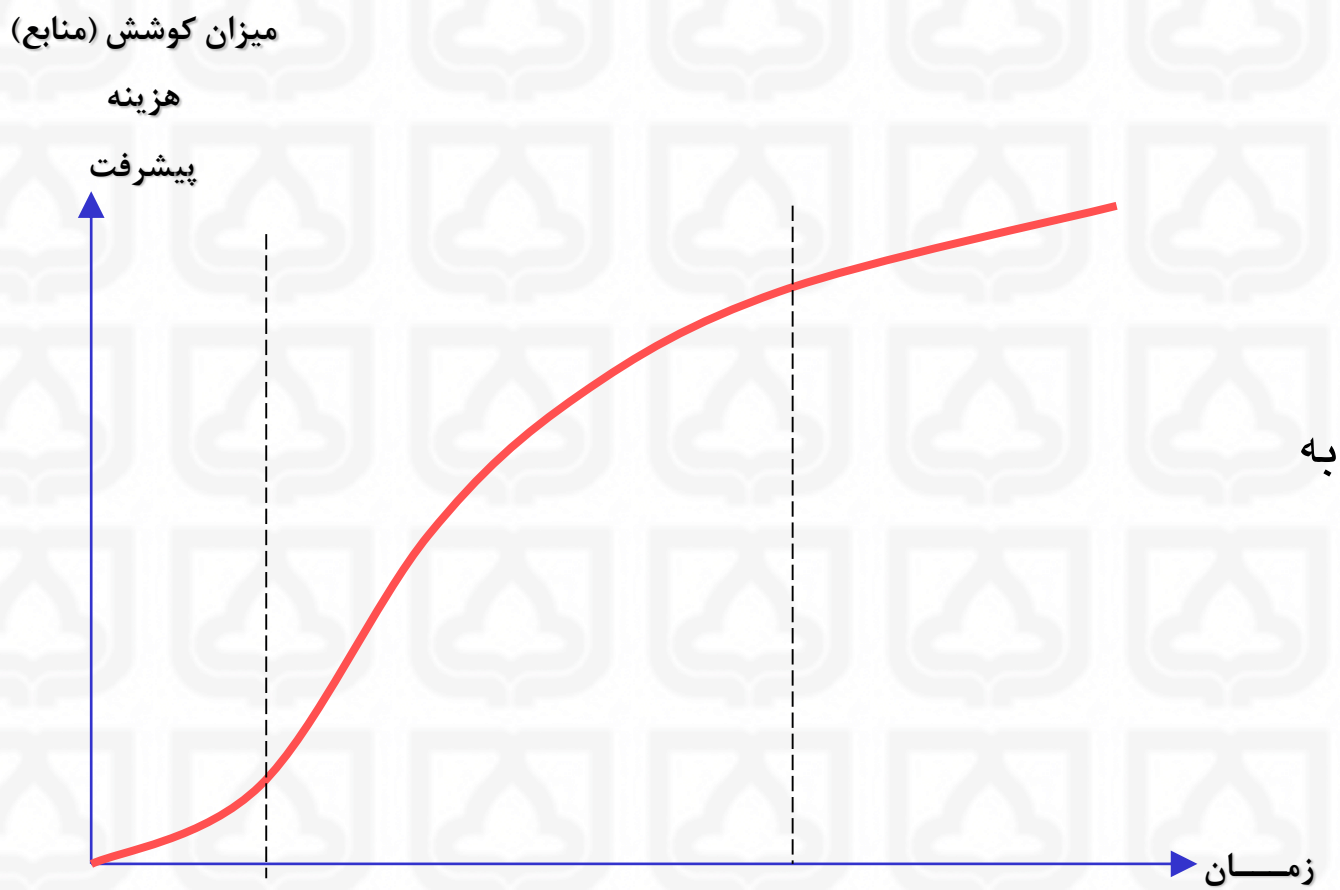
همواره محدودیتهایی به پروژه اعمال می شوند.

دارای چرخه حیات می باشد.

هر پروژه پدیده ای یکتا است.

همواره با عدم قطعیت همراه است.

چرخه حیات پروژه



شروع آهسته

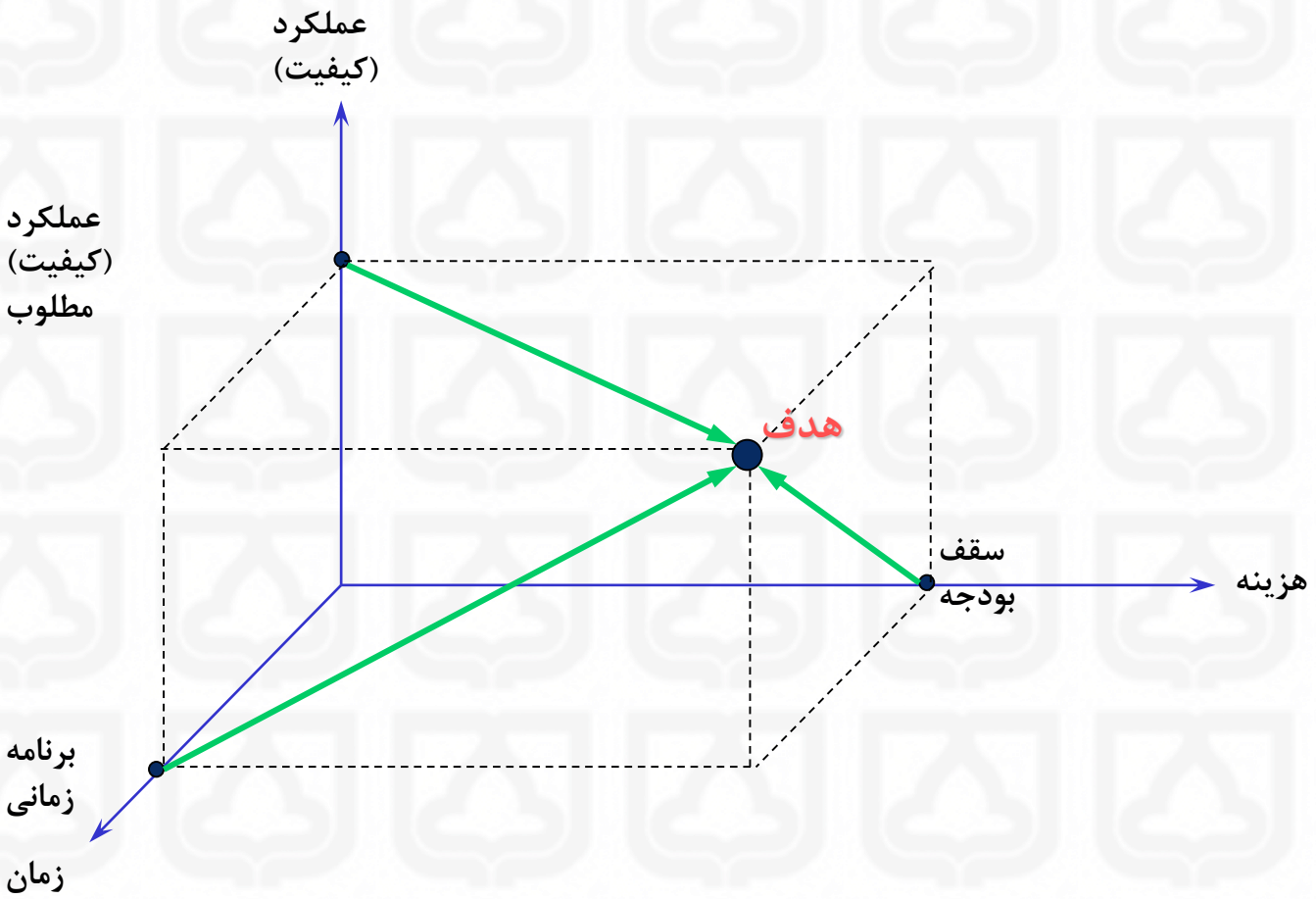
رشد

اوج

آغاز زوال – نزدیک به اختتام

اختتام و پایان کار

محدودیت‌های پروژه



پروژه چیست ؟ مدیریت و کنترل پروژه به چه معناست ؟

برنامه (Plan) آرمانها و اهداف تعیین‌شده حکومت ، بلندمدت.

برنامه توسعه شبکه راه‌های کشوری ؛

طرحها (Program) مدیریت سطح اول اجرایی میان‌مدت

مجموعه‌ای از تصمیمات اجرایی هستند که ظرف پنج تا ده سال آینده باید اجرا و به نتایج موردنظر برسند .

پروژه (Project) مدیریت میانی کوتاه‌مدت

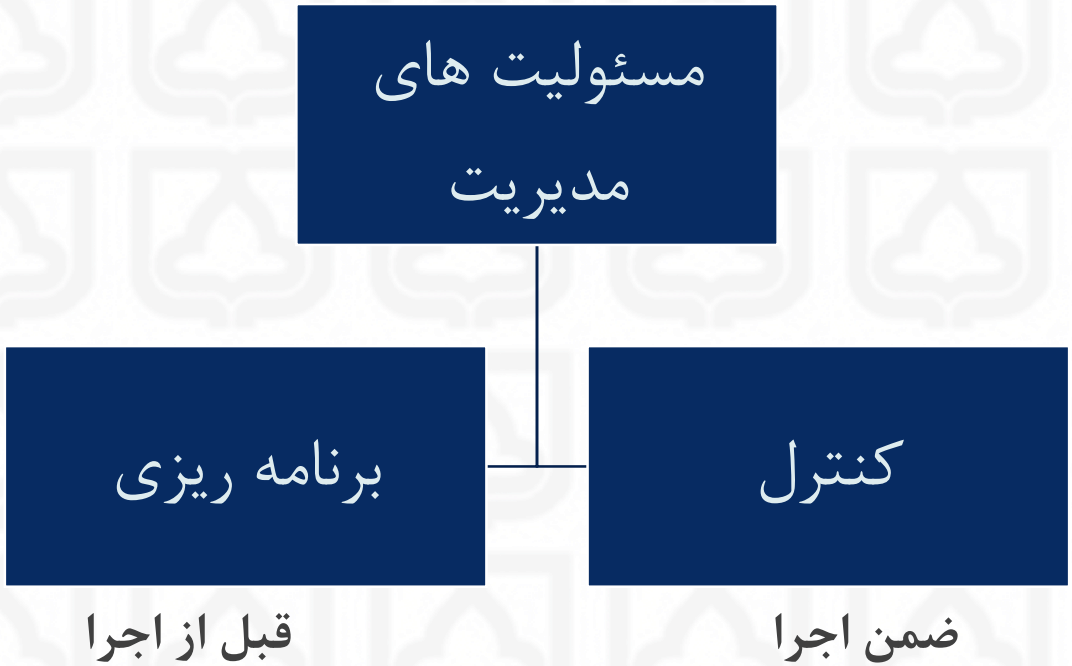
مراحل انجام پروژه

- مراحل انجام پروژه
  - مطالعات
    - مطالعات مرحله یکم(مطالعات توجیهی)
    - مطالعات مرحله دوم(طراحی تفصیلی)
  - اجرا (مرحله سوم)

که معمولاً مراحل ۱ و ۲ و نظارت بر اجرای مرحله ۳ توسط مشاورانتخاب شده از طرف کارفرما انجام میشود و اجرا توسط پیمانکار مورد نظر کارفرما.

وظایف مدیر پروژه

ایجاد هماهنگی لازم در اجرای فعالیتها برای کاربرد مناسب منابع و امکانات، به منظور رسیدن به هدف نهایی پروژه ، وظیفه اصلی مدیر پروژه است.



تعریف قرارداد

قراردادهای پیمانکاری جز قراردادهای اداری می باشند.

قراردادهای اداری:

قراردادی که یکی از سازمانها اداری ازیکسو با هر یک از اشخاص حقیقی یا حقوقی از سوی دیگر با هدف ارائه خدماتی خاص در جهت منافع عمومی منعقد می شود.

مقایسه قرارداد اداری و خصوصی

قرارداد اداری :	قرارداد خصوصی
. حقوق عمومی . فاقد اختیارات کامل در انعقاد قرارداد . محدودیتهای قوانین ومقررات	. منافع اشخاص حقیقی .دارای اختیارات کامل . در چار چوب قوانین
. هدف عمومی مدد نظر می باشد . رفع نیازمندیهای مشترک مردم . اجازه هیچگونه تغییر و دخل وتصرف در عبارات و جملات و مفاد قرارداد وجود ندارد	. الزاما عمومی نیست . عدم الزام . امکان ان وجود دارد

عوامل ذینفع در پروژه

کارفرما :

تامین مالی پروژه / ارتباط حقوقی با مشاوران و

پیمانکاران / پیگیری تمام مراحل پروژه

مهندسین مشاور :

مطالعات / طراحی / نظارت

پیمانکار:

تهیه مصالح / حمل / نصب / اجرا

سایر ذینفعان در پروژه:

بهر ه برداران / سرمایه گذاران / شرکتهای تامین کننده ماشین الات / شرکتهای بیمه

انواع سیستمهای اجرای پروژه

۱.- روش امانی یا تک عاملی:-استفاده از امکانات سازمانی نظیر پرسنل / ماشین الات / تجهیزات برای اجرای پروژه و مدیریت ان. مسولیت کل پروژه با سازمان مجری می باشد و مناسب برای پروژه های کوچک.

۲.-روش سه عاملی متعارف:- همان مثلث کارفرما-مشاور-پیمانکار

است که کارفرما در راس امور می باشد.

۳ - روش چهار عاملی: در این روش شخصیت حقوقی بخشی از وظایف کار فرما را بر عهده می گیرد.

روش سه عاملی متعارف

قراردادها ی تیپ مدیریت روش عامل چهارم

هدف عمده در این روش به کارگیری مهارتهای فنون و دانش مدیریت پروژه جهت استفاده بهینه از منابع به نحوی که خواستهای کارفرما از نظر عملکرد زمان-هزینه-کیفیت و بهره برداری تامین شود.

ارتباطات عامل چهارم

- غیر اجرایی – هماهنگی وبهبود
- اجرایی – اداره پروژه و تصمیم گیری

شرایط عمومی و شرایط خصوصی پیمان

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
موافقتنامه،
شرایط عمومی و
شرایط خصوصی
پیمان
نشریه شماره ۴۳۱

شماره : 102/1088-54/842
تاریخ: ۱۳۷۸/۳/۳

موضوع : ابلاغ موافقتنامه ، شرایط عمومی و شرایط خصوصی پیمانهاو مقررات آنها

به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه ، آئین نامه اجرایی آن و نظام فنی و اجرایی طرح های عمرانی کشور (مصوبه ۲۴۵۳۵/ت۱۴۸۹۸ هـ مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیات وزیران) به پیوست ، موافقتنامه ، شرایط عمومی و شرایط خصوص پیمان کارهای پیمانکاری و مقررات مربوط به آنها که از نوع گروه اول (لازم الاجرا) به شمار می رود ، ارسال می شود تا از تاریخ ابلاغ ، برای انعقاد پیمانها مورد عمل قرار گیرد.

در مواردی، که این مجموعه ، به طور کامل پاسخگوی نیاز کار نیست، دستگاه اجرایی ، تغییرات مورد نظر خود را به سازمان برنامه و بودجه پیشنهاد می نماید تا پس از تائید سازمان برنامه و بودجه ، به مورد اجرا گذاشته شود .

پیمانهای حمل و نقل ، پیمانهای خرید مصالح تجهیزات و ماشین آلات و پیمانهای تهیه و نصب تجهیزات صنعتی که بیشتر از ۷۵ درصد برآورد هزینه آنها مربوط به تهیه تجهیزات و ماشین آلات است، مشمول این بخشنامه نیست .

محمدعلی نجفی

معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه

شرایط عمومی پیمان دارای پنج فصل و۵۴ ماده به شرح زیر می باشد.

۱- فصل اول ـ تعاریف و مفاهیم (۱۵ ماده)

۲- فصل دوم ـ تاییدات و تعهدات پیمانکار(۱۲ ماده)

۳- فصل سوم ـ تعهدات و اختیارات کارفرما (۶ ماده)

۴- فصل چهارم ـ تضمین ، پرداخت ، تحویل کار (۹ ماده)

۵- فصل پنجم ـ حوادث قهری ، فسخ ، ختم ، تعلیق ، هزینه تسریح ، خسارت تاخیر تسویه حساب ، حل اختلاف (۱۲ماده)

فصل اول شرایط عمومی پیمان تعاریف و مفاهیم

ماده ۱- پیمان ـ مجموعه اسناد ومدارک
ماده ۲- موافقتنامه ـ سندی که بین پیمانکار و کارفرما برای کار امضاء می شود.
ماده ۳- شرایط عمومی پیمان ـ مفاد عمومی حاکم بر پیمان
ماده ۴- شرایط خصوصی ـ مفاد خصوصی حاکم بر پیمان

ماده ۵- برنامه زمانی کلی
الف ـ برنامه زمانی کلی ـ بصورت ماهیانه کلی
ب ـ برنامه زمانی تفصیلی ـ بصورت ریز اجرای هرکار

ماده ۶- کارفرما ـ شخص حقوقی امضاء کننده موافقتنامه
ماده ۷- پیمانکار ـ شخص حقیقی یا حقوقی امضاء کننده دیگر موافقتنامه
ماده ۸- مدیر طرح ـ شخص حقوقی که مقداری از وظایف کار فرما به او تفویض شده است

ماده ۹- مهندس مشاور ، مهندس ناظر

الف ـ مهندس مشاور ـ شخص حقیقی یا حقوقی برای طراحی و نظارت
ب ـ مهندس ناظر ـ نماینده مقیم مهندس مشاور

ماده ۱۰– رئیس کارگاه ـ شخص باتجربه که توسط پیمانکار معرفی می شود .

ماده ۱۱- پیمانکار جزء ـ شخص حقیقی یا حقوقی برای اجرای جزئی از کار

ماده ۱۲– کار، کارگاه ، تجهیز و برچیدن کارگاه

الف ـ کار ـ مجموعه کلیه عملیاتی که برای اجرای پروژه انجام می شود.
ب ـ کارگاه ـ محل اجرای کار
ج ـ تجهیز کارگاه ـ عملیات تدارکاتی برای اجرای کار
د ـ برچیدن کارگاه ـ جمع کردن تدارکات

ماده ۱۳ ـ مصالح ، تجهیزات ، مصالح وتجهیزات پای کار ، ماشین آلات و ابزار

تاسیسات و ساختمانهای موقت ـ وسایل

الف ـ مصالح : مواد ، اجناس، کالایی که درعملیات موضوع پیمان مصرف میشود.

ب ـ تجهیزات : دستگاهها وماشین آلاتی که درعملیات موضوع پیمان نصب شده و در کار باقی می ماند

ج ـ مصالح وتجهیزات پای کار : مصالح وتجهیزاتی است که پیمانکار برای کارمورد استفاده قرار می دهد .

د ـ ماشین آلات و ابزار : برای اجرای کارمورد استفاده قرارمی گیرد .

هـ ـ تاسیسات و ساختمانهای موقت :برای تجهیز کارگاه احداث می شود .

و ـ وسایل : اثاثیه اداری ، مسکونی ، آشپزخانه و دیگر لوازم جزو تجهیز کارگاه منظور می شود .

ماده ۱۴- برآورد هزینه اجرای کار،مبلغ پیمان ، مبلغ اولیه پیمان،مبلغ نهایی پیمان ، ضریب پیمان ، نرخ پیمان ، مدت پیمان ، مدت اولیه پیـــمان ،متوسط کارکـــرد فرضی ماهانه

الف : برآورد هزینه اجرای کار ـ مبلغی که توسط کار فرما محاسبه و اعلام می گردد.

ب : مبلغ پیمان ـ قیمت پیشنهادی برنده مناقصه

ج : مبلغ نهایی پیمان ـ مبلغ پیمان با اعمال کلیه تغییرات
د :ضریب پیمان ـ تقسیم مبلغ اولیه پیمان به برآورد اولیه کار
هـ: نرخ پیمان ـ در مورد هر یک ازاقلام بهای واحدآن درفهرست بها با اعمال ضریب پیمان و ضریب های دیگر
و: متوسط کار کرد فرضی ماهانه ـ مبلغ اولیه پیمان تقسیم بر مدت اولیه پیمان

ز: مدت پیمان یا مدت اجرای کار ـ وقت اجرای پروژه که پیش بینی شده

ماده ۱۵ ــ روز ، ماه ، تاریخها ، مفرد وجمع ، عنوانها ،

الف ــ روز وماه : تقویمی وشمسی است.

ب ــ تاریخها : طبق تقویم رسمی کشور

ج ــ مفرد وجمع

دــ عنوانها : عنوانهای به کار رفته درمتون موافقتنامه یا شرایط عمومی پیمان

فصل دوم شرایط عمومی پیمان تاییدات وتعهدات پیمانکار

ماده ۱۶ ـ تاییدات پیمانکار : موارد زیر را پیمانکار تایید میکند .

الف ـ آگاهی از مفاد موافقتنامه و اسناد

ب ـ تامین نیروی انسانی ، مصالح ، تجهیزات ، ماشین آلات ، ابزار

ج ـ آشنایی به محل اجرای پروژه : آشنایی به موقعیت واوضاع جوی

د ـ آشنایی به مقررات بیمه ، مالیاتها ، عوارض ، قوانین ، مقررات

هـ ـ پیش بینی سود : بعدا ازهیچ بابت حق درخواست اضافه پرداختی ندارد .

ماده ۱۷ ـ کارکنان

الف ـ استفاده از کارکنان متخصص

ب ـ تامین نیروی انسانی مورد نیاز و محل سکونت وتامین غذای و روشنائی

ج ـ کارکنان ایرانی :دارای شناسنامه و معافی ، کارگران خارجی دارای مجوز کار
دـ عدم بکارگیری کارکنان شاغل در ادارات و سازمانها ی دولتی
هـ ـ تهیه کارنامه کارکرد روزانه برای کارگران
و ـ پرداخت دستمزد کارگران توسط مشاور با ۱۵٪ اضافه پرداخت می شود در صورت عدم پرداخت توسط پیمانکار.
ز ـ استفاده از کارگران محلی
ح ـ اقدامات حفاظتی و بهداشت کار
ط ـ مسئولیت در برابر کارفرما در رابطه با اعمال کارکنان

ماده ۱۸ ـ مسئولیت حسن اجرای کار، برنامه کار ، گزارش پیشرفت کار ، هماهنگی با پیمانکاران دیگر ، رئیس کارگاه ،

الف ـ مسئولیت حسن اجرای کار : کلیه مسئولیت هابه عهده پیمانکار

ب ـ برنامه کار : باید حداکثر یک ماه پس از عقد قرارداد ارائه شود .

ج ـ پیش بینی احتمالی تغییرات در برنامه زمانی

دـ هماهنگی با پیمانکاران دیگر

هـ ـ گزارش کار : بصورت ماهیانه

و ـ تهیه برنامه ، نمودارها ، وجدولها

ز ـ معرفی رئیس کارگاه : درصورت درخواست مشاور باید تعویض شود

ماده ۱۹ ـ کنترل نقاط نشانه ، پیاده کردن نقشه ها ، اندازه گیری ها

ماده ۲۰ ـ تجهیز کار گاه ، تدارک مصالح ، تجهیز و ماشین آلات

الف ـ تجهیز کار گاه

ب ـ تامین نیروی انسانی ، مصالح ، تجهیزات و ماشین آلات

ج ـ تامین مصا لح در داخل

د ـ تامین مصالح از خارج از کشور در صورت نیاز

هـ ـ تامین ماشین آلات و ابزار طبق مشخصات

و ـ عدم خروج ماشین آلات مورد نیاز از کارگاه

زـ نصب ماشین آلات که به صورت دائم در کار باقی می ماند

ح ـ تامین غذا ، مسکن ودفتر کار و آزمایشگاه و ...

ماده ۲۱ ـ حفاظت از کار وشخص ثالث ، بیمه کار ، مراقبت های لازم

الف ـ حفاظت از کار و وسایل : تلاش کامل در مقابل باحوادث قهری توسط پیمانکار

ب ـ بیمه شخص ثالث : بیمه شخص ثالث توسط پیمانکار باید انجام شود

ج ـ بیمه کار در برابر حوادث : تمام یا قسمتی از کـــار با هزینه کارفرما که توسط کار فرما اعلام می شود

د ـ بیمه وسایل مربوط به پیمانکار : بیمه تجهیزات وماشین آلات توسط پیمانکار با هزینه پیمانکار

هـ ـ تامین روشنایی

وـ تامین راه دسترسی

ز ـ تامین انتظامات

ح ـ انجام کار توسط کار فرما درصورت سهل انگاری و کوتاهی پیمانکار با اضافه کردن ۱۵٪ هزینه

ماده ۲۲ ـ ترتیب گردش مدارک ،نقشه ها وابلاغ دستور کارها

الف ـ تهیه و نگهداری نقشه ها ومشخصات فنی در کارگاه ، دونسخه
ب ـ رفع ابهام از نقشه ها قبل از شروع کار ، استعلام از مشاور

ج ـ ابلاغ ایرادات به مشاور و دریافت نظر مشاور یا کارفرما

د ـ تهیه نقشه های اجرایی ـ در صورت نیاز به دستور مشاور

هـ نقشه های ساخته شده ـ با توجه به اجرای پروژه با آخرین تغییرات
و ـ مشخص نمودن مشخصات فنی اجرا شده
ز ـ دریافت دستور کار ها بصورت کتبی ، دستورات به صورت شفاهی معتبر نی
ح ـ تهیه دستورالعملها ی راه اندازی ،راهبردی ، تعمیر و نگهداری

ماده ۲۳ ـ حفاظت تاسیسات زیر بنائی

باید به تاسیسات موجود مثل (آب ، برق، تلفن ، آب ، گاز ،)آسیبی وارد نشود .

ماده ۲۴ ـ واگذاری کار به پیمانکاران جزء :

الف ـ عدم حق واگذاری پیمان به دیگر پیمانکاران

ب ـ واگذاری کار به پیمانکاران جزء برای قسمتی از کار مشخص

ماده ۲۵ ـ اجرای کار در شب :

کار در شب مجاز نیست مگر در موارد زیر:

الف ـ در برنامه پیش بینی شده باشد

ب ـ کار در شب در صورت تاخیر توسط پیمانکار، با درخواست پیمانکار و موافقت مشاور

ج ـ کار در شب به دستور مشاور در صورت تاخیر در کار بدون پرداخت هیچگونه هزینه ای

د ـ کار در شب و پرداخت هزینه های آن : در صورت اعلام مشاور بدون اینکه تاخیر توسط پیمانکار پیش آمده باشد .

ماده ۲۶ ـ آثار تاریخی و اشیای عتیقه : حفاظت به عهده پیمانکار میباشد .

ماده ۲۷ ـ اقامتگاه قانونی : آدرسی است که در موافقتنامه نوشته شده است و در صورت تغییر ۱۵ روز قبل از تغییر باید اعلام شود.

فصل سوم شرایط عمومی پیمان تعهد و اختیارات کار فرما

ماده ۲۸ ـ تحویل کار گاه

الف ـ تحویل زمین : کارفرما متعهد است که کارگاه را بی عوض وبدون معارض تحویل پیمانکار دهد .

ب ـ صورتجلسات تحویل زمین ـ ظرف مدت ۳۰ روز باید پیمانکار زمین را تحویل بگیرد . در صورت بیشتر شدن مدت طبق ماده ۴۶ قرارداد فسخ میشود .

ج ـ خسارات در تاخیر تحویل زمین

د ـ کسر تضمین انجام تعهدات در صورت حذف مقداری از کار

هـ ـ عدم احداث ساختمان در محل های دیگر

وـ کسب مجوز برای تجهیز کارگاه در محل دیگر با اجازه مشاور

ماده ۲۹ ـ تغییر مقادیر کار ، قیمت های جدید ، تعدیل نرخ پیمان

الف ـ تغییر مقادیر کار تاده درصد دراختیار مشاور و اضافه در اختیار کارفرما

۱- افزایش :نباید بیشتر از ۲۵ ٪ باشد .

۲- کاهش نباید کمتراز۲۵٪باشد، در صورت بیشتر شدن فسخ پیمان طبق ماده ۴۸

ماده ۳۰ ـ تغییر مدت پیمان

الف ـ افزایش مدت پیمان

در صورت اجرای هر کدام ازموارد زیر پیمانکار میتواند درخواست افزایش مدت پیمان را بدهد .

۱- افزایش مقادیر کار

۲- تغییر در نقشه ها ومشخصات

۳- تاخیر در تحویل کارگاه

۴- تاخیر در تحویل مصالح توسط کارفرما

۵- حوادث قهری

۶- محدودیت در دوره ورود مصالح به کشور

۷- تعلیق

۸- ابلاغ تعهدات جدید

۹- تاخیر در تامین اعتبار

۱۰- موارد دیگر

ب ـ تعیین مدت کاهش پیمان توسط مشاور براورد و به پیمانکار ابلاغ می شود.

ماده ۳۱ـ مدیریت اجرا

قسمتی از اختیارت خود را کارفرما به شخص حقوقی به نام مدیر طرح می تواند واگذار نماید

ماده ۳۲ ـ نظا رت بر اجرای کار

الف ـ عملیات اجرایی پیمانکار زیر نظر و با اطلاع مشاور انجام می شود .

ب ـ تنها مرجع فنی پیمانکار ،مهندس مشاور است و برای هرگونه تغییرات، نظر مشاور باید مد نظر قرار گیرد .

ج ـ انجام آزمایشات مورد نیاز با دستور مشاور و هزینه کارفرما- در صورت منفی بودن جواب با هزینه پیمانکار کار باید اصلاح شود.

د ـ ارسال اخطار توسط مشاور :

هـ ـ بازدید از عملیا ت توسط کار فرما و تسهیلات لازم باید توسط پیمانکار فراهم شود.

و ـ تغییر مهندس مشاور ، یک ماه قبل از تغییر به اطلاع پیمانکار باید برسد .

ماده ۳۳ ـ مهندس ناظر

الف ـ مهندس ناظر نماینده مهندس مشاور در کارگاه می باشد .

سایت نظام فنی و اجرایی کشور:

http://tec.mporg.ir

سؤالات

۱. فرق فعالیت با پروژه چیست؟

۲. چرخه حیات یک پروژه را تعریف نمایید.

۳. برای شروع مرحله سوم یک پروژه آیا لازم است مرحله دوم به اتمام برسد؟ توضیح دهید.

۴. تفاوت پیمانکار با مشاور را شرح دهید.

۵. پیمانکار اصلی و فرعی چیست؟

۶. هدف از انجام "برنامه ریزی و کنترل پروژه" چیست؟

دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری
مدیریت و تشکیلات کارگاهی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷- ۹۶

مدرس : دکتر مقیمی

منابع

منابع به افراد، تجهیزات و موادی گفته می شود که برای تکمیل فعالیت پروژه لازم هست .

نیروی انسانی، مواد و مصالح و ماشین آلات ساختمانی، عمده منابع اصلی در پروژه های ساختمانی محسوب می شوند .

مدیریت اجرایی خوب باید همواره در پی یافتن روش های بکارگیری موثر و کارآمد منابع پروژه باشد .

مدیریت ماشین آلات

ماشین آلات یکی از بزرگترین اقلام سرمایه ای مجریان وپیمانکاران طرح های عمرانی محسوب می شود .

با توجه به تنوع ماشین آلات مورد استفاده در طرح های عمرانی، برنامه ریزی و ارزیابی عملکرد جهت دسترسی به اهداف پروژه ، از موضوعات مهمی است که دقت در آن موجب دستیابی به اهداف تعیین شده می گردد .

اهداف مدیریت ماشین آلات

هدف کلی : هم سو بودن با اهداف پروژه

اهدف جزئی :

- ✓امکان استفاده به موقع و متناسب از ماشین آلات در پروژه ها
- ✓اطمینان از عملیاتی بودن ماشین آلات
- ✓به حداقل رساندن هزینه های سرمایه گذاری اولیه و هزینه های عملیاتی ضمن انجام وظایف محوله به لحاظ کمی و کیفی

دسترسی به این اهداف نیازمند برنامه ریزی توسط مدیر ماشین آلات می باشد .

وظایف مدیر ماشین آلات

- ✓برنامه ریزی تدارکات
- ✓مدیریت سرمایه و هزینه
- ✓اطمینان از رعایت ضوابط قانونی و مدیریت ریسک
- ✓بکارگیری کاربران ماهر و ارتقاء سطح دانش آن ها
- ✓برنامه نگهداری و تعمیرات

وظایف مدیر ماشین آلات

✓برنامه ریزی تدارکات

ایجاد سامانه ای جهت تدارکات ماشین آلات اعم از انتخاب و خرید ماشین آلات مورد نیاز که با توجه به نوع کار ، سیاست های بنگاه و استانداردهای تعریف شده انجام می پذیرد و همچنین تهیه قطعات مورد نیاز و انعقاد قرارداد مناسب از بعد فنی و بازرگانی .

✓مدیریت سرمایه و هزینه

۱- **هزینه ماشین آلات** (شامل هزینه های مستقیم و غیر مستقیم)

۲- استهلاک ماشین آلات

✓مدیریت سرمایه و هزینه

۱- هزینه ماشین آلات (شامل هزینه های مستقیم و غیر مستقیم)

هزینه عملیاتی : اجاره ماشین آلات ، تحویل و تغییر ماشین آلات جدید ، هزینه سوخت ، لاستیک، تعمیر، سرویس و غیره

هزینه نیروی انسانی : جذب راننده ماهر، تعمیرکار و سایر نیروها

هزینه بالا سری : هزینه های بیمه ، مالیات ، حقوق مدیران و سرپرستان

هزینه رفاهی کارگاه : اسکان پرسنل ، تامین غذای مناسب و سایر امکانات رفاهی

هزینه توقف ماشین آلات : هزینه رکود سرمایه و افزایش هزینه های سربار

✓مدیریت سرمایه و هزینه

۲- استهلاک ماشین آلات

وقتی دستگاهی خریداری می گردد ، بعد از مدتی به علت فرسودگی ، پوسیدگی و گذشت زمان از ارزش اولیه آن کاسته می شود. برای محاسبه برآورد سود عملیات لازم است این هزینه محاسبه و از درآمد کسر گردد .

✓اطمینان از رعایت ضوابط قانونی و مدیریت ریسک

الزامات قانونی در خصوص ماشین آلات ، اطمینان از اخذ و وجود مجوز های لازم ، بیمه نامه ، تاییدیه ها و معاینات فنی باعث کاهش ریسک و افزایش ضریب در دسترس بودن ماشین آلات در طول مدت استفاده در پروژه می شود .

✓بکارگیری کاربران ماهر و ارتقاء سطح دانش آن ها

نقش موثر نیروی انسانی در ارتقاء بهره وری است لذا به کارگیری کاربران دارای مهارت کافی و ارتقاء سطح دانش آن ها در موفقیت و دستیابی به اهداف مطرح شده از اهمیت بسزایی برخوردارست

✓برنامه نگهداری و تعمیرات

الف – نگهداری

ب – تعمیرات

ج – بازسازی

استراتژی جایگزینی ماشین آلات

فرایند بازنگری ناوگان ماشین آلات و تصمیم گیری در خصوص حفظ و بازسازی یا جایگزینی آن ها

- ✓ملاحظات عملیاتی
- ✓ملاحظات مکانیکی(فنی)
  - قدیمی شدن تکنولوژی ماشین آلات موجود
  - فرسودگی ماشین آلات
- ✓ملاحظات مالی

دسته بندی ماشین آلات ساختمانی

ماشین آلات ساختمانی را بر حسب مورد استفاده می توان به روشهای مختلفی دسته بندی کرد. یکی از این دسته بندی ها عبارتست از:

- ✓ ماشین آلات عملیات خاکی
- ✓ ماشین آلات عملیات بتنی
- ✓ ماشین آلات تولید سنگدانه ها
- ✓ ماشین آلات بالابر

مدیریت تدارکات

- ✓ چه نوع مواد و مصالحی مورد نیاز می باشد؟
- ✓ چه مقدار (تعداد) مورد نیاز می باشد؟
- ✓ در چه زمانی مورد نیاز می باشد؟
- ✓ از چه منابعی باید تهیه شوند؟
- ✓ برنامه سفارش چگونه باشد؟
- ✓ برنامه انبار داری و کنترل سطح موجودی چگونه باشد؟

مدیریت تدارکات

اهداف اصلی :

- ✓ **دستیابی به موقع و کافی به مواد**
- ✓ **حفظ جریان ساخت و یا تولید**
- ✓ **عدم ذخیره سازی مواد اضافه**
- ✓ **بهینه سازی ورود مواد به کارگاه و یا سازمان**
- ✓ **کسب حداکثر امتیاز در زمان خرید**
- ✓ **به حداقل رساندن هزینه های نگهداری موجودی**

خرید

- ✓ موضوع خرید (چه بخریم؟)
- ✓ موضع خرید (چگونه و چرا بخریم؟)
- ✓ منبع خرید (از کجا بخریم؟)
- ✓ موقع خرید (کی بخریم؟)

خرید

- ✓ **موضوع خرید**
  نوع کالا، مقدار کالا، کیفیت کالا، مشخصات فنی، بسته بندی
- ✓ **موضع خرید**
  مناقصه، معمولی، به صورت انبوه، مستقیم، انحصاری، یک یا چند مرحله، یک یا چند منبع، نقد یا نسیه
- ✓ **منبع خرید**
  داخلی، خارجی، امانی، گذشته، جدید، خاص، عام، ارزان، خوشنام، آسان
- ✓ **موقع خرید**
  زمان فوری، فصلی و اقلیمی، بلند مدت، میان مدت، کوتاه مدت، نقطه سفارش مجدد

روشهای تهیه مواد

مواد مصرفی و نحوه تهیه آن در یک پروژه هزینه عمده آن را تشکیل می دهد. بنابراین حداقل نمودن هزینه های خرید و یا تهیه مواد باعث کاهش هزینه کل پروژه خواهد شد.

انواع اصلی هزینه

۱ – هزینه خرید
۲– هزینه های سفارش
۳– هزینه های نگهداری
۴– هزینه های عدم دسترسی

انواع اصلی هزینه

- **هزینه خرید**

هزینه خرید یک قلم جنس، قیمت خرید واحدی از آن از یک منبع خارجی است که هزینه حمل و نقل و تحویل را شامل می شود. معمولا هزینه خرید واحد با افزایش مقدار به دلیل تخفیفات کاهش پیدا می کند.

هزینه حمل و نقل تحت تأثیر عواملی نظیر اندازه محموله هستند

انواع اصلی هزینه

- **هزینه های سفارش**

هزینه سفارش منعکس کننده مخارج اداری برای صدور سفارش خرید به فروشنده ای برون سازمانی است.هزینه سفارش شامل:

هزینه های درخواست، تحلیل فروشندگان مختلف، نوشتن دستور خرید، دریافت مواد، بازرسی مواد، کنترل سفارشات، نگهداری سوابق، هزینه های سفارش معمولا قسمت کوچکی از کل هزینه برای مدیریت مواد در پروژه های ساختمانی است.

انواع اصلی هزینه

- ✓ **هزینه های نگهداری**

هزینه های نگهداری اصولاً نتیجه هزینه های سرمایه ای ، انبارداری، از بین رفتن و بدون استفاده شدن، کم شدن و فاسد شدن است.

انواع اصلی هزینه

- **هزینه های عدم دسترسی**

هزینه عدم دسترسی زمانی تحمیل می شود که ماده مورد نظر در زمان مورد نظر در دسترس نباشد.در عین آنکه برنامه زمانبندی پروژه براوردی در این مورد ارائه می دهد، اما احتمال انحراف از برنامه زمانبندی در حین ساخت وجود دارد.از این گذشته، هزینه مربوط به کمبود را به سختی می توان ارزیابی کرد؛ زیرا اگر مواد مصرفی برای یک فعالیت در دسترس نباشد، می توان کارگران را به فعالیتهای دیگر وادار کرد و ممکن است بر حسب اینکه چه فعالیتهایی بحرانی باشند، پروژه به تأخیر نیفتد.

طبق بندی کالا

طبقه بندی مواد یا کالا روشی است در جهت ایجاد نظم. در طبقه بندی کالا که اقلام را استاندارد نموده و در ردیف و گروه های منطقی قرار داده و به هر یک شماره ای را تخصیص می دهیم.اصولا طبقه بندی مواد یا کالا در انبار یا کارگاه با توجه به نکات زیر صورت می پذیرد:

- حجم کالا
- نوع کالا
- نوع استاندارد کالا
- اجزای تشکیل دهنده در انبار یا کارگاه
- ماشین آلات موجود

مبانی طبق بندی کالا

۱. روش طبقه بندی باید از منطقی روشن، ساده و روان و طبیعی پیروی کند.
۲. سیستم طبقه بندی باید با نیازها و شرایط سازمان سازگار باشد.
۳. سیستم طبقه بندی باید توان پوشش کلیه کالاهای موجود و آتی را داشته باشد.
۴. فاصله شماره های طبقه بندی باید به صورتی تنظیم گردد که برای اضافه کردن اقلام جدید نیاز به تغییر شماره های قبلی نباشد.
۵. طبقه بندی باید بر اساس مشخصات پایدار و اساسی اجناس صورت پذیرد.

مبانی طبق بندی کالا

۶. شرح کالا باید مختصر لیکن دقیق و قابل درک باشد.
۷. هر شماره طبقه بندی تنها باید نشان دهنده یک قلم کالا باشد.
۸. واحد شمارش کالا باید مشخص گردد
۹. هر قلم باید دارای یک شماره طبقه بندی باشد.
۱۰. تعداد ارقام نباید بیش از حد طولانی باشد.
۱۱. تعداد ارقام شماره های طبقه بندی باید تماما مساوی باشد.
۱۲. غالبا و به ویژه در صورت به کارگیری سیستم های مکانیزه بهتر آن است که فقط از شماره های طبقه بندی عددی استفاده شود و از حروف استفاده نشود.

دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری
مدیریت و تشکیلات کارگاهی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷- ۹۶

مدرس : دکتر مقیمی

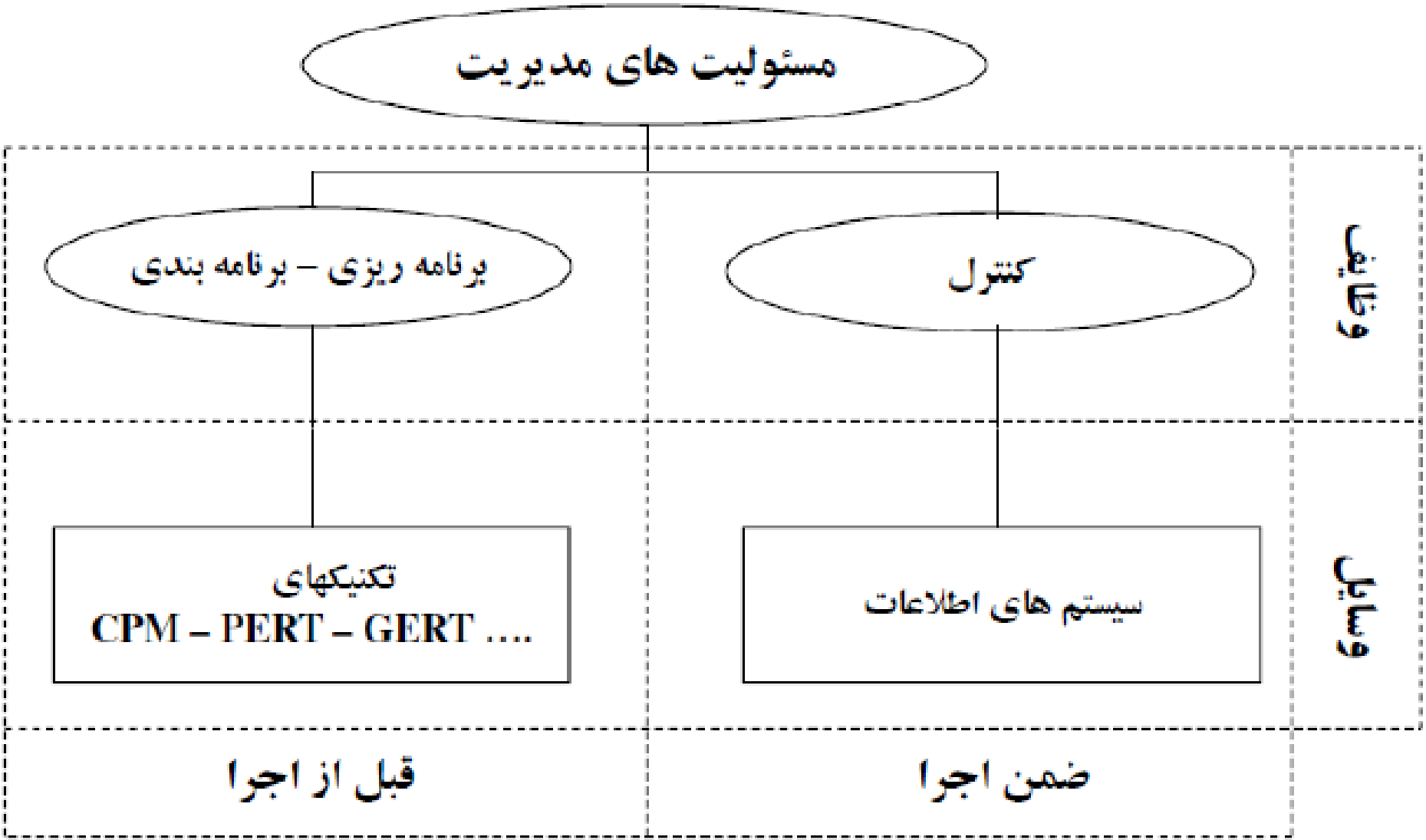
ساختار شبکه

در شروع برنامه ریزی، لازم است کارها یا فعالیت هایی که باید در یک پروژه، عملی شوند تعریف شده و وابستگی های بین آنها معلوم گردد.

لذا نمایش شبکه ای یک پروژه از اولین اقدامات در امور برنامه ریزی بوده و پایه و تکیه گاه اصلی برای سایر امور برنامه ریزی می باشد.

نمودار شبکه ای به صورتهای مختلف قابل ارائه میباشد ولی متداولترین آنها از نوع **شبکه های برداری** میباشد.

در نوع دیگر شبکه ها، فعالیتها در داخل گره ها نشان داده میشود.


مسئولیت های مدیریت
وظایف
برنامه ریزی – برنامه بندی
کنترل
وسایل
تکنیکهای
CPM – PERT – GERT ....
سیستم های اطلاعات
قبل از اجرا
ضمن اجرا

گام های برنامه ریزی

- ✓ تحلیل پروژه، تهیه فهرست روابط فعالیتهای پروژه و ترسیم شبکه آن
- ✓ برآورد مدت، منابع مورد نیاز و هزینه اجرای فعالیتهای پروژه
- ✓ زمانبندی پروژه و محاسبه مشخصات اجرایی فعالیتها
- ✓ برنامه ریزی منابع و بررسی مسائل و مشکلات احتمالی و قابل انتظار و بررسی رابطه زمان و هزینه پروژه

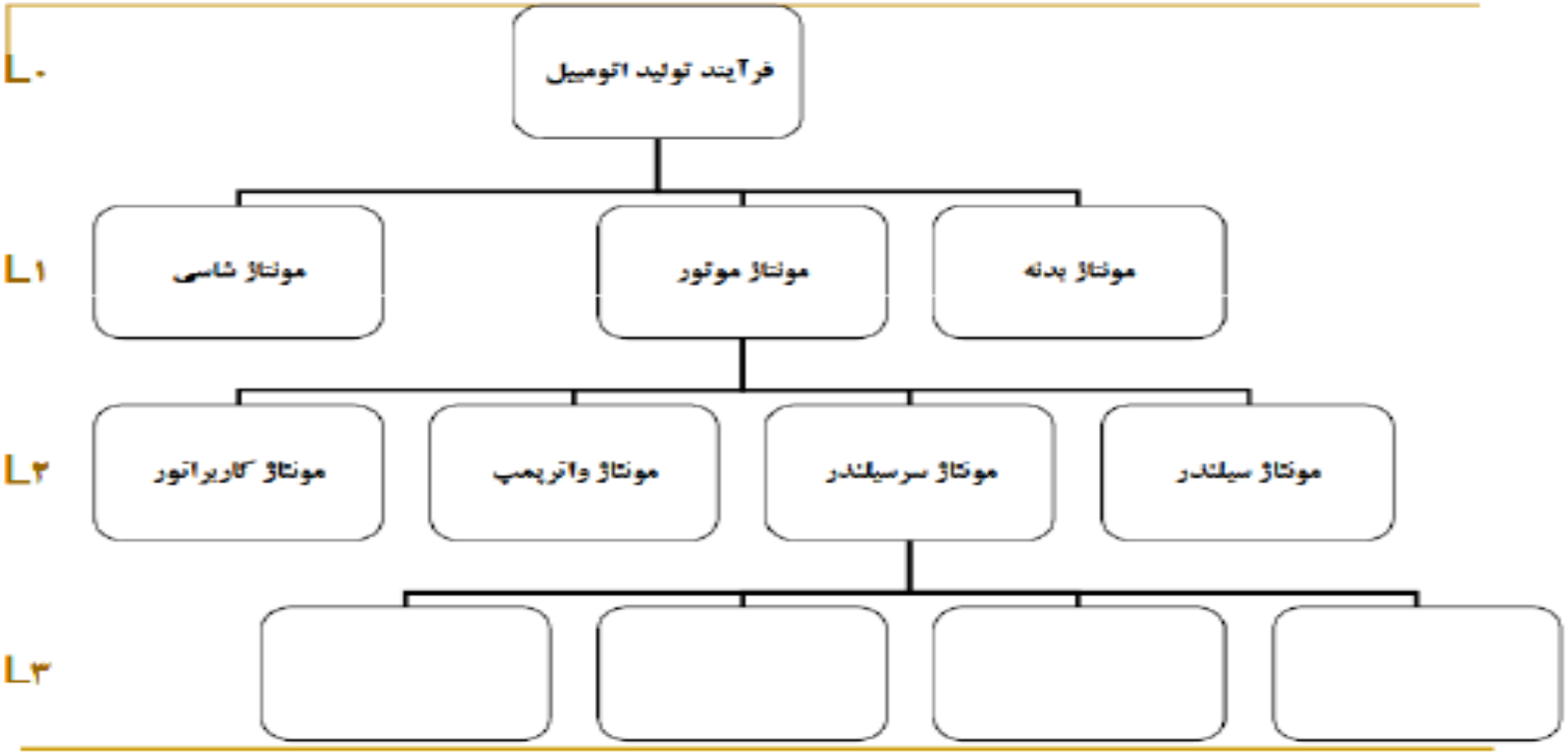
WBS

Work Breakdown Structure

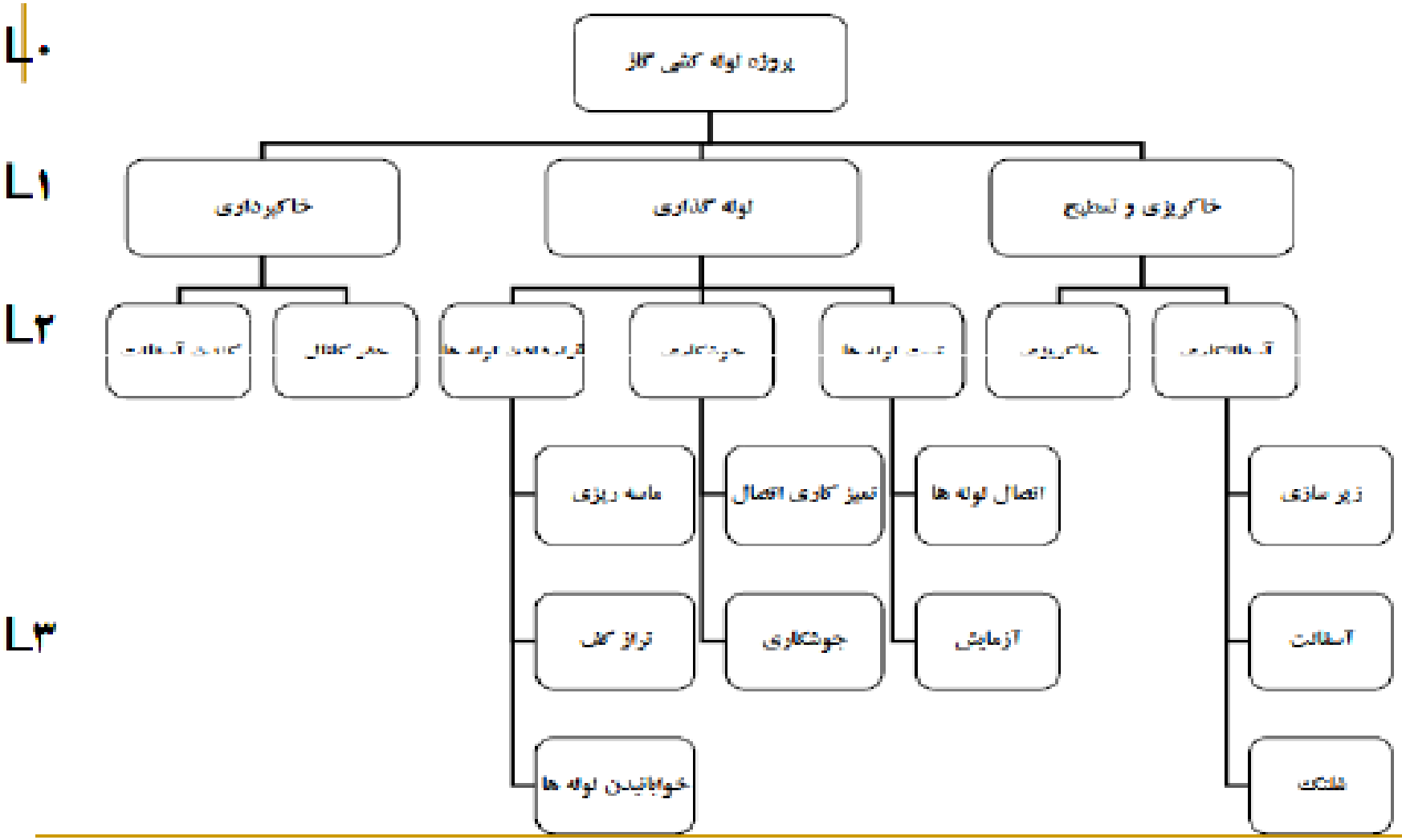
ساختار شکست کار

ساختار های محصولی

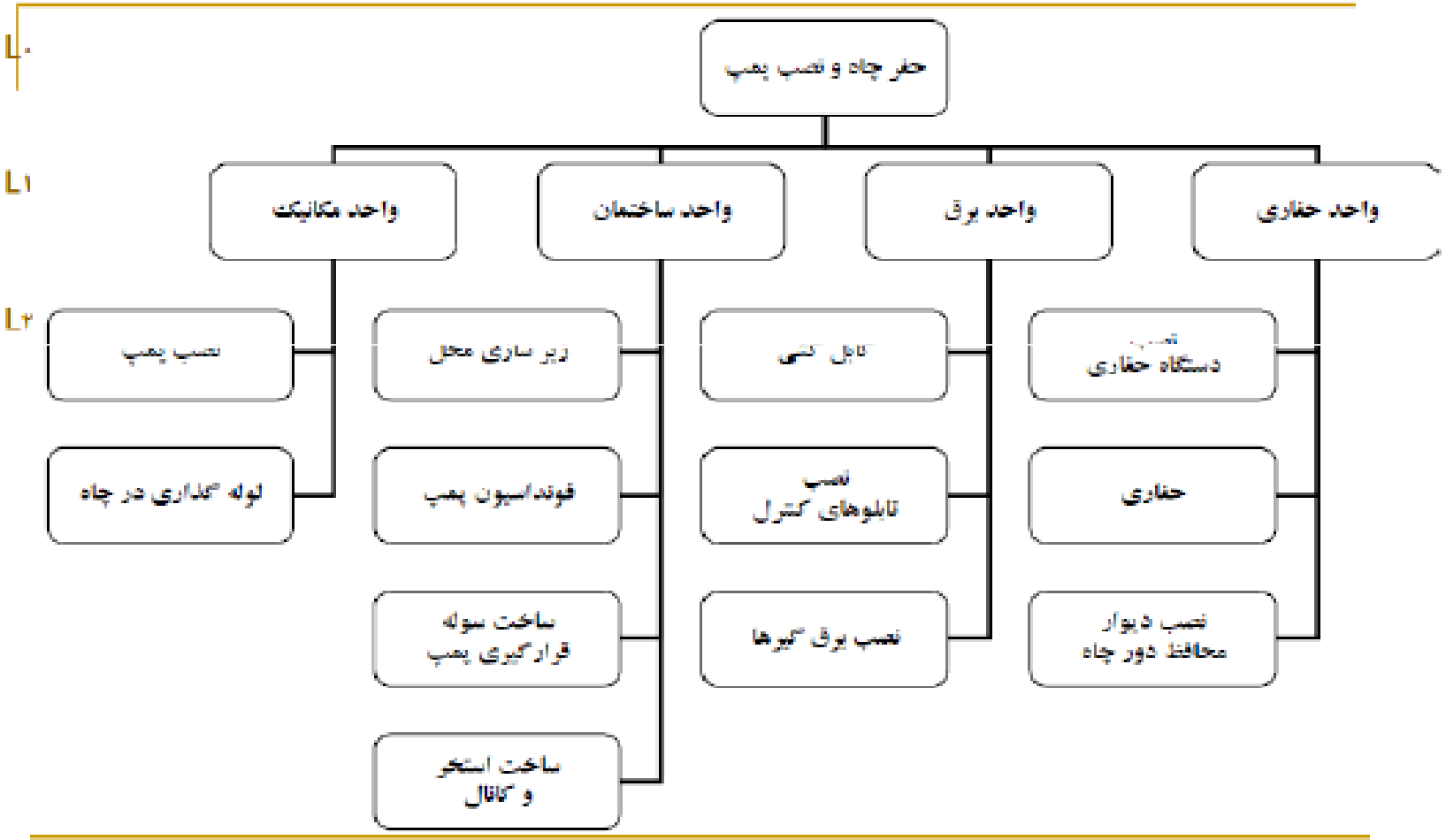
ساختار شکست کار بر اساس فرایند مونتاژ محصول نهایی



ساختار شکست کار بر اساس مراحل اجرای پروژه



ساختار شکست کار بر اساس واحدهای اجرایی انجام دهنده پروژه



روش شناسایی فعالیت ها

نمودار WBS

الف- تهیه WBS براساس مراحل اجرای پروژه

ب- تهیه WBS براساس فرآیند مونتاژ محصول نهایی

ج- تهیه WBS براساس واحدهای اجرایی انجام دهنده پروژه

روش های مختلف برنامه ریزی شبکه :

نمودار های گانت

روش مسیر بحرانی CPM

روش شبکه های پیش نیازی PN

روش ارزیابی و بازنگری پروژه ها PERT

روش گرافیکی ارزیابی و بازنگری پروژه ها GERT

Gantt Charts

CPM : Critical Path Method

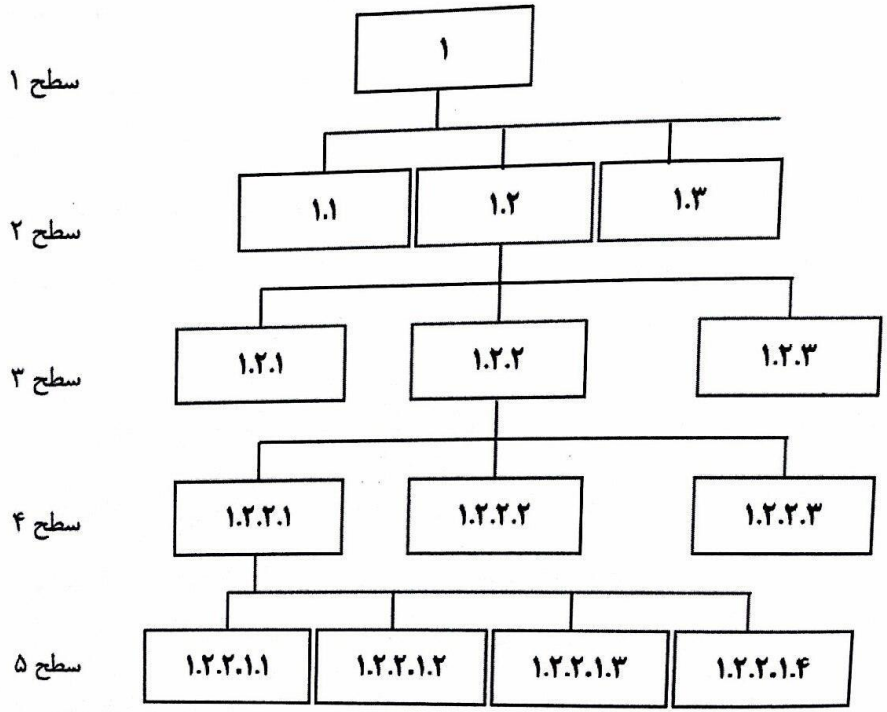
PN : Precedence Networks

PERT : Project Evaluation & Review Technique

GERT : Graphical Evaluation & Review Technique

شماره گذاری عناوین

ذاری نمود.



شکل ۵ ـ ۳ شماره‌گذاری (کددهی) و سطوح مختلف عناوین در ساختار شکست کار

مثال

پروژه : رفتن به محلی در خارج شهر و گرفتن عکس

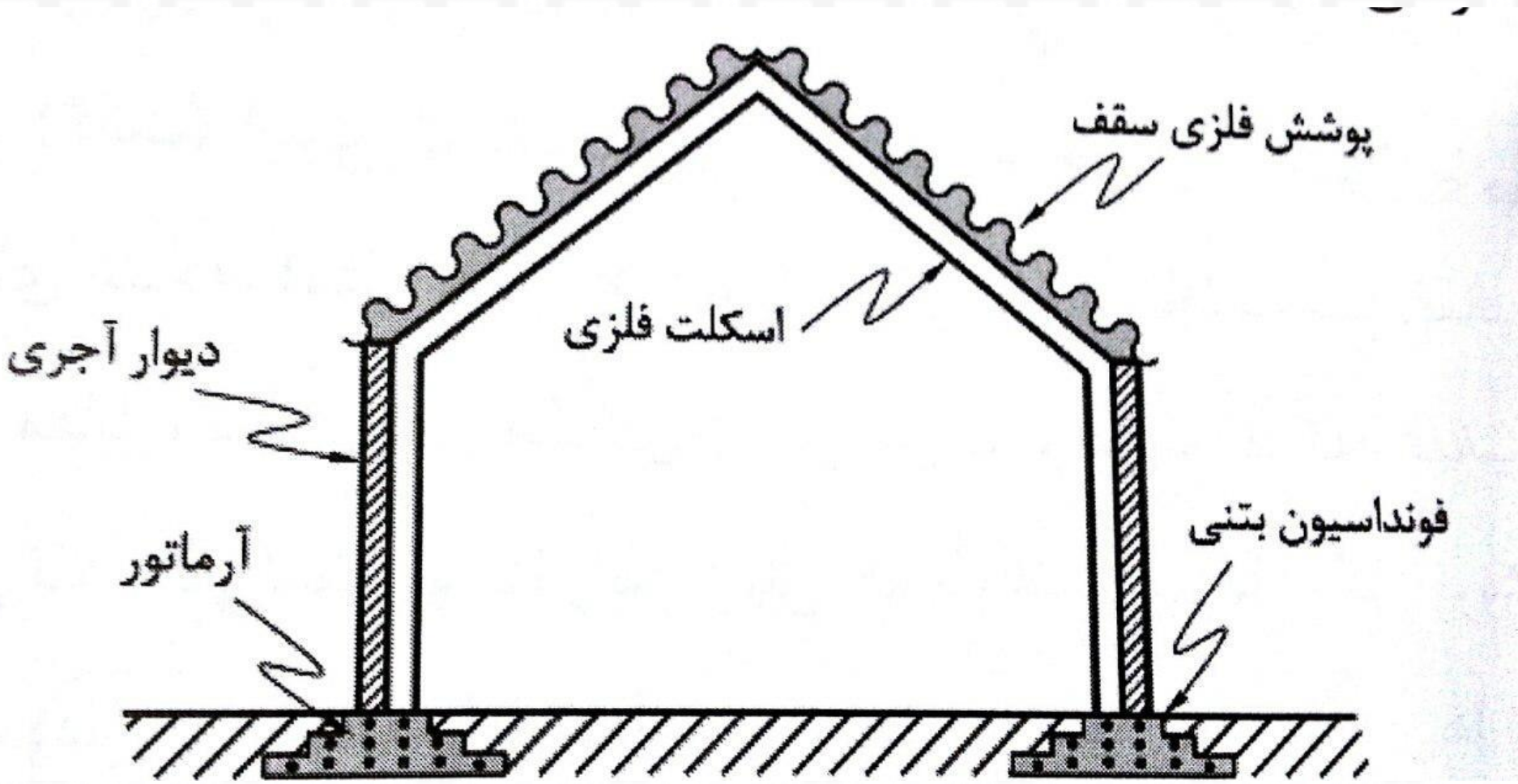
نام فعالیت	شرح	زمان (روز)
A	رفتن به محل	۱/۲
B	انتخاب منظره و گرفتن عکس	۱/۲
C	ظهور فیلم و چاپ عکس	۳
D	تهیه قاب	۱
E	قاب گرفتن عکس	۱/۲

یک شبکه ساده

نمودار گانت

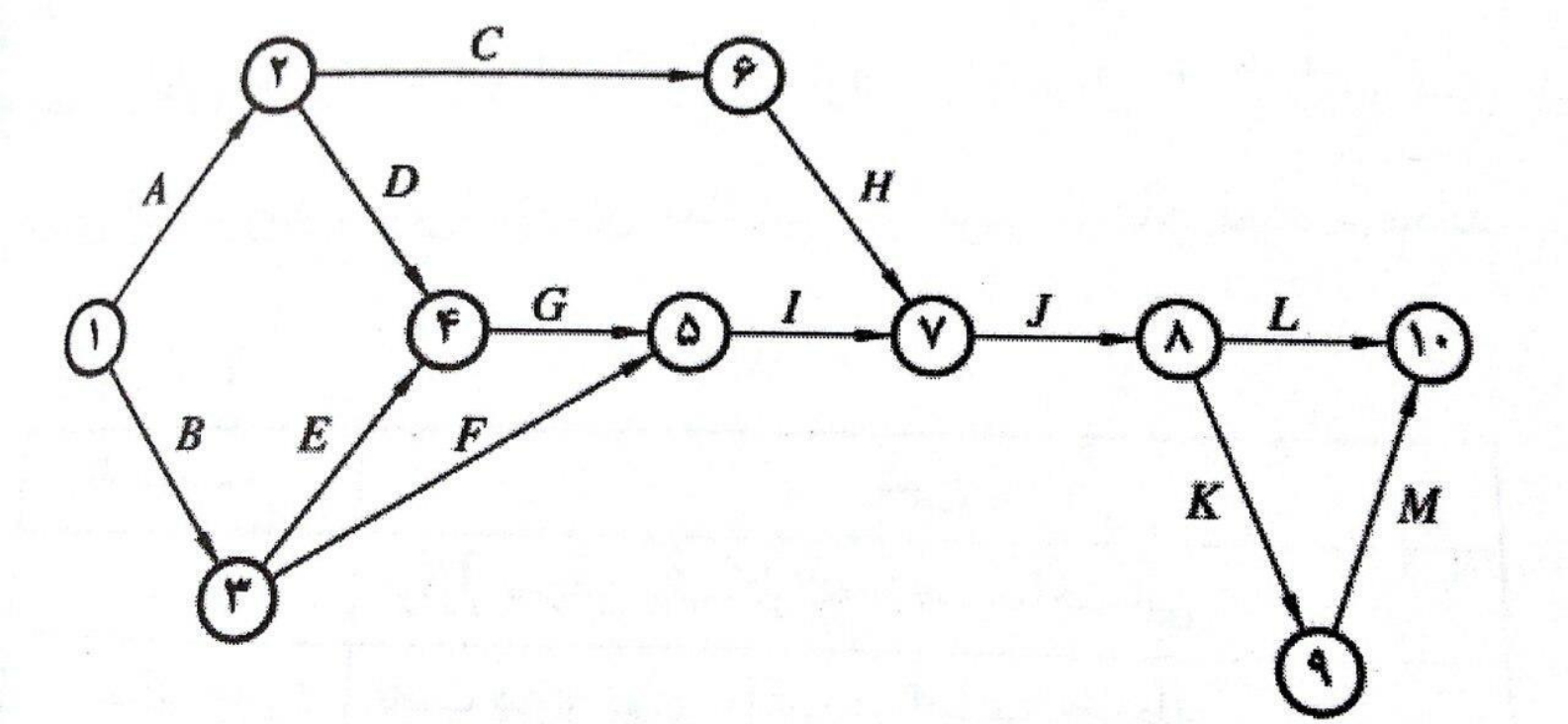
یک شبکه با مقیاس زمان

تمرین

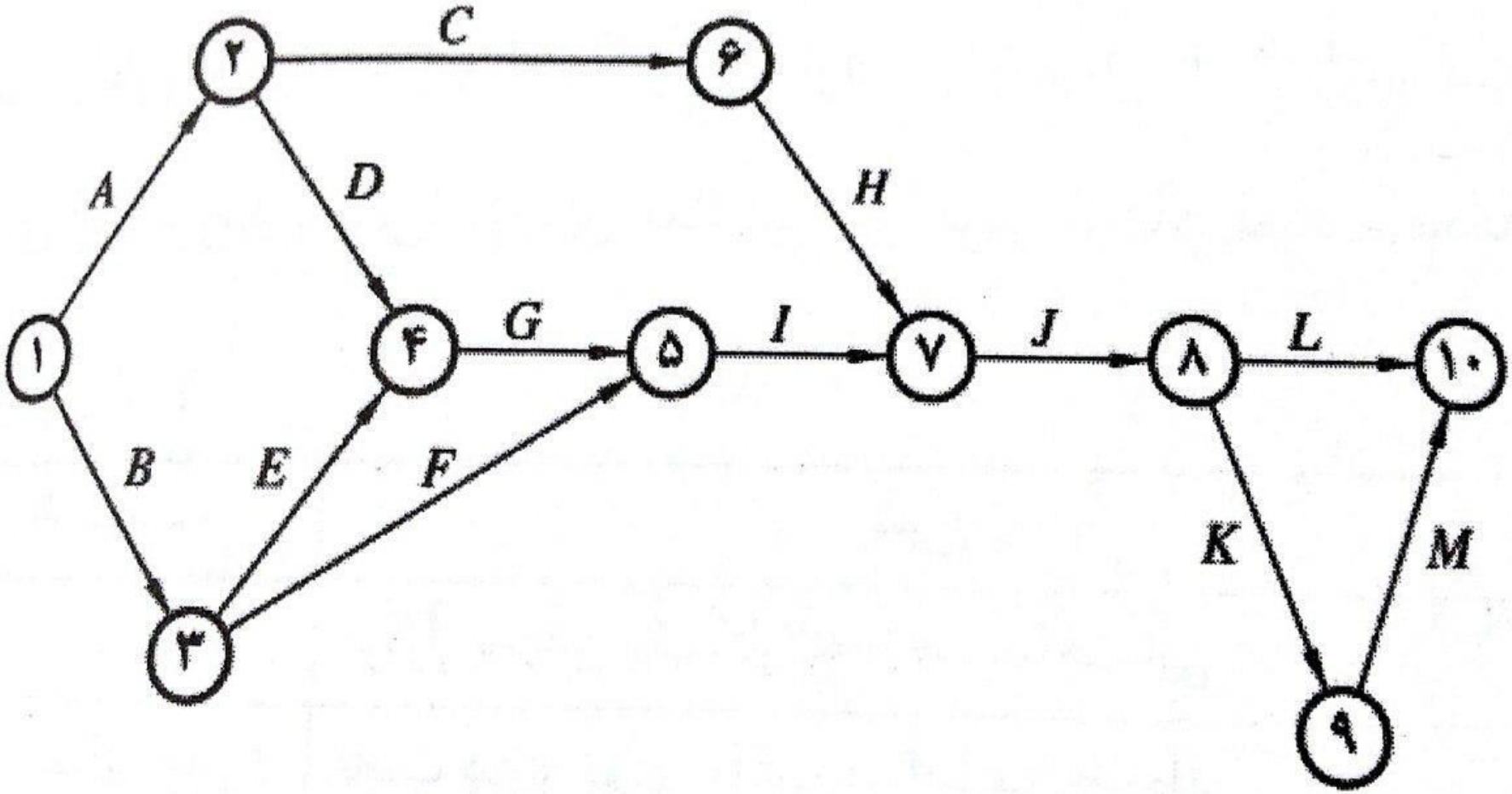


نام فعالیت	شرح
A	برقرار نمودن یک کارگاه موقت ساختمانی
B	نصب دیوار توری موقت در اطراف محوطه
C	برش و جوشکاری قطعات اسکلت فلزی
D	ساخت قطعات میله‌های فلزی (آرماتور)
E	کندن پی
F	نصب ماشین‌های بتن‌سازی
G	قرار دادن میله‌های آرماتور در پی
H	رنگ‌آمیزی اسکلت فلزی
I	ریختن بتن فونداسیون
J	سوار کردن (نصب) اسکلت فلزی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

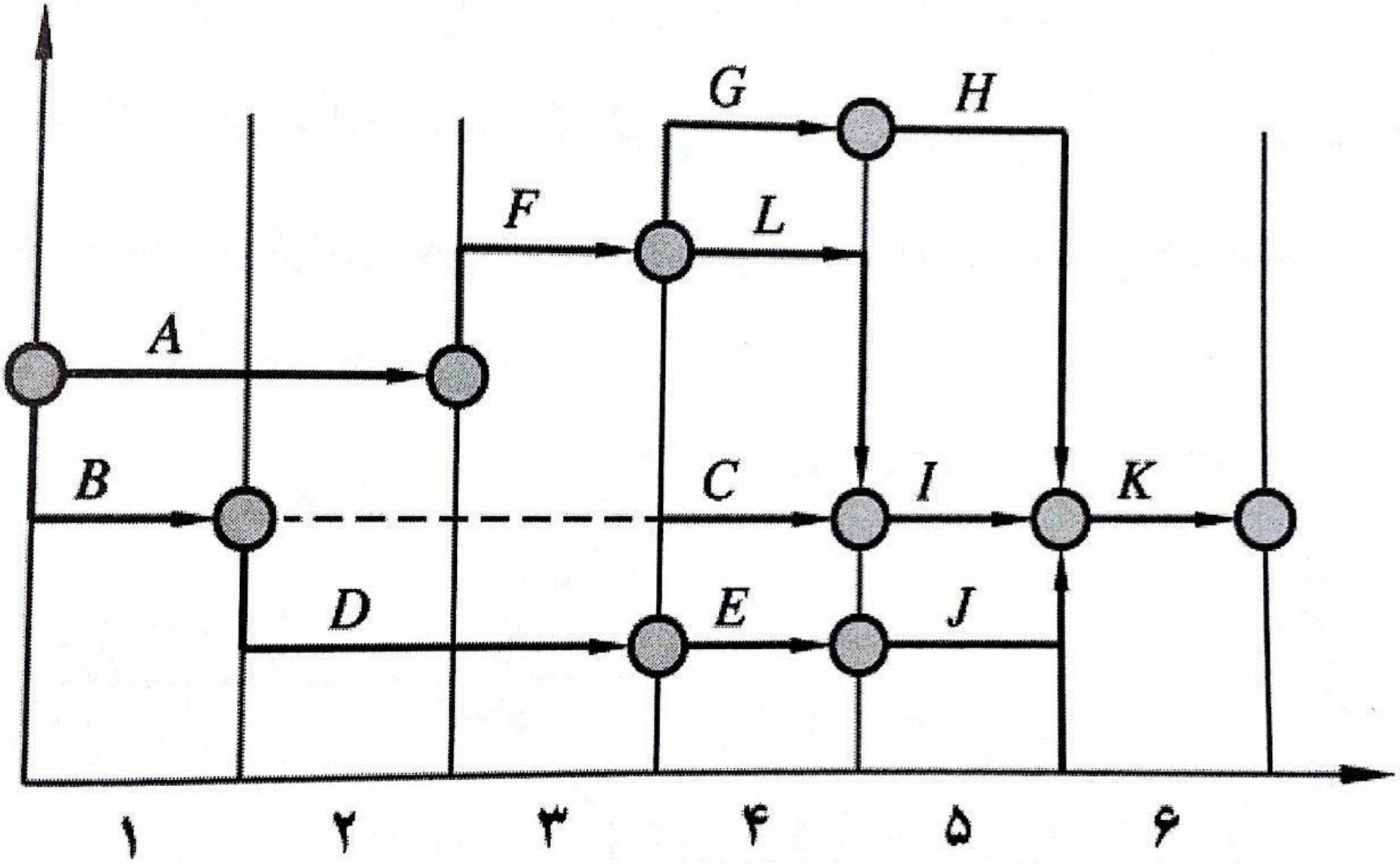
فعالیت	پیش‌نیاز(ها)	فعالیت	پیش‌نیاز(ها)
A	-	H	C
B	-	I	G,F
C	A	J	I,H
D	A	K	J
E	B	L	J
F	B	M	K
G	D,E		


۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
۹
۱۰
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M

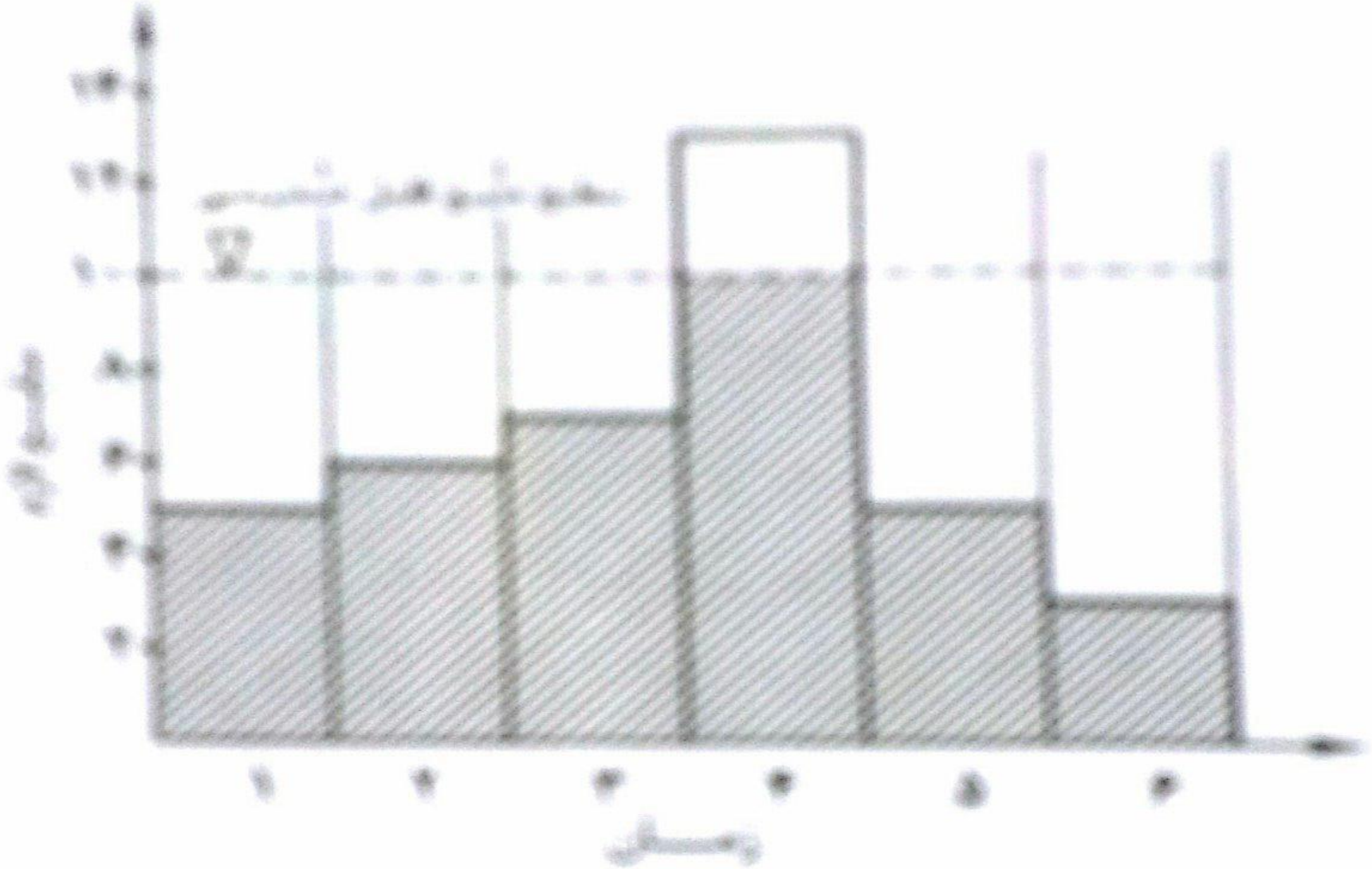
تمرین ۲

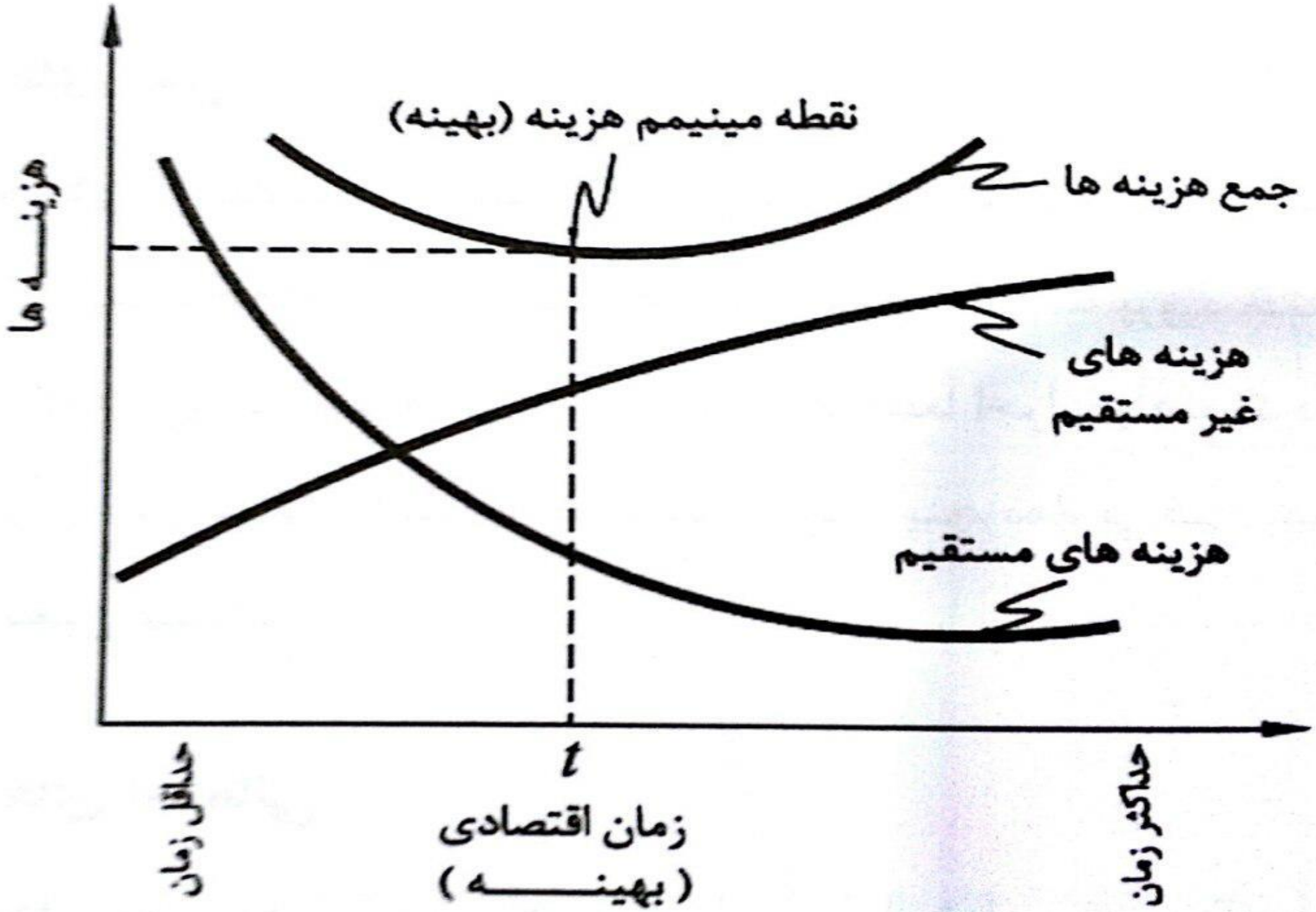


فعالیت	پیش‌نیاز(ها)	زمان (هفته)	تعداد کارگران
A	-	۲	۲
B	-	۱	۳
C	B	۱	۴
D	B	۲	۴
E	D	۱	۴
F	A	۱	۳
G	F	۱	۲
H	G	۱	۲
I	C,L	۱	۲
J	E	۱	۱
K	H,J,I	۱	۳
L	F	۱	۳


G
H
F
L
A
B
C
I
K
D
E
J
۱
۲
۳
۴
۵
۶

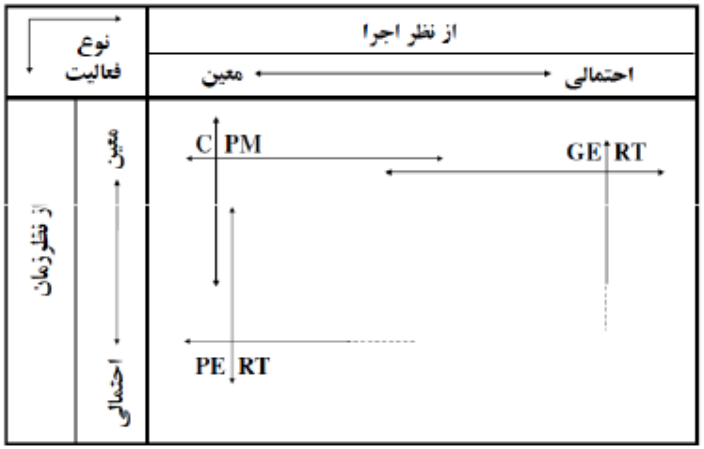
شماره هفته	فعالیت‌های در حال اجرا	حجم منبع لازم
۱	$A+B$	۲+۳=۵
۲	$A+D$	۲+۴=۶
۳	$D+F$	۳+۴=۷
۴	$G+L+C+E$	۲+۳+۴+۴=۱۳
۵	$H+I+J$	۲+۲+۱=۵
۶	K	۳




نقطه مینیمم هزینه (بهینه)
جمع هزینه ها
هزینه های
غیر مستقیم
هزینه های مستقیم
هزینه ها
t
حداقل زمان
زمان اقتصادی
(بهینه)
حداکثر زمان

شکل ۶ ـ ۹

روش های مختلف برنامه ریزی شبکه



روش های مختلف برنامه ریزی شبکه :

روش های قطعی برنامه ریزی شبکه ای :

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

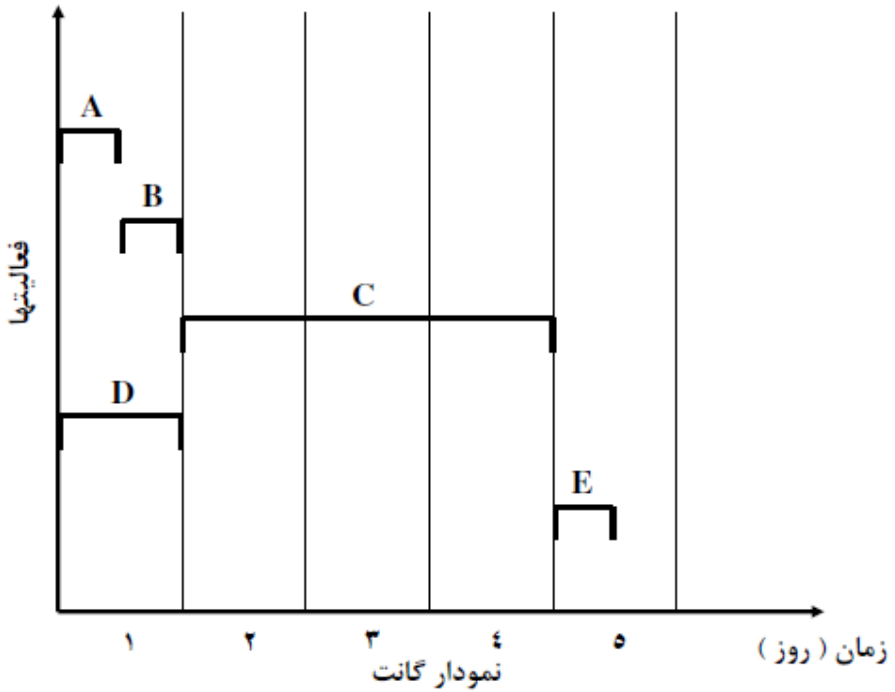
روش های مختلف برنامه ریزی شبکه :

روش های احتمالی برنامه ریزی شبکه ای :

روش هـای احتمـالی برنامـه ریـزی شـبکه شـامل دو روش پـرت (PERT) و گرت (GERT) مـی باشـند. در روش هـای فـوق 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 آنهـا قطعـی نمـی باشـد در صورتی که در روش گرت ، ترکیب انجام فعالیـت هـا احتمـالی بوده وفاقد قاطعیت می باشد.

نمودارهای گانت :

- یک نمودار که محور افقی آن نشان دهنده عامل زمان (تاریخ) و محور عمودی آن نشانگر فعالیت هـای لازم در اجـرای پـروژه می باشد.
- بسیار ساده بوده و کاربرد موثری در نشان دادن زمان های آغـاز و پایان کار دارند.
- در صورتی که در یک یا چند فعالیت تـاخیری رخ بدهـد اثـرات چنین دیرکردهایی بر سایر فعالیـت هـا و در نتیجـه بـر تـاریخ تکمیل پروژه براحتی قابل درک نمی باشد.



نمودار گانت

دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری
مدیریت و تشکیلات کارگاهی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷- ۹۶

مدرس : دکتر مقیمی

ساختار شبکه

در شروع برنامه ریزی، لازم است کارها یا فعالیت هایی که باید در یک پروژه، عملی شوند تعریف شده و وابستگی های بین آنها معلوم گردد.

لذا نمایش شبکه ای یک پروژه از اولین اقدامات در امور برنامه ریزی بوده و پایه و تکیه گاه اصلی برای سایر امور برنامه ریزی می باشد.

نمودار شبکه ای به صورتهای مختلف قابل ارائه میباشد ولی متداولترین آنها از نوع **شبکه های برداری** میباشد.

در نوع دیگر شبکه ها، فعالیتها در داخل گره ها نشان داده میشود.

(که بعد ها به آن می پردازیم)

تعاریف مرتبط با شبکه

شبکه هایی که در آنها فعالیتها بر روی کمانها نشان داده می شوند را شبکه برداری یا AOA نامند. Activity On Arrow

شبکه هایی که در آنها فعالیتها بر روی گره ها نشان داده می شوند را شبکه گره ای یا AON نامند.Activity On Node

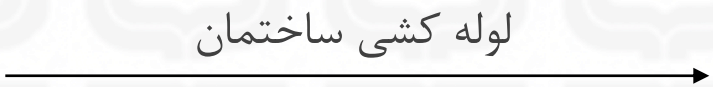
فعالیت : جزئی از پروژه است که انجام آن به صرف زمان، منابع، انرژی، نیروی انسانی و ... دارد و دارای نقاط آغاز و پایان قابل تعریف هستند.

مثل شکل زیر :

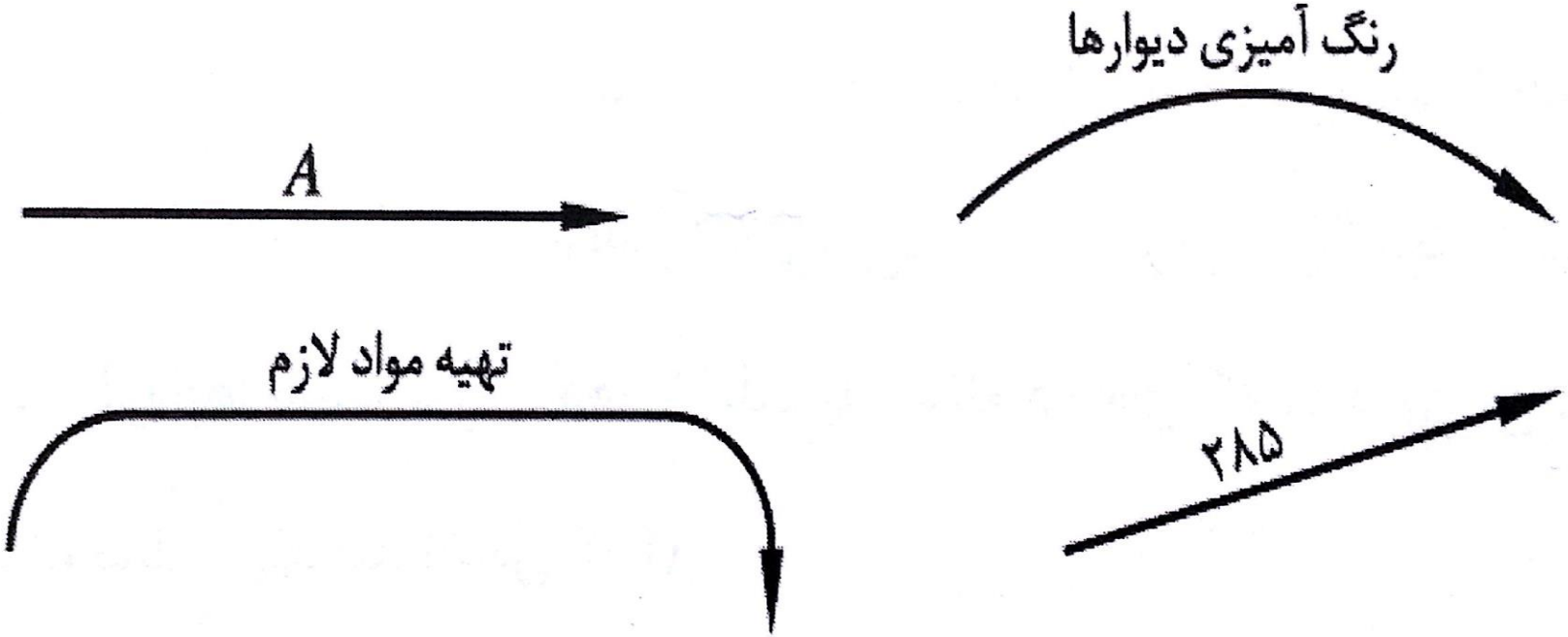
لوله کشی ساختمان

تعاریف مرتبط با شبکه

شبکه هایی که در آنها فعالیتها بر روی کمانها نشان داده می شوند را شبکه برداری یا AOA نامند. Activity On Arrow

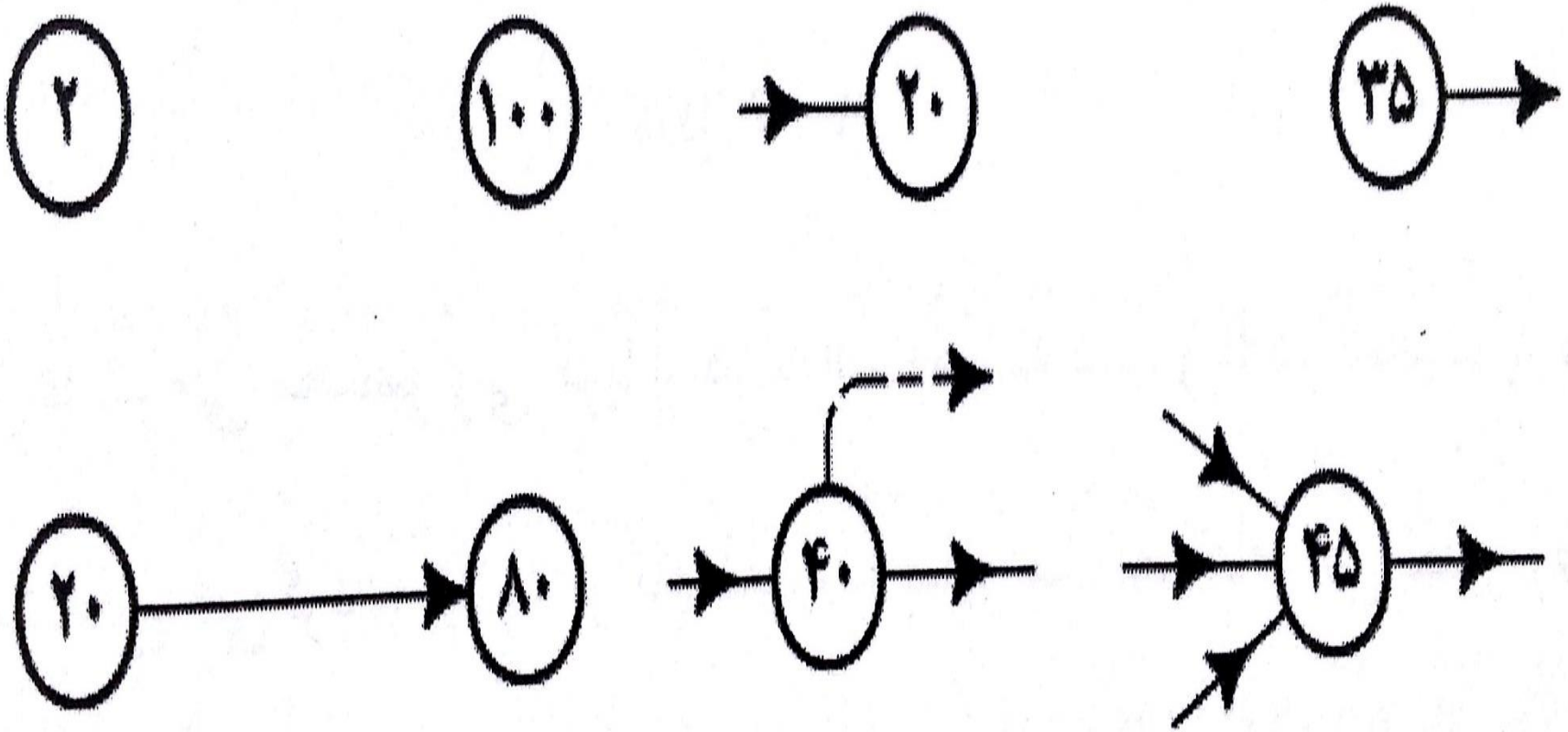


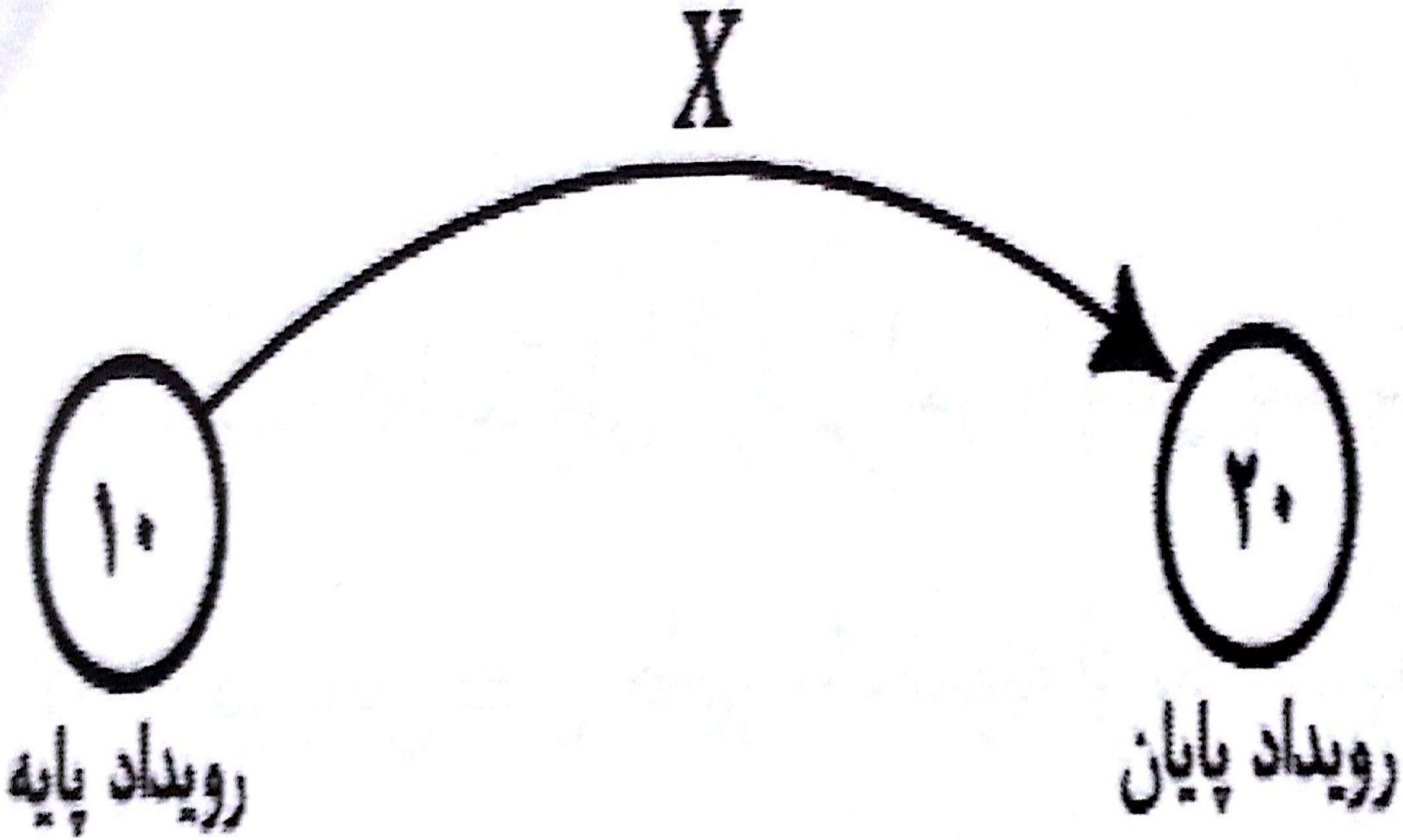
AOA



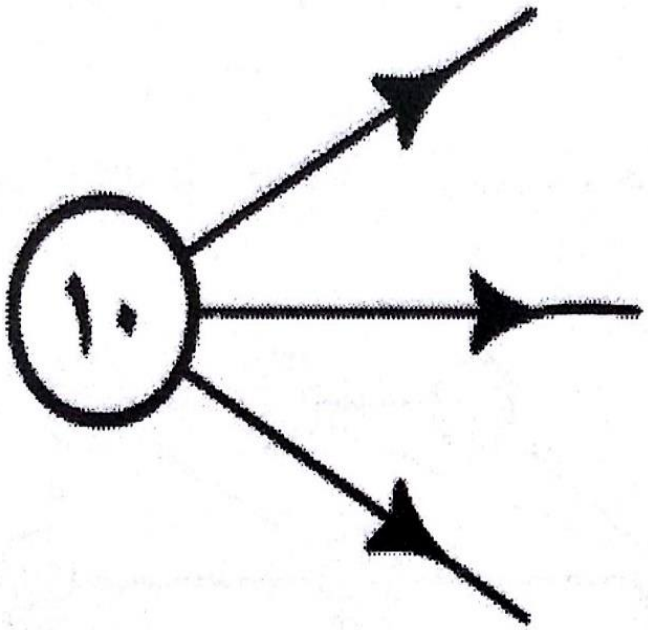
شکل ۷ ـ ۱

رویداد

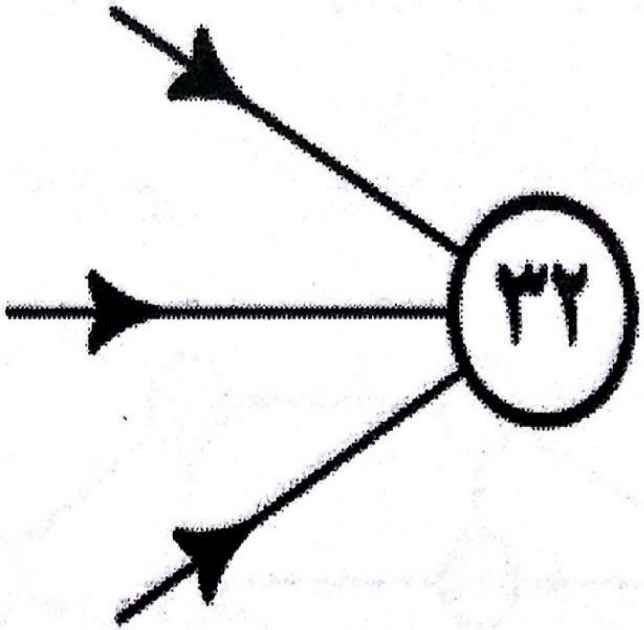



X
۱۰
رویداد پایه
۲۰
رویداد پایان

تعاریف مرتبط با شبکه

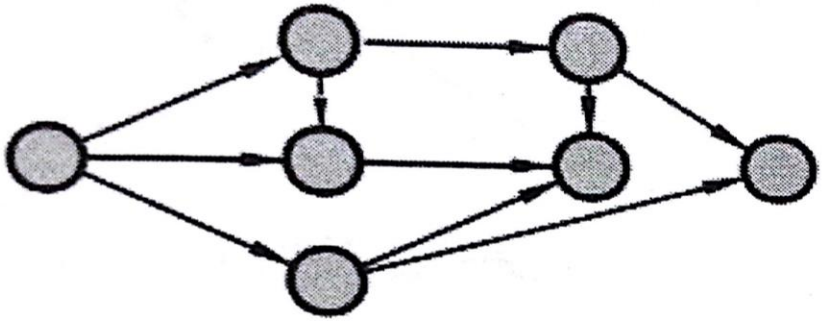


رویداد جوششی

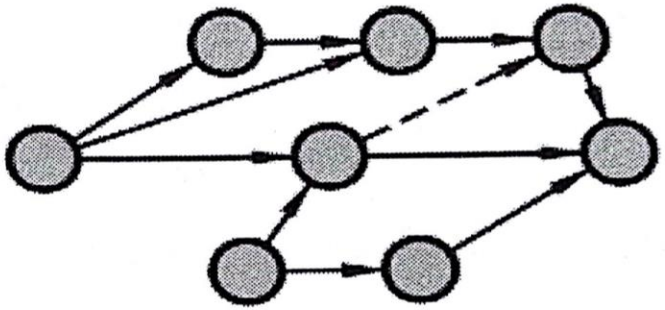


رویداد پوششی

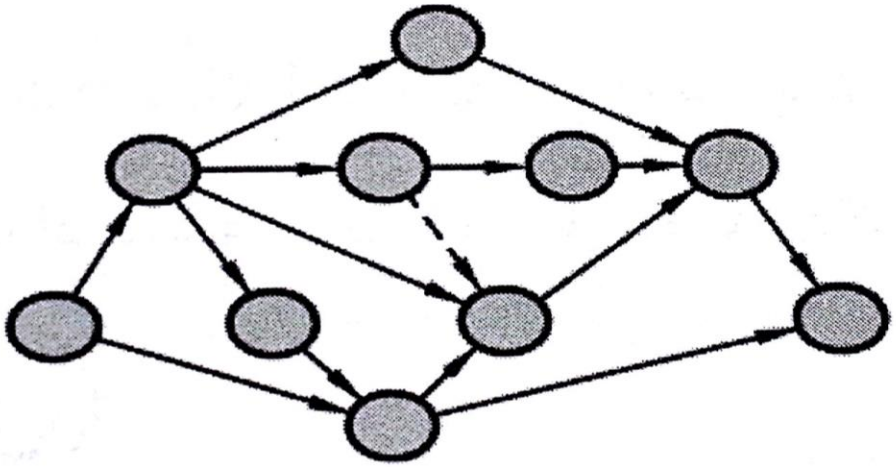
یک رویداد آغازین و یک رویداد پایانه



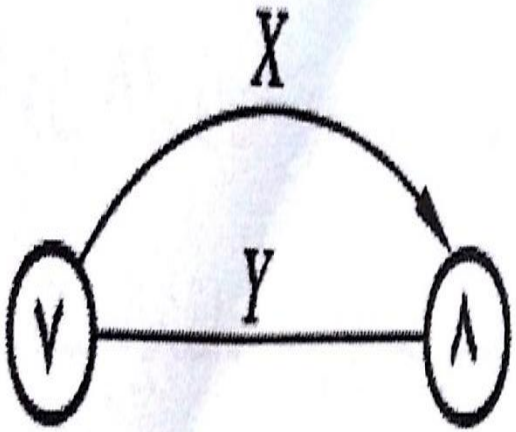
(ب)



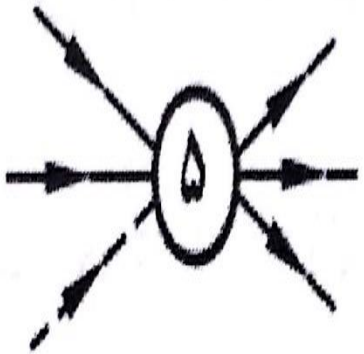
(الف)



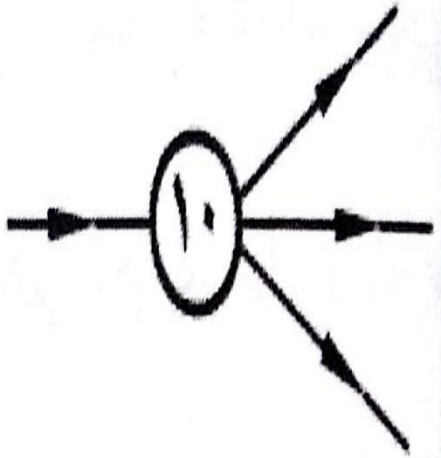
هر فعالیت تنها یک رویداد پایه و یک رویداد پایان دارد



(ج)

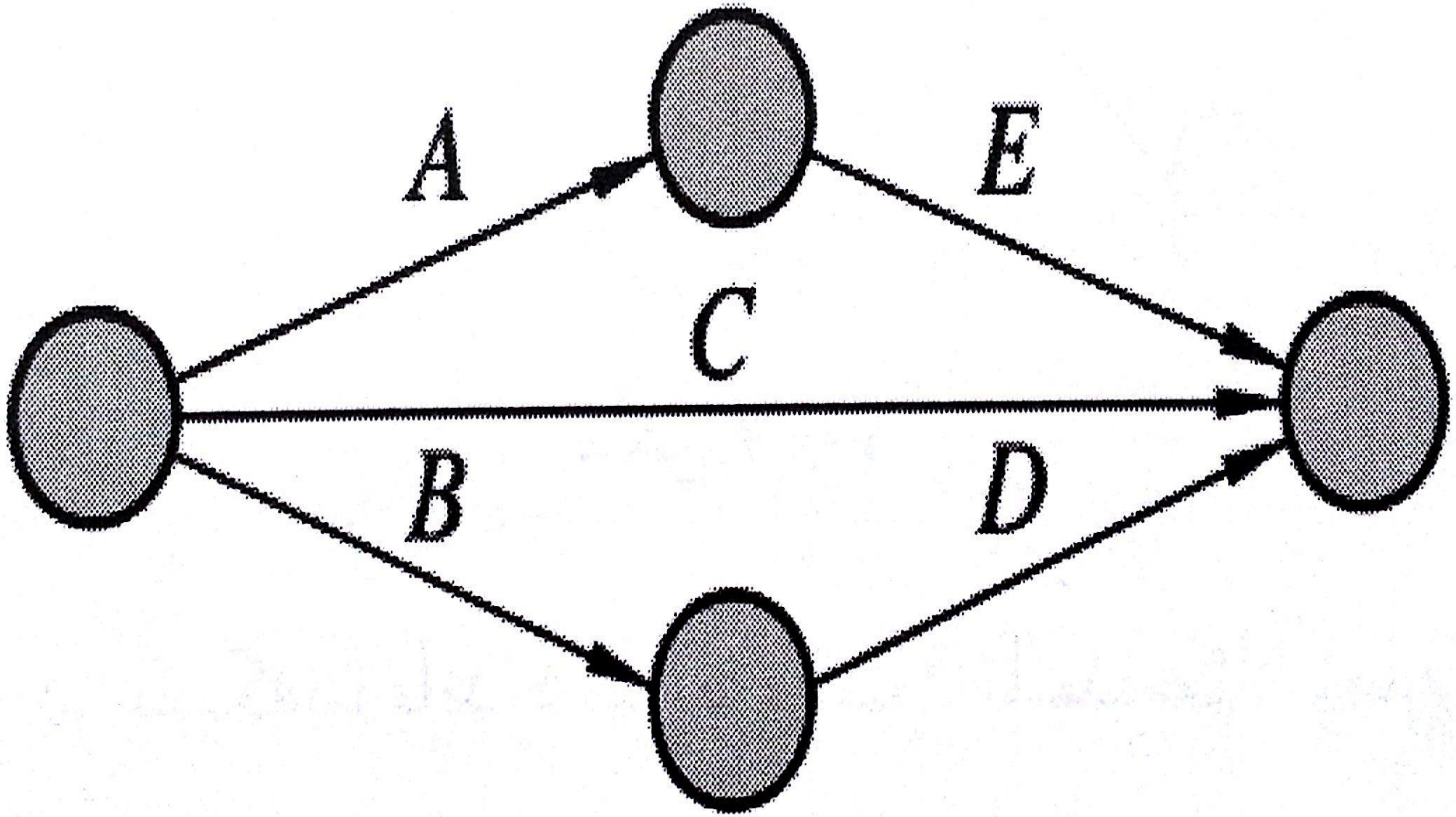


(ب)

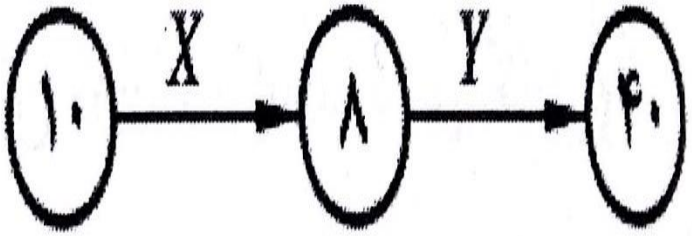


(الف)

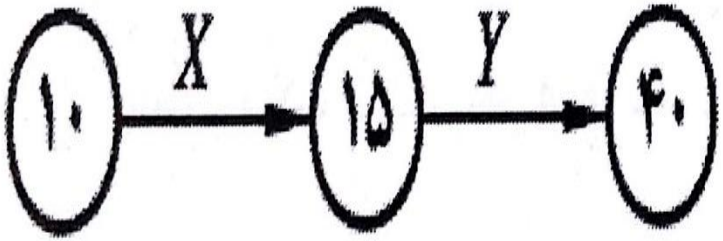
طول بردارها نشان دهنده زمان نیست



شماره گذاری رویدادها

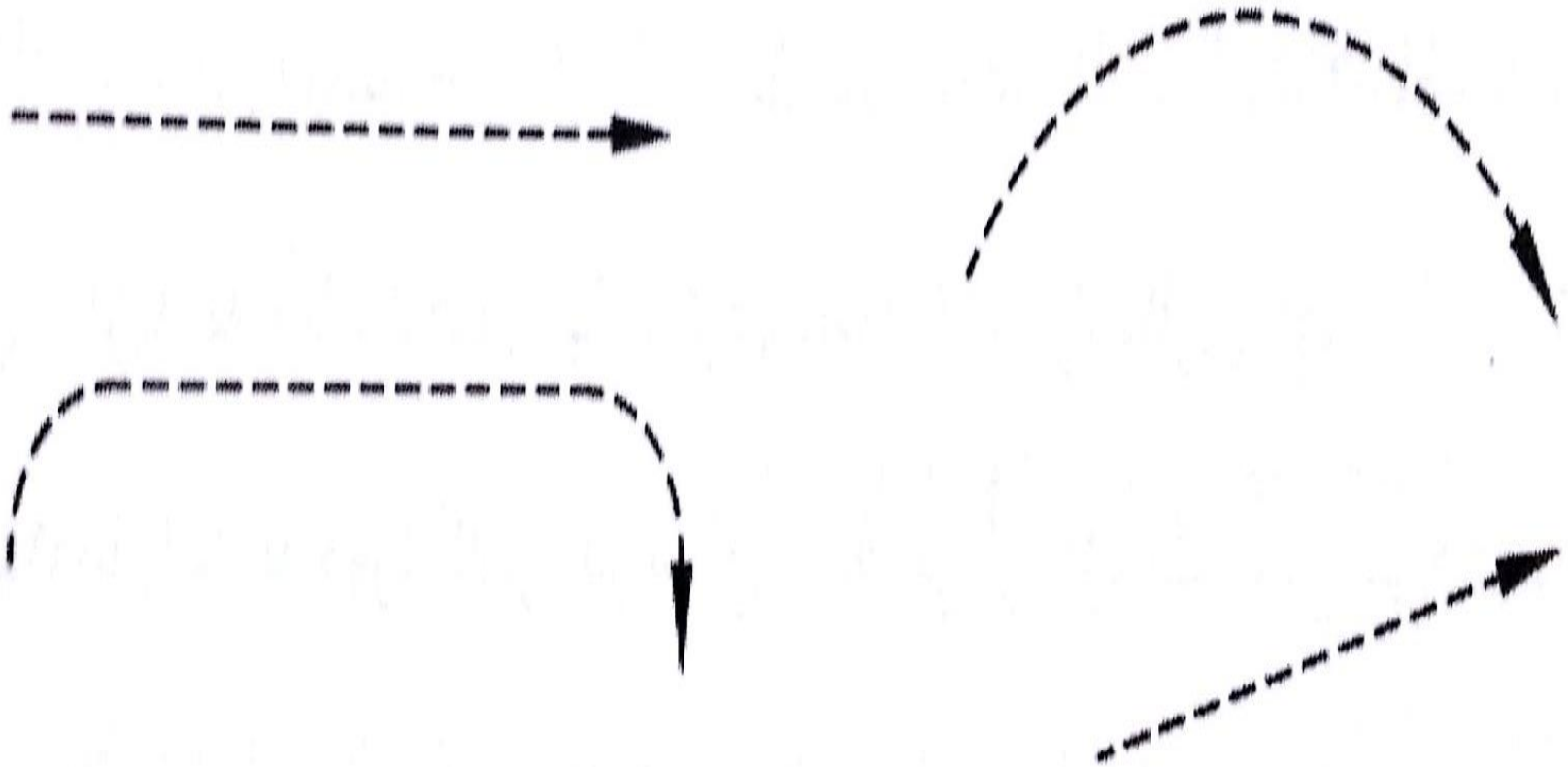


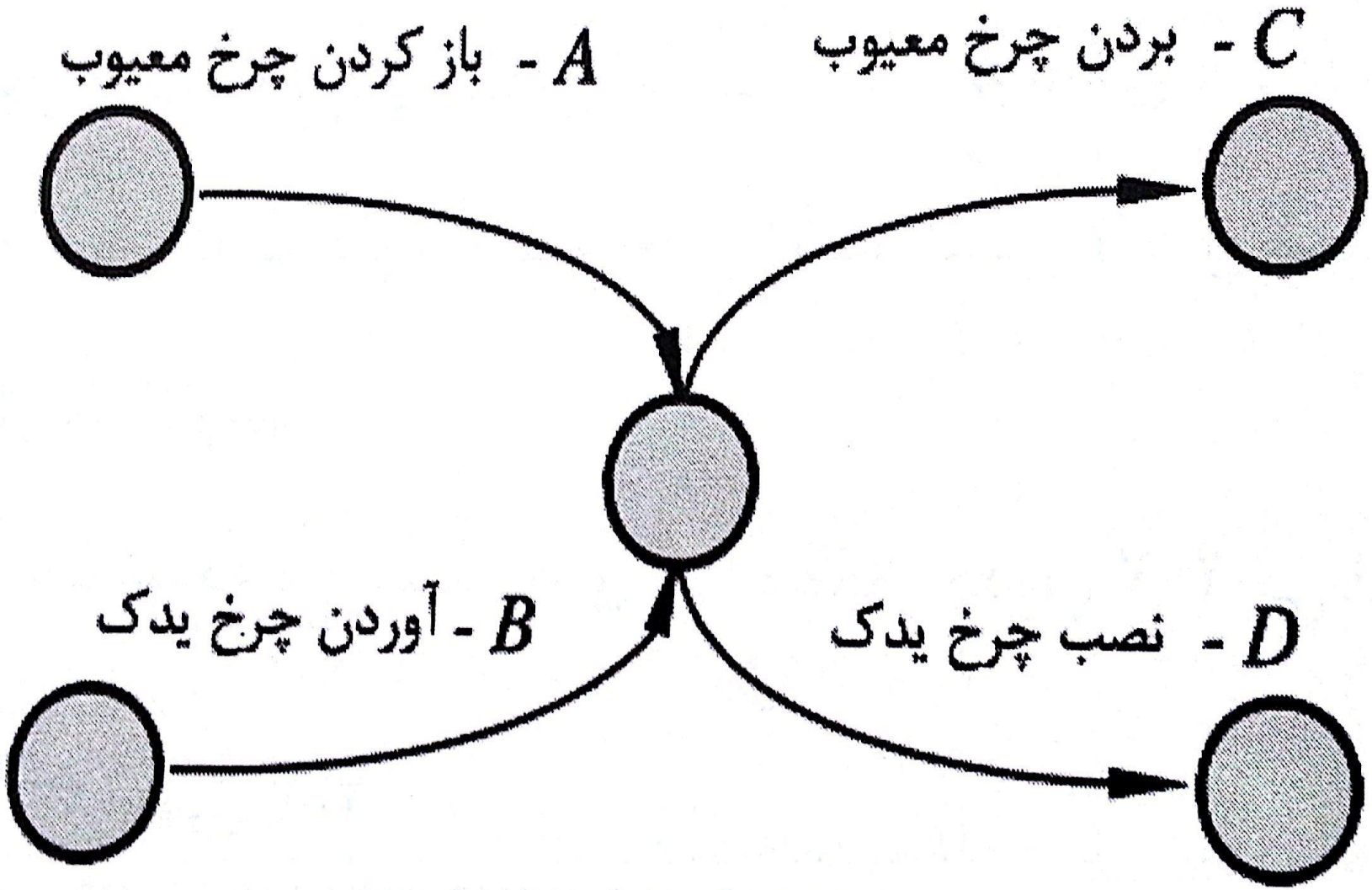
(الف)

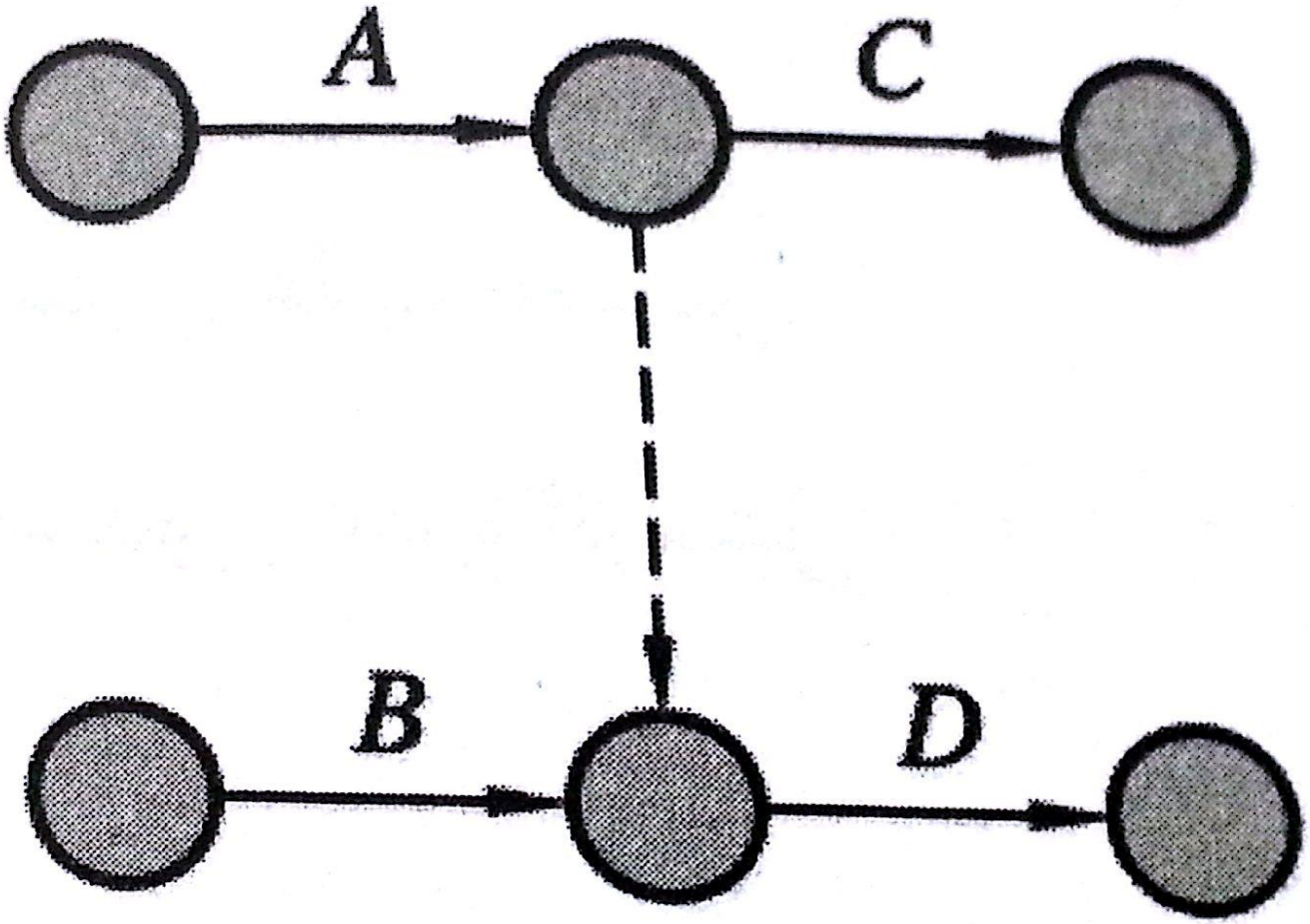


(ب)

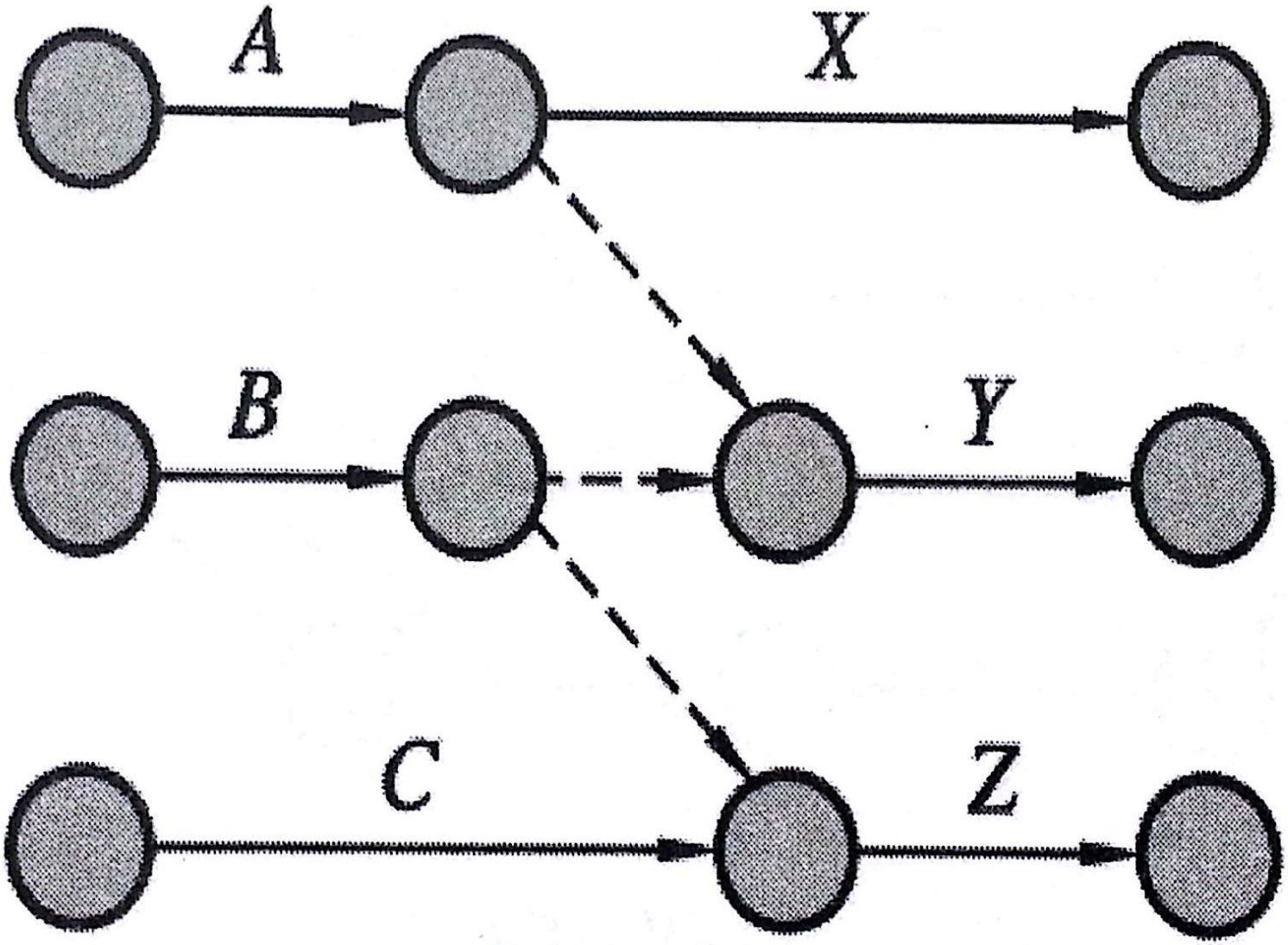
فعالیت موهوم



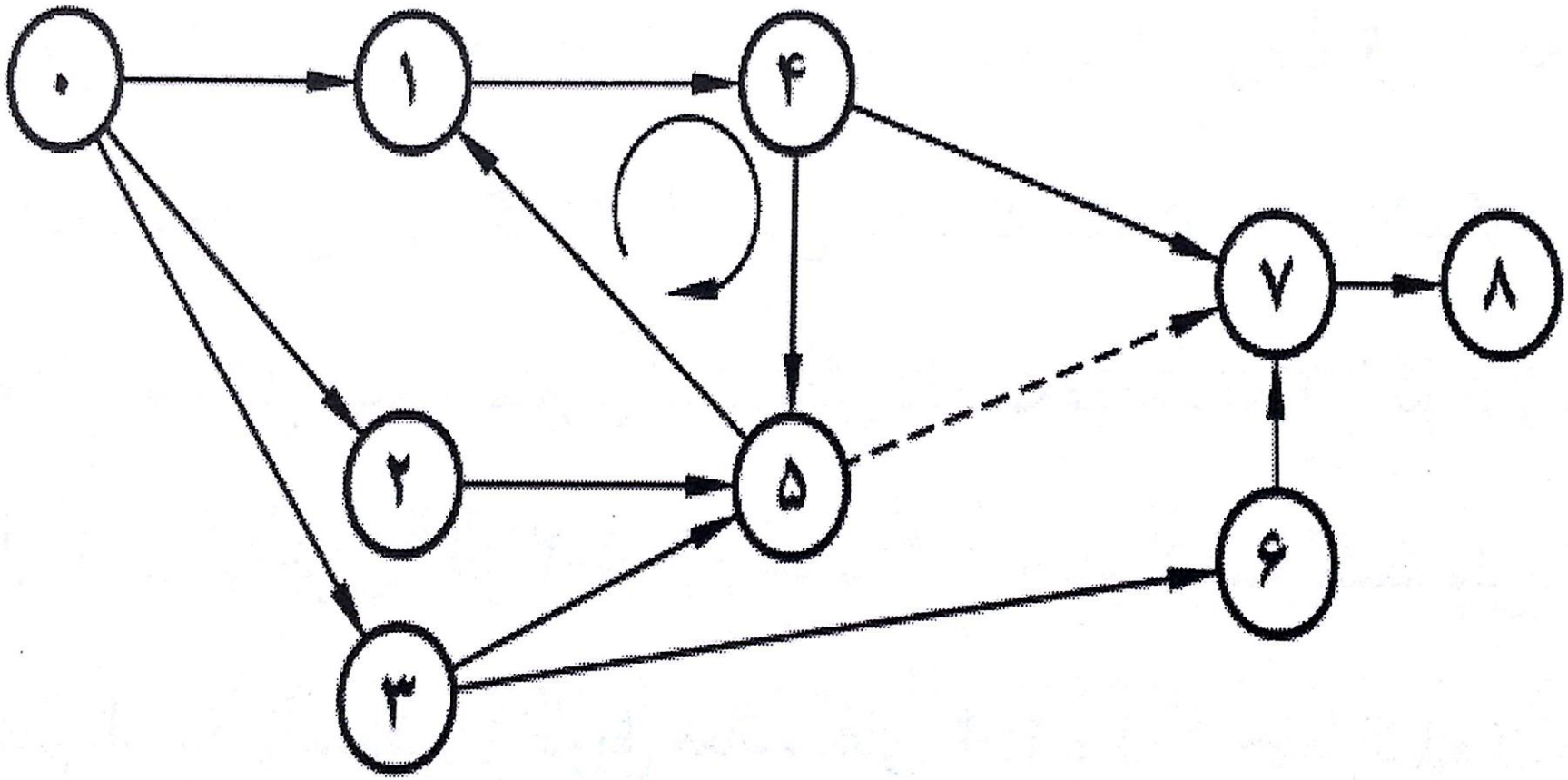

A - باز کردن چرخ معیوب
C - بردن چرخ معیوب
B - آوردن چرخ یدک
D - نصب چرخ یدک


A
C
B
D

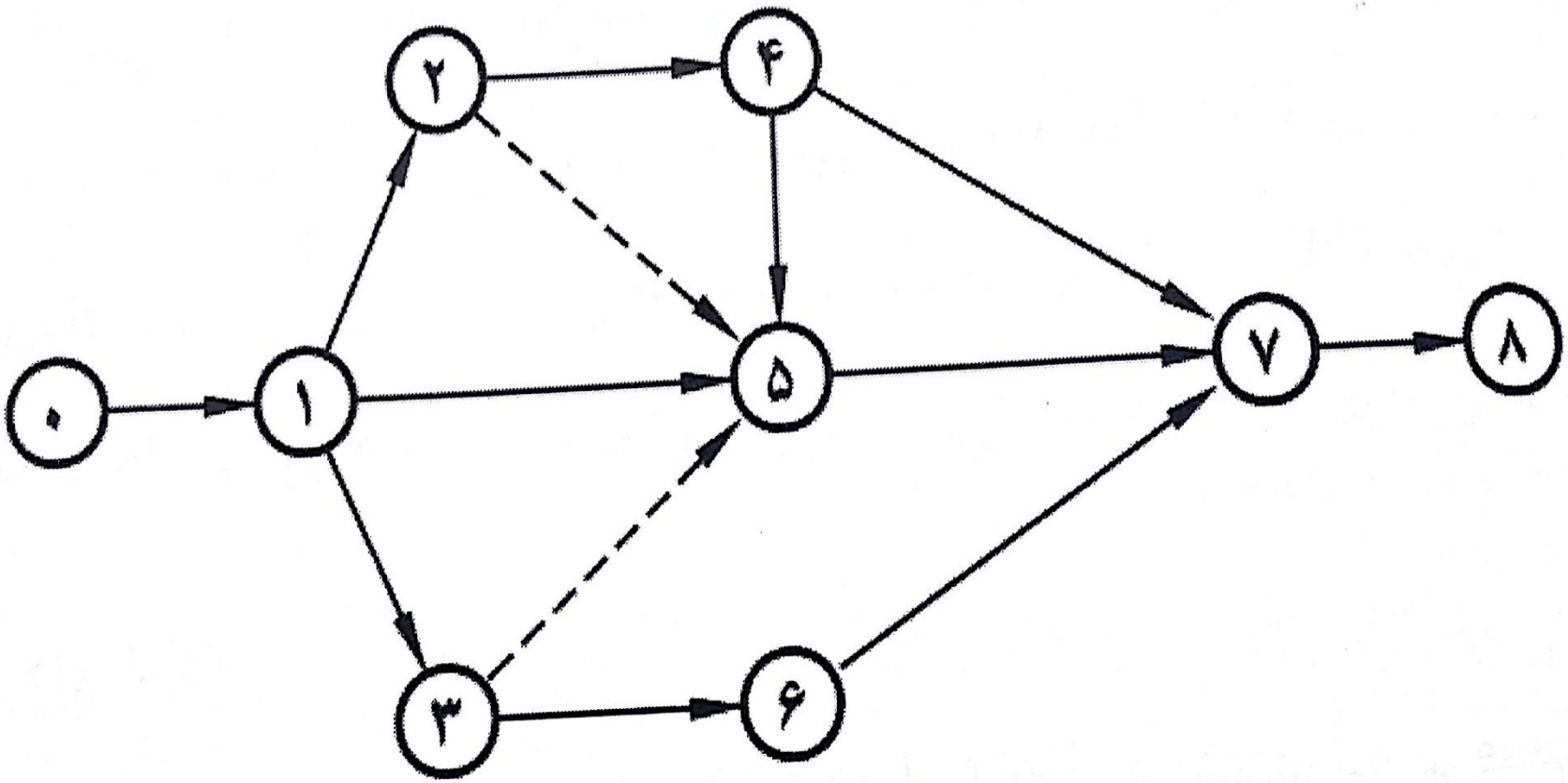
فعالیت	پیش‌نیاز(ها)
A	–
B	–
C	–
X	A
Y	A, B
Z	B, C


A
X
B
Y
C
Z

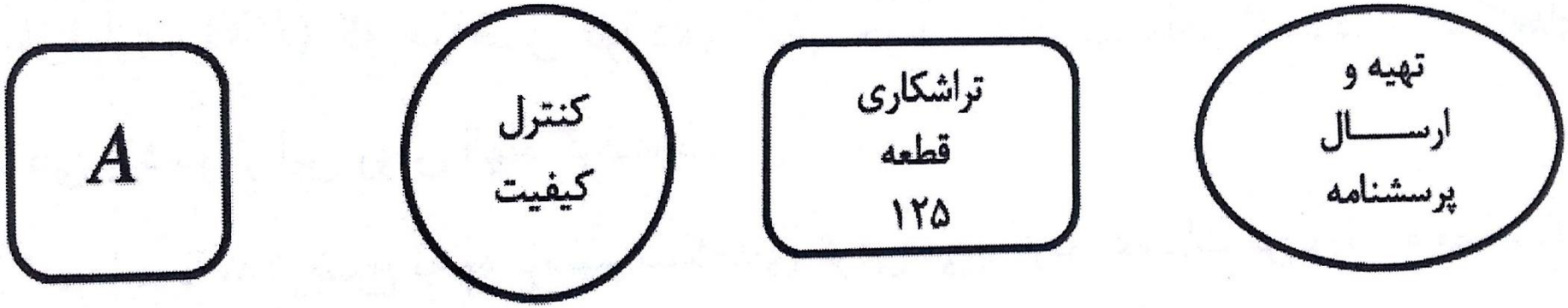
اشتباهات در ترسیم شبکه - ایجاد حلقه

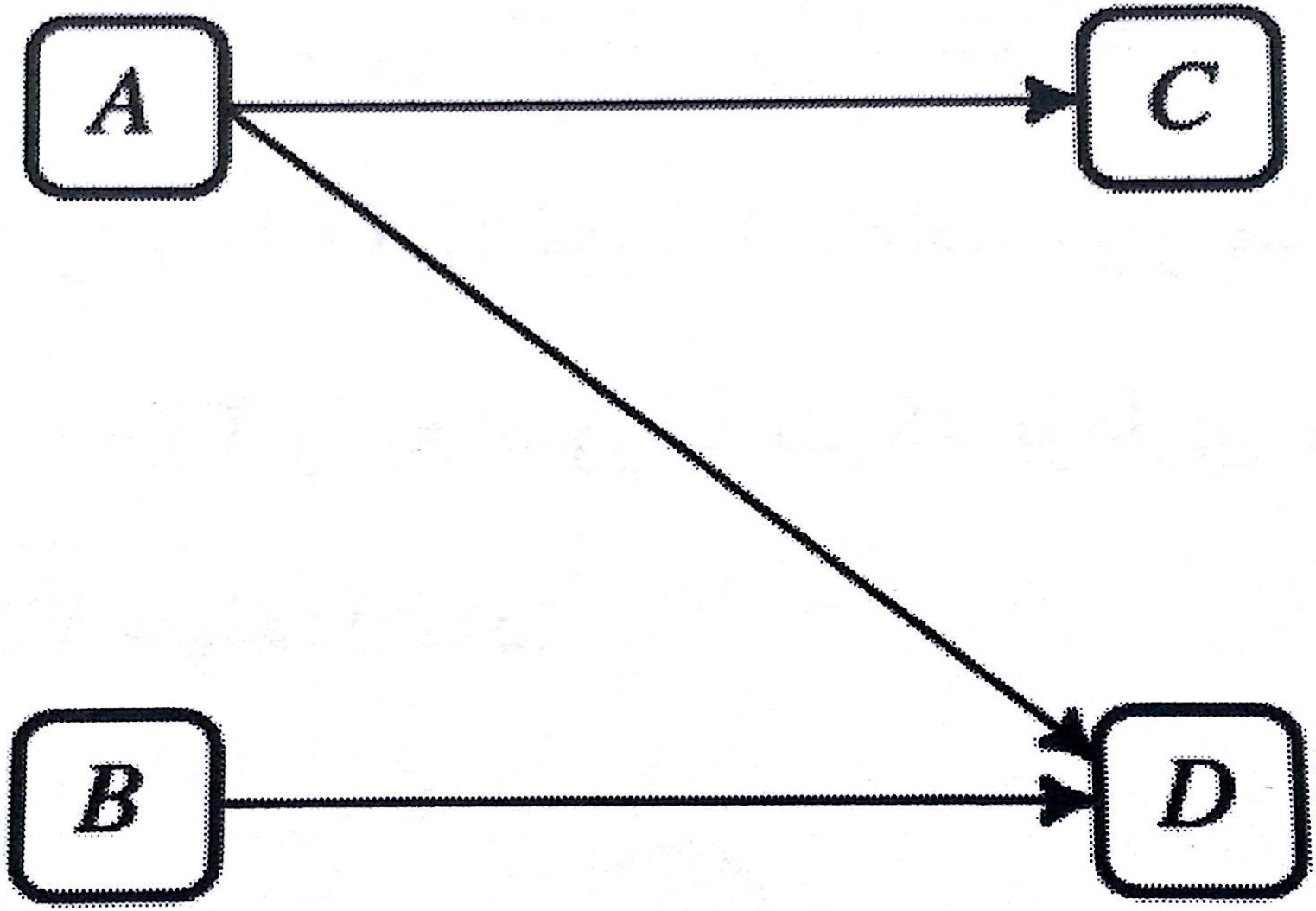


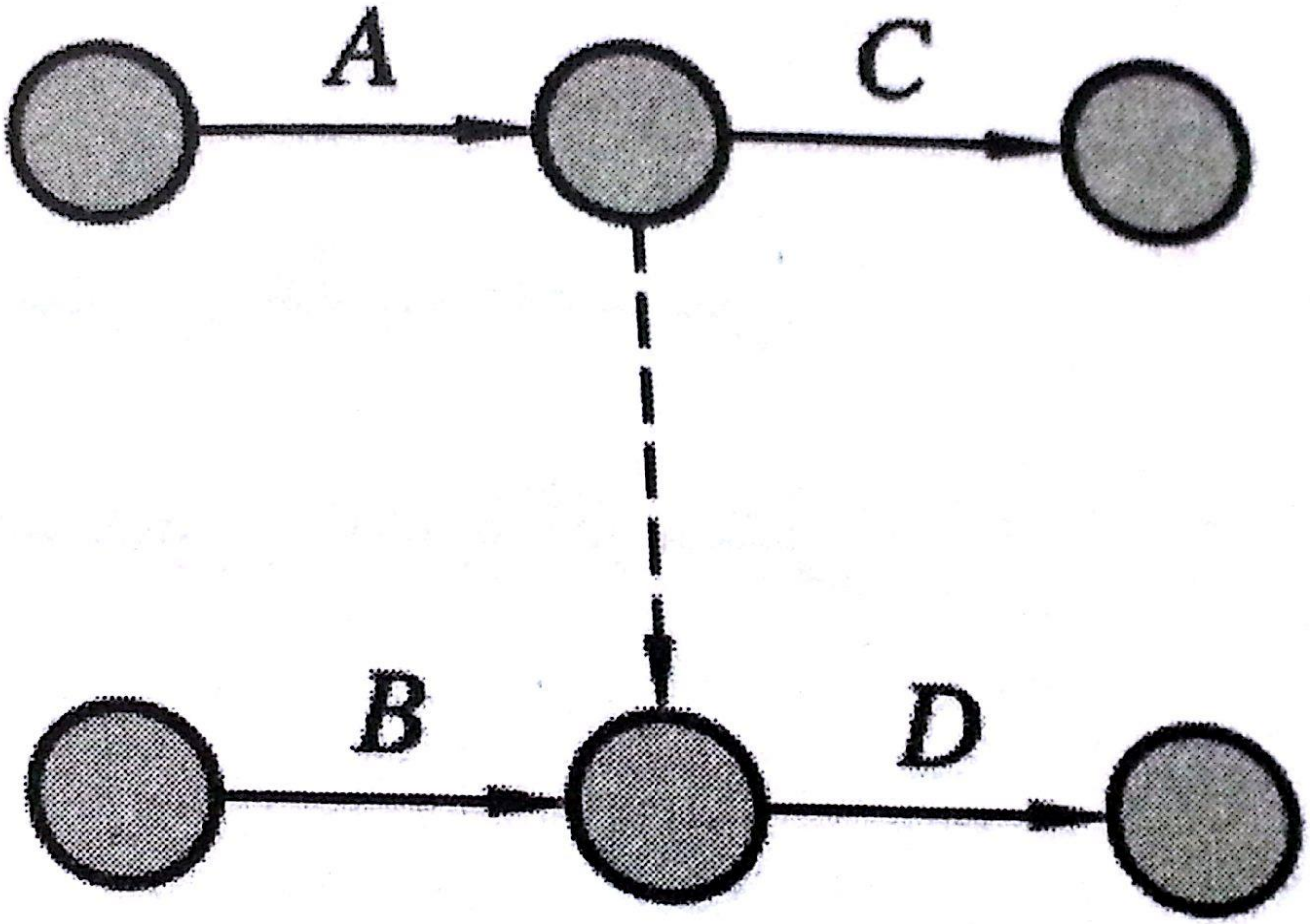
اشتباهات در ترسیم شبکه - فعالیت های موهومی اضافی



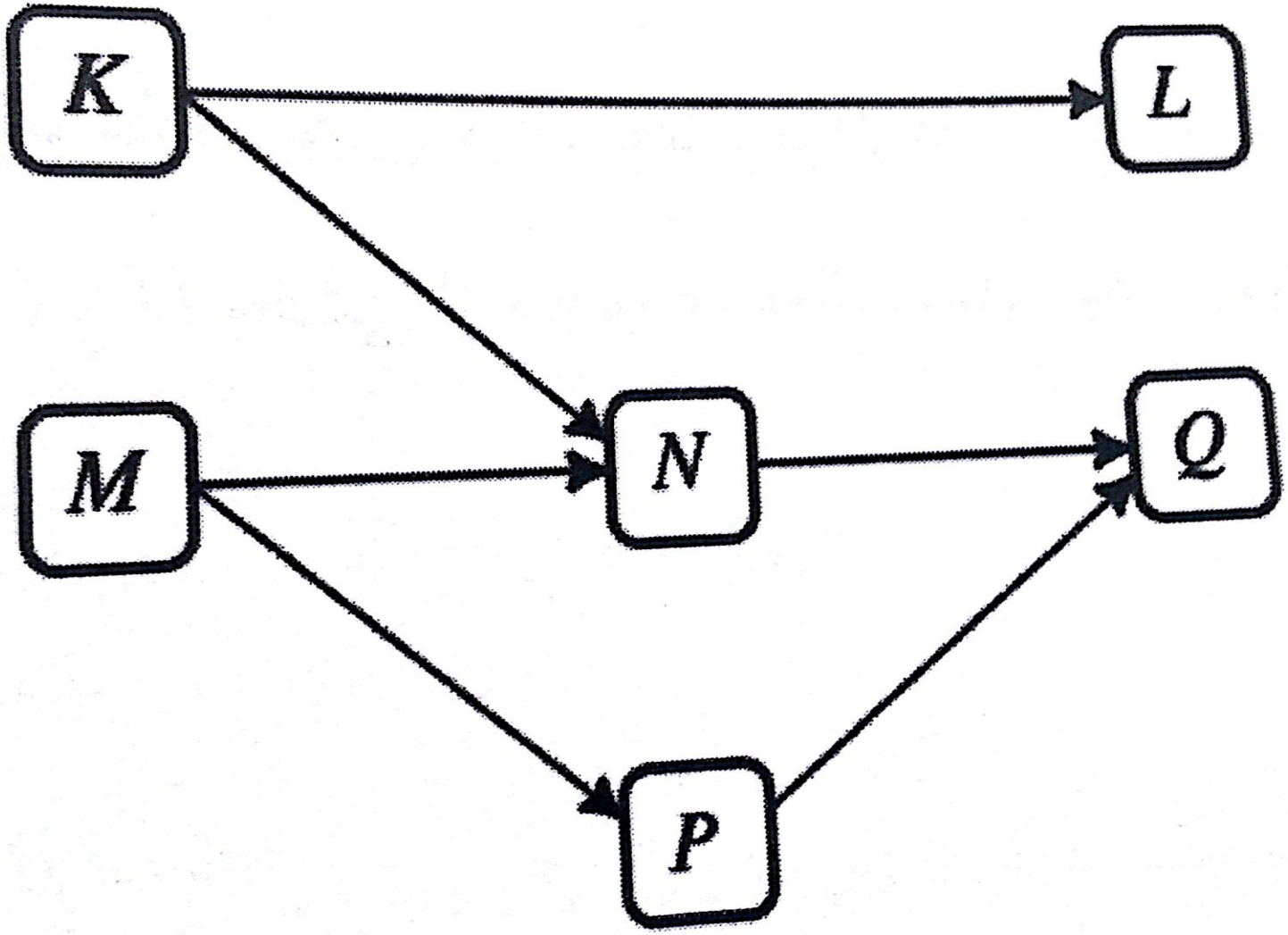
AON

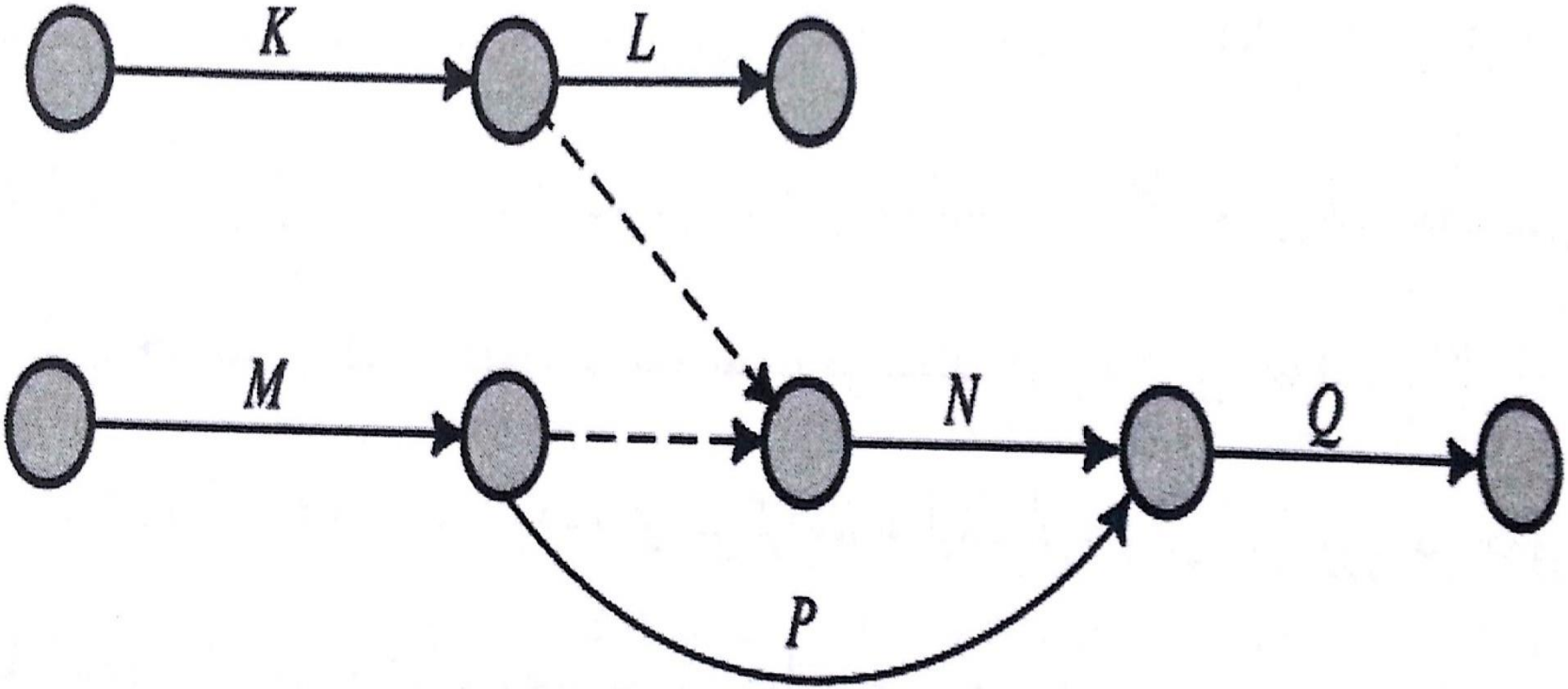


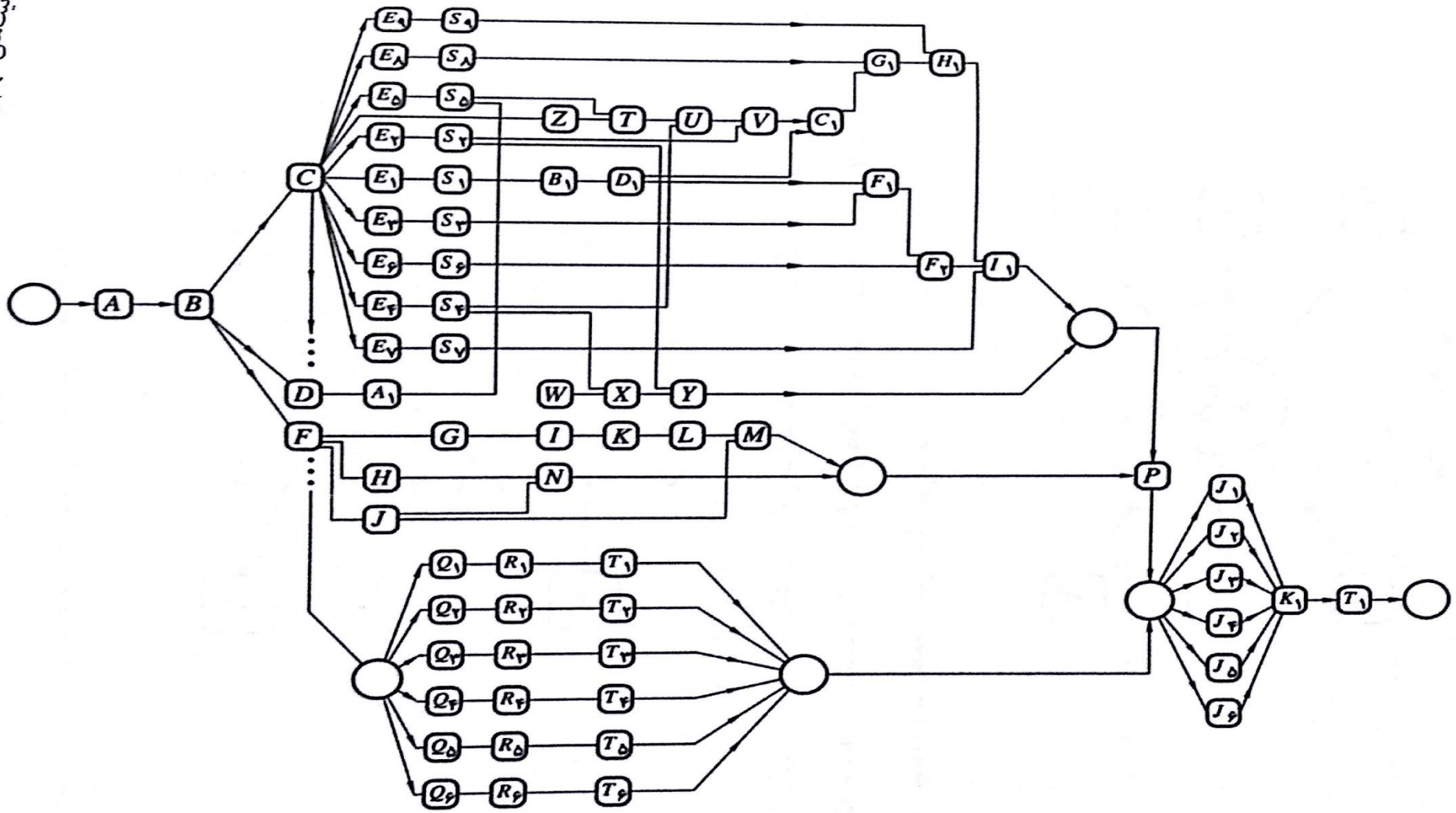

A
C
B
D


A
C
B
D

فعالیت	پیش‌نیاز(ها)
K	–
L	K
M	–
N	K, M
P	M
Q	P, N


K
L
M
N
Q
P


K
L
M
N
Q
P


A
B
C
D
F
Z
T
U
V
W
X
Y
G
I
K
L
M
H
N
J
P
K۱
T۱

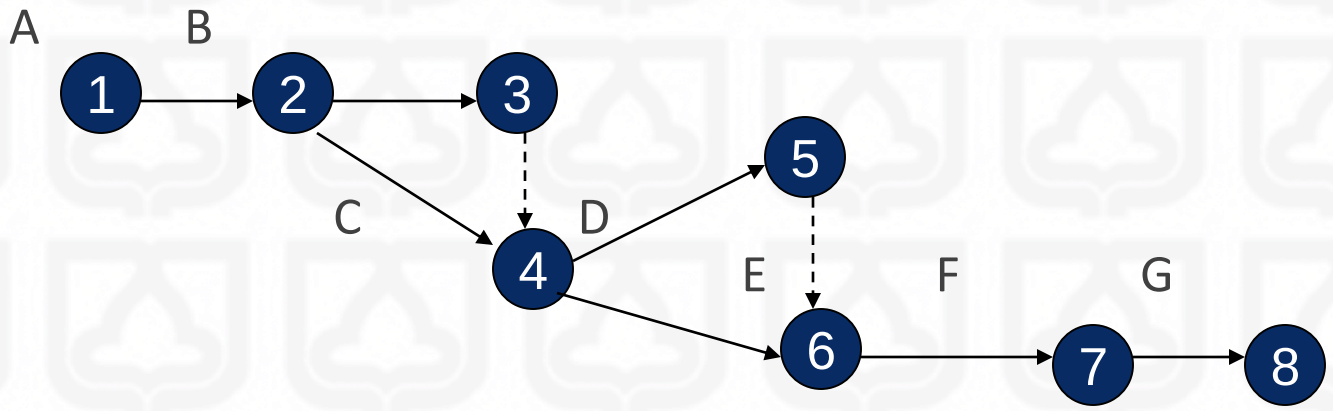
مثال رسم شبکه

پروژه ای با عنوان " ایجاد پل عابر پیاده در یکی از خیابانهای شهر" مطرح است. برای اجرای این پروژه، فعالیتهایی که تعریف شده به همراه مدت زمان اجرا و روابط منطقی بین آنها در جدول زیر آورده شده است و از فعالیتهای جزئی تر آن چشم پوشی شده است، شبکه برداری این پروژه رارسم نمایید.

مثال رسم شبکه

ردی ف	کد	شرح فعالیت	مدت اجرا (هفته)	فعالیت پیش نیاز
۱	A	برسی شرایط منطقه مطالعه اولیه	۲	-
۲	B	بررسی شرایط و تعیین امکانات مورد نیاز	۳	A
۳	C	تامین منابع مالی	۱	A
۴	D	ساخت قطعات فلزی و تجهیزات	۱۵	C
۵	E	مهیا سازی فونداسیون نصب	۸	B,C
۶	F	تحویل و نصب پل	۳	D,E
۷	G	آزمایش وکنترل پل قبل از بهره برداری	۱	F

جواب رسم شبکه



۲ ـ یک ماشین جدید پارچه‌بافی خریداری می‌شود. برای بهره‌برداری از ماشین، احتیاج به یک نفر اپراتور است. این اپراتور باید پس از استخدام شدن آموزش لازم را ببیند. وسایل لازم برای آموزش اپراتور همراه با ماشین به کارخانه پارچه‌بافی تحویل می‌شود. آموزش اپراتور احتیاجی به آماده بودن ماشین برای تولید ندارد، شروع عملیات تولید پارچه باید بعد از آموزش اپراتور باشد. فعالیتهای پروژه عبارتند از:

ـ سفارش ماشین

ـ حمل ماشین

ـ نصب و آزمایش و راه‌اندازی ماشین

ـ استخدام اپراتور

ـ آموزش اپراتور

ـ تولید پارچه

دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری
مدیریت و تشکیلات کارگاهی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷- ۹۶

مدرس : دکتر مقیمی

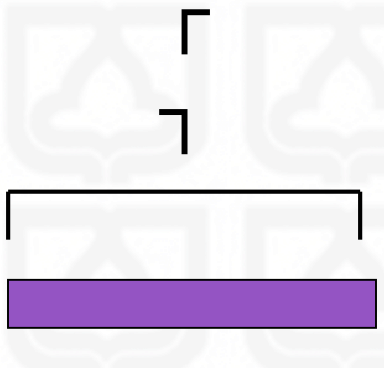
نمودار گانت وشبکه های دارای مقیاس زمان

این نمودارها، پایه واساس نمودارهای میله ای هستند که هم اکنون نیز در برنامه ریزی پروژه ها متداول میباشد. از نارسائیهای این نمودارها، عدم قابلیت آنها در نشان دادن ارتباطات (وابستگی ها) بین فعالیتهای پروژه است. در ترسیم نمودارهای گانت رعایت چند قانون ساده الزامی است که باعث خواهد شد که به میزان قابل توجهی به کارایی آنها افزوده شود.

در صورت داشتن یک شبکه CPM، تبدیل آن به نمودار میله ای باعث خواهد شد که شبکه حاصل، هم از مزایای نمودار گانت (نشان دادن زمانهای فعالیتها) و هم از مزایای شبکه CPM (نشان دادن وابستگی های بین فعالیتها) برخوردار باشد.

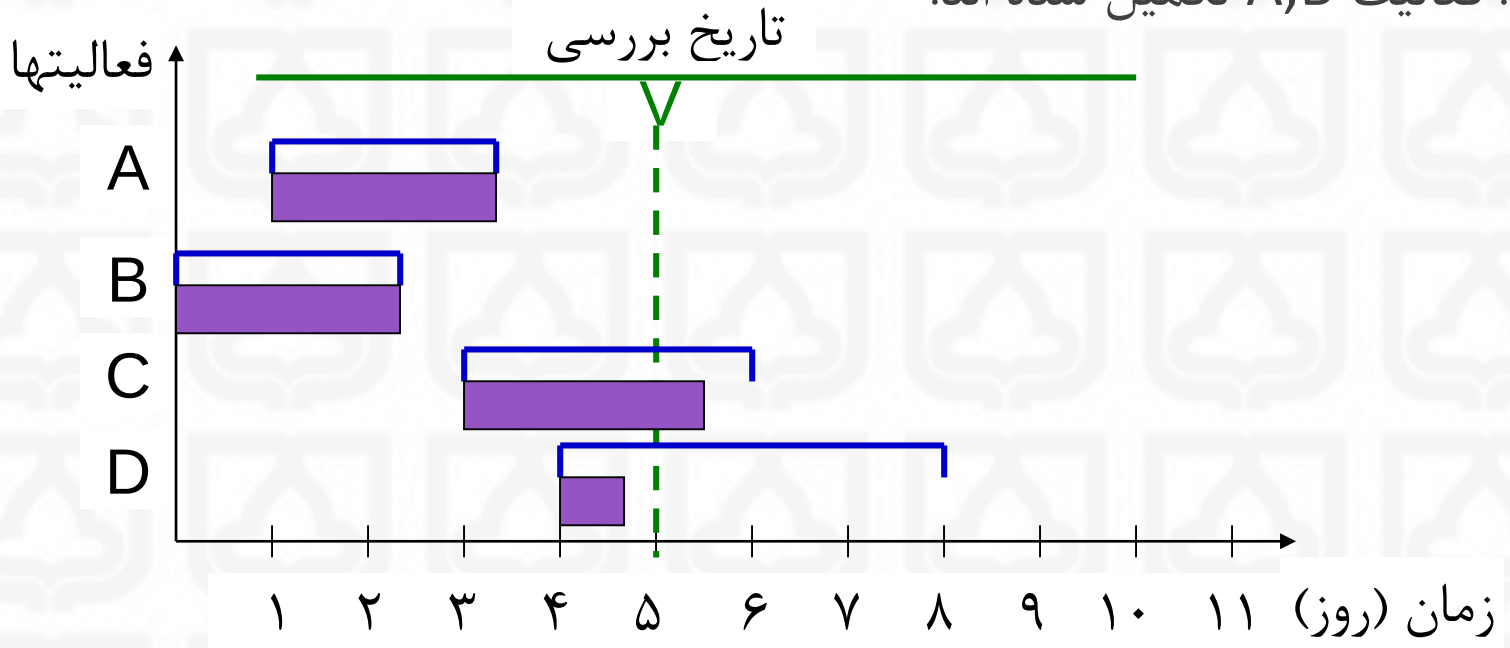
نمودارهای گانت (میله ای)

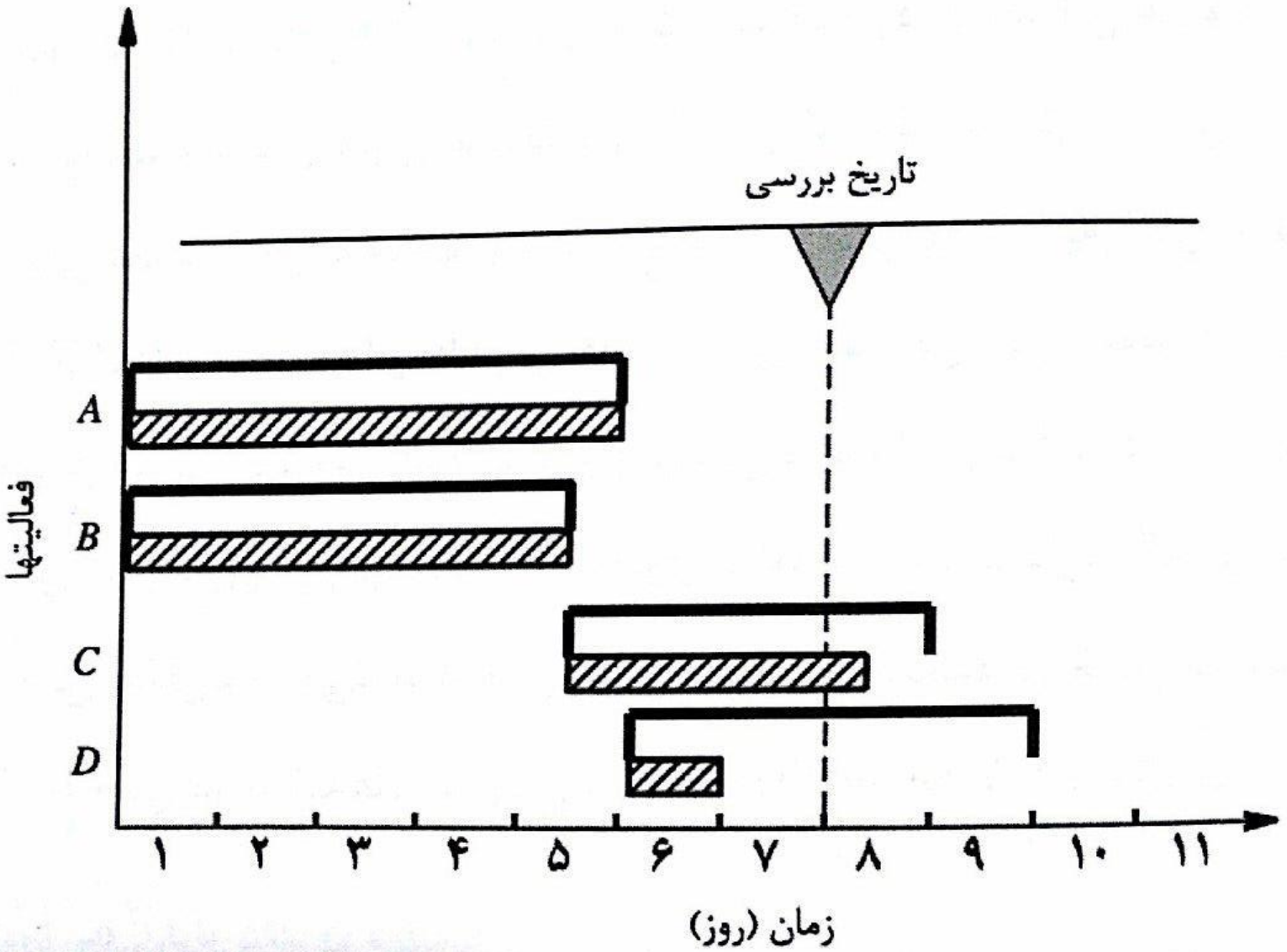
بر روی یک صفحه مختصات شامل دو محور عمود برهم، محور افقی برای نمایش تاریخهای شروع و پایان فعالیتها و محور قائم برای نمایش فعالیتها مورد استفاده قرار می گیرد که علائم مورد استفاده در شبکه گانت به شرح زیر

علامت	معنی
	آغاز یک فعالیت پایان یک فعالیت مجموعه نشان دهنده تاریخهای آغاز و پایان و مدت زمان فعالیت مقدار عملی پیشرفت علامت مشخص کننده تاریخ مورد نظر برای بررسی

نمودارهای گانت (میله ای)- مثال

در شکل زیر ملاحظه می کنید فعالیت C طبق برنامه باید در روز سوم شروع و در پایان روز ششم به اتمام برسد و فعالیت D باید در روز چهارم شروع و تا پایان روز هشتم ادامه داشته باشد. علامت V در روز پنجم نشان دهنده آن است که وضعیت پیشرفت امور اجرائی فعالیتها در انتهای روز پنجم مورد بررسی قرار گرفته است. فعالیت A,B تکمیل شده اند.




تاریخ بررسی
فعالیتها
A
B
C
D
۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱
زمان (روز)

تبدیل شبکه های CPM به نمودارهای گانت

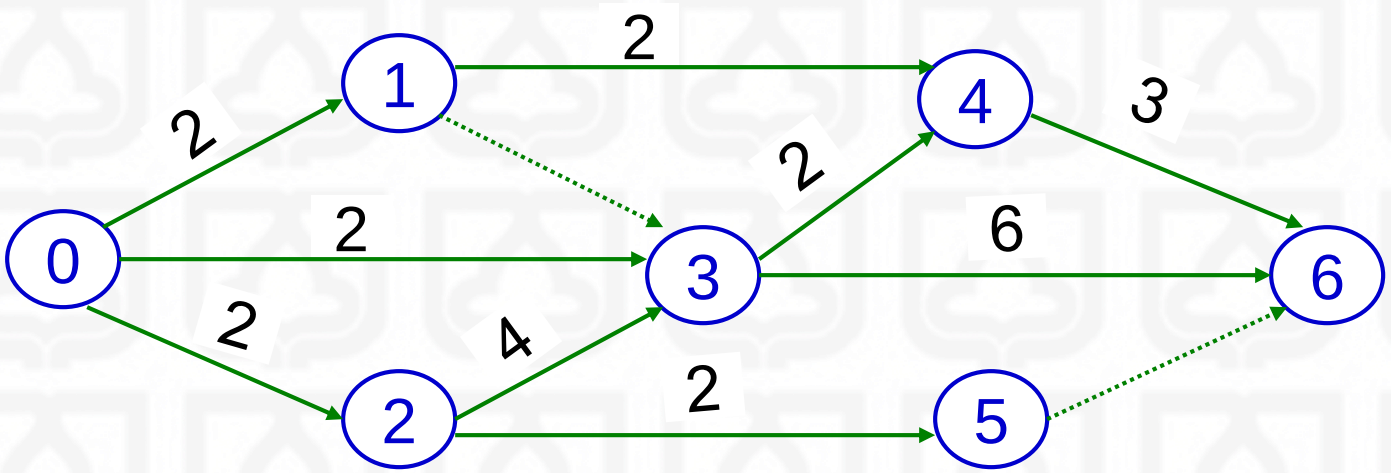
۱- فعالیتها را به ترتیب افزایش شماره رویداد پایان از بالا به پائین بر محـــور قـــائـــم می نویسیم. در شرایطی که دو یا چند فعالیت دارای یک رویداد پایانی مشترک هستند، این فعالیتها به ترتیب افزایش شماره رویداد پایه نوشته می شوند.

۲- از تاریخ آغاز پروژه پاره خطی افقی به طول مناسب با زمان اولین فعالیت از چپ به راست ترسیم می شود. در ابتدا و انتهای پاره خط به ترتیب شماره های رویدادهای پایه و پایان نوشته می شود.

۳- سایر فعالیتها به ترتیب، به نحوی رسم می شوند که شماره پایه فعالیت با رویدادی که دارای همین شماره بوده و در منتهی الیه سمت راست نمودار واقع است در یک راستای قائم قرار گیرد. این دستور باید در مورد فعالیتهای موهوم نیز ترسیم شود.

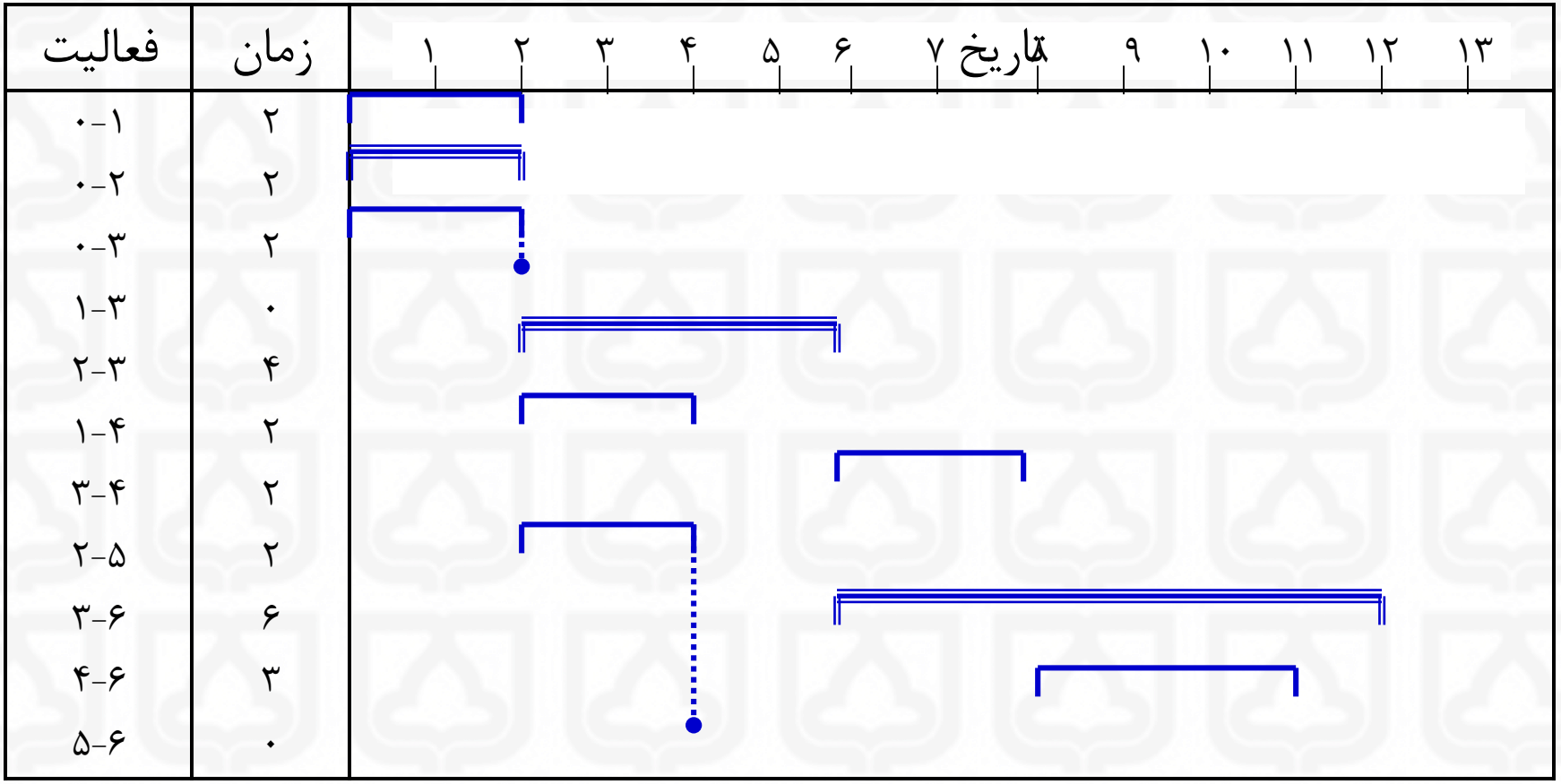
تبدیل شبکه های CPM به نمودارهای گانت- مثال

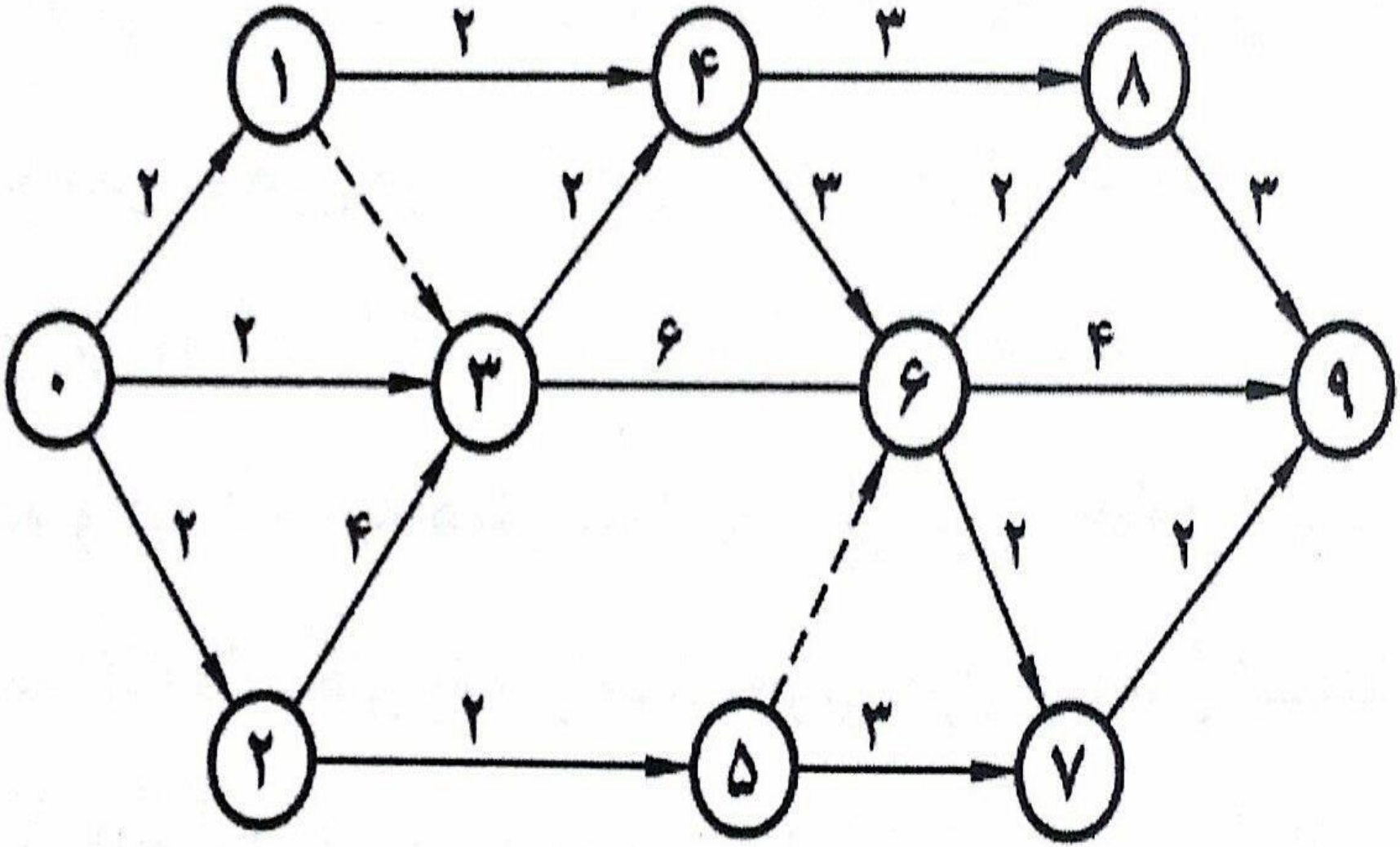
شبکه CPM زیر مد نظر است، زمان فعالیتها روی شبکه یادداشت شده است و رویدادها با رعایت قانون بزرگتر بودن شماره رویداد پایان نسبت به پایه شماره گذاری شده اند.

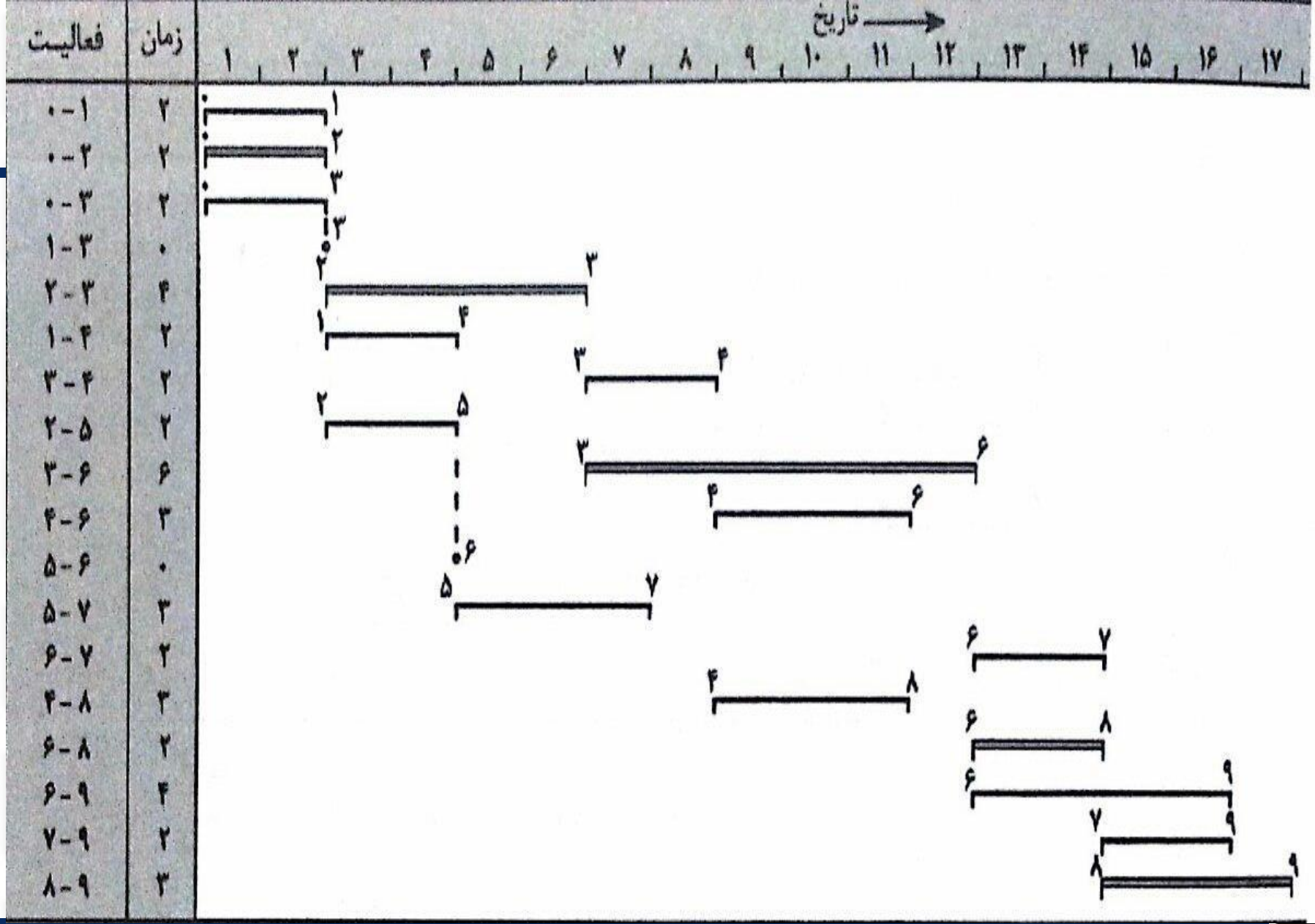


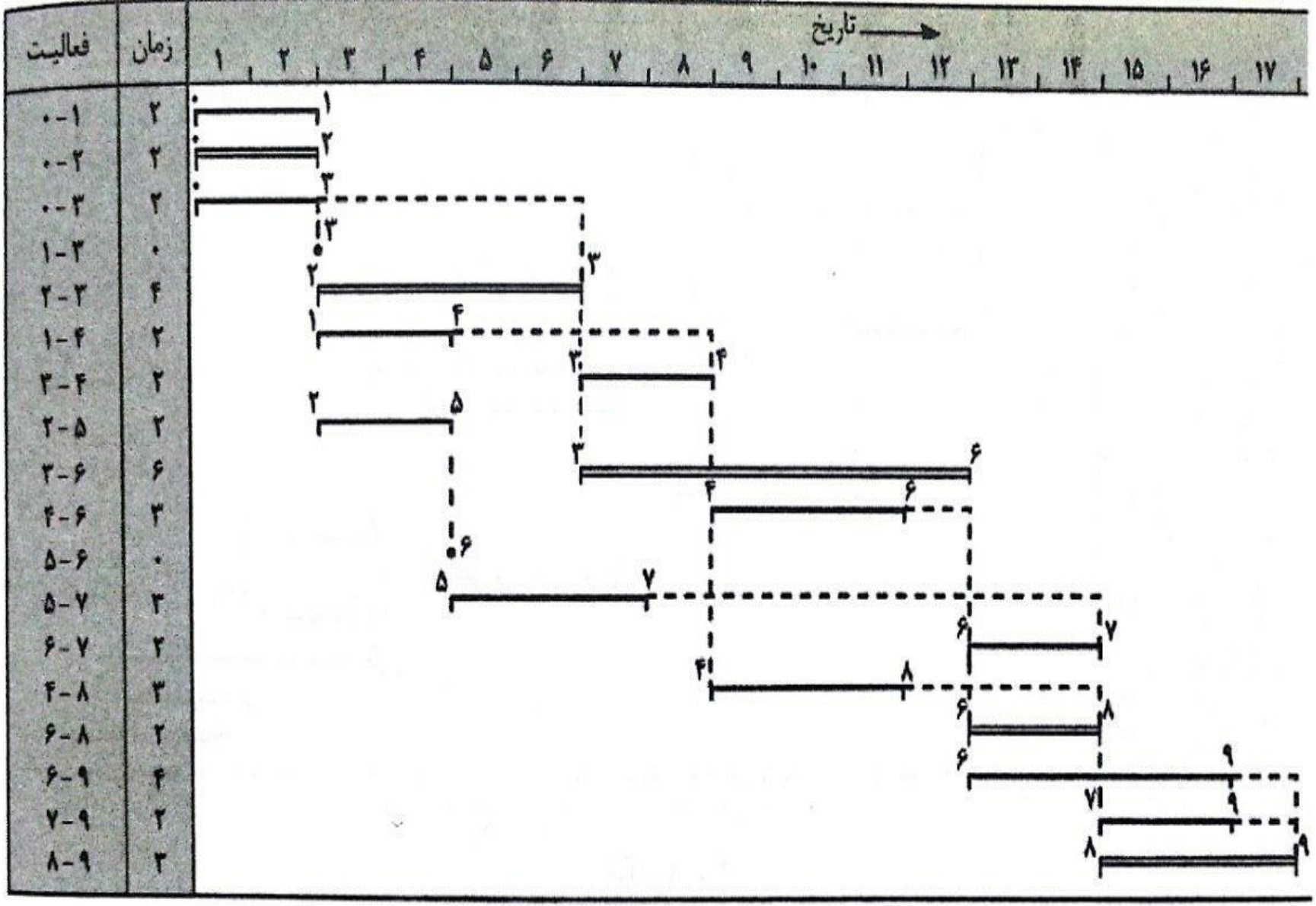
تبدیل شبکه های CPM به نمودارهای گانت- مثال

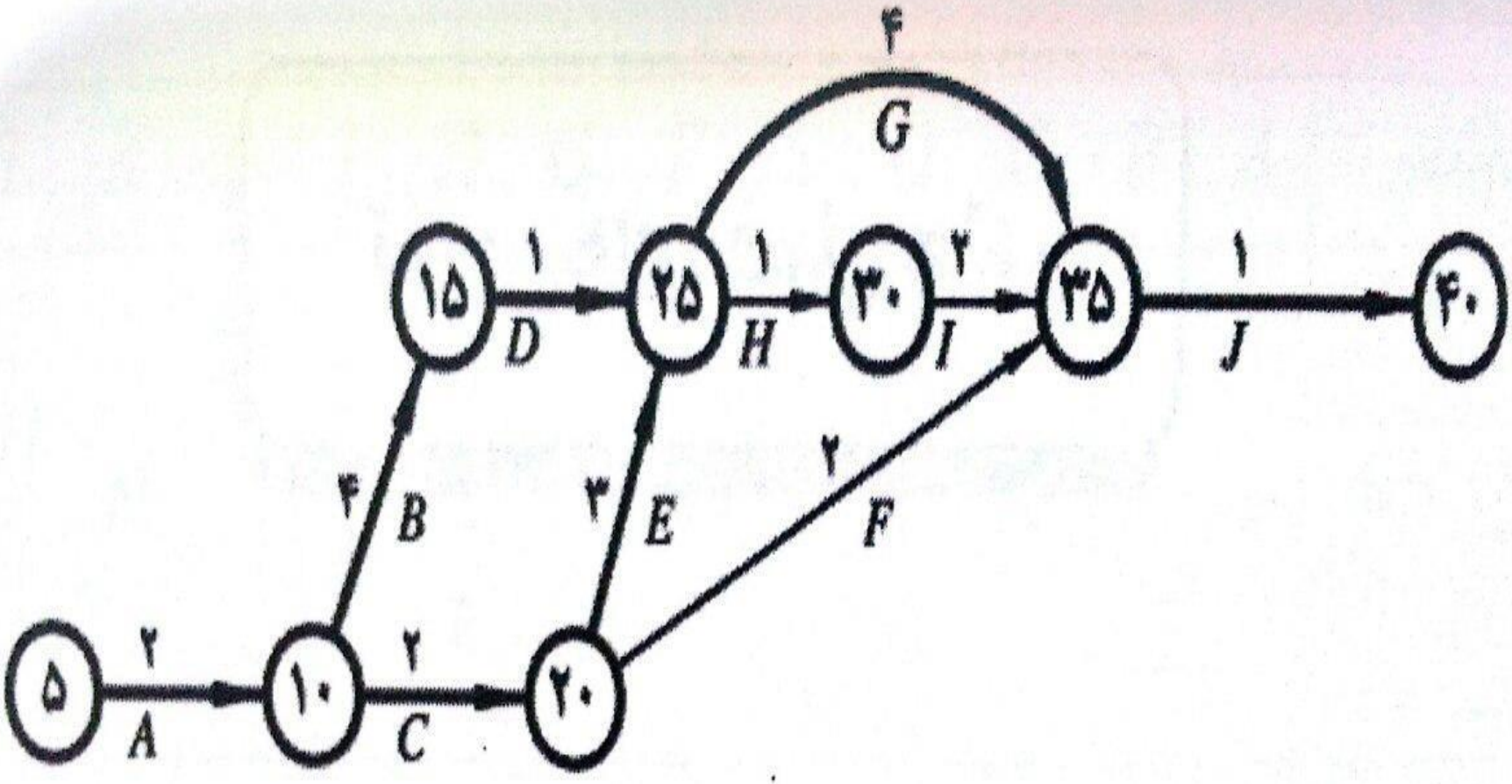
توجه : مسیر بحرانی در نمودار زیر شامل فعالیتهائی است که بصورت دو خطی که بر روی نمودار نشان داده شده، مشخص هستند.

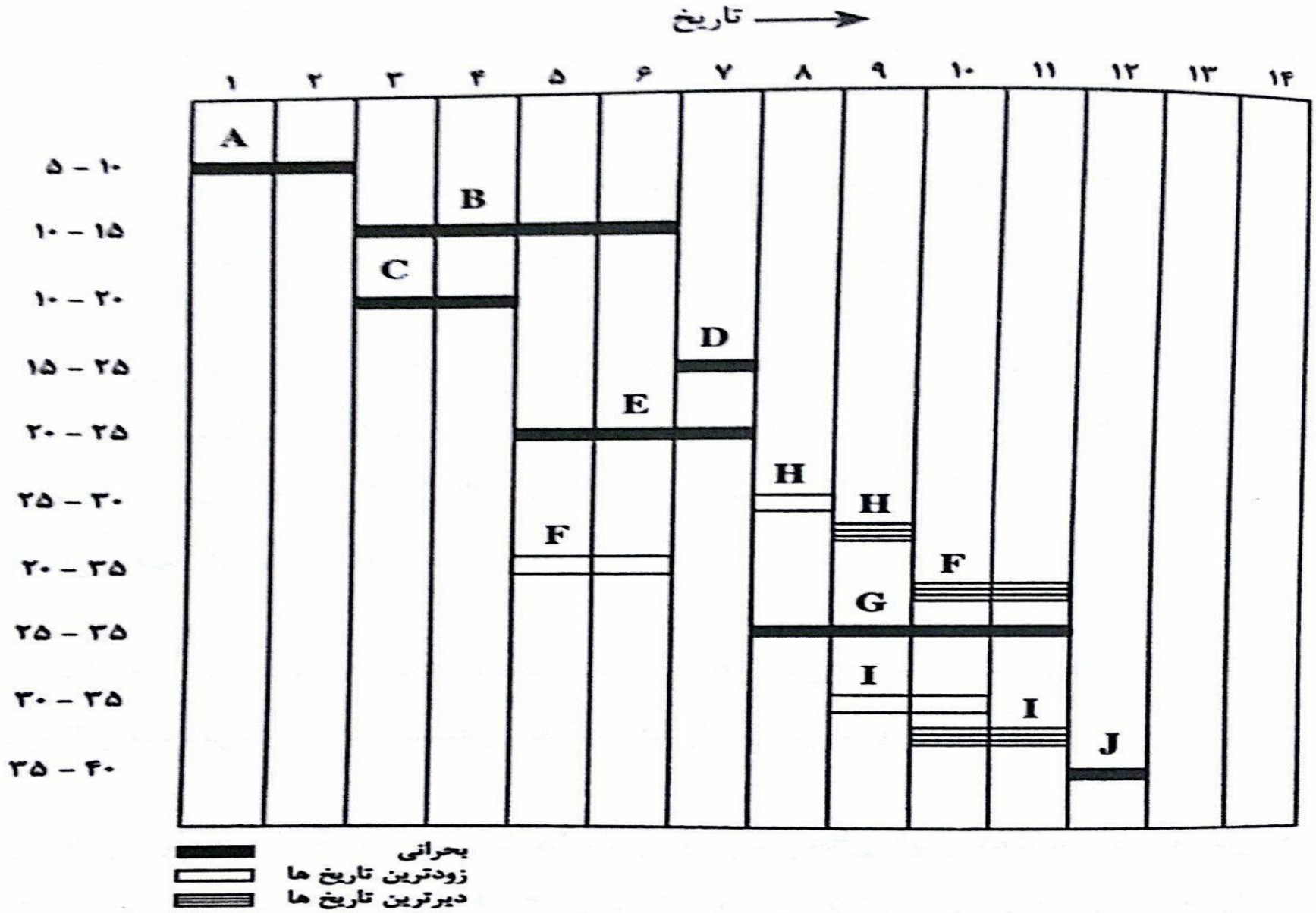



۰
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
۹
۲
۲
۲
۲
۲
۴
۲
۳
۶
۲
۳
۴
۲
۲
۳
۳


فعالیت
زمان
تاریخ
۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷
۱-۰ ۲
۲-۰ ۲
۳-۰ ۲
۳-۱ ۰
۳-۲ ۴
۴-۱ ۲
۴-۳ ۲
۵-۲ ۲
۶-۳ ۶
۶-۴ ۳
۶-۵ ۰
۷-۵ ۳
۷-۶ ۲
۸-۴ ۳
۸-۶ ۲
۹-۶ ۴
۹-۷ ۲
۹-۸ ۳


فعالیت
زمان
تاریخ
۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷
۱-۰ ۲
۲-۰ ۲
۳-۰ ۲
۳-۱ ۰
۳-۲ ۴
۴-۱ ۲
۴-۳ ۲
۵-۲ ۲
۶-۳ ۶
۶-۴ ۳
۶-۵ ۰
۷-۵ ۳
۷-۶ ۲
۸-۴ ۳
۸-۶ ۲
۹-۶ ۴
۹-۷ ۲
۹-۸ ۳


۴
G
۱
۱
۲
۱
۱۵
۲۵
۳۰
۳۵
۴۰
D
H
I
J
۴
B
۳
E
۲
F
۲
۲
۵
۱۰
۲۰
A
C


تاریخ
۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴
۵ – ۱۰
۱۰ – ۱۵
۱۰ – ۲۰
۱۵ – ۲۵
۲۰ – ۲۵
۲۵ – ۳۰
۲۰ – ۳۵
۲۵ – ۳۵
۳۰ – ۳۵
۳۵ – ۴۰
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
بحرانی
زودترین تاریخ ها
دیرترین تاریخ ها

دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری
مدیریت و تشکیلات کارگاهی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷- ۹۶

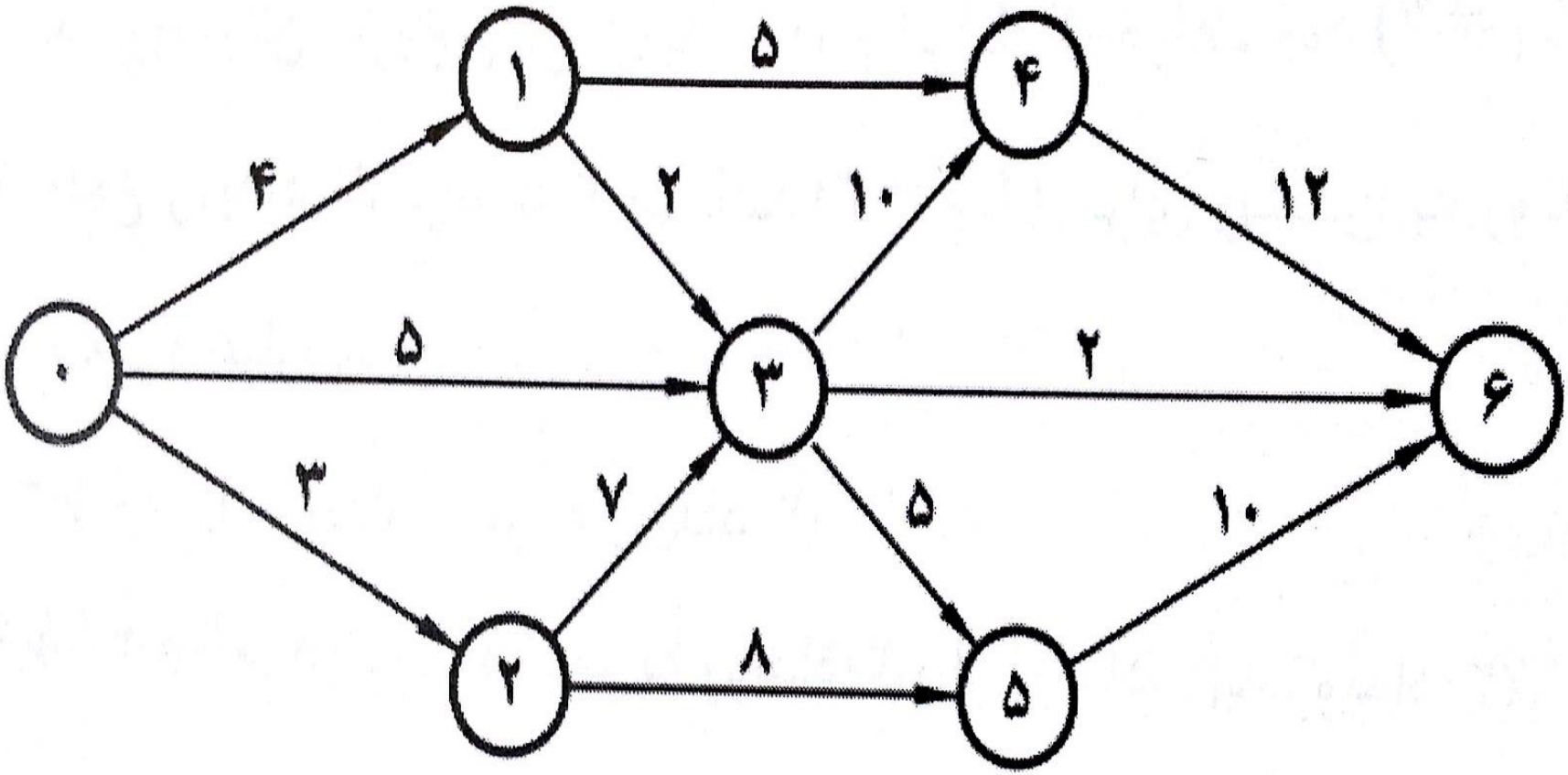
مدرس : دکتر مقیمی

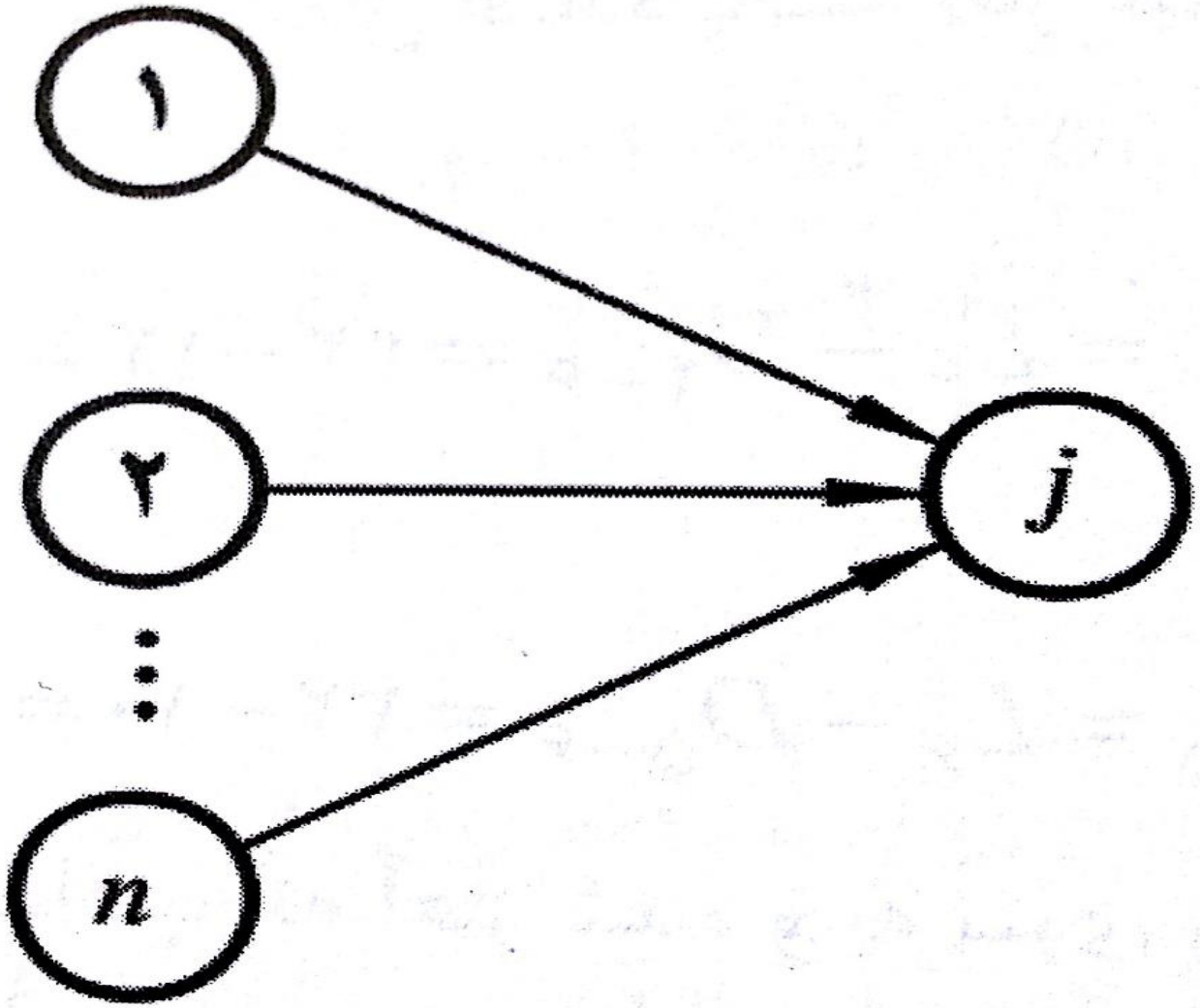
i
j

تعریف مرتبط با CPM

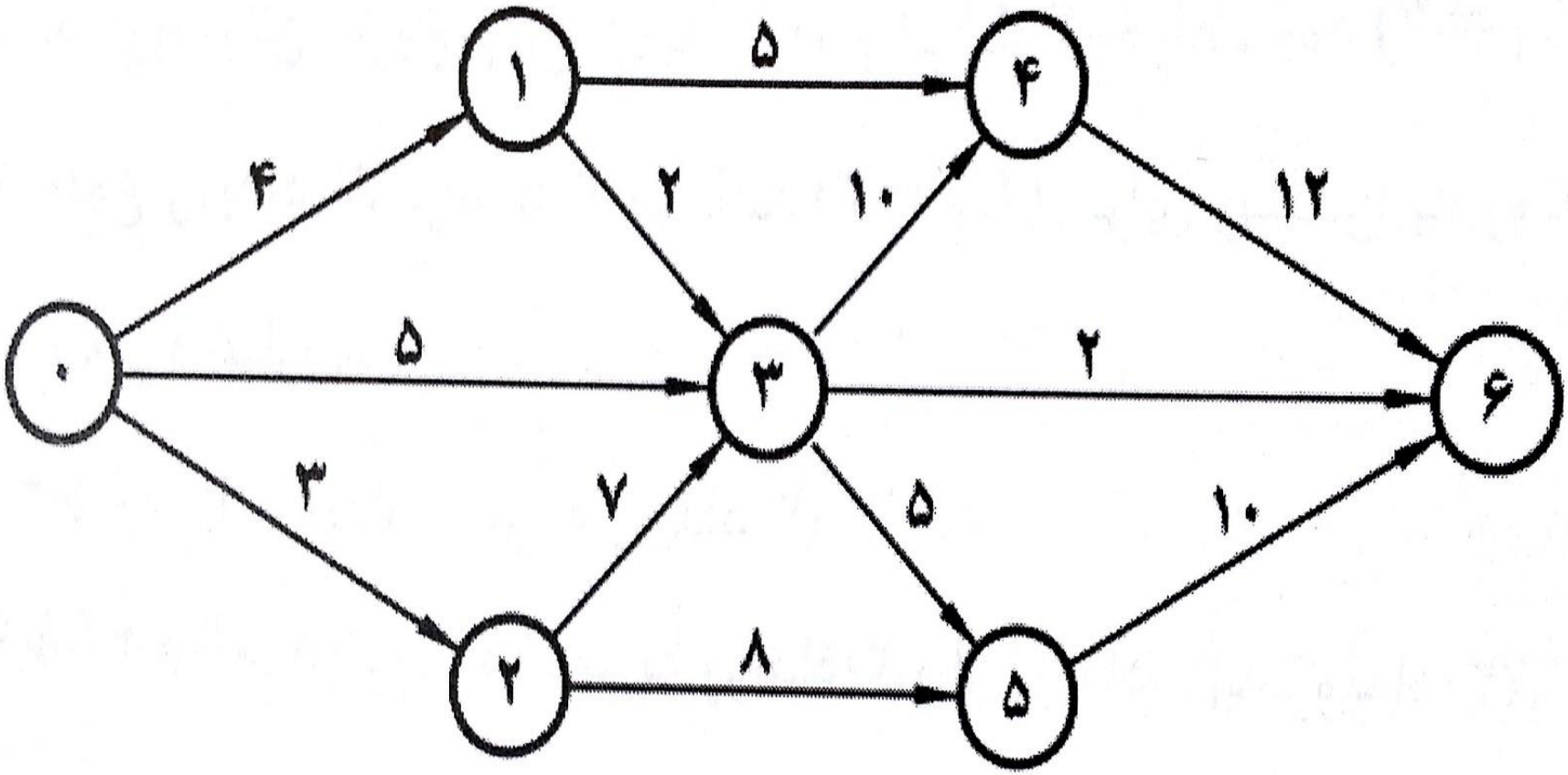
D_{ij}	(Duration):	برآورد مدت زمان اجرا فعالیت (i-j)
E_i	(Earliest Event time):	زودترین زمان وقوع واقعه i
L_i	(Latest Event time):	دیرترین زمان وقوع واقعه i
ES_{ij}	(Earliest Start time):	زودترین زمان شروع فعالیت (i-j)
EF_{ij}	(Earliest Finished time):	زودترین زمان پایان فعالیت (i-j)
LS_{ij}	(Latest Start time):	دیرترین زمان شروع فعالیت (i-j)
LF_{ij}	(Latest Finished time):	دیرترین زمان پایان فعالیت (i-j)

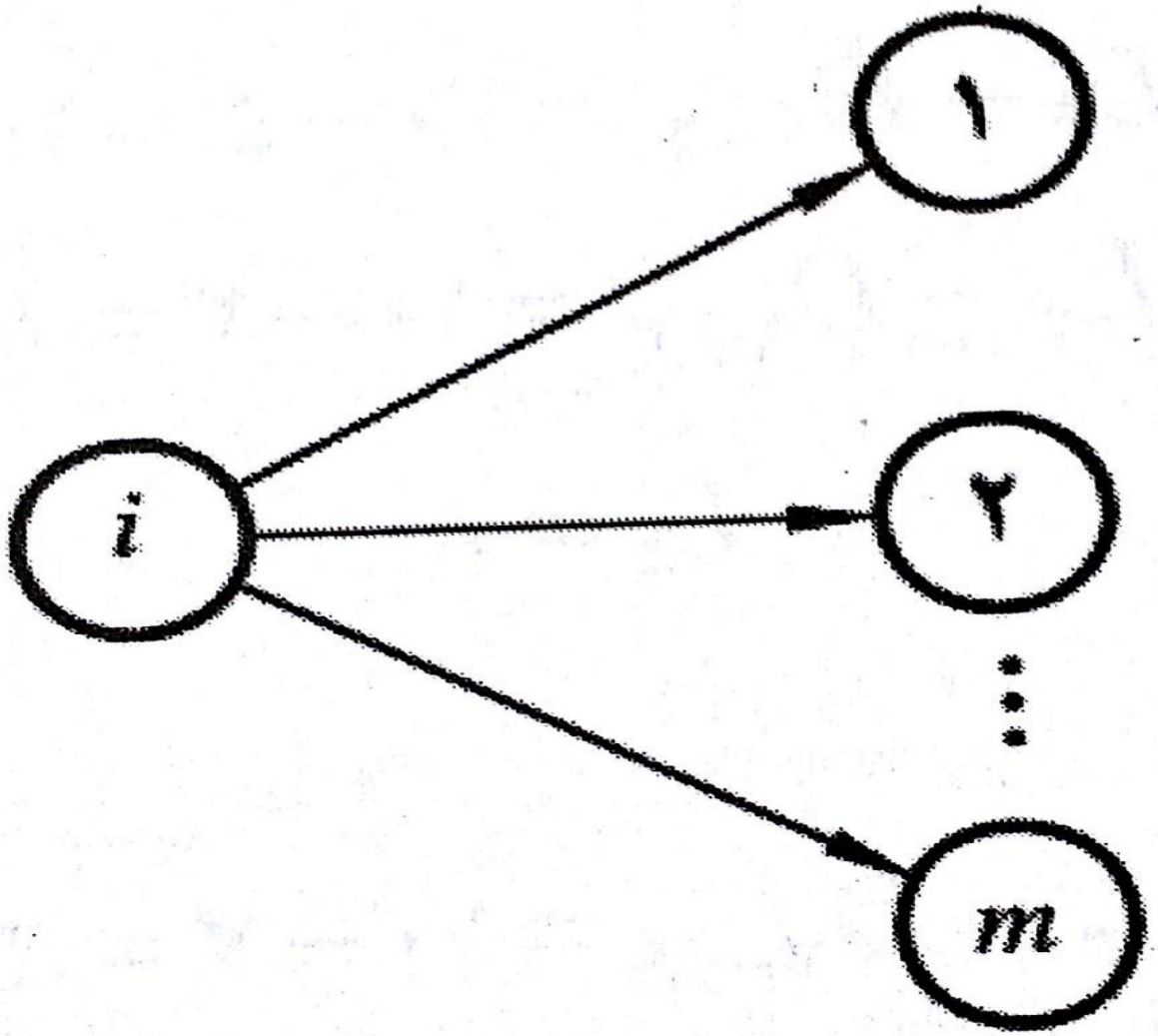
محاسبه تاریخ وقوع رویداد

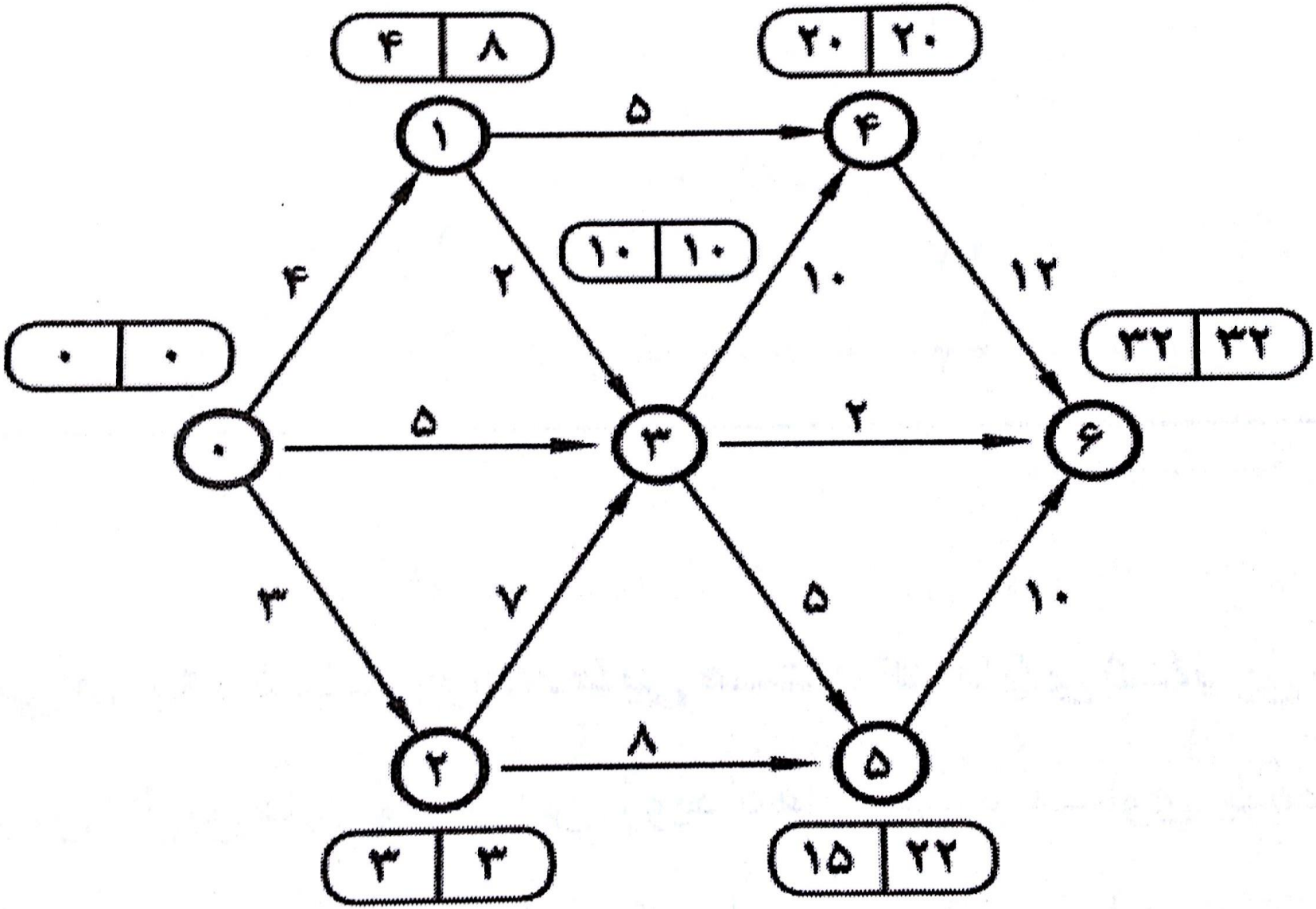



۱
۲
j
n

محاسبه تاریخ وقوع رویداد




۱
i
۲
m

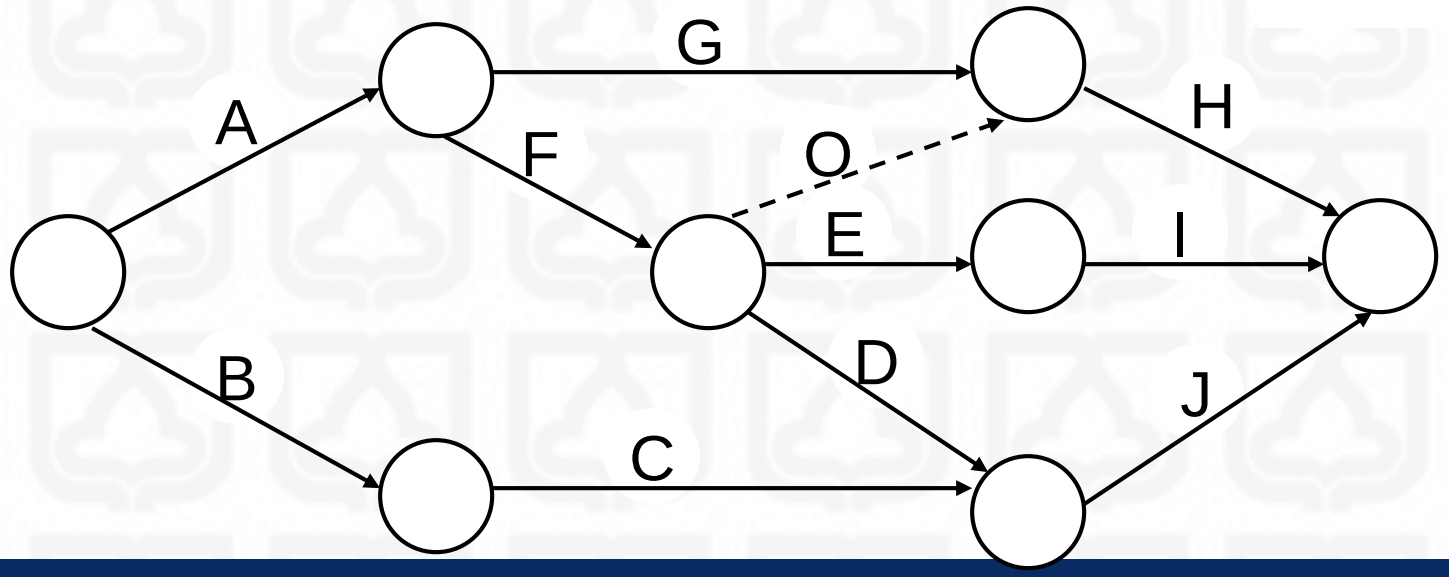

۴ | ۸
۲۰ | ۲۰
۱
۵
۴
۱۰ | ۱۰
۴
۲
۱۰
۱۲
۰ | ۰
۳۲ | ۳۲
۵
۲
۰
۳
۶
۳
۷
۵
۱۰
۸
۲
۵
۳ | ۳
۱۵ | ۲۲

شناوری در تاریخ وقوع رویداد ها

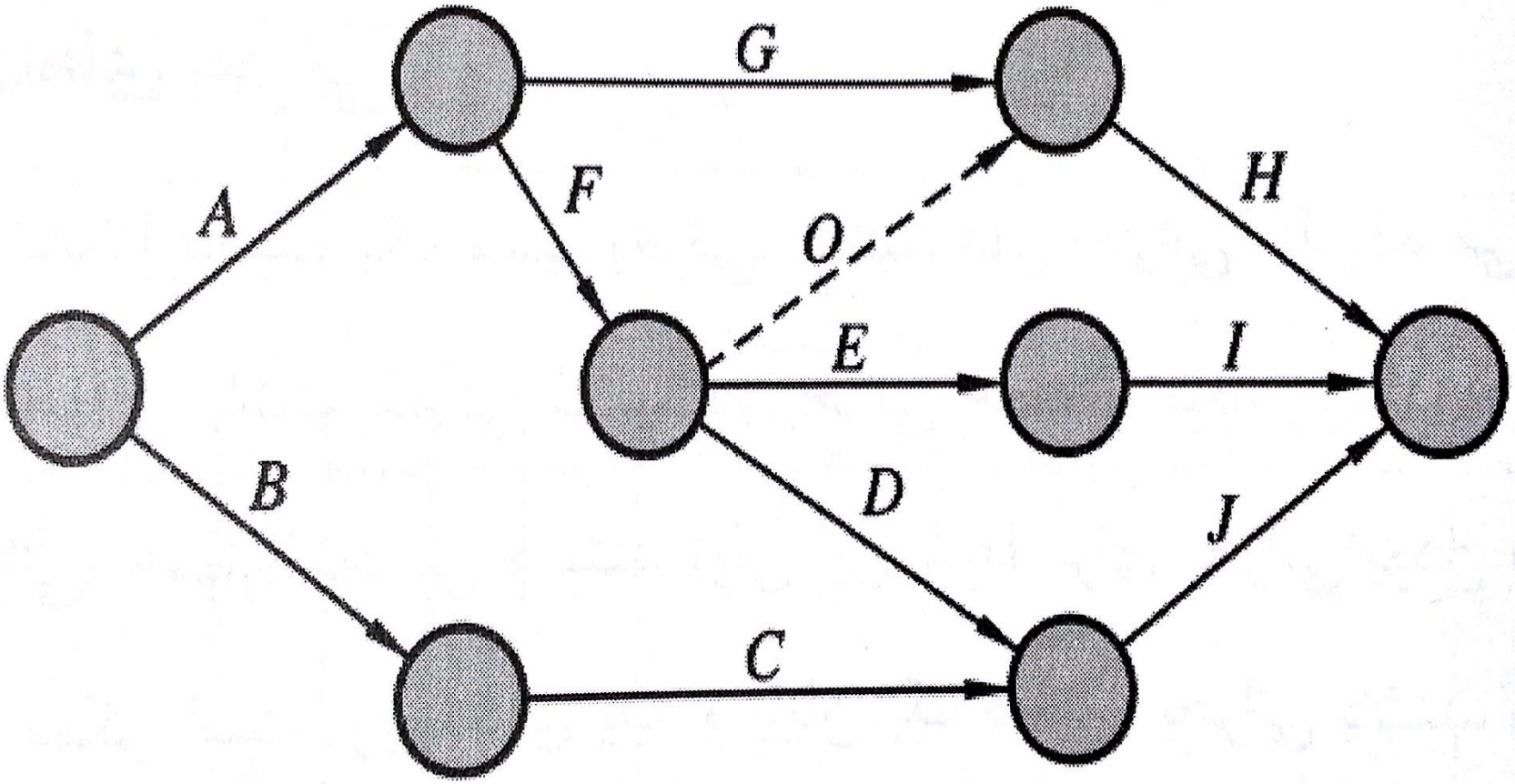
رویداد	زودترین تاریخ وقوع	دیرترین تاریخ وقوع	شناوری
۰	۰	۰	۰
۱	۴	۸	۴
۲	۳	۳	۰
۳	۱۰	۱۰	۰
۴	۲۰	۲۰	۰
۵	۱۵	۲۲	۷
۶	۳۲	۳۲	۰

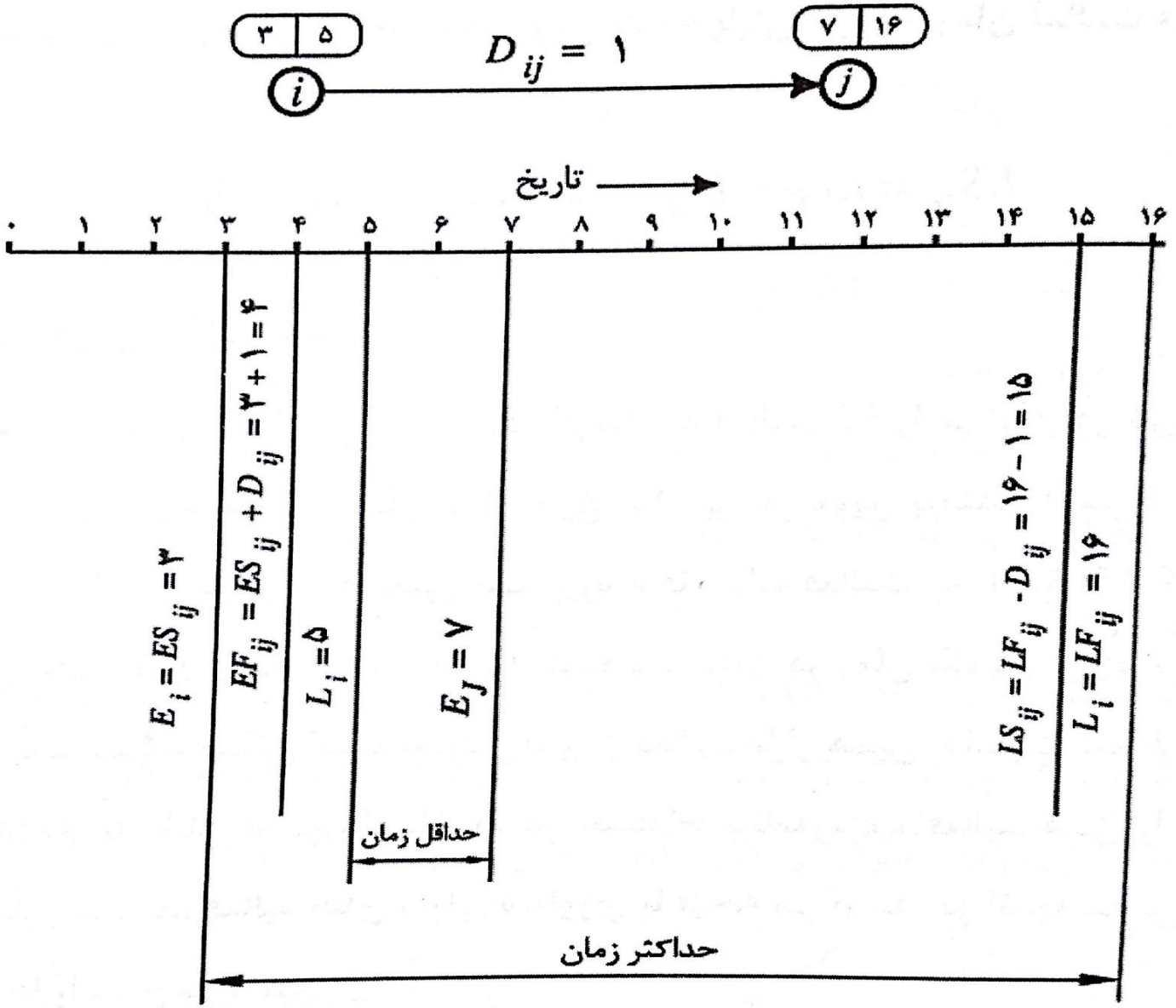
راه (مسیر) شبکه

A-F-E-I
A-F-O-H
A-F-D-J
A-G-H
B-C-J

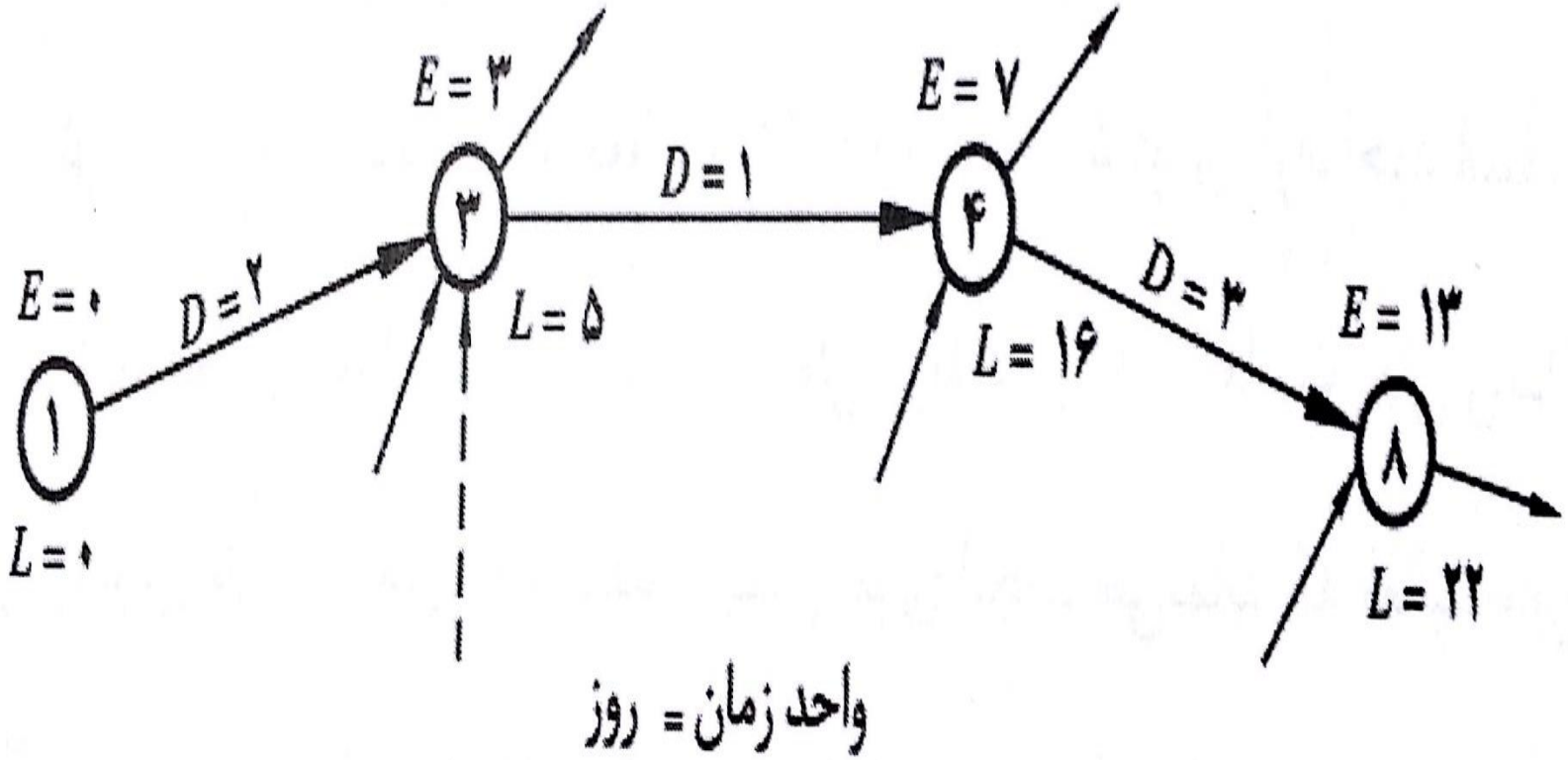


شناوری مسیر

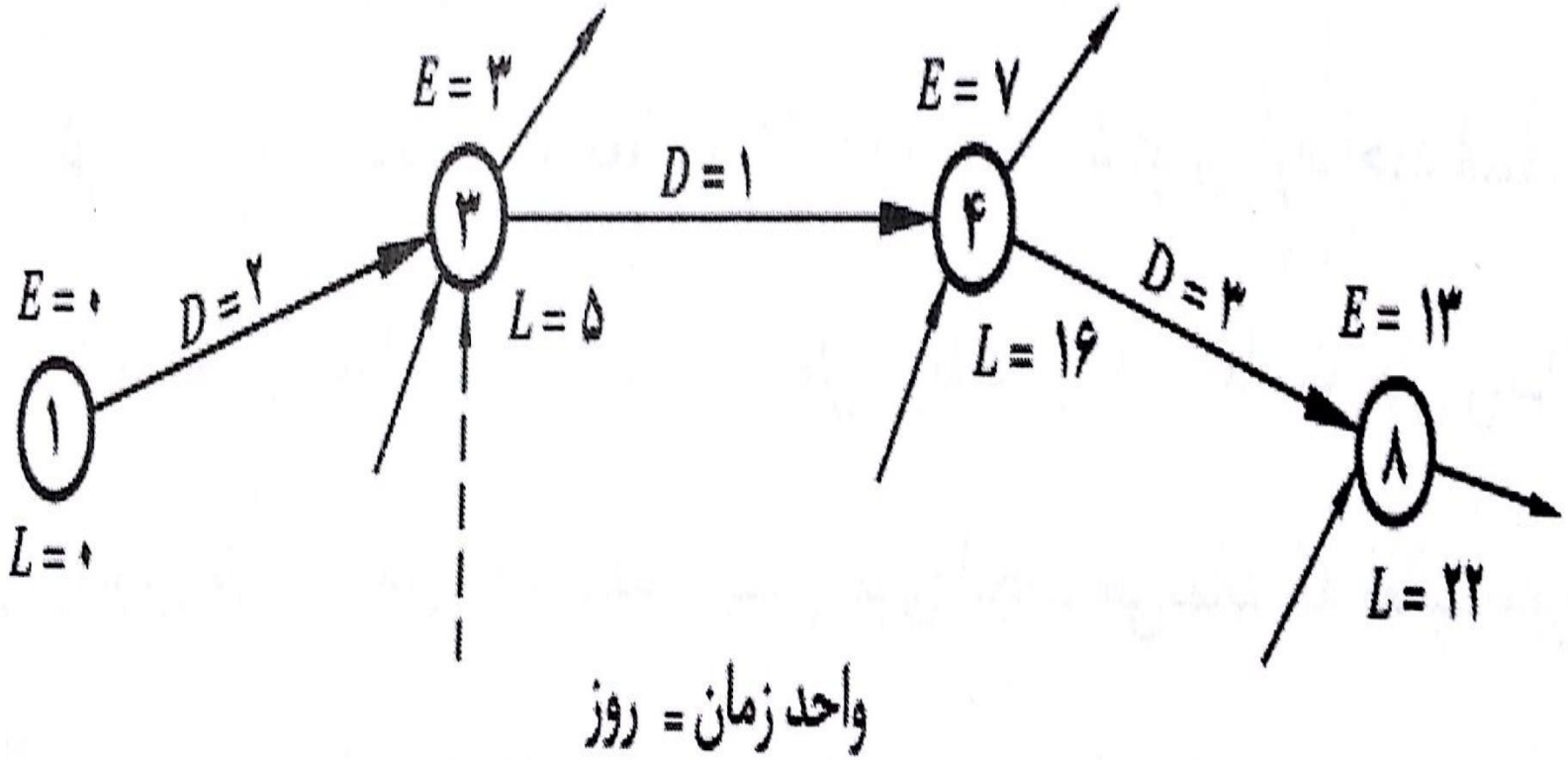



۳
۵
$D_{ij} = ۱$
۷
۱۶
i
j
تاریخ
۰ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶
$E_i = ES_{ij} = ۳$
$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij} = ۳ + ۱ = ۴$
$L_i = ۵$
$E_J = ۷$
$LS_{ij} = LF_{ij} - D_{ij} = ۱۶ - ۱ = ۱۵$
$L_i = LF_{ij} = ۱۶$
حداقل زمان
حداکثر زمان

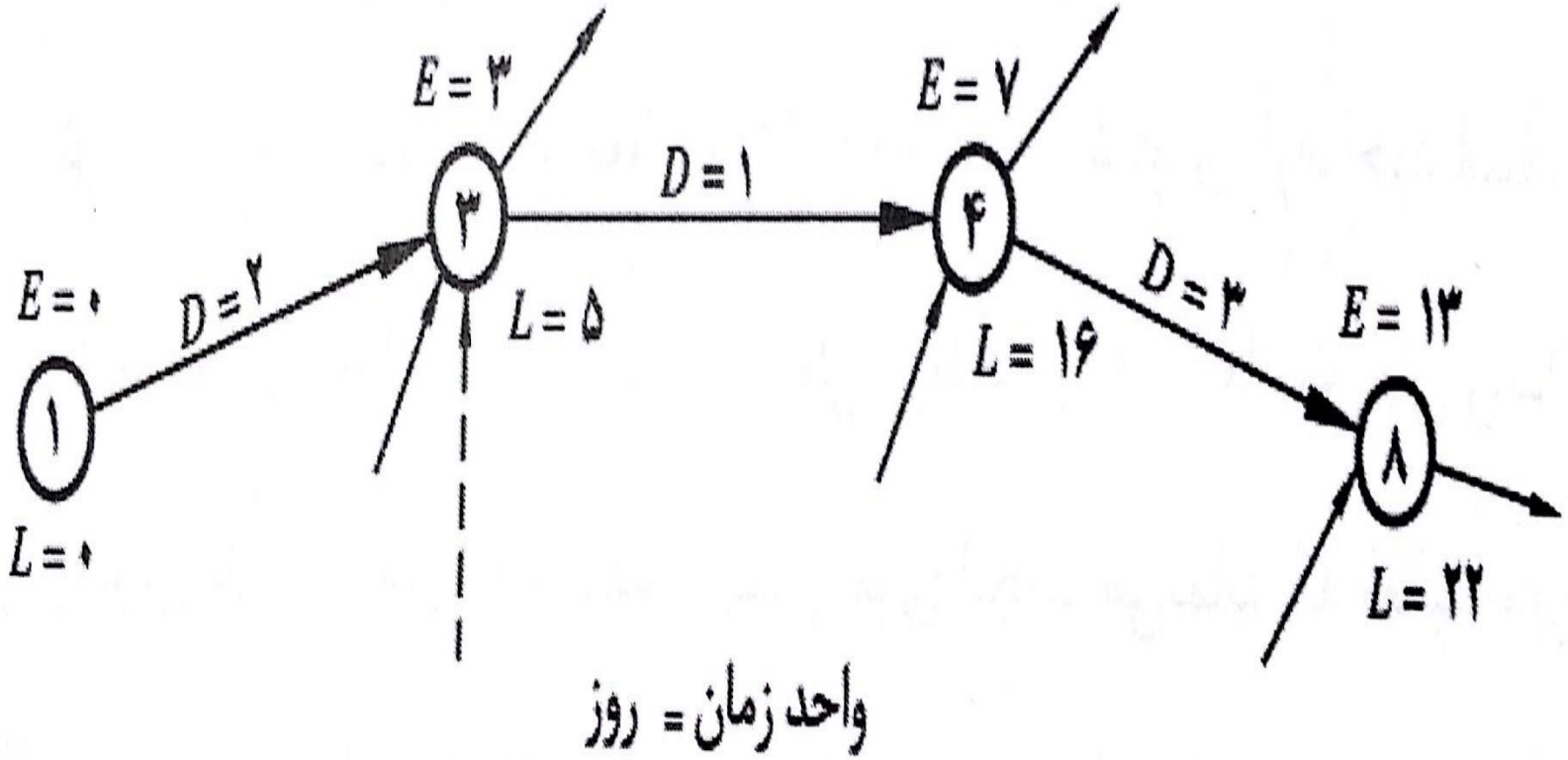
شناوری جمعی

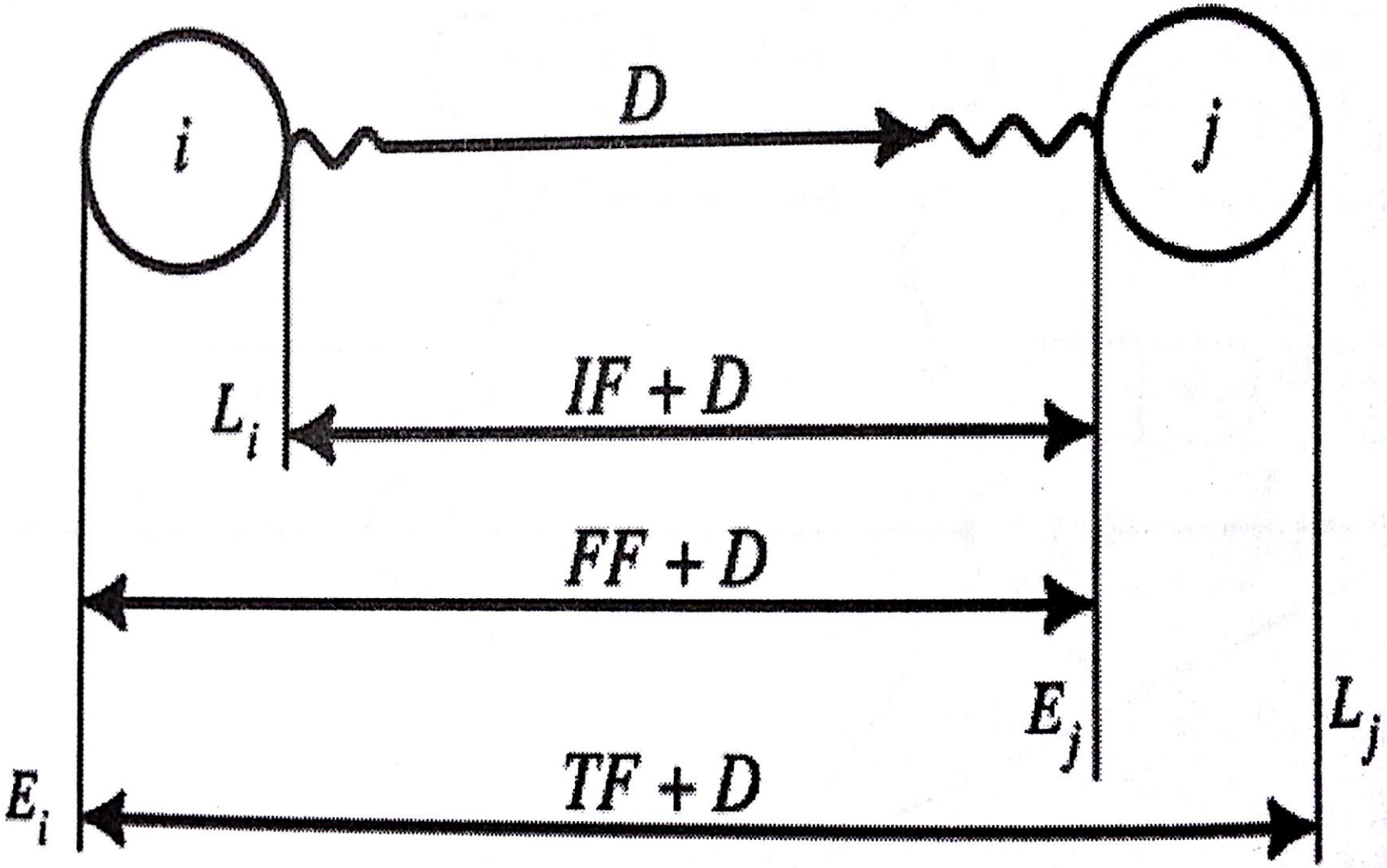


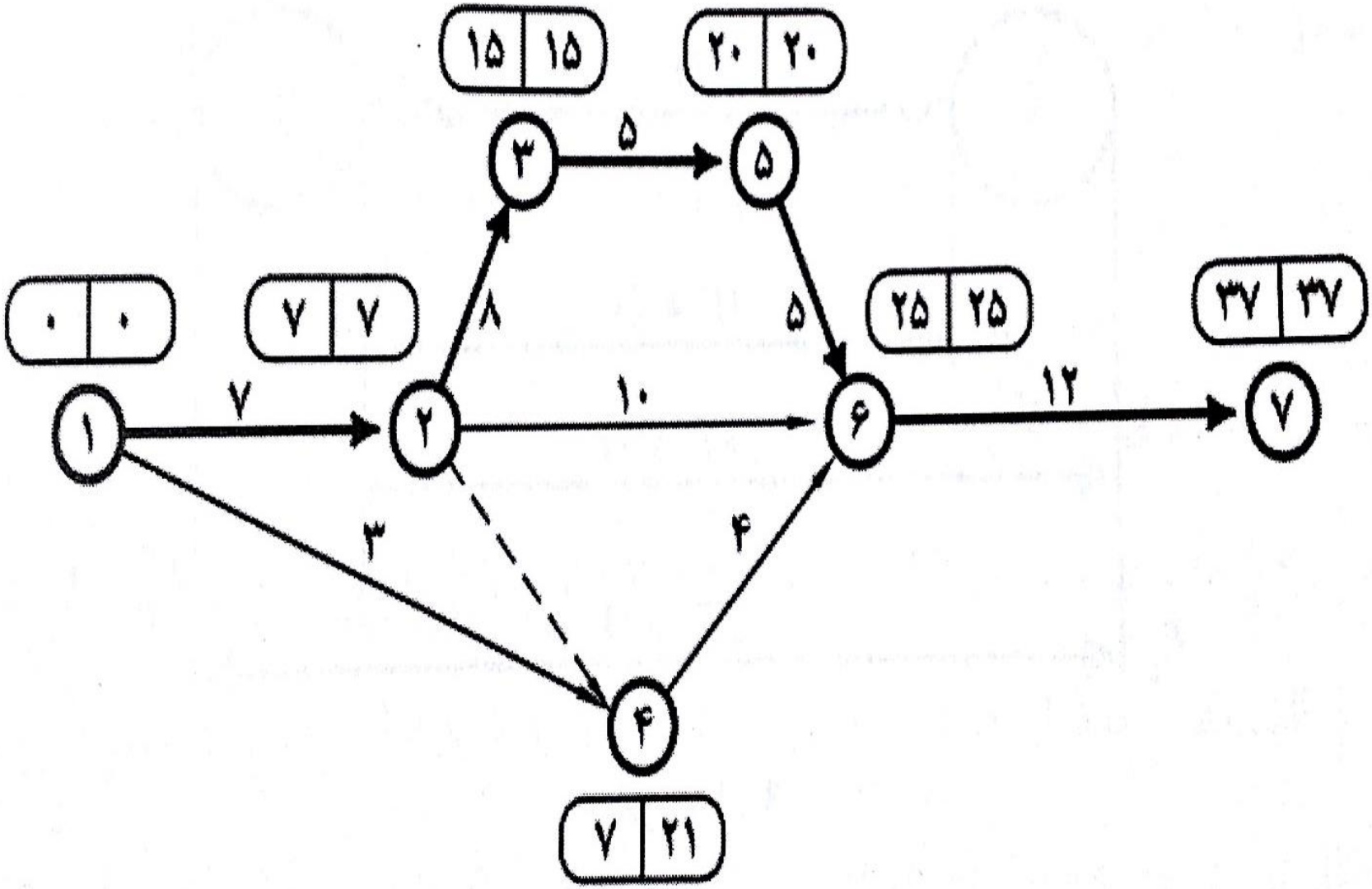
شناوری آزاد



شناوری مستقل

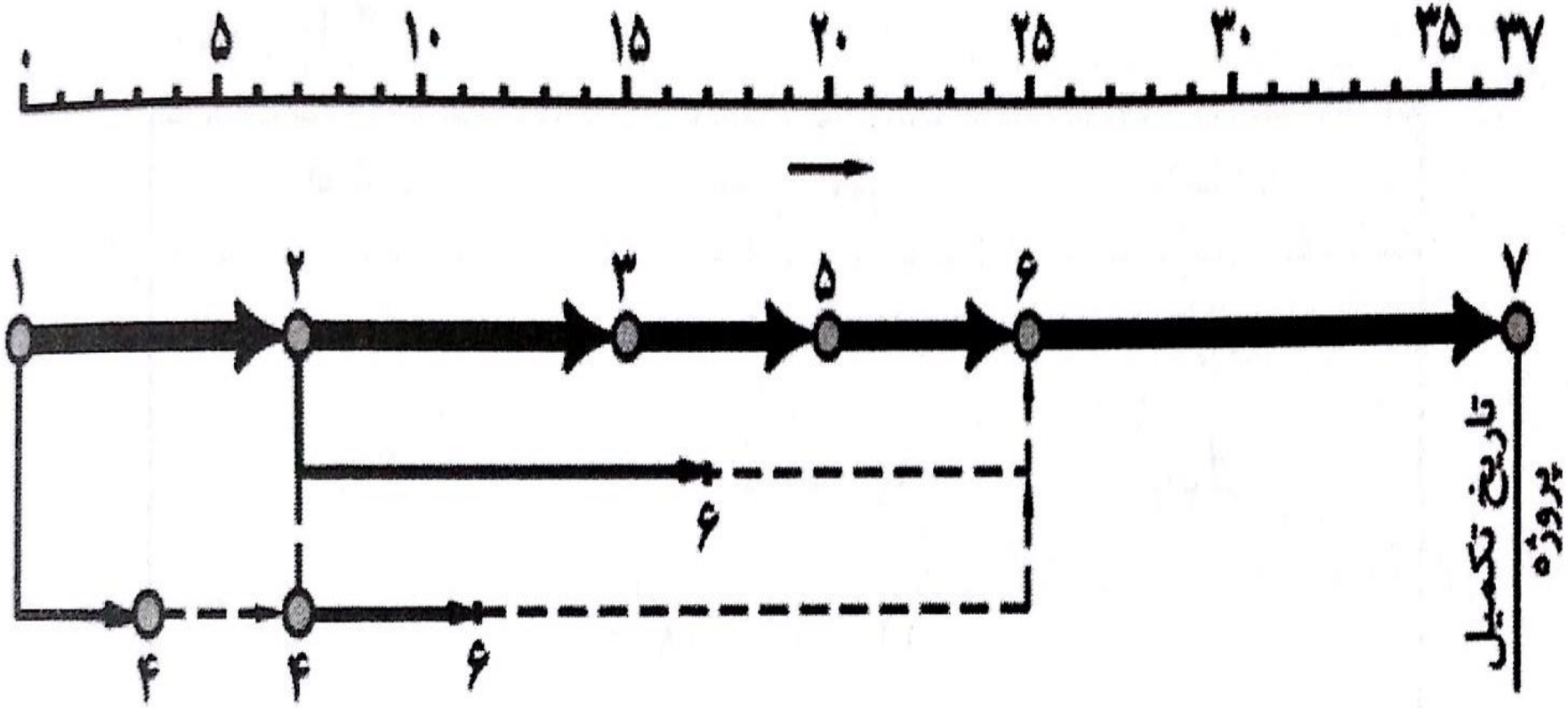


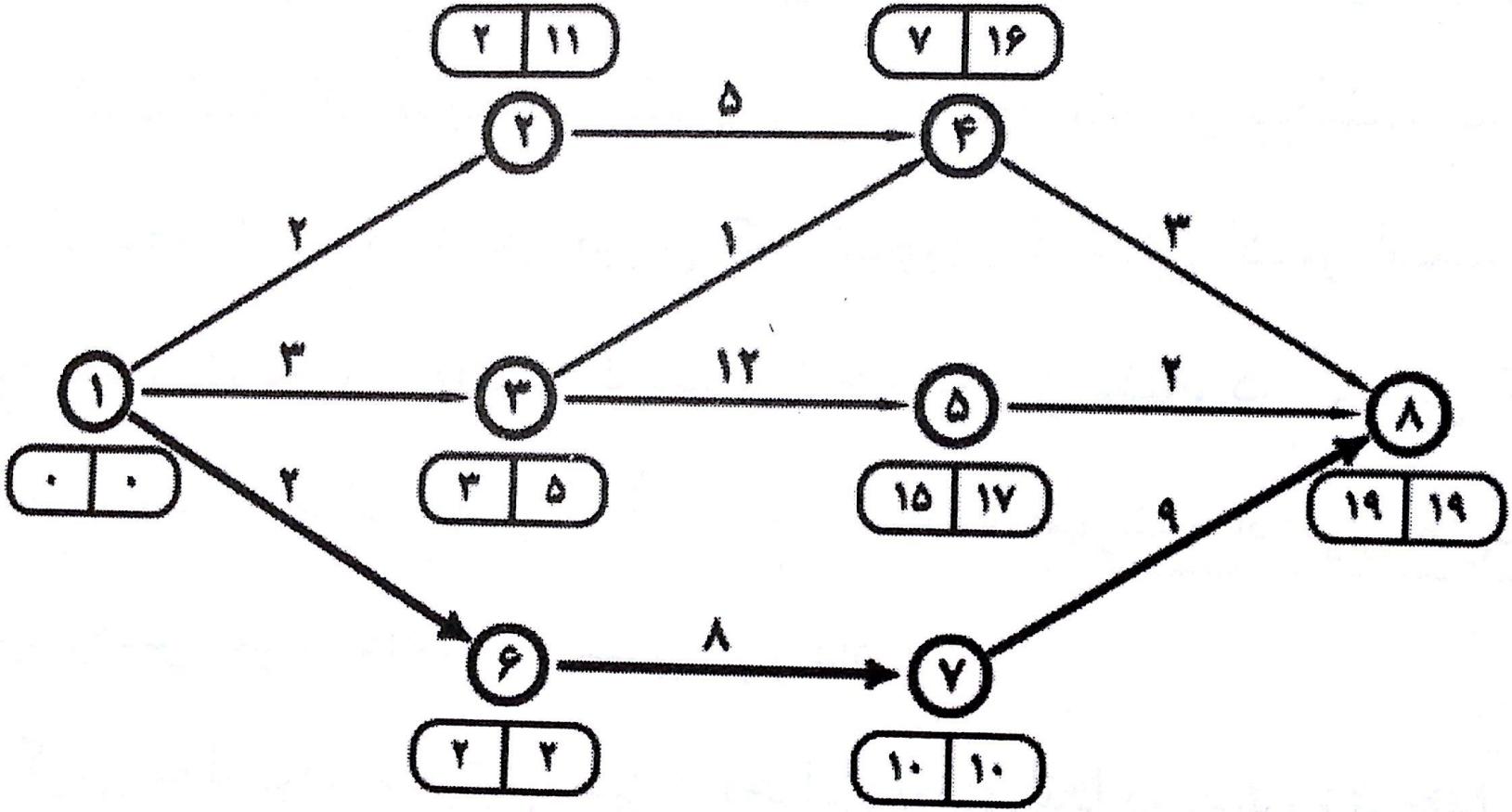

i
D
j
L_i
$IF + D$
$FF + D$
E_j
L_j
E_i
$TF + D$


۱۵ | ۱۵
۲۰ | ۲۰
۳
۵
۵
۰ | ۰
۷ | ۷
۸
۵
۲۵ | ۲۵
۳۷ | ۳۷
۷
۱۰
۱۲
۷
۳
۴
۴
۷ | ۲۱

فعالیت	شناوری جمعی	ملاحظات
۱-۲	۷ − ۰ − ۷ = ۰	بحرانی
۲-۳	۱۵ − ۷ − ۸ = ۰	بحرانی
۱-۴	۲۱ − ۰ − ۳ = ۱۸	
۲-۴	۲۱ − ۷ − ۰ = ۱۴	
۳-۵	۲۰ − ۱۵ − ۵ = ۰	بحرانی
۲-۶	۲۵ − ۷ − ۱۰ = ۸	
۴-۶	۲۵ − ۷ − ۴ = ۱۴	
۵-۶	۲۵ − ۲۰ − ۵ = ۰	بحرانی
۶-۷	۳۷ − ۲۵ − ۱۲ = ۰	بحرانی

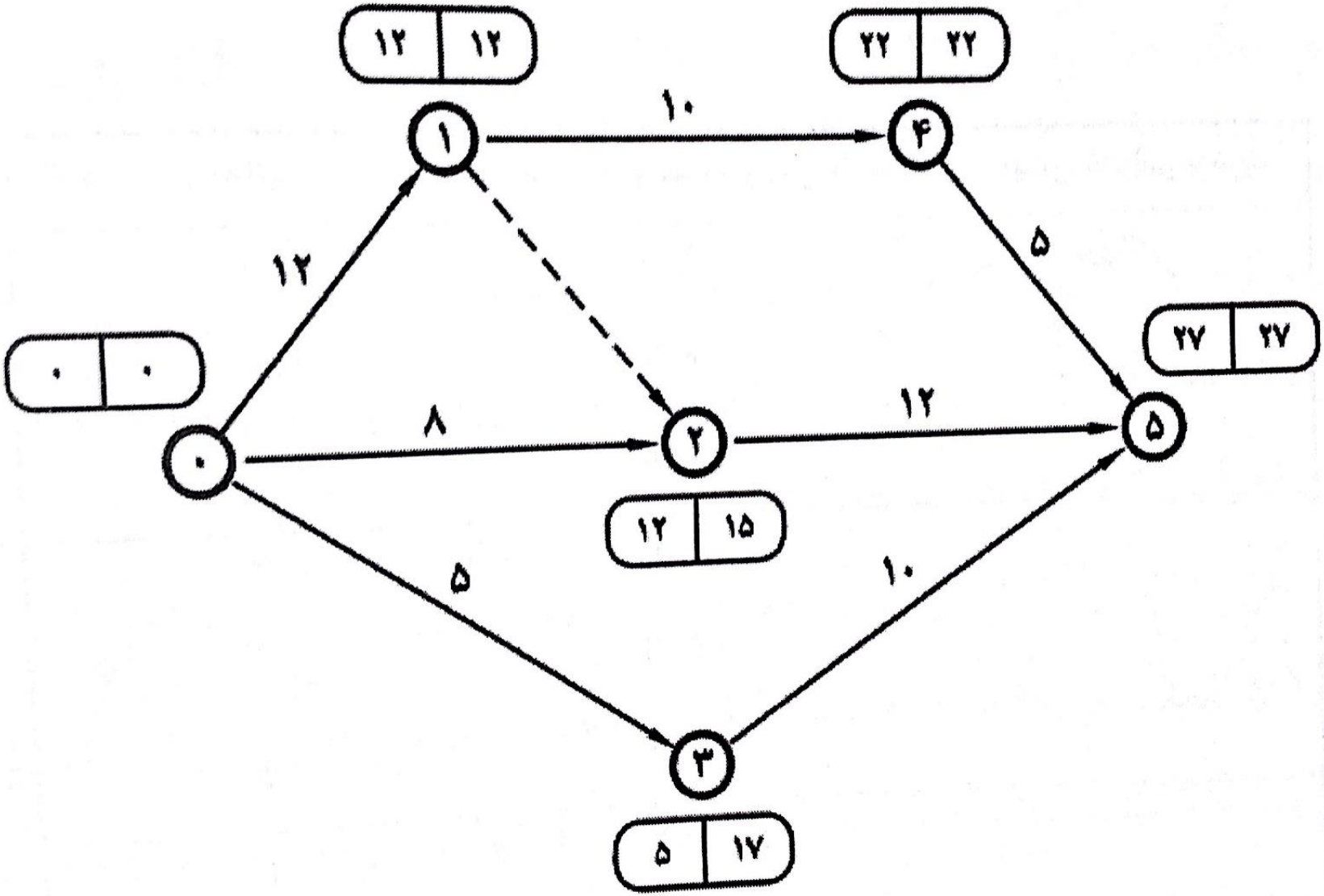
مسیر بحرانی

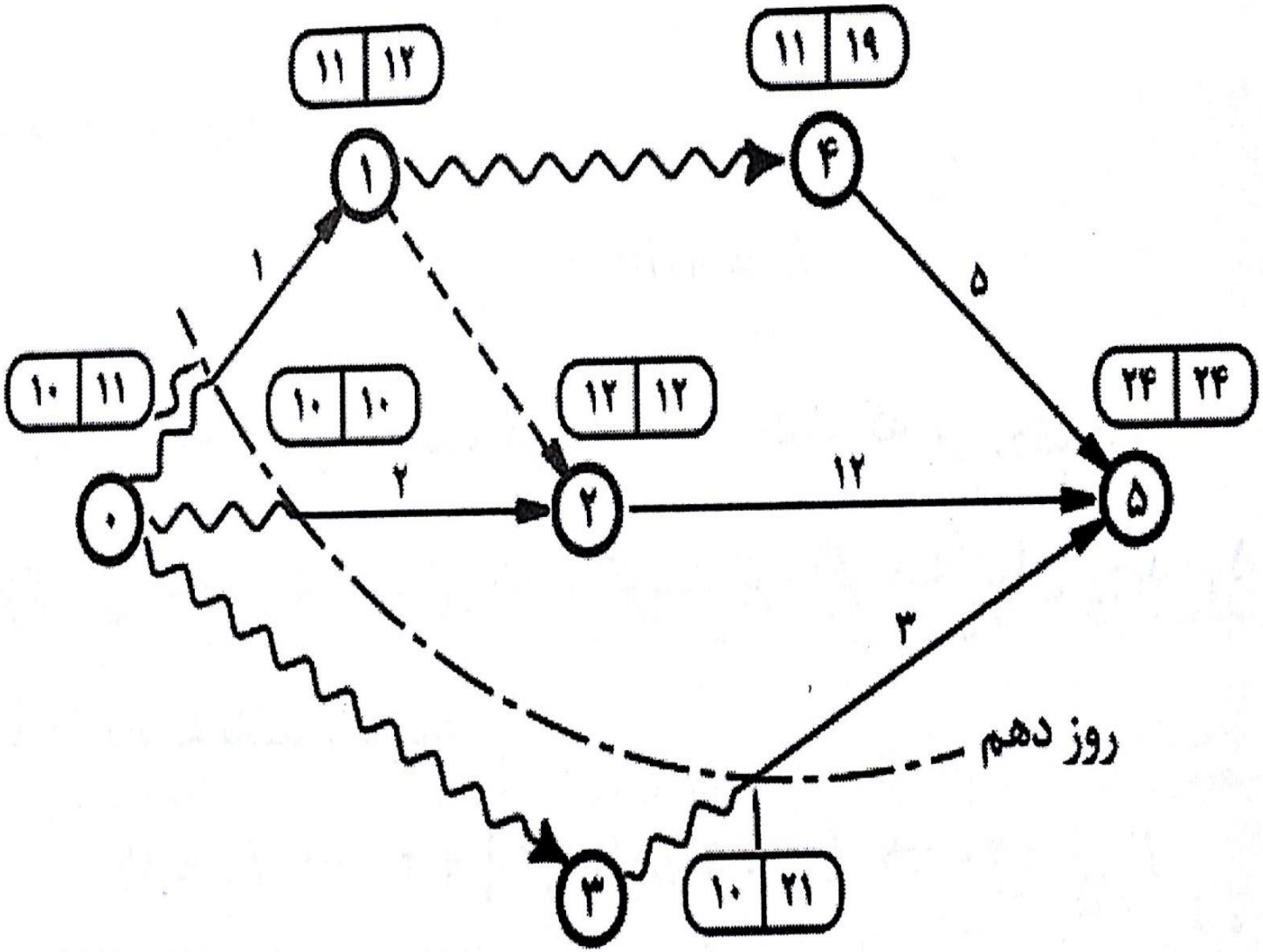


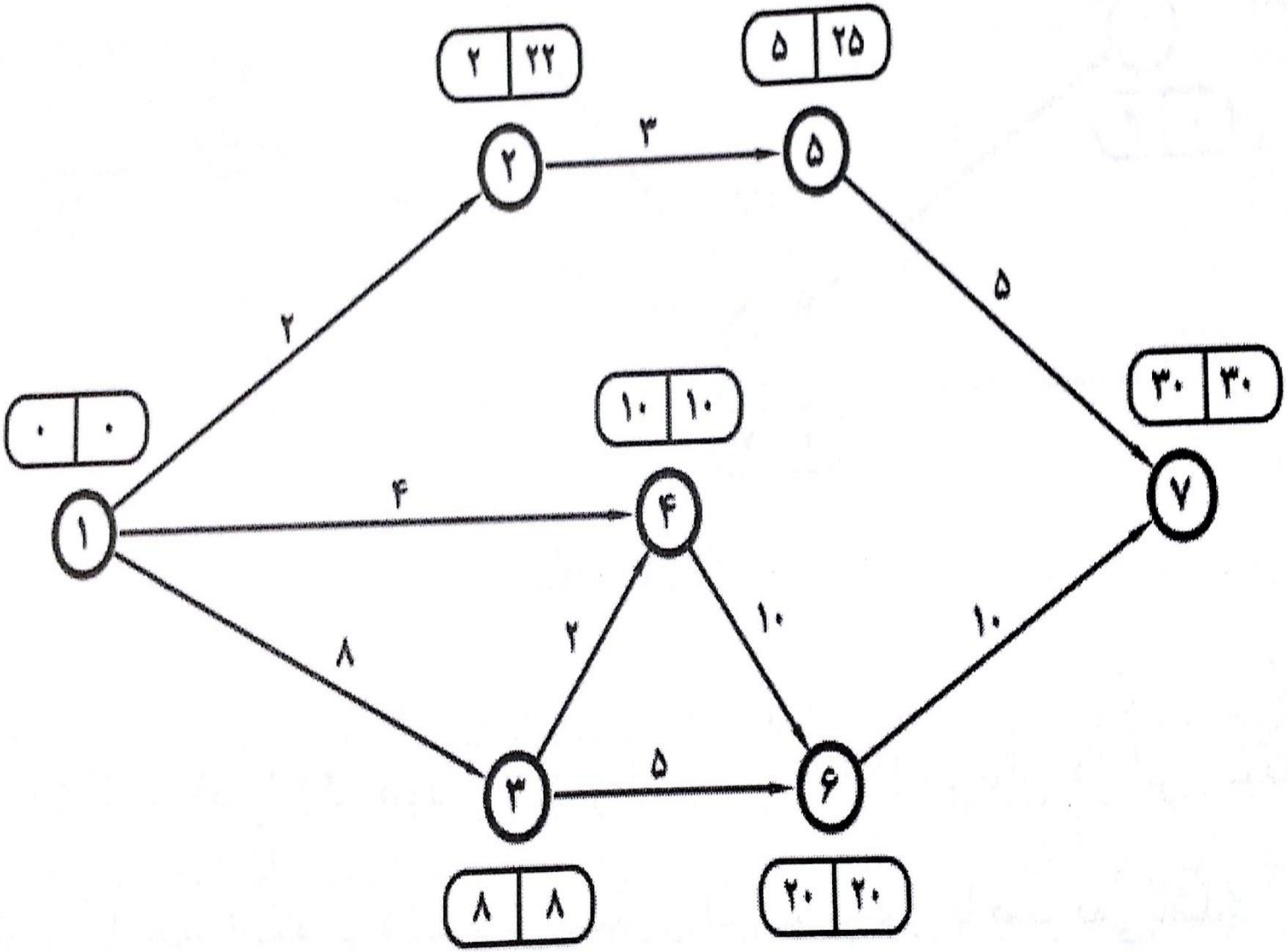

۲ ۱۱
۷ ۱۶
۵
۲
۴
۲
۱
۳
۳
۱۲
۲
۱
۳
۵
۸
۰ ۰
۳ ۵
۱۵ ۱۷
۱۹ ۱۹
۲
۹
۸
۶
۷
۲ ۲
۱۰ ۱۰

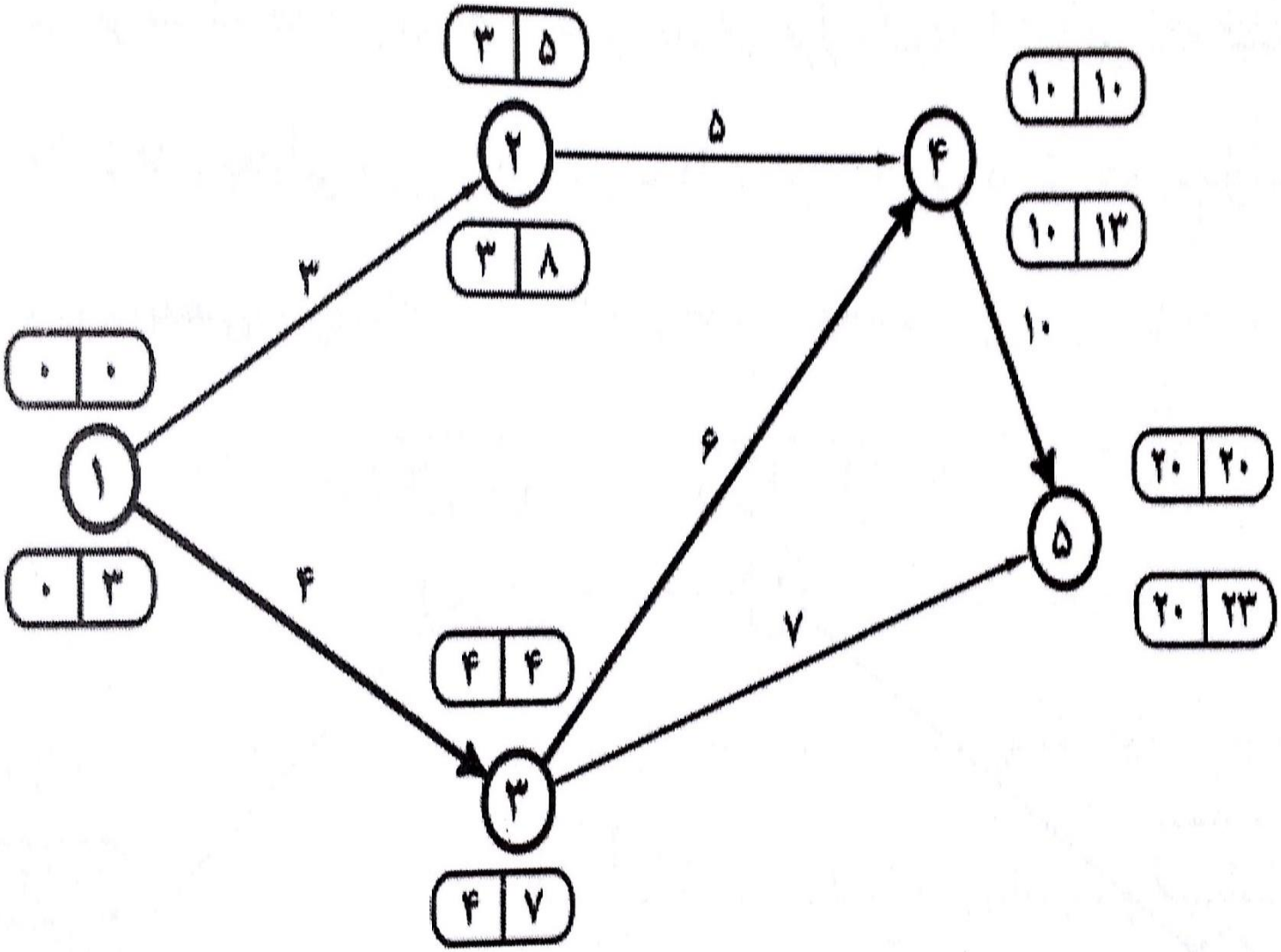
فعالیت	زمان	زودترین تاریخ		دیرترین تاریخ		شناوریها			ملاحظات
		شروع	پایان	شروع	پایان	جمعی	آزاد	مستقل	
i-j	D	ES	EF	LS	LF	TF	FF	IF	
۱-۲	۲	۰	۲	۹	۱۱	۹	۰	۰	
۱-۳	۳	۰	۳	۲	۵	۲	۰	۰	
۱-۶	۲	۰	۲	۰	۲	۰	۰	۰	بحرانی
۲-۴	۵	۲	۷	۱۱	۱۶	۹	۰	۰(-۹)	
۳-۴	۱	۳	۴	۱۵	۱۶	۱۲	۳	۱	
۳-۵	۱۲	۳	۱۵	۵	۱۷	۲	۰	۰(-۲)	
۴-۸	۳	۷	۱۰	۱۶	۱۹	۹	۹	۰	
۵-۸	۲	۱۵	۱۷	۱۷	۱۹	۲	۲	۰	
۶-۷	۸	۲	۱۰	۲	۱۰	۰	۰	۰	بحرانی
۷-۸	۹	۱۰	۱۹	۱۰	۱۹	۰	۰	۰	بحرانی

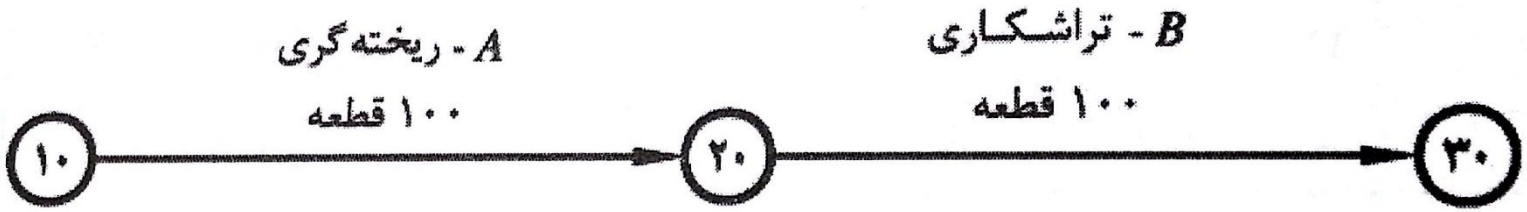
گروه	فعالیت	فعالیت‌ها به ترتیب افزایش ES	میزان بحرانی بودن
	۷-۸	۱-۶	حداکثر
۱	۱-۶	۶-۷	
	۶-۷	۷-۸	
	۱-۳	۱-۳	
۲	۵-۸	۳-۵	
	۳-۵	۵-۸	
	۱-۲	۱-۲	
۳	۴-۸	۲-۴	
	۲-۴	۴-۸	
۴	۳-۴	۳-۴	حداقل


۱۲ ۱۲
۲۲ ۲۲
۱۰
۱
۴
۱۲
۵
۲۷ ۲۷
۰ ۰
۸
۱۲
۰
۲
۵
۱۲ ۱۵
۵
۱۰
۳
۵ ۱۷

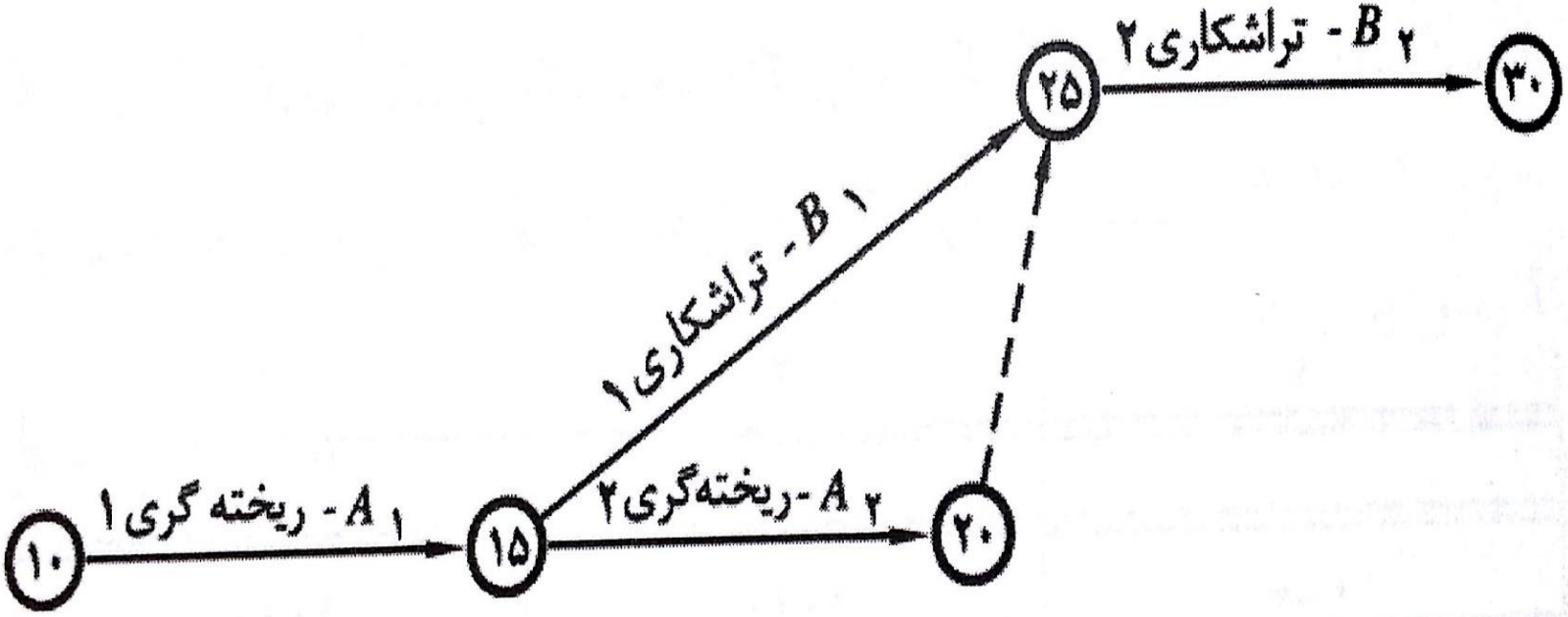

۱۱ | ۱۲
۱۱ | ۱۹
۱
۴
۱
۵
۱
۱۰ | ۱۱
۱۰ | ۱۰
۱۲ | ۱۲
۲۴ | ۲۴
۲
۱۲
۰
۲
۵
۳
روز دهم
۳
۱۰ | ۲۱


۰ ۰
۲ ۲۲
۵ ۲۵
۱۰ ۱۰
۳۰ ۳۰
۸ ۸
۲۰ ۲۰
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۲
۳
۵
۴
۸
۲
۱۰
۵
۱۰

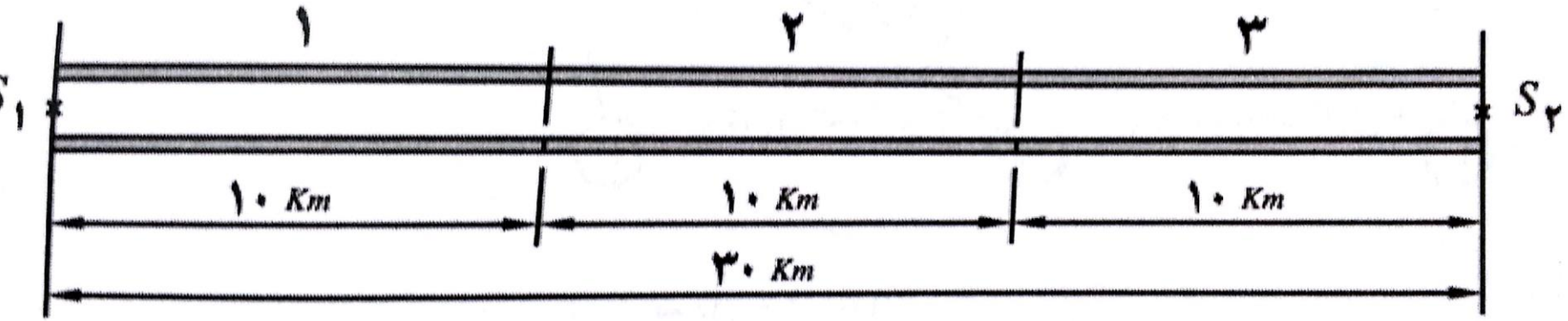

۱
۲
۳
۴
۵
۰ ۰
۰ ۳
۳ ۵
۳ ۸
۴ ۴
۴ ۷
۱۰ ۱۰
۱۰ ۱۳
۲۰ ۲۰
۲۰ ۲۳
۳
۴
۶
۷
۵
۱۰



شکل ۱۰ـ۱۷

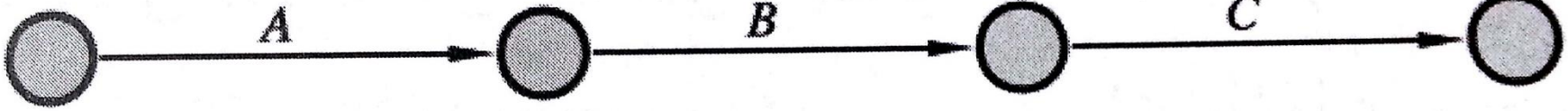

۱۰
A ۱ - ریخته گری ۱
۱۵
A ۲ - ریخته‌گری ۲
۲۰
B ۱ - تراشکاری ۱
۲۵
B ۲ - تراشکاری ۲
۳۰

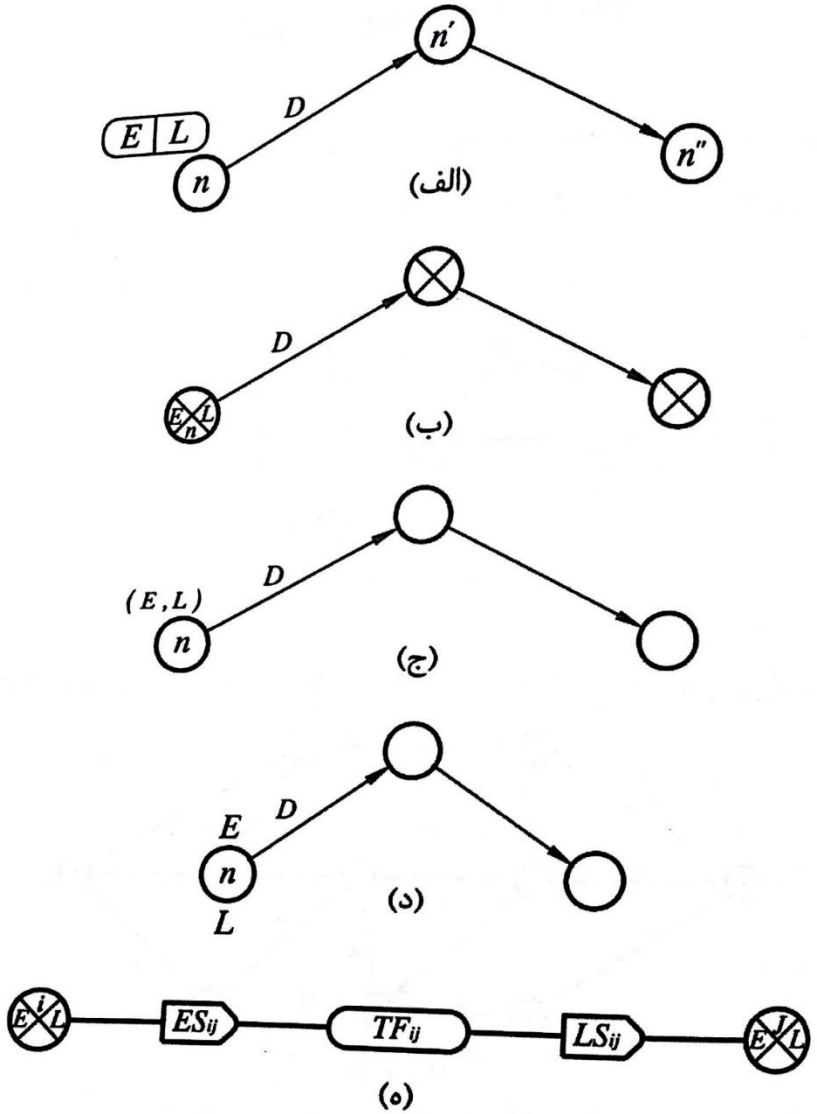
فعالیت	شرح	زمان	پیش‌نیاز(ها)
A_1	خاک‌برداری قسمت ۱	۵	–
A_2	خاک‌برداری قسمت ۲	۵	A_1
A_3	خاک‌برداری قسمت ۳	۵	A_2
B_1	تسطیح قسمت ۱	۴	A_1
B_2	تسطیح قسمت ۲	۴	B_1, A_2
B_3	تسطیح قسمت ۳	۴	B_2, A_3
C_1	آسفالت قسمت ۱	۳	B_1
C_2	آسفالت قسمت ۲	۳	C_1, B_2
C_3	آسفالت قسمت ۳	۳	C_2, B_3

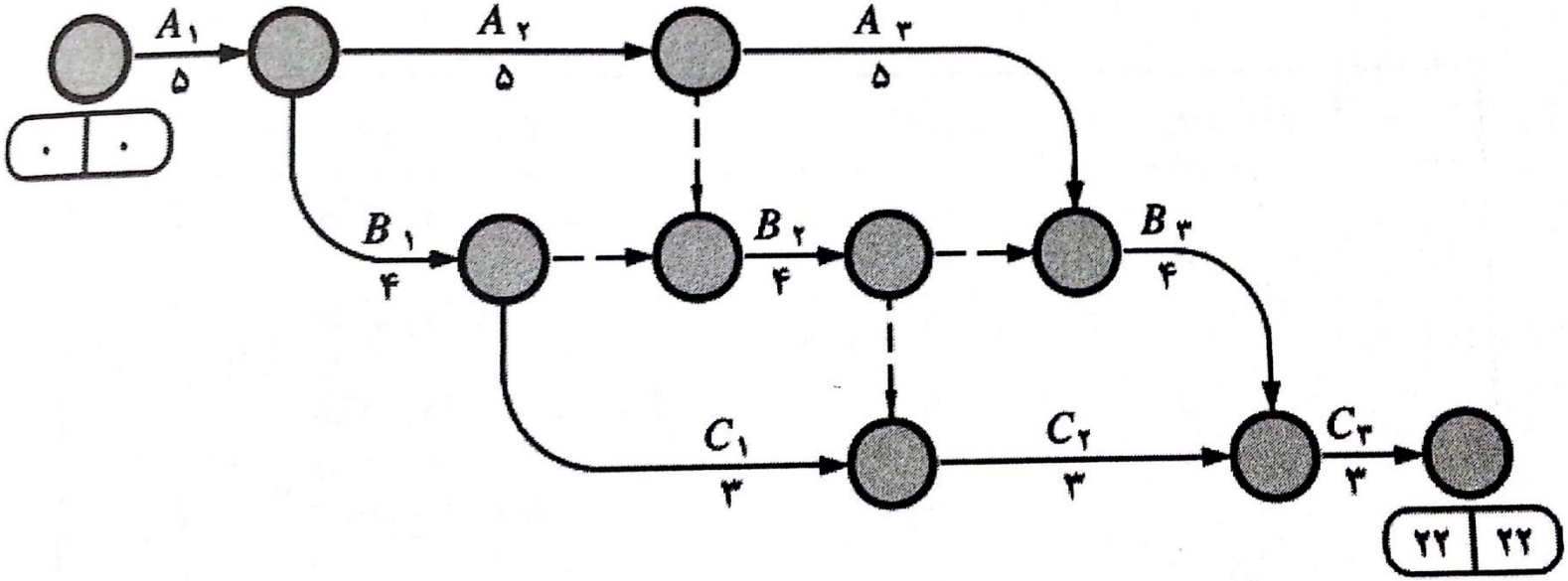


شکل ۱۰_۲۰

فعالیت	شرح	پیش‌نیاز	زمان (روز)
A	خاک‌برداری	—	۱۵
B	انباشتن خاک و تسطیح جاده	A	۱۲
B	آسفالت جاده	B	۹


A
B
C


n'
D
E L
n
n''
(الف)
D
E L
n
(ب)
(E,L)
D
n
(ج)
E
D
n
L
(د)
E i L
ESij
TFij
LSij
E j L
(ه)


A ۱
۵
A ۲
۵
A ۳
۵
۰
۰
B ۱
۴
B ۲
۴
B ۳
۴
C ۱
۳
C ۲
۳
C ۳
۳
۲۲
۲۲

تعریف مرتبط با CPM

D_{ij}	(Duration):	برآورد مدت زمان اجرا فعالیت (i-j)
E_i	(Earliest Event time):	زودترین زمان وقوع واقعه i
L_i	(Latest Event time):	دیرترین زمان وقوع واقعه i
ES_{ij}	(Earliest Start time):	زودترین زمان شروع فعالیت (i-j)
EF_{ij}	(Earliest Finished time):	زودترین زمان پایان فعالیت (i-j)
LS_{ij}	(Latest Start time):	دیرترین زمان شروع فعالیت (i-j)
LF_{ij}	(Latest Start time):	دیرترین زمان پایان فعالیت (i-j)

تعریف مرتبط با CPM-ادامه

فرجه یا شناوری کل برای فعالیت(i-j) (Total Slack or Total Float): S_{ij}

فرجه یا شناوری آزاد برای فعالیت(i-j) (Free Slack or Free Float): FS_{ij}

زمان ختم پروژه (Time Specified for project completion): T_s

فرجه یا شناوری مستقل (Independent slack or Independent Float): IS_{ij}

فرجه یا شناوری تداخلی (Interfering Slack or Interfering Float): RS_{ij}

محاسبات روش مسیر بحرانی

حرکت رفت (Forward Pass) :

محاسباتی است که از گره شروع پروژه آغاز می شود و گره به گره و فعالیت به فعالیت به سمت گره پایان پروژه پیش میرود و در آن گره خاتمه می پذیرد. که دارای ۳ قانون است:

قانون ۱- زودترین زمان وقوع گره شروع را برابر صفر بگیرید مشروط بر آنکه شماره ۱ به گره شروع تخصیص یافته باشد.

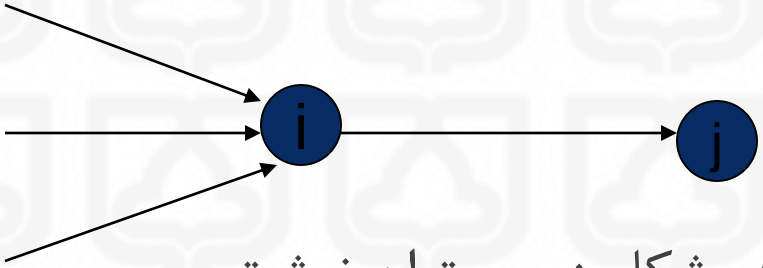
البته این ضابطه برای سهولت کار است و در چگونگی انجام محاسبات تاثیری ندارد.

$$E_1 = 0$$

محاسبات روش مسیر بحرانی-ادامه

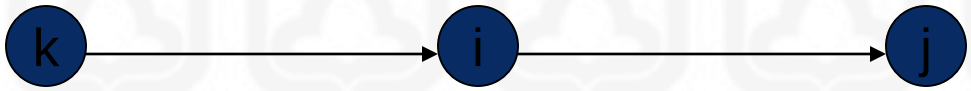
ادامه محاسبه حرکت رفت :

قانون ۲- زودترین زمان وقوع گره (i) یا شروع فعالیت (i-j) به طوری که گره j بعد از گره i باشد، برابر حداکثر مقدار مربوط به زودترین زمان پایان کلیه فعالیتهای پیش نیاز آن است، یعنی:



$$E_{i,} \quad ES_{ij} = Max(EF_{ki} \quad \forall k)$$

بنابراین ، در گره های ساده مانند گره i در شکل زیر میتوان نوشت:



محاسبات روش مسیر بحرانی-ادامه

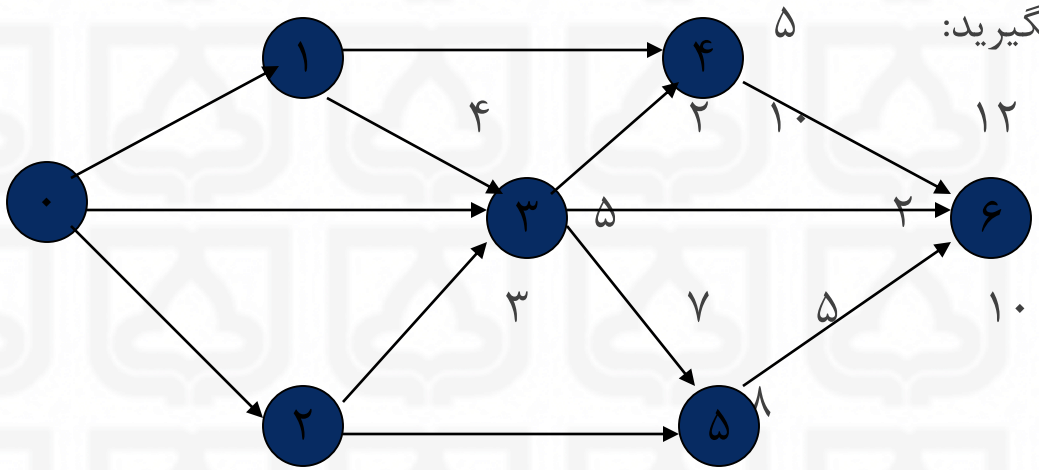
ادامه محاسبه حرکت رفت :

قانون ۳- زودترین زمان ختم فعالیت (i-j) برابر است با زودترین زمان شروع فعالیت، بعلاوه زمان انجام آن فعالیت.

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

مثال

شبکه زیر را نظر بگیرید:



زمان هر فعالیت روی کمان مربوطه نوشته شده است. واحد زمان در این شکل "روز" است. برای شروع محاسبه یک تاریخ برای رویداد آغازین شبکه تعیین می شود.

حل مثال

اگر تاریخ وقوع رویداد آغازین شبکه صفر باشد، زودترین تاریخ وقوع رویداد ۱، برابر با ۴ خواهد بود . $E_1 = 4$ همین طور ، زودترین تاریخ وقوع رویداد ۲، برابر با ۳ میباشد. برای رسیدن به رویداد ۳، سه راه وجود دارد این سه راه عبارتند از: $E_2 = 3$

الف) ۳ ⟵ ۰ (از رویداد صفر به رویداد ۳)

ب) ۳ ⟵ ۲ ⟵ ۰ (از رویداد صفر به رویداد ۲ و از ۲ به رویداد ۳)

ج) ۳ ⟵ ۱ ⟵ ۰ (از رویداد صفر به رویداد ۱ و از ۱ به رویداد ۳)

زمانهای لازم برای عبور از این سه راه :

الف) ۵ ب) ۳+۷=۱۰ ج)۴+۲=۶

پس برای اینکه رویداد ۳ محقق شود، زودترین تاریخ وقتی است که هر سه فعالیت که به این رویداد ه دترین تاریخ برابر با عدد ۱۰ خواهد بود پس داریم: $E_3 = 10$

حل مثال-ادامه

رویداد ۴ از دو راه قابل دسترسی است:

الف) از ۱ به ۴ - زمان لازم عبارتست از: $E_1 + D_{1-4} = 4+5 = 9$

ب) از ۳ به ۴ – زمان لازم عبارتست از : $E_3 + D_{3-4} = 10+10 = 20$

زودترین تاریخ رویداد ۴، برابر با بزرگترین عدد بدست آمده است، یعنی : $E_4 = 20$

به همین ترتیب زودترین تاریخ برای وقوع رویداد ۵، عبارتست از:

$E_2 + D_{2-5} = 3+8 = 11$

$E_3 + D_{3-5} = 10+5 = 15$

$E_5 = 15$

$E_5 + D_{5-6} = 15+10 = 25$

$E_4 + D_{4-6} = 20+12 = 32$

$E_3 + D_{3-6} = 10+2 = 12$

زودترین تاریخ وقوع رویداد ۶

(زودترین تاریخ تکمیل پروژه

$E_6 = 32$

نتایج محاسبات حرکت رفت

ردیف	فعالیتها	D	ES	EF
1	0-1	4	0	4
2	0-2	3	0	3
3	0-3	5	0	5
4	1-3	2	4	6
5	1-4	5	4	9
6	2-3	7	3	10
7	2-5	8	3	11
8	3-4	10	10	20
9	3-5	5	10	15
10	3-6	2	10	12
11	4-6	12	20	32
12	5-6	10	15	25

محاسبات روش مسیر بحرانی-ادامه

محاسبه حرکت برگشت:

محاسبات حرکت برگشت ، به منظور تعیین دیرترین زمان وقوع هر گره و دیرترین زمانهای شروع و پایان هر یک از فعالیتهای شبکه انجام میشود و دارای سه قانون میباشد:

قانون۱- دیرترین زمان مجاز برای وقوع گره پایانی را برابر با مقدار مورد نظر(از پیش تعیین شده) یا برابر زودترین زمان وقوع آن گره در نظر بگیرید.

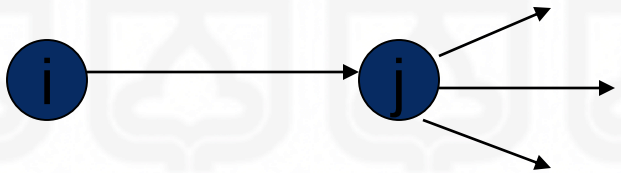
$$L_n = T_s \ or \ E_n$$

یعنی در مرحله تعیین پارامترهای برنامه ریزی پروژه اگر تاریخ پایان پروژه معلوم باشد، در محاسبات حرکت برگشت،دیرترین زمان تحقق گره پایانی پروژه ، معادل با آن قرار داده میشود در غیر اینصورت دیرترین زمان تحقق گره پایان پروژه، برابر با [illegible] میشود.

محاسبات روش مسیر بحرانی-ادامه

ادامه محاسبه حرکت برگشت:

قانون ۲- دیرترین زمان وقوع گره j یا ختم فعالیت (i-j) را برابر با کوچکترین مقدار دیرترین زمانهای شروع فعالیتهای بعد از فعالیت(i-j) بگیرید، یعنی:



$$L_j,\ LF_{ij} = Min(LS_{jk} \quad \forall k)$$

طبق این قانون، دیرترین زمان پایان کلیه فعالیتهایی که به یک گره وارد میشوند، برابر با دیرترین زمان وقوع آن گره است. همچنین چنانچه فقط یک فعالیت از یک گره خارج شود، دیرترین زمان تحقق آن گره ، برابر با دیرترین زمان شروع فعالیت مزبور خواهد بود.

محاسبات روش مسیر بحرانی-ادامه

ادامه محاسبه حرکت برگشت:

قانون ۳- دیرترین زمان شروع فعالیت (i-j) برابر با دیرترین زمان ختم فعالیت منهای مدت زمان اجرای آن است، یعنی:

$$LS_{ij} = LF_{ij} - D_{ij}$$

حل مثال

محاسبات حرکت برگشت را برا ی شبکه مثال قبل انجام میدهیم:

چون زمان خاصی برای T_s مطرح نشده است، دیر ترین زمان وقوع گره پایانی، برابر با زودترین زمان وقوع آن قرار میگیرد.

$$T_6 = E_6 = L_6 = 32$$

حال به دیر ترین تاریخ های ممکن برای سایر رویدادهای شبکه توجه میکنیم.

برای رویداد ۴ دیرترین تاریخ ممکن عبارت است از دیرترین تاریخ رویداد ۶ منهای زمان فعالیت ۶-۴ میباشد.

به عبارت دیگر در صورتیکه لازم باشد رویداد ۶ حداکثر تا تاریخ ۳۲ به وقوع بپیوندد، الزاماً باید رویداد ۴ حداکثر تا تاریخ ۲۰=۱۲-۳۲ اتفاق افتاده باشد، در غیر اینصورت تاریخ وقوع رویداد ۶ از ۳۲ تجاوز خواهد نمود.

$$L_4 = L_6 - D_{4-6} = 32 - 12 = 20$$

به همین ترتیب:

$$L_5 = L_6 - D_{5-6} = 32 - 10 = 22$$

ادامه حل مثال

در حرکت بازگشتی از رویداد پایانی به سوی رویداد آغازین و برای رسیدن به رویداد ۳ ، سه راه وجود دارد:

الف) از ۶ به ۳

ب) از ۴ به ۳

ج) از ۵ به ۳

$$L_6 - D_{3-6} = 32 - 2 = 30$$
$$L_4 - D_{3-4} = 20 - 10 = 10$$
$$L_5 - D_{3-5} = 22 - 5 = 17$$

دیرترین تاریخ ممکن برای وقوع رویداد ۳ عبارت از کوچکترین عددی که بدین طریق محاسبه شده، یعنی عدد ۱۰ خواهد بود. (زیرا در صورتیکه رویداد ۳ در هر تاریخی دیرتر از ۱۰ به وقوع بپیوندد فعالیت ۴-۳ دیرتر از تاریخ ۲۰ تکمیل شده و در نتیجه تاریخ وقوع رویداد ۴ از عدد L_4 که قبلاً محاسبه شده تجاوز خواهد کرد) پس داریم :

$$L_3 = 10$$

ادامه حل مثال

به همین ترتیب برای هر رویداد کوچکترین عدد بدست آمده بعنوان دیرترین تاریخ انتخاب می شود:

برای رویداد ۱:

$$L_4 - D_{1-4} = 20 - 5 = 15$$
$$L_3 - D_{1-3} = 10 - 2 = 8$$
$$L_1 = 8$$

برای رویداد ۲:

$$L_3 - D_{2-3} = 10 - 7 = 3$$
$$L_5 - D_{2-5} = 22 - 8 = 14$$
$$L_2 = 3$$

و برای رویداد صفر:

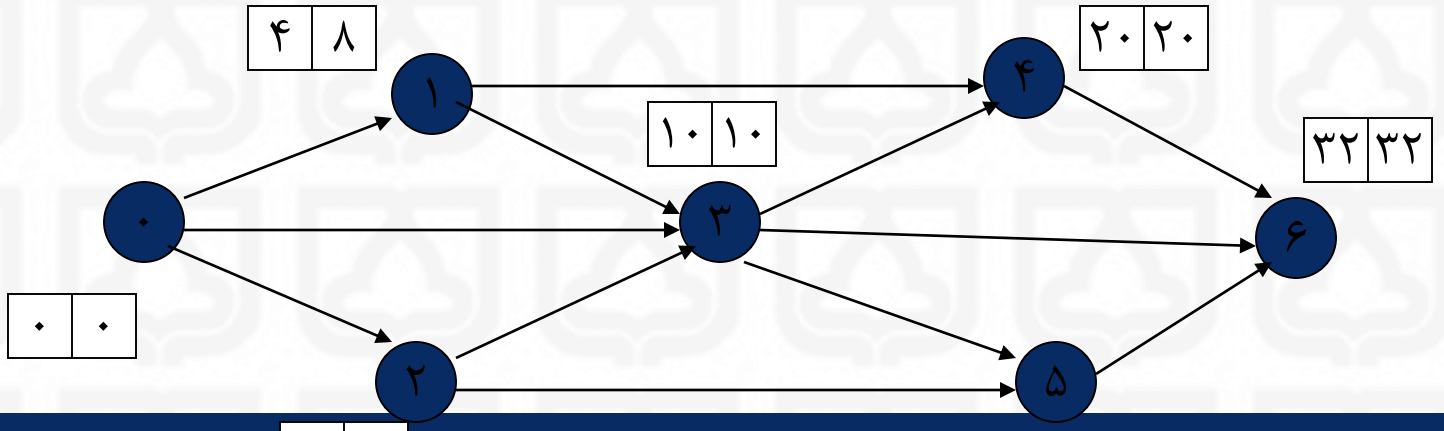
$$L_1 - D_{0-1} = 8 - 4 = 4$$
$$L_3 - D_{0-3} = 10 - 5 = 5$$
$$L_2 - D_{0-2} = 3 - 3 = 0$$
$$L_0 = 0$$

نتایج محاسبات حرکت برگشت

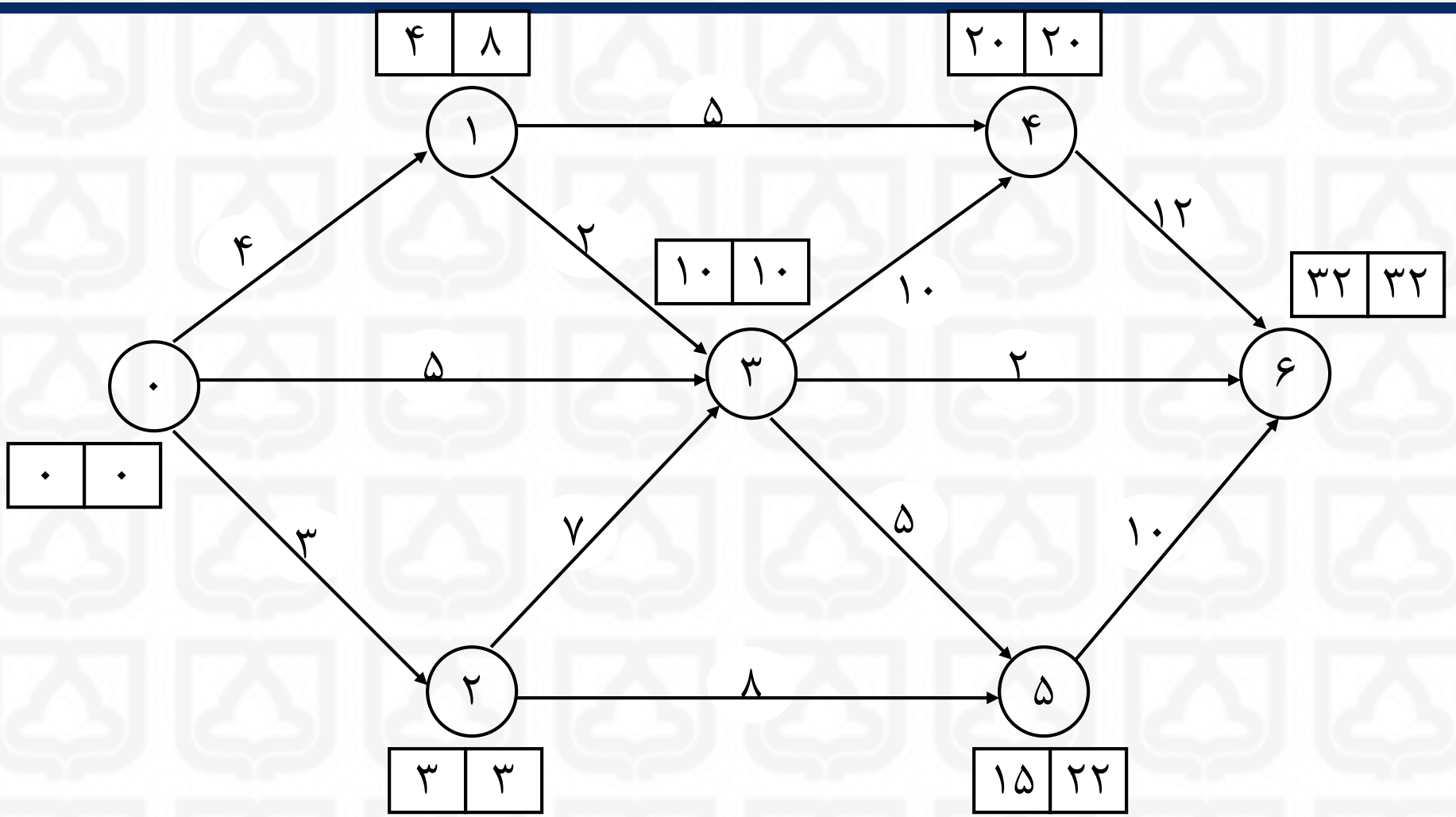
LF	LS	D	فعالیتها	ردیف
8	4	4	0-1	1
3	0	3	0-2	2
10	5	5	0-3	3
10	8	2	1-3	4
20	15	5	1-4	5
10	3	7	2-3	6
22	14	8	2-5	7
20	10	10	3-4	8
22	17	5	3-5	9
32	30	2	3-6	10
32	20	12	4-6	11
32	22	10	5-6	12

ادامه محاسبات رفت و برگشت

برای سهولت در انجام محاسبات رفت و برگشت، در روی شبکه میتوان در کنار هر رویداد(گره) مستطیلی که از دو مربع تشکیل شده قرار داده و به ترتیب که اعداد تا E و L برای گره ها محاسبه می شوند، آنها را در داخل این مربع ها قرار داد و به این ترتیب شبکه زودترین و دیرترین تاریخ های وقوع رویداد ها را نشان میدهد.



شبکه با دیرترین و زودترین تاریخ وقوع



شناوری در تاریخ های وقوع رویدادها

با مراجعه به شکل قبل مشاهده میشود که به عنوان مثال گره ۱ میتواند در هر تاریخی بین روزهای ۴ تا ۸ اتفاق بیفتد . در اینجا گفته میشود که رویداد (گره) ۱ دارای شناوری است و مقدار این شناوری عبارتست از:

۸-۴=۴

تعریف: مقدار شناوری رویداد عبارتست از تفاضل بین زودترین تاریخ و دیرترین تاریخ وقوع:

$$F_i = L_i - E_i$$

شناوری در تاریخ های وقوع رویدادها- ادامه

برای مثال قبل میتوان جهت نشان دادن مقدار شناوریهای رویداد جدول زیر را تشکیل داد:

رویداد	زودترین تاریخ وقوع E	دیرترین تاریخ وقوع L	شناوری
0	0	0	0
1	4	8	4
2	3	3	0
3	10	10	0
4	20	20	0
5	15	22	7
6	32	32	0

ادامه تعاریف مسیر بحرانی

رویداد بحرانی: در یک شبکه رویداد هائی هستند که دارای شناوری صفر(0) می باشند. زودترین و دیرترین تاریخ های وقوع این رویدادها همواره مساوی بوده و هر تغییری در این تاریخ ها باعث خواهد شد که زمان لازم برای تکمیل پروژه را تغییر دهد.

راههای (مسیرهای) شبکه: یک سری از فعالیتها که از رویداد آغازین شبکه شروع، و به رویداد پایانی شبکه ختم میشوند را راه یا مسیر مینامند. (Network Paths)

مقدار شناوری یک راه: عبارت از اختلاف بین کل زمان لازم برای تکمیل پروژه ،و جمع زمانهای فعالیتهای تشکیل دهنده آن راه میباشد. پس برای یک راه که شامل فعالیتهای1,2,...m باشد داریم:

شناوری راه = $E_c - E_s - (D_1 + D_2 + ... + D_m)$

ادامه تعاریف مسیر بحرانی

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

لذا در مثال مربوط به شبکه، شناوری راه ۶-۴-۱-۰ داریم:

$$E_6 - E_0 - (D_{0-1} + D_{1-4} + D_{4-6}) = 32 - 0 - (4+5+12) = 11$$

مسیر (راه) بحرانی(Critical path):

در هر شبکه حداقل یک راه وجود دارد که شامل طولانی ترین زمان میباشد. این راه را مسیر بحرانی می نامند.

مقدار شناوری مسیر بحرانی همواره برابر صفر است. مسیر بحرانی از رویداد آغازین تا پایانی ، همواره از رویداد

ادامه تعاریف مسیر بحرانی

فعالیتهای بحرانی: فعالیتهای تشکیل دهنده یک مسیر بحرانی، فعالیتهای بحرانی نامیده میشوند. در روی مسیر که بحرانی باشد، همه فعالیتها بحرانی خواهند بود و رویدادهای پایه و پایان فعالیتهای بحرانی ، همواره بحرانی خواهند هستند (ولی این شرط برای بحرانی بودن فعالیتها کافی نمی باشد)

قبل از توضیح در مورد تشخیص فعالیتهای بحرانی و در نتیجه مسیر بحرانی، لازم است تاریخ ها و شناوری های فعالیت ها مورد بحث قرار گیرند.

ادامه تعاریف مسیر بحرانی

تاریخ های فعالیت: علاوه بر تاریخ رویدادها، لازم است زودترین و دیرترین تاریخ های ممکن برای شروع و پایان فعالیتها نیز برای مدیران و دست اندرکاران اجرا پروژه معلوم باشد .

بطور مثال در شکل بعد ، زودترین و دیرترین تاریخ های وقوع رویدادهای پایه و پایان فعالیت i-j ، همراه با زمان این فعالیت نشان داده شده و این تاریخ ها و زمانها بر روی یک محور زمان نیز به نمایش درآمده اند.

پس ۱) زودترین تاریخ شروع فعالیت(i-j) = زودترین تاریخ وقوع رویداد I

$$ES_{ij} = E_i$$

ادامه تعاریف مسیر بحرانی

۲) زودترین تاریخ پایان (i-j) = زودترین تاریخ شروع(i-j) + زمان (i-j)

$$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij} \Rightarrow EF_{ij} = E_i + D_{ij}$$

۳) دیرترین تاریخی که فعالیت(i-j) میتواند کامل شود، باید تاریخی باشد که باعث به تاخیر افتادن تاریخ وقوع رویداد j نشده و در نتیجه زمان تکمیل پروژه را به تاخیر نیندازد،پس :

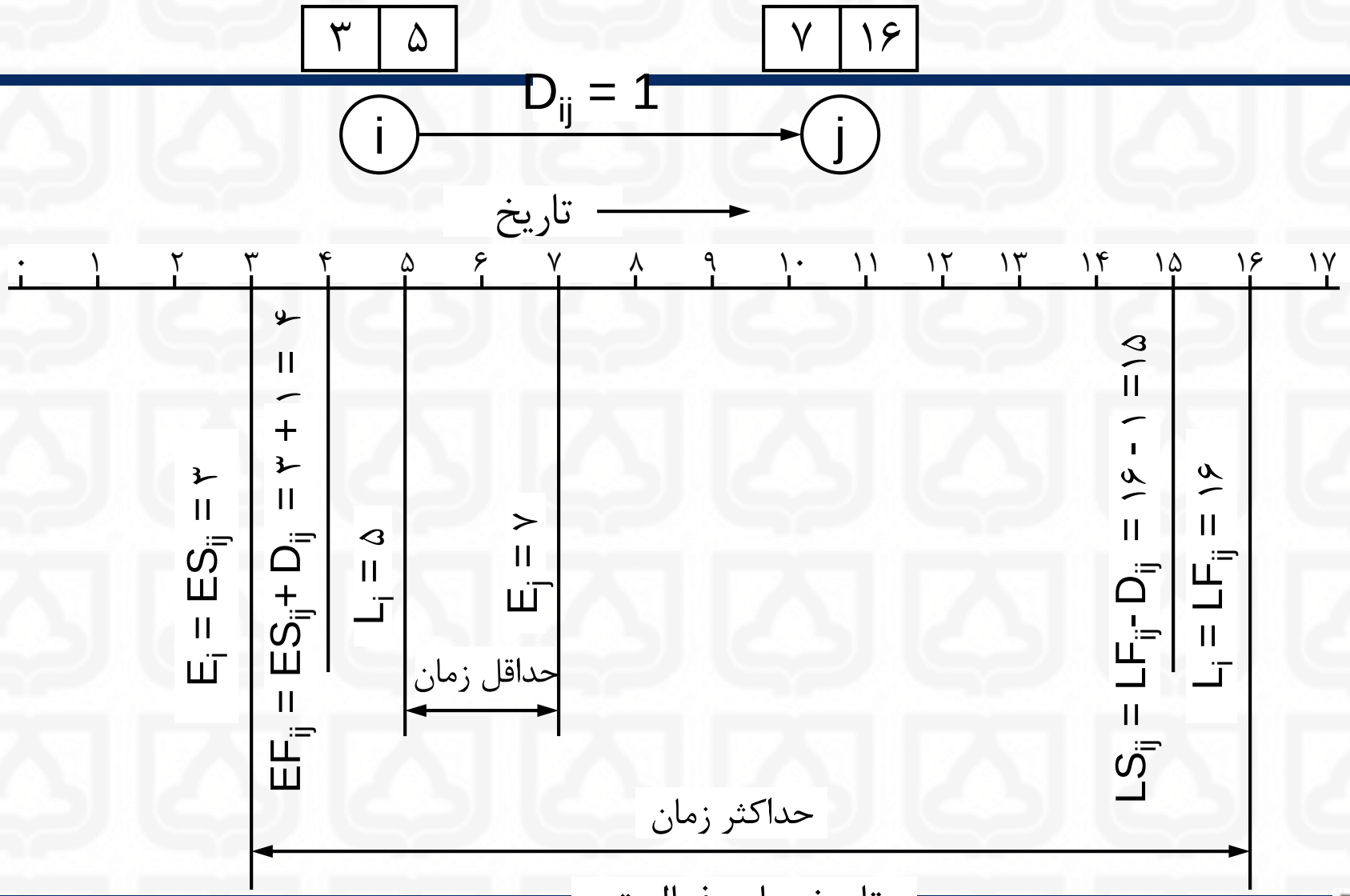
دیرترین تاریخ پایان (i-j) = دیرترین تاریخ وقوع زویداد j

$$LF_{ij} = L_j$$

۴) برای اینکه(i-j) بتواند حداکثر تا تاریخ LF_{ij} کامل شود، دیرترین تاریخ شروع آن عبارت خواهد بود از:

دیرترین تاریخ شروع (i-j) = دیرترین تاریخ پایان(i-j) –زمان فعالیت(i-j)

$$LS_{ii} = LF_{ii} - D_{ii} \Rightarrow LS_{ii} = L_j - D_{ij}$$


۳
۵
۷
۱۶
$D_{ij} = 1$
i
j
تاریخ
۰ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷
$E_i = ES_{ij} = ۳$
$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij} = ۳ + ۱ = ۴$
$L_i = ۵$
$E_j = ۷$
حداقل زمان
$LS_{ij} = LF_{ij} - D_{ij} = ۱۶ - ۱ = ۱۵$
$L_j = LF_{ij} = ۱۶$
حداکثر زمان
تاریخ های فعالیت

شناوری فعالیت ها

با مراجعه به شکل قبل میتوان نتیجه گرفت که فعالیت i-j را میتوان در تاریخ ۳ شروع کرد، ولی حتی اگر شروع این فعالیت تا تاریخ ۱۵نیز به تعویق بیفتد، به شرط آنکه بتوان فعالیت را در زمان معمولی خود یعنی یک روزه انجام داد، فعالیت در تاریخ ۱۶ که دیرترین تاریخ ممکن برای وقوع رویداد j است تکمیل شده و بنابراین در زمان تکمیل پروژه اثری نخواهد گذاشت.

در یک شبکه ممکن است تعداد زیادی از فعالیت ها از همین خاصیت انعطاف پذیری در تاریخ های شروع یا پایان برخوردار باشند. در اصطلاح برنامه ریزی، فعالیتهایی را که دارای چنین خاصیتی هستند، فعالیتهای دارای شناوری یا فرجه میگویند.

انواع شناوری

ما سه نوع شناوری داریم:

۱- **شناوری جمعی:** مقدار زمانی که یک فعالیت میتواند به تعویق بیفتد، یا به زمان اجرای آن افزوده شود، بدون آنکه در کل زمان اجرای پروژه تاثیری بگذارد، شناوری جمعی (Total Slack (Float آن فعالیت نامیده می شود.

برای یک فعالیت i-j داریم:

حداکثر زمان قابل دسترس برای فعالیت "i-j" = $LF_{ij} - ES_{ij} = L_j - E_i$ و بنابراین مقدار شناوری جمعی این فعالیت عبارتست از:

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

انواع شناوری- شناوری جمعی

ولی داریم:

$$L_j = LF_{ij} \quad , E_i + D_{ij} = EF_{ij}$$

پس :

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

همینطور داریم:

$$E_i = ES_{ij} \quad , L_j - D_{ij} = LS_{ij}$$

پس :

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

مثال : شکل زیر را که بخشی از یک شبکه است مقدار شناوری جمعی فعالیت (۳-۴) عبارتست از:

$$TF_{3-4} = L_4 - E_3 - D_{3-4} = 16 - 3 - 1 = 12$$

انواع شناوری- شناوری جمعی-ادامه

فعالیت (۴-۳) را میتوان حداکثر به مقدار شناوری جمعی آن

(۱۲ واحد زمان) به تأخیر انداخت و به جای تاریخ ۳ آن را در تاریخ ۱۵ شروع نمود.

همینطور این فعالیت میتواند در تاریخ ۳ شروع شده،ولی به جای آنکه یک روزه اجرا شود،حداکثر به مقدار ۱۲ روز به زمان اجرای آن افزوده شده و ۱۳ روزه تکمیل گردد. در هر یک از این شرایط، تاریخ رویداد ۴ از ۱۶ تجاوز ننموده و در نتیجه تأثیری بر زمان تکمیل پروژه نخواهد داشت.

انواع شناوری- شناوری آزاد

در شکل مثال قبل، اگر فعالیت (۴-۳) از کل زمان شناوری خود استفاده نماید، الزاماً رویداد ۳و۴ به ترتیب در زودترین و دیرترین تاریخهای ممکن به وقوع می پیوندند. چنین حالتی باعث خواهد شد که مثلاً فعالیت (۸-۴) نتواند در زودترین تاریخ ممکن، یعنی در تاریخ ۷، شروع شود چون هنوز فعالیت(۴-۳) کامل نشده و بنابراین رویداد ۴ به وقوع نپیوسته است.

مقدار زمانی که یک فعالیت میتواند به تعویق بیفتد،یا به زمان اجرای آن افزوده شود، بدون آنکه برمقدار شناوری فعالیتهای بعد خود تأثیری بگذارد، شناوری آزاد *(Free Float)* آن فعالیت نامیده میشود. یعنی:

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

انواع شناوری- شناوری آزاد-ادامه

ولی :

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

پس داریم :

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

در مثال شکل قبل داریم:

$$FF_{3-4} = E_4 - E_3 - D_{3-4} = 7 - 3 - 1 = 3$$

انواع شناوری- شناوری مستقل

در شکل قبل، در صورتی که فعالیت (۴-۳) از زمان شناوری آزاد خود استفاده نماید ، گو اینکه بر فعالیت بعدی خود اثری نمیگذارد ولی رویداد پایه این فعالیت یعنی رویداد ۳ باید الزاماً در زودترین تاریخ ممکن اتفاق بیافتد. چنین امری ایجاب میکند که فعالیتهایی که به رویداد ۳ ختم میشوند نتوانند از حداکثر زمان شناوری خود استفاده نمایند. در شرایطی که لازم باشد آن مقدار شناوری برای یک فعالیت مورد استفاده قرار میگیرد که علاوه بر عدم تاثیر بر فعالیتهای بعد از خود بر فعالیتهای پیش از خود(پیش نیاز های خود) نیز اثری نداشته باشد، مناسب است مقدار شناوری مستقل(Independent Float) فعالیت محاسبه گردد،بنا به تعریف:

مقدار زمانی که یک فعالیت میتواند به تعویق بیفتد، یا به زمان اجرای آن افزوده شود بدون آنکه بر شناوری فعالیتهای قبل و بعد از خود تاثیری بگذارد، شناوری مستقل آن فعالیت نامیده میشود

انواع شناوری- شناوری مستقل-ادامه

پس مقدار شناوری مستقل فعالیت (i-j) عبارتست از:

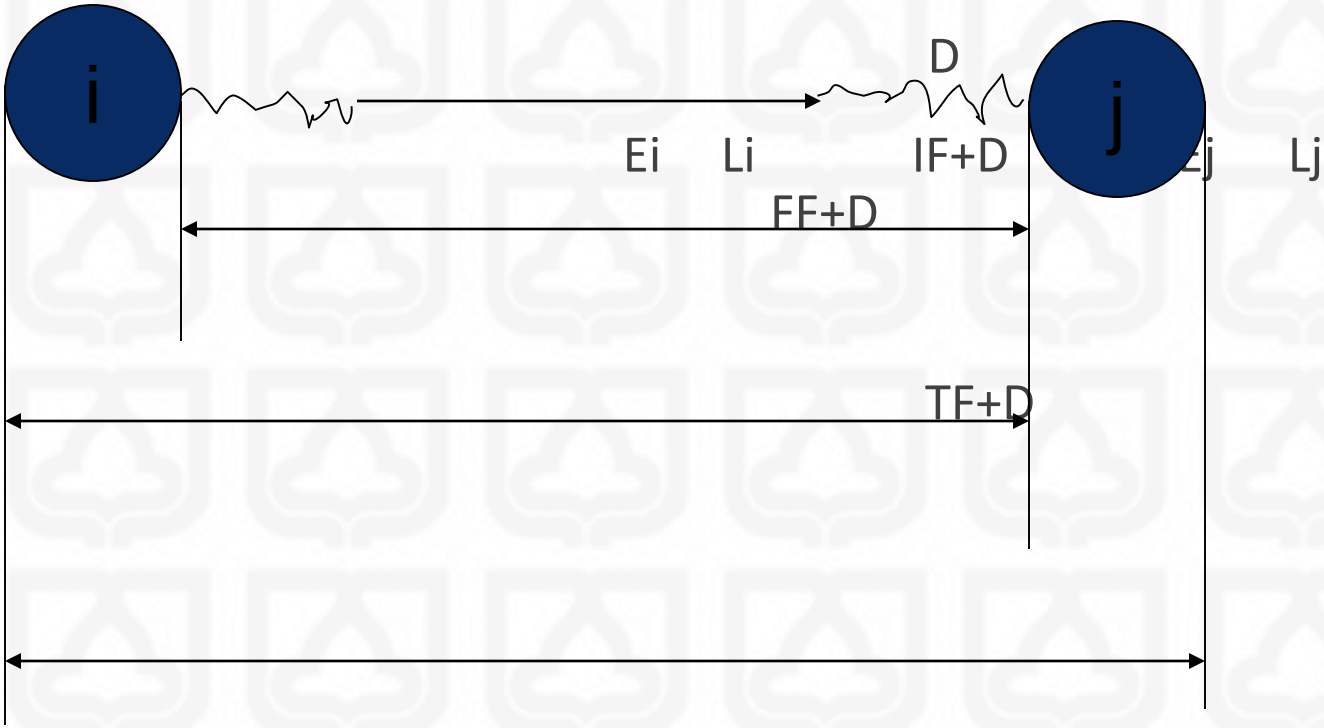
$$IF_{ij} = E_j - L_i - D_{ij}$$

در مثال قبل ، مقدار شناوری مستقل فعالیت (۴-۳) عبارتست از:

$$IF_{3-4} = E_4 - L_3 - D_{3-4} = 7 - 5 - 1 = 1$$

لازم به یادآوری است که مقدار شناوری مستقل فعالیتها میتواند کوچکتر از صفر(منفی) باشد. چنین شرایطی در یک فعالیت این معنی را میرساند که فعالیت مربوطه دارای شناوری مستقل نبوده و حتی در شرایطی که این فعالیت در زمان معمولی خود اجرا میشود، بر شناوری فعالیتهای پیش نیاز و پی آمد خود تأثیر خواهد گذاشت. در شرایطی که مقدار شناوری یک فعالیت منفی باشد، در محاسبات برنامه ریزی، شناوری آن را برابر با صفر (۰) منظور می نمایند.

انواع شناوری-به صورت شماتیک



تعیین فعالیتهای بحرانی و مسیر های بحرانی شبکه

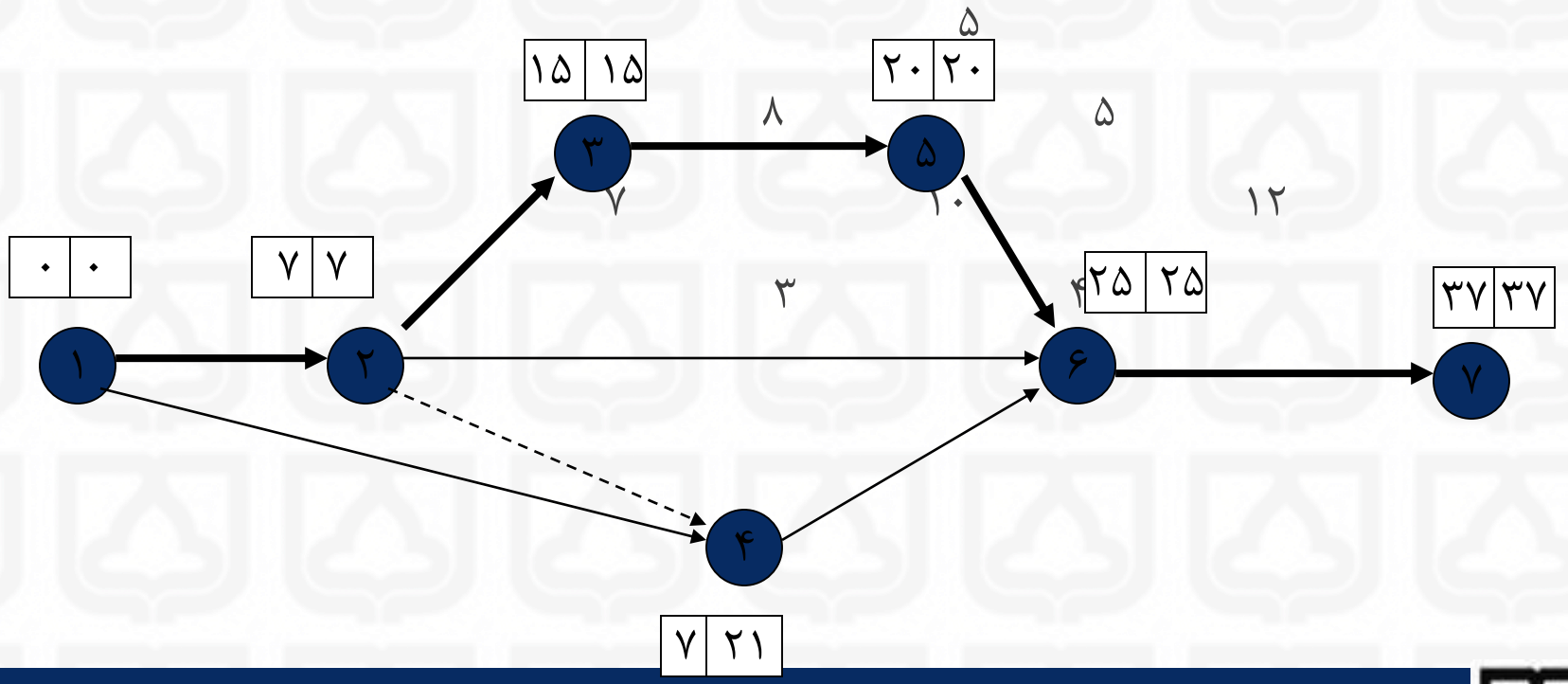
قبلاً گفته شد که در هر شبکه مسیر یا مسیر هایی که دارای طولانی ترین زمان باشند، مسیر بحرانی نامیده شده و فعالیتهای روی این مسیرها، فعالیتهای بحرانی نامیده میشود. پس:

فعالیتهای بحرانی در یک شبکه، فعالیتهایی هستند که شناوری جمعی آنها برابر صفر باشد.

بدیهی است هر مسیری که شامل یک یا چند فعالیت بحرانی باشد، الزاماً همگی فعالیتهای موجود بر روی آن بحرانی نخواهد بود.در یک شبکه ممکن است بیش از یک مسیر بحرانی وجود داشته باشد و حتی در مواردی ممکن است همه فعالیتها و در نتیجه همه مسیرهای یک شبکه بحرانی باشند(در عمل بسیار نادر است) .

تعیین فعالیتهای بحرانی و مسیر های بحرانی شبکه-ادامه

در یک شبکه ممکن است رویدادهای پایه و پایان آنها بحرانی باشند ولی آن فعالیتها بحرانی نباشند، شبکه زیر این موضوع را بهتر نشان میدهد.



تعیین فعالیتهای بحرانی و مسیر های بحرانی شبکه-ادامه

جدول زیر مقادیر شناوری جمعی فعالیتهای شبکه نشان داده شده و فعالیتهای بحرانی مشخص گردیده اند. فعالیت ۶-۲ گو اینکه دارای رویداد پایه و پایان بحرانی است ولی این فعالیت بحرانی نبوده ودر حقیقت از ۸ واحد زمان، شناوری جمعی برخوردار است. شبکه بحرانی با خطوط زخیم مشخص شده است.

فعالیت	شناوری جمعی	ملاحضات
۱-۲	۷-۰-۷=۰	بحرانی
۲-۳	۱۵-۷-۸=۰	بحرانی
۱-۴	۲۱-۰-۳=۱۸	
۲-۴	۲۱-۷-۰=۱۴	
۳-۵	۲۰-۱۵-۵=۰	بحرانی
۲-۶	۲۵-۷-۱۰=۸	
۴-۶	۲۵-۷-۴=۱۴	
۵-۶	۲۵-۲۰-۵=۰	بحرانی
۶-۷	۳۷-۲۵-۱۲=۰	بحرانی

فعالیتهای بحرانی شبکه

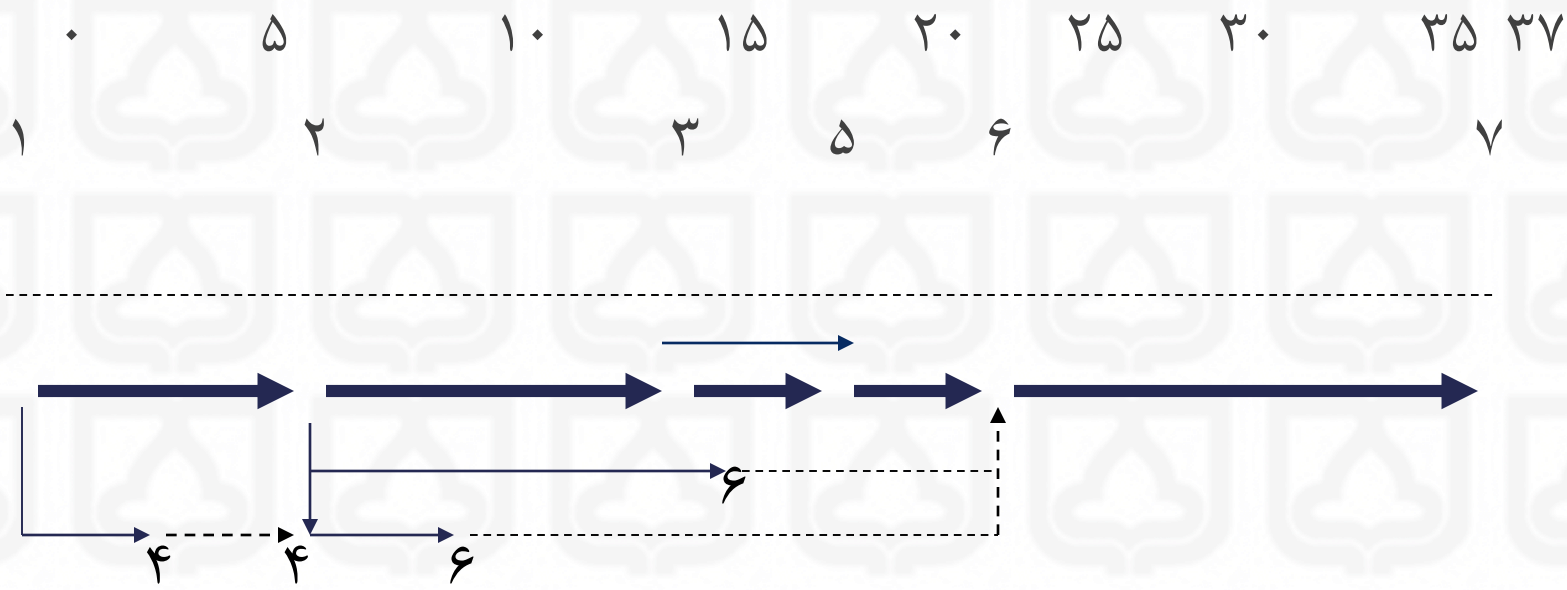
تفکیک فعالیتهای بحرانی از سایر فعالیتهای شبکه از آن نظر شایسته اهمیت است که مدیران و مسؤولان اجرایی بتوانند این فعالیتها را با دقت و توجه بیشتری زیر نظر و کنترل داشته و از به تعویق افتادن یا طولانی تر شدن زمان اجرای آنها جلوگیری نمایند.

چون هرگونه تأخیری در تاریخ تکمیل این فعالیتها،تاریخ تکمیل پروژه را به تعویق خواهد انداخت.

شکل اسلاید بعد ، شبکه مربوط به شکل قبلی با مقیاس زمان را نشان میدهد.

فعالیتهای بحرانی شبکه- ادامه

در شکل زیر فعالیتهای بحرانی، مسیر بحرانی ۷-۶-۵-۳-۲-۱ را تشکیل داده اند. سایر فعالیتهای پروژه (فعالیتهای ۴-۱ و۶-۴ و۶-۲) بحرانی نیستند . همانگونه که در شکل ملاحظه میشود فعالیتهای غیر بحرانی را میتوان تا حدود معینی دیرتر شروع نمود، یا زمان لازم برای اجرای آنها را طولانی تر نمود، بدون آنکه زمان تکمیل پروژه به تأخیر بیفتد.

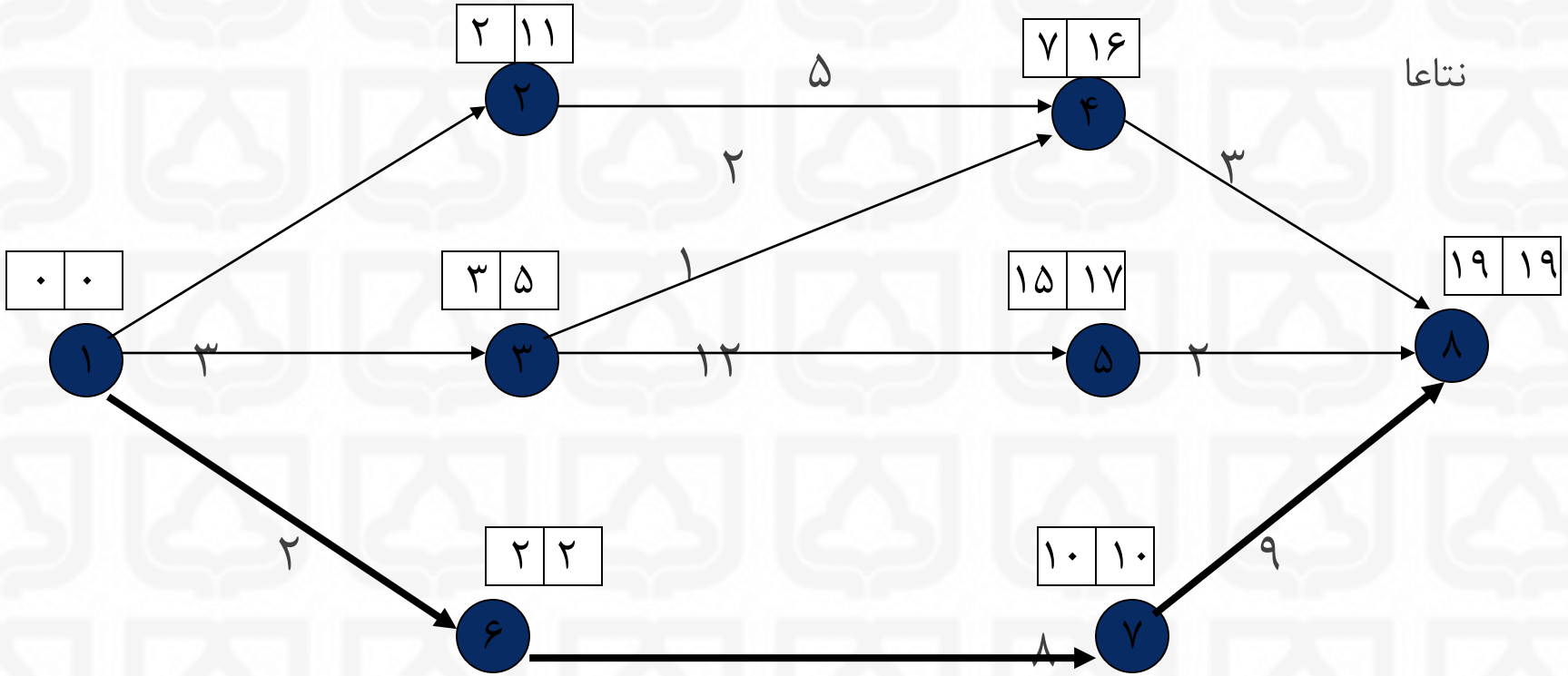


جدول محاسبات اصلی

بهتر است در گوشه سمت راست صفحه ای که بر روی آن شبکه پروژه ترسیم شده است جدولی مثل جدول بعد تشکیل داده و اطلاعات مربوط به زمانها را در آن نشان داد. این جدول مربوط به شکل بعد که محاسبات پیشروی و بازگشتی انجام گرفته،میباشد.

مسیر بحرانی شامل فعالیتهای دارای شناوری صفر (TF=0) بوده و این مسیر در شکل بعد مشخص شده است.

جدول محاسبات اصلی- مثال



جدول محاسبات اصلی-ادامه

$$ES_{3-5} = E_3 = 3$$ زودترین تاریخ شروع

$$EF_{3-5} = E_3 + D_{3-5} = 3+12 = 15$$ زودترین تاریخ پایان

$$LS_{3-5} = L_5 - D_{3-5} = 17-12 = 5$$ دیرترین تاریخ شروع

$$LF_{3-5} = L_5 = 17$$ دیرترین تاریخ پایان

$$TF_{3-5} = L_5 - E_3 - D_{3-5} = 17-3-12 = 2$$ شناوری جمعی

$$FF_{3-5} = E_5 - E_3 - D_{3-5} = 15-3-12 = 0$$ شناوری آزاد

$$IF_{3-5} = E_5 - L_3 - D_{3-5} = 15-5-12 = -2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow IF_{3-5} = 0$$ شناوری مستقل

جدول محاسبات اصلی-ادامه

فعالیت i-j	زمان D	زودترین تاریخ شروع ES	زودترین تاریخ پایان EF	دیرترین تاریخ شروع LS	دیرترن تاریخ پایانL F	شناوری جمعی TF	شناوری آزاد FF	شناوری مستقل IF	ملاحضات
1-2	2	0	2	9	11	9	0	0	
1-3	3	0	3	2	5	2	0	0	
1-6	2	0	2	0	2	0	0	0	بحرانی
2-4	5	2	7	11	16	9	0	(-9)0	
3-4	1	3	4	15	16	12	3	1	
3-5	12	3	15	5	17	2	0	(-2)0	
4-8	3	7	10	16	19	9	9	0	
5-8	2	15	17	17	19	2	2	0	
6-7	8	2	10	2	10	0	0	0	بحرانی
7-8	9	10				0	0	0	بحرانی

ترتیب بندی فعالیتها به ترتیب درجه بحرانی بودن

یکی از دلایل لزوم تفکیک فعالیتهای شبکه به فعالیتهای بحرانی و غیر بحرانی، آن است که برای مدیریت و مسئولین، این امکان فراهم باشد که توجه خود را به فعالیتهای بحرانی معطوف داشته و تاریخ های شروع و پایان آنها تحت کنترل داشته باشند.

در یک شبکه ، علاوه بر فعالیتهای بحرانی که دارای شناوری جمعی صفر هستند، ممکن است فعالیتهای دیگری نیز وجود داشته باشند که گرچه دارای شناوری جمعی صفر نیستند و در نتیجه طبق تعریف بحرانی نامیده نمی شوند، ولی مقدار شناوری جمعی آنها بسیار کم میباشد. چنین فعالیتهایی در اصطلاح برنامه ریزی " نیمه بحرانی" یا Sub-Critical نامیده میشوند.

ترتیب بندی فعالیتها به ترتیب درجه بحرانی بودن-ادامه

در صورتی که مثلاً تاریخ اجرای یک فعالیت زیر بحرانی با شناوری جمعی ۲ روز، به مدت ۲ روز به تأخیر بیفتد دیگر امکان به تعویق انداختن تاریخ اجرای آن وجود نداشته و عملاً این فعالیت حالت بحرانی خواهد داشت.

بنابراین، برای کنترل نحوه پیشرفت کار مناسب است که توجه مسئولین پروژه به فعالیتهای مختلف، بستگی به مقدار شناوری این فعالیتها داشته و به هر میزان که شناوری فعالیتی کمتراست، دقت و توجه بیشتری از سوی مدیریت به آن معطوف گردد.

ترتیب بندی فعالیتها به ترتیب درجه بحرانی بودن-ادامه

برای مرتب کردن فعالیتها به ترتیب میزان بحرانی بودن آنها به روش زیر عمل میکنیم:

۱- فعالیتها را به ترتیبی گروه بندی میکنیم که هرگروه دارای فعالیتهایی باشد که شناوری جمعی آنها با یکدیگر مساوی است.

۲- گروهها را به ترتیب افزایش شناوری جمعی فعالیتهای آنها مرتب می کنیم.

۳- در داخل هر گروه، فعالیتها را به ترتیب افزایش زودترین تاریخ ممکن برای شروع، مرتب میکنیم.

ترتیب بندی فعالیتها به ترتیب درجه بحرانی بودن-ادامه

در صورتی که روش بالا را برای فعالیتهای مربوط به شبکه نشان داده شده در شکل وجدول قبل اعمال کنیم، فعالیتها به ترتیب نشان داده شده در ستون سوم جدول زیر قرار خواهند گرفت:

گروه	فعالیت	فعالیت به ترتیب افزایش ES	میزان بحرانی بودن
۱	۷-۸	۱-۶	حداکثر
	۱-۶	۶-۷	
	۶-۷	۷-۸	
۲	۱-۳	۱-۳	
	۵-۸	۳-۵	
	۳-۵	۵-۸	
۳	۱-۲	۱-۲	
	۴-۸	۲-۴	
	۲-۴	۴-۸	
۴			حداقل

واقعه کلیدی(Milestone)

در پروژه های واقعی و بزرگ، به دلیل وجود فعالیتهای بسیار زیاد، وقایع بسیاری نیز وجود دارد. برخی از این وقایع، از اهمیت و حساسیت فوق العاده ای برخوردار هستند، بطوریکه یکی از ملاکهای اصلی در تعیین وضعیت پیشرفت پروژه محسوب می شوند. به هر یک از این وقایع نام **واقعه کلیدی** اطلاق می گردد. وقوع هر یک از وقایع کلیدی در پروژه، حاکی از رسیدن پیشرفت پروژه به مقطع خاصی است.

برای مثال، واقعه شروع و واقعه پایان، از وقایع کلیدی محسوب میشوند زیرا شروع و پایان هر پروژه برای مسئولین از اهمیت فراوانی برخوردار است.

واقعه کلیدی، در بسیاری از موارد، واقعه بحرانی شبکه است اما این موضوع در کلیه موارد صادق نیست، یعنی کلمه وقایع کلیدی یک پروژه لزوماً بحرانی نیستند، بلکه مشخصات پروژه ، نظریات مدیر پروژه، نظریات مدیر بالاتر مدیر پروژه، عوامل جوی، محل انجام پروژه، امکانات و ... تعیین کننده کلیدی بودن یک واقعه است.

وابستگی ربطی

این نوع وابستگی که از نوع وابستگی طبیعی است، وقتی مطرح میشود که شروع یا پایان فعالیتی با شروع یا پایان فعالیت یا فعالیتهای دیگر رابطه زمانی داشته باشد.

بنابراین چهار حالت ممکن است بین هردو فعالیت از پروژه وجود داشته باشد.

- SSیا شروع به شروع(Start to start): شروع فعالیت دوم با شروع فعالیت یکم رابطه زمانی دارد
- SF یا شروع به پایان (Start to Finish):پایان فعالیت دوم با شروع فعالیت یکم رابطه زمانی دارد
- FS یا پایان به شروع (Finish to start):شروع فعالیت دوم با پایان فعالیت یکم رابطه زمانی دارد
- FFیا پایان به پایان (Finish to finish):پایان فعالیت دوم با پایان فعالیت یکم رابطه زمانی دارد

شبکه های گره ای

علاوه بر شبکه های برداری، برای نشان دادن فعالیتها و وابستگی های بین آنها، روشهای دیگری نیز ابداع گردیده است.

شبکه های گره ای که در اوایل دهه ۱۹۶۰ میلادی پایه گذاری شده است، گزینه مناسبی برای نمایش فعالیتهای پروژه و وابستگی های بین آنها بوده و در سالهای اخیر کاربردهای زیادی را به خود اختصاص داده اند.

در نمودارهای گره ای، فعالیتها به وسیله گره ها نشان داده شده اند و ارتباطات و وابستگی ها ی بین فعالیتها توسط بردارها نمایش داده میشوند.

شبکه های گره ای (AON) اولین بار توسط مهندس Mons. Bernard Roy

از شرکت مهندسی مشاورMetra International پایه گذاری شده است.

عناصر شبکه های گره ای

شبکه ها ی گره ای از دو عنصر اصلی، **فعالیت** و **بردارهای نشان دهنده وابستگی** تشکیل میشوند.

فعالیتها را معمولاً بوسیله یک چهار ضلعی (مربع یا مستطیل) و در مواردی به وسیله دایره یا بیضی نشان میدهند، که داخل علامتها، نام یا توضیحی مختصر از فعالیتها نوشته میشود.

بردارهای نشان دهنده وابستگی ها برای نشان دادن ارتباطات پیش نیازی بین فعالیتها مورد استفاده قرار میگیرند. که بردارها با خطوط مستقیم یا شکسته یا منحنی نشان داده میشوند.

در شکل زیر ، دو فعالیت A و B این را میرساند که قبل از شروع فعالیت B باید فعالیت A تکمیل شده باشد.

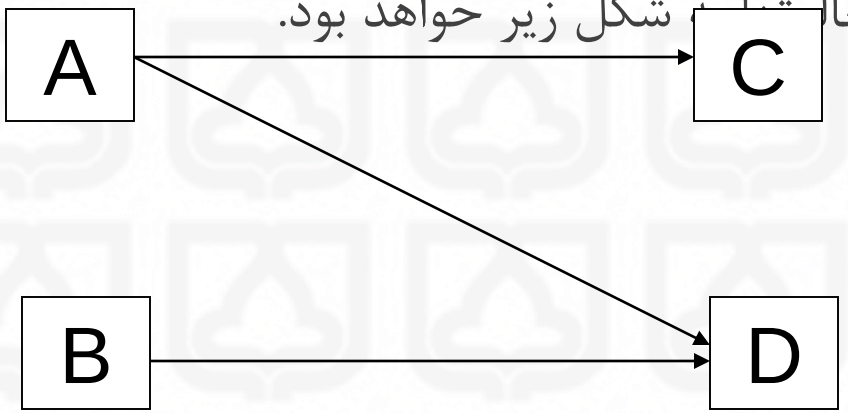
عناصر شبکه های گره ای- ادامه

در صورتیکه فعالیت های A ، B، C و D بخشی از مجموعه فعالیتهای یک پروژه بوده و بین آنها روابط پیش نیازی زیر برقرار باشد:

-C وابسته به A است.

-D وابسته به A و B است.

آنگاه شبکه AON برای این فعالیتها به شکل زیر خواهد بود.



عناصر شبکه های گره ای- ادامه

یا اگر بین فعالیتهای P,N,M,L,K و Q از یک پروژه روابط مطابق جدول زیر برقرار باشد:

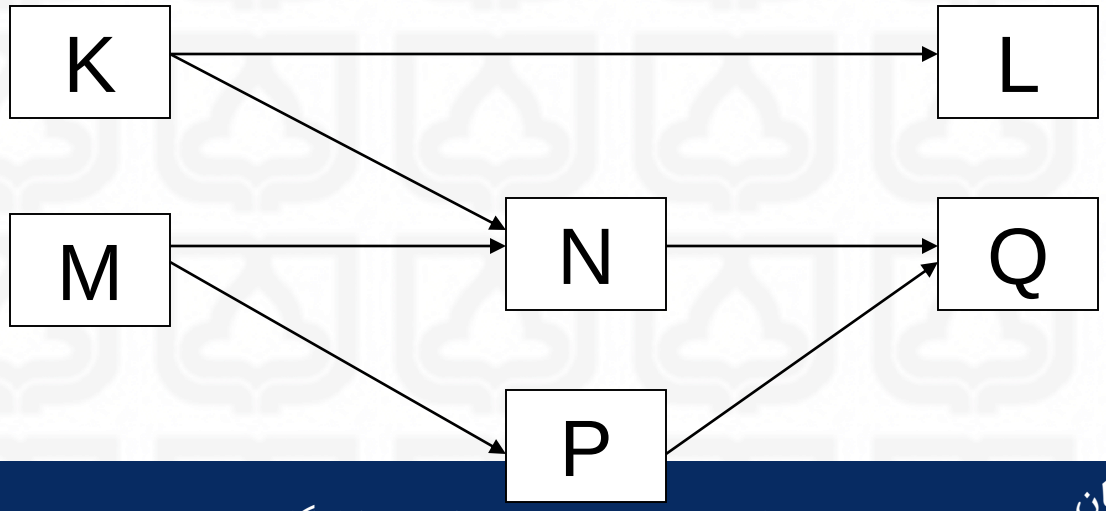
فعالیت	پیش نیازها
K	--
L	K
M	--
N	K,M
P	M
Q	P,N

آنگاه شبکه AON برای این فعالیتها مطابق شکل اسلاید بعد خواهد بود.

عناصر شبکه های گره ای- ادامه

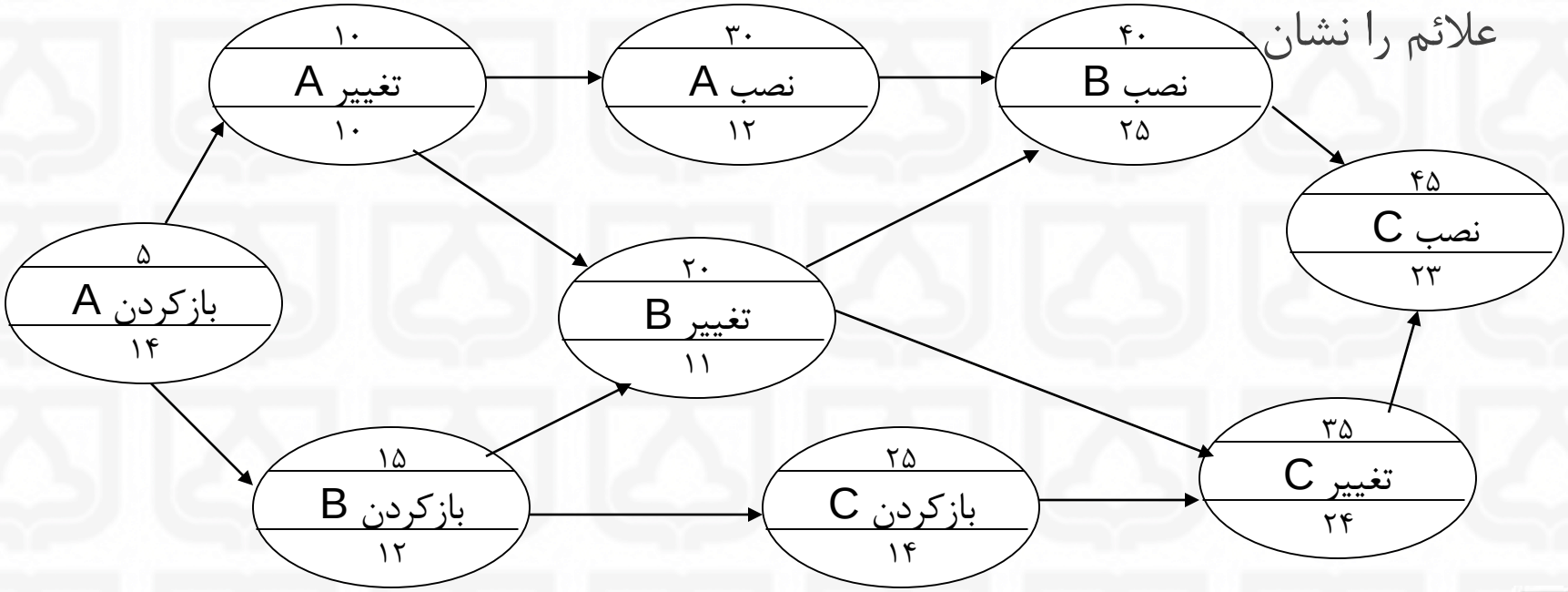
یکی از مزایای قابل توجه در شبکه های AON، این است که در آنها نیازی به ترسیم فعالیتهای مجازی که در شبکه های برداری (AOA) مورد استفاده قرار می گرفتند، نیست.

عیب شبکه های گره ای نسبت به برداری این است که تعداد گره ها در آن بسیار بیشتر از شبکه برداری است. به همین دلیل چندان مورد استفاده واقع نمی شود.



علائم قابل کاربرد بر روی فعالیتها

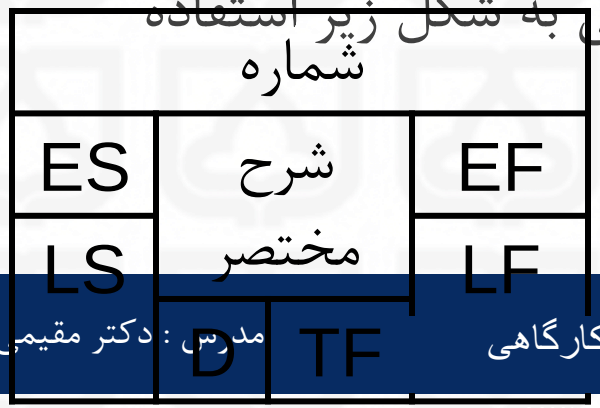
درصورتیکه نمایش نتیجه محاسبات زمانها، بر روی شبکه مورد نیاز نباشد می توان فعالیتها را به صورت دایره یا بیضی نشان داد. شرح مختصر هر فعالیت نیز در داخل علامت مربوطه نوشته می شود. شکل زیر یک نمونه شبکه با این نوع علائم را نشان



علائم قابل کاربرد بر روی فعالیتها- ادامه

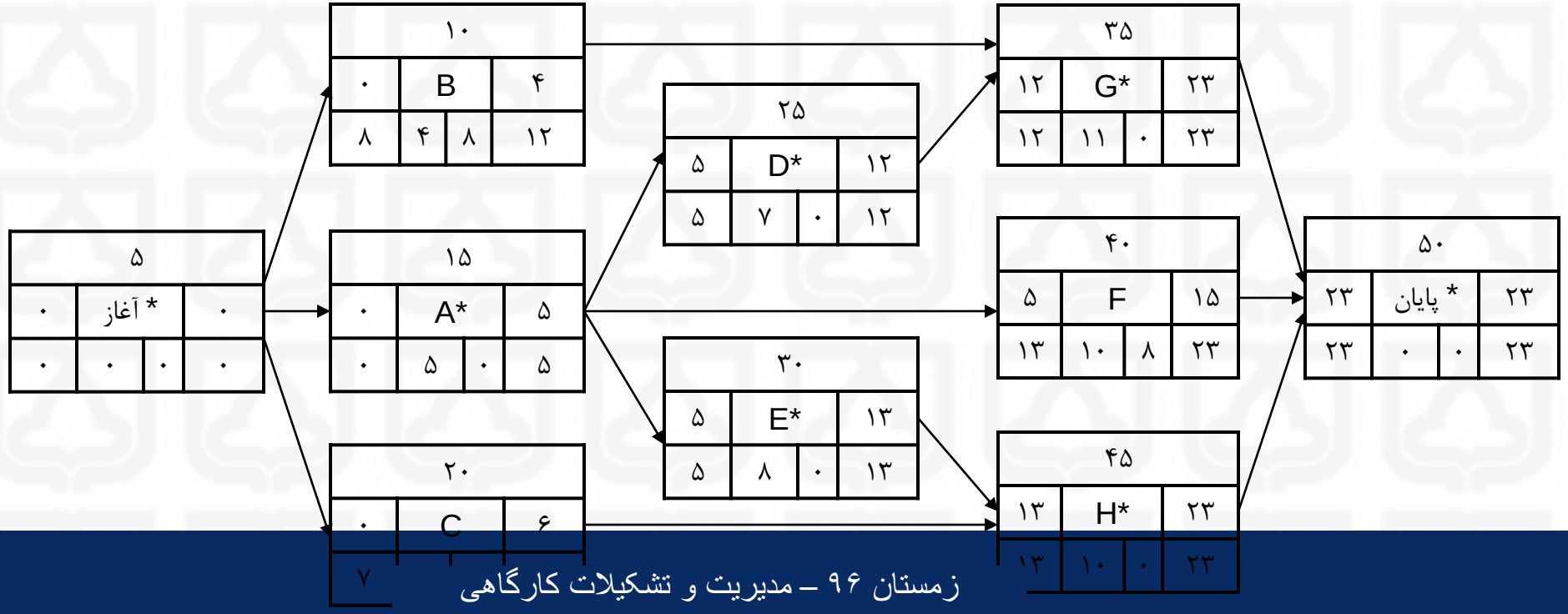
در قسمت بالای هر فعالیت، شماره هر فعالیت و در قسمت پائینی آن، زمان تخمین زده شده برای اجرا یادداشت می شود. در شماره گذاری فعالیتها مناسب است از شماره هائی با فواصل ۵ تائی یا ۱۰ تائی استفاده شود تا امکان اضافه نمودن یک یا چند فعالیت به شبکه در صورت لزوم وجود داشته باشد و همچنین بهتر است شماره گذاری از سمت حرکت کمانها رو به افزایش باشد.

در صورتیکه نمایش نتیجه محاسبات زمانهای فعالیتها بر روی شبکه لازم باشد، مناسب است از علامتهای مربعی یا مستطیلی به شکل زیر استفاده شود.



محاسبات زمان در شبکه های گره ای

اصول محاسبات زمانها در شبکه های گره ای، دقیقاً مطابق اصولی است که برای محاسبات زمانها در شبکه های برداری بکار گرفته میشد. در شکل بعد یک شبکهٔ گره ای را ملاحظه می کنید که محاسبات زمان بر روی آن انجام گرفته است.



محاسبات زمان در شبکه های گره ای- ادامه

در حرکت پیشروی برای یافتن زودترین تاریخ پایان (EF)، زودترین تاریخ شروع فعالیت (ES) به زمان فعالیت افزوده میشود. مثلاً برای فعالیت شماره ۲۵ داریم :

$$EF_{25} = ES_{25} + D_{25} = 5+7 = 12$$

در صورتیکه بیش از یک کمان به فعالیتی می رسد، زودترین تاریخ آغاز آن فعالیت برابر با بزرگترین عدد مربوط به EF های فعالیتهای پیش نیاز آن فعالیت می باشد. مثلاً برای فعالیت ۳۵ داریم:

$$ES_{35} = \text{Max}\,(EF_{10}, EF_{25}) = \text{Max}\,(4\ ,\ 12) = 12$$

محاسبات زمان در شبکه های گره ای- ادامه

حرکت بازگشتی نیز به طریق مشابهی انجام می گیرد و در صورتیکه بیش از یک کمان از فعالیتی خارج شود، عدد LF مربوط به آن فعالیت برابر با کوچکترین عدد مربوط به LS های فعالیت پیامد آن خواهد بود. مثلاً برای فعالیت ۱۵ داریم:

$$LF_{15} = Min(LS_{25}, LS_{30}, LS_{40}) = Min(5,5,13) = 5$$

مقدار شناوری جمعی هر فعالیت نیز، از تفریق اعداد LS و ES مربوط به هر فعالیت قابل محاسبه است. مثلاً برای فعالیت ۴۰ داریم:

$$TF_{40} = LS_{40} - ES_{40} = 13 - 5$$

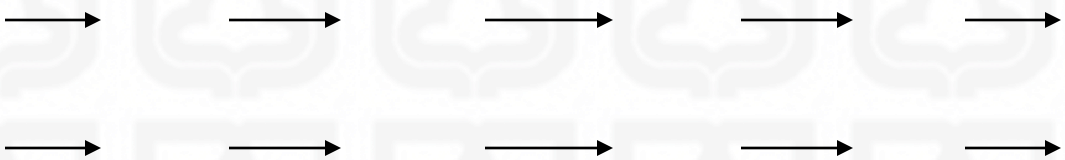
محاسبات زمان در شبکه های گره ای- ادامه

خطوط بحرانی در این شبکه ها به راحتی قابل تشخیص می باشند. در شکل قبل فعالیتهائی که دارای شناوری جمعی صفر (۰) هستند با علامت ستاره (*) مشخص گردیده اند.

این فعالیتها طبق آنچه قبلاً گفته شد، بحرانی هستند بنابراین خطوط بحرانی شبکه عبارتند از:

۱- مسیر (پایان ۵۰ ۳۵ ۲۵ ۱۵ شروع)

۲- مسیر (پایان ۵۰ ۴۵ ۳۰ ۱۵ شروع)



دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری
مدیریت و تشکیلات کارگاهی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷- ۹۶

مدرس : دکتر مقیمی

موازنه زمان - هزینه

در موارد بسیاری لازم است پروژه را زودتر از تاریخ محاسبه شده بر روی شبکه تکمیل نمود. یکی از راه حلهای کوتاه نمودن زمان اجرای پروژه، تسریع در انجام فعالیتها میباشد.برای کاهش زمان یک فعالیت باید میزان منابع مورد استفاده در آن فعالیت را افزایش داد. به عبارت دیگر برای اجرای یک فعالیت در زمانی کوتاه تر از آنچه در شرایط معمولی قابل اجراست، لازم است به حجم منابعی نظیر نیروی کار و تعداد تجهیزات و ماشین آلات افزوده و یا از ماشین آلات پر توان تر استفاده کرد .

کاهش زمان اجرای پروژه همواره با صرف هزینه همراه است که در مقابل با کاهش زمان تکمیل پروژه، صرفه جویی هایی عاید میشود.

مدل های ممکن در بررسی زمان – هزینه

برای تغییرات عوامل هزینه و زمان محدودیتی وجود ندارد.

تاریخ تکمیل مشخص شده است.

بودجه معینی برای تسریع تاریخ تکمیل تعیین شده است.

مدل اول:

برای تغییرات عوامل هزینه و زمان محدودیتی وجود ندارد

در شرایطی ممکن است تعیین زمان مناسب برای تکمیل پروژه به عهده برنامه ریز گذاشته شده باشد. به این معنی که با صرف هزینه ای مناسب برای اجرای پروژه موافقت شده، ولی تعیین این میزان هزینه ، و در نتیجه تعیین تاریخ مشخصی برای تکمیل که به ازای آن این هزینه مصروف خواهد گردید به عهده برنامه ریز باشد.

در این شرایط عاملی که باید حداقل شود، جمع هزینه های پروژه است. در صورتی که مدت انجام پروژه بسیار طولانی شود، هزینه هایی مثل سرمایه بلوکه شده، جریمه تاخیر و... افزایش خواهند یافت و اگر مدت انجام پروژه خیلی کاهش یابد هزینه هایی مثل هزینه کاهش زمان فعالیتها زیاد خواهند بود.

در این مدل هدف تعیین زمان اقتصادی برای اجرای پروژه است که به ازاء آن جمع هزینه های مستقیم و غیر مستقیم در حداقل ممکن باشد.

مدل دوم:

تاریخ تکمیل مشخص شده است.

در بسیاری از پروژه ها، بنا به دلائلی ممکن است تاریخ تکمیل یا T_c تعیین شده باشد . در صورتی که این تاریخ از تاریخ محاسبه شده بر اساس روش محاسبات CPM کمتر(زودتر) باشد، ممکن است فشرده نمودن یا کاهش دادن زمان بعضی از فعالیتها در پروژه الزامی گردد. در اجرای این امر، ممکن است ترکیبهای مختلفی از فعالیتها که زمان آنها قابل کاهش است مورد نظر قرار گیرند. با کاهش زمان فعالیتهای هر یک از ترکیبهای مورد نظر این امکان وجود خواهد داشت که تاریخ پروژه را به T_c برسانند.

در چنین مدلی هدف عبارت از تعیین ترکیب بهینه (اقتصادی ترین ترکیب) برای کاهش فعالیتها است، به نحوی که با امکان پذیر نمودن اجرای پروژه در تاریخ تعیین شده یا T_c، میزان اضافه هزینه بابت تسریع، در حداقل ممکن باشد.

مدل سوم:

بودجه معینی برای تسریع تاریخ تکمیل تعیین شده است.

در مدل قبلی (دوم) عامل زمان محدود به T_c بوده و عامل قابل تغییر، عبارت از هزینه قابل صرف برای تکمیل پروژه در تاریخ T_c بود. در این مدل بر عکس حالت قبل، عامل زمان قابل تغییر بوده، ولی حداکثر مقدار اضافه هزینه ای که برای تسریع پروژه قابل پرداخت است، تعیین شده است.

در چنین مدلی هدف یافتن بهترین ترکیب کاهش فعالیتها است، به صورتی که پروژه در زودترین تاریخ ممکن قابل تکمیل شدن بوده، ولی میزان هزینه ای که صرف کاهش زمان فعالیتها میشود، از بودجه تعیین شده برای این منظور عدول ننماید.

چگونگی موازنه هزینه- زمان
(Time-Cost Trade-off)

در محاسبات CPM فرض براین است که کلیه فعالیتها، در زمان پیش بینی شده و معمولی خود قابل انجام هستند. حال در مواردی لازم می شود پروژه حتی زودتر از زمان برنامه ریزی شده به اتمام برسد. طبیعی است برای رسیدن به زمان تکمیل زودتر باید زمان تعدادی از فعالیتها را کاهش داد. این کاهش زمان توأم با افزایش منابع کاری آن فعالیتها و صرف هزینه است که آن را انجام ضربتی یا فشرده سازی زمان فعالیت گویند.

از آنجائیکه تاریخ تکمیل پروژه در هر مرحله، حاصل از مجموع زمانهای فعالیتهائی است که در مسیر یا مسیرهای بحرانی واقع شده اند، هدف تبادل هزینه و زمان برای دستیابی به زمان تکمیل زودتر پروژه، انتخاب مجموعه ای از فعالیتها برای فشرده سازی است، بطوریکه هزینه کل فعالیتها کمینه شود.

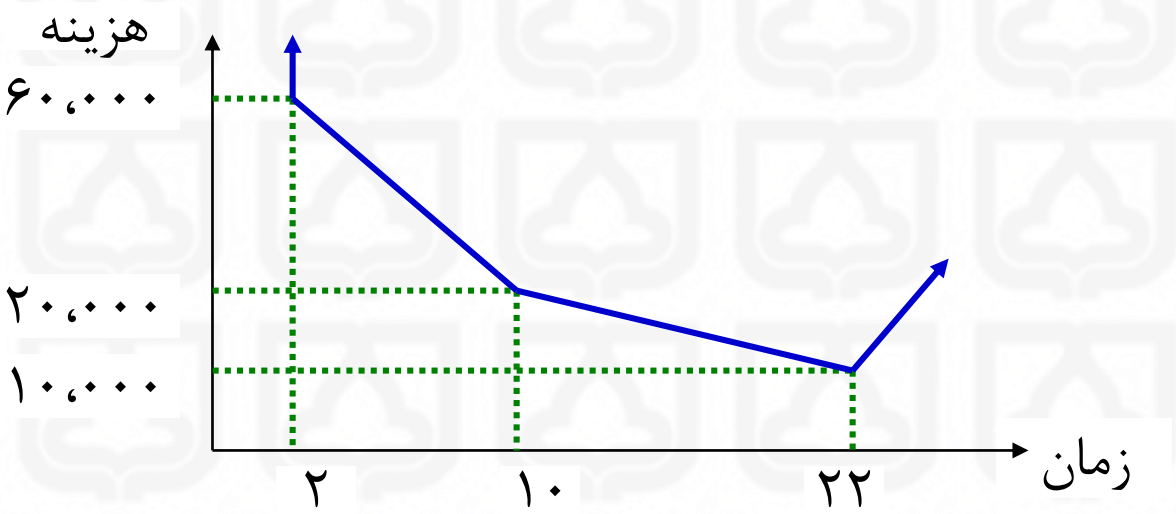
چگونگی موازنه هزینه- زمان (مثال)

شخصی می خواهد با اتوبوس از ایران به ترکیه سفر کند در این حالت زمان مسافرت ۲۲ ساعت و هزینه کرایه اتوبوس ۱۰،۰۰۰ تومان است، اگر بخواهیم زمان سفر را کاهش دهیم می توان با صرف هزینه بیشتر با ترن سریع السیر مسافرت کرد، باز هم برای کاهش بیشتر زمان می توان مسافرت با هواپیما را انتخاب نمود. (به شرح جدول زیر)

روش انجام فعالیت	زمان (ساعت)	هزینه (تومان)	
مسافرت با اتوبوس	۲۲	۱۰،۰۰۰	حالت نرمال
مسافرت با ترن	۱۰	۲۰،۰۰۰	
مسافرت با هواپیما	۲	۶۰،۰۰۰	حالت فشرده

چگونگی موازنه هزینه- زمان ، ادامه

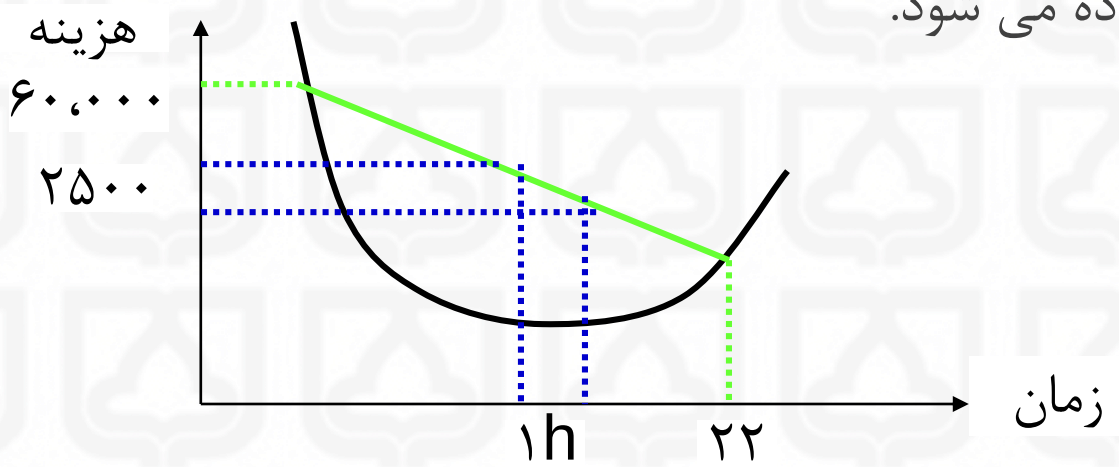
مشاهده می شود کاهش زمان فعالیت تا حد خاصی امکان پذیر است که این حد را **حالت فشرده** انجام فعالیت گویند. در مثال قبل چون روش کوتاهتر از مسافرت با هواپیما وجود ندارد، اگر بخواهیم زمان این فعالیت را از ۲ ساعت کمتر کنیم، این کار امکان پذیر نبوده و هزینه آن بینهایت است. پس حالت فشرده این فعالیت، حالت مسافرت با هواپیما است.



چگونگی موازنه هزینه- زمان ، ادامه

اگر روشهای زیادی برای انجام فعالیت وجود داشته باشد (Multi – Mode) رابطه هزینه – زمان آن بصورت منحنی خواهد بود.

همانطوریکه اشاره شد برای کاهش زمان پروژه به اندازه یک واحد زمانی باید یک یا چند فعالیت که در مسیر یا مسیرهای بحرانی هستند را انتخاب نمود و زمان های آنها را یک واحد کم کرد. این انتخاب باید براساس کمترین هزینه فشرده سازی یک واحد زمانی صورت گیرد، چون بدست آوردن مقدار این هزینه از روی منحنی کار دشواری است، از تقریب شیب خط استفاده می شود.



چگونگی موازنه هزینه- زمان ، ادامه

این خط مطابق رابطه زیر حساب می شود :

$$\frac{\text{هزینه نرمال} - \text{هزینه فشرده}}{\text{زمان فشرده} - \text{زمان نرمال}} = \text{شیب خط یا هزینه تسریع یک واحد زمانی}$$

$$\text{هزینه تسریع یک ساعت مسافرت به ترکیه} = \frac{۶۰،۰۰۰ - ۱۰،۰۰۰}{۲۲ - ۲} = ۲۵۰۰ \text{ تومان}$$

به عبارت دیگر به ازای هر یک ساعت زودتر رسیدن به ترکیه باید تقریباً ۲۵۰۰ تومان خرج نمود.

گام اول : شیب هزینه یا هزینه تسریع یک واحد زمانی را برای کلیه فعالیتها محاسبه می کنیم.

گام دوم: برای کلیه فعالیتها زمان نرمال اجرای آنها را در نظر گرفته و زمان اتمام پروژه یا وقوع رویداد نهائی E_n را محاسبه می کنیم. این زمان را T_f می نامیم. هزینه اتمام پروژه در این حالت برابر با مجموع هزینه های اجرای فعالیتها در حالت نرمال است.

گام سوم: در این مرحله می خواهیم به برنامه $T_f=T_f-1$ برسیم برای این کار مسیرهای بحرانی حالت قبل را در نظر گرفته و فعالیتهائی که در مسیرهای بحرانی هستند را فهرست برداری می کنیم سپس فعالیت یا ترکیبی از فعالیتها که یک واحد تغییر در زمان آنها باعث می شود زمان کل پروژه یک واحد زمانی کاهش یابد را در نظر می گیریم.

اینک براساس معیار هزینه تسریع واحد زمانی از فهرست مذکور فعالیت یا ترکیبی از فعالیتها برای کاهش یک واحد زمانی انتخاب میشوند که دارای کمترین مجموع شیب هزینه باشد. با این انتخاب زمان انجام آن فعالیت یا فعالیتها را به هنگام و مجموع شیب هزینه آنها را به هزینه مرحله قبل اضافه می کنیم. بدیهی است مقدار تغییر در زمان هر فعالیت بین مقادیر زمان نرمال و فشرده آن میسر است.

گام چهارم : گام سوم را آنقدر تکرار می کنیم تا زمان فعالیتهای مسیرهای بحرانی به زمان فشرده آنها برسد. بطوریکه دیگر کاهش زمان پروژه به $T_f=T_f-1$ امکان پذیر نباشد.

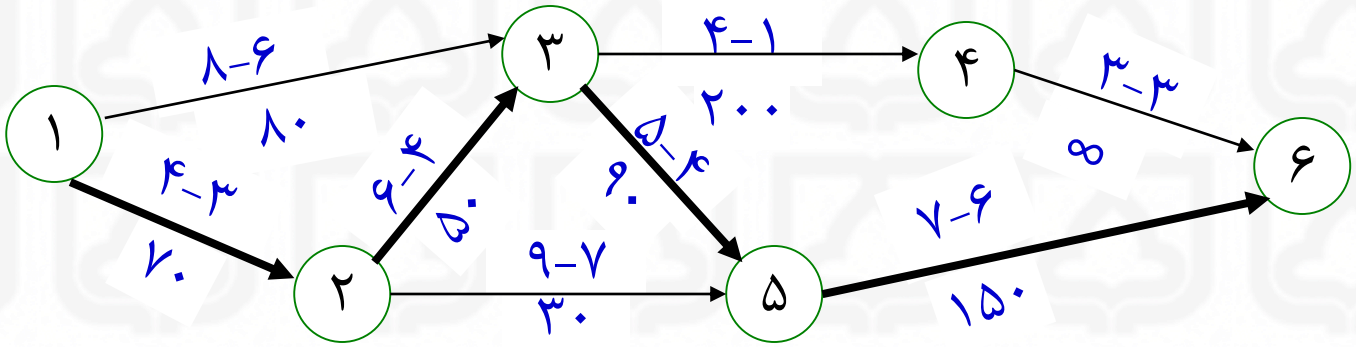
مثال

شیب هزینه	حالت فشرده		حالت نرمال		فعالیت
	هزینه (۱۰۰۰ریال)	زمان (روز)	هزینه (۱۰۰۰ریال)	زمان (روز)	
۷۰	۲۸۰	۳	۲۱۰	۴	۱-۲
۸۰	۵۶۰	۶	۴۰۰	۸	۱-۳
۵۰	۶۰۰	۴	۵۰۰	۶	۲-۳
۳۰	۶۰۰	۷	۵۴۰	۹	۲-۵
۲۰۰	۱۱۰۰	۱	۵۰۰	۴	۳-۴
۹۰	۲۴۰	۴	۱۵۰	۵	۳-۵
∞	۱۵۰	۳	۱۵۰	۳	۴-۶
۱۵۰	۷۵۰	۶	۶۰۰	۷	۵-۶
	۴۲۸۰		۳۰۵۰		

الگوریتم ابتکاری – ادامه مثال

طبق گام ۱ : شیب هزینه یا هزینه تسریع یک واحد زمانی برای کلیه فعالیتها را محاسبه و در ستون آخر جدول قبل نوشته شده است. برای راحتی محاسبات شیب هزینه هر فعالیت در زیر پیکان هر فعالیت در شکل بعدی نشان داده شده است.

طبق گام ۲ : زمان اتمام پروژه با در نظر گرفتن زمانهای نرمال فعالیتها $T_f = 22$ و هزینه آن $C_{22} = 3050$ است.



ادامه مثال

مرحله ۱ از گام ۳: هدف رسیدن به برنامه T=21 روزه است، یعنی پروژه باید در ۲۱ روز به اتمام برسد. از آنجائیکه زمان اتمام پروژه ۲۲ روز حاصل از زمان مسیر بحرانی ۶-۵-۳-۲-۱ است، بنابراین برای کاهش زمان پروژه به اندازه یک روز باید زمان نرمال یکی از فعالیتهای این مسیر که دارای هزینه تسریع واحد زمانی کمتری است، یک روز کاهش یابد. فعالیت ۳-۲ با شیب هزینه ۵۰ دارای کمترین شیب در بین فعالیتهای مسیر بحرانی فوق است. پس زمان نرمال این فعالیت که ۶ روز است را یک روز کاهش می دهیم. هزینه پروژه در این حالت C_{21} = ۳۰۵۰ + ۵۰ = ۳۱۰۰ است.

– ادامه مثال

مرحله ۲ از تکرار گام ۳:

هدف دراین مرحله رسیدن به برنامه T=20 روزه است. نظر به اینکه زمان اتمام ۲۱ روز باز هم حاصل از زمان مسیر بحرانی ۶-۵-۳-۲-۱ است بنابراین برای کاهش زمان پروژه به اندازه ۱ روز باز هم زمان فعالیت

۳-۲ که هزینه تسریع کمتری دارد را یک روز کاهش میدهیم. با اینکار زمان این فعالیت که در مرحله قبل ۵ شده بود به یک روز دیگر کاهش و به ۴ روز یعنی زمان فشرده اش میرسد. هزینه انجام پروژه دراین حالت $C_{20}=3100+50=3150$ است.

– ادامه مثال

مرحله ۳ از تکرار گام ۳ : هدف در این مرحله رسیدن به برنامه T=19 روزه است . از مرحله قبل میدانیم برنامه ۲۰ روزه دارای سه مسیر بحرانی : ۶-۵-۳-۲-۱ و ۶-۵-۲-۱ و ۶-۵-۳-۱ است بنابراین برای کاهش زمان پروژه به اندازه ۱ روز باید ترکیبی از فعالیتها را انتخاب نمود که زمان هر سه مسیر را یک روز کاهش دهد و دارای کمترین شیب هزینه باشد. بعنوان مثال میتوان فعالیتهای ۲-۱ . ۳-۱ را با مجموع شیب هزینه ۷۰+۸۰ و یا فعالیت ۶-۵ که در هر سه مشترک است را با شیب هزینه ۱۵۰یک روز کاهش داد. اما یک راه جالب با هزینه کمینه این است که زمان فعالیتهای ۲-۱و ۵-۳ را یک روز کاهش دهیم که در این حالت هزینه تسریع ۷۰+۹۰ به هزینه ها ی پروژه افزوده میشود اما با اینکار زمان مسیر ۶-۵-۳-۲-۱ به جای ۱۹ روز که هدف برنامه بوده، ۱۸ روزه میشود(چون دو فعالیت در این مسیر فشرده شده است)

– ادامه مثال

بنابراین میتوان زمان فعالیت ۳-۲ را که اشتراکی با سایر مسیر ها ندارد و قبلاً ۲ روز فشرده شده است یک روز افزایش دهیم و بدین ترتیب ۵۰ هزار ریال را که قبلاً برای فشرده سازی یک روز از زمان این فعالیت درنظر گرفته بودیم پس انداز کنیم، در نتیجه هزینه اضافی برای برنامه ۱۹ روزه ۱۱۰=۵۰-۹۰+۷۰ خواهد شد. هزینه انجام پروژه دراین حالت C_{19}=۳۱۵۰+۱۱۰=۳۲۶۰ خواهد شد. زمان فعالیت ۲-۱ سه روز، فعالیت ۵-۳ چهار روز و ۳-۲ را به پنج روز تغییر میدهیم.

– ادامه مثال

مرحله ۴ از تکرار گام ۳ : هدف در این مرحله رسیدن به برنامه $T=18$ روزه است . از مرحله قبل برنامه ۱۹ روزه باز دارای سه مسیر بحرانی ۶-۵-۳-۲-۱ و ۶-۵-۲-۱ و ۶-۵-۳-۱- است. زمان فعالیت های ۲-۱ و ۵-۳ چون به مقدار فشرده اشان رسیده اند را دیگه نمیتوان کاهش داد. کم هزینه ترین راه کاهش یک روزه زمان فعالیت ۶-۵ با هزینه تسریع ۱۵۰ است. هزینه انجام پروژه در اینحالت $C_{18}=۳۲۶۰+۱۵۰=۳۴۱۰$ و زمان فعالیت ۶-۵ به زمان فشرده اش یعنی ۶ خواهد رسید.

– ادامه مثال

مرحله ۵ از تکرار گام ۳: هدف در این مرحله رسیدن به برنامه $T=17$ روزه است. زمان فعالیت قبل برنامه ۱۸ روزه باز دارای ۳ مسیر بحرانی ۶-۵-۳-۲-۱ و ۶-۵-۲-۱و ۶-۵-۳-۱ است. زمان فعالیتهای ۲-۱و ۵-۳و ۶-۵ چون به مقدار فشرده اشان رسیده اند را دیگر نمیتوان کاهش داد. تنها راه کاهش یک روز از زمان هر یک از فعالیتهای ۳-۱و ۳-۲و ۵-۲ با هزین تسریع ۳۰+۵۰+۸۰ است. هزینه انجام پروژه در اینحالت ۳۵۷۰=۱۶۰+۳۴۱۰=C_{17} و زمان فعالیت ۳-۱ هفت روز،۳-۲ چهار روز و ۵-۲ به هشت روز خواهد رسید.

– ادامه مثال

مرحله ۶ از تکرار گام ۳ (گام ۴): هدف دراین مرحله رسیدن به برنامه T=16 روزه است. از مرحله قبل برنامه ۱۷ روزه باز دارای سه مسیر برای ۶-۵-۳-۲-۱-و۶-۵-۲-۱و ۶-۵-۳-۱ است. اما فقط میتوان فعالیتهای ۳-۱ و ۵-۲ را یک روز فشرده کرد سایر فعالیتها به زمان فشرده خود رسیده اند. امکان فشرده سازی بیشتر آنها وجود ندارد. با فشرده سازی این دو فعالیت تنها زمان مسیرهای دوم و سوم فوق به ۱۶ روز میرسند. اما زمان مسیر بحرانی اول همان ۱۷ روز باقی خواهد ماند و چون به هیچ طریق امکان کاهش زمان این مسیر وجود ندارد،زمان پروژه همان ۱۷ روز و با هزینه مرحله قبل C_{17}=۳۵۷۰ باقی خواهد ماند.

هزینه های غیر مستقیم پروژه

علاوه بر هزینه های مستقیم که مستقیماً صرف تسریع فعالیتهای پروژه میشوند نوع دیگری از هزینه ها به نام هزینه های غیر مستقیم وجود دارد که متناسب با طولانی شدن مدت پروژه افزایش می یابند که شامل مخارج غیر مستقیم پروژه مثل آب، برق، انرژی، اجاره محل، بیمه، جریمه دیرکرد و غیره میباشد.

نکته اصلی در تشخیص هزینه های غیر مستقیم این است که این هزینه ها برای کل پروژه صرف شده و نمیتوان آنرا بر حسب تک تک فعالیتها تفکیک نمود.

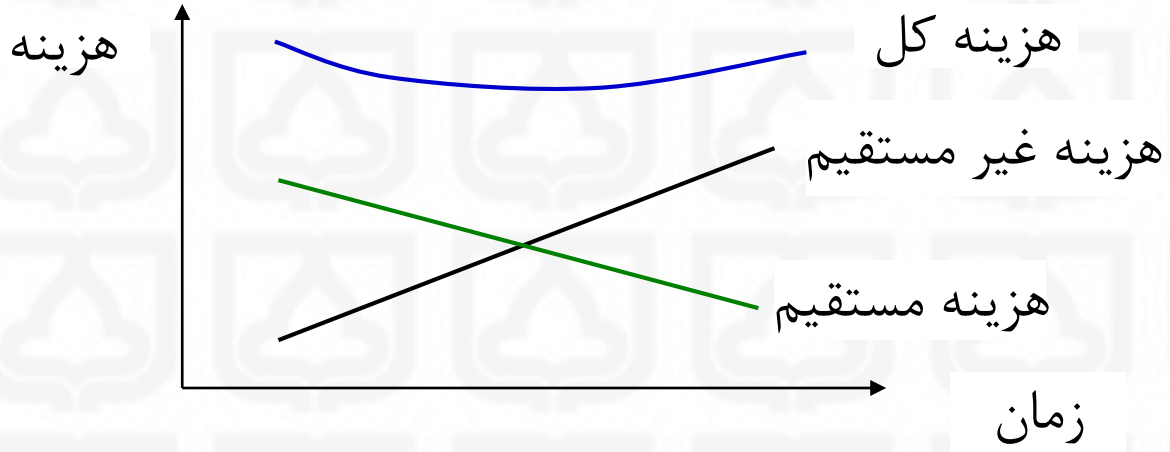
ادامه مثال قبل

فرض کنید در مثال قبل هزینه انرژی، اجاره وسایل و بیمه کارگران از قرار روزی ۶۰ هزار ریال و هزینه های ناشی از دیرکرد کار از قرار روزی ۹۰ هزار ریال باشد. در اینصورت مجموع هزینه های غیر مستقیم پروژه از قرار روزی ۱۵۰ هزار ریال خواهد بود یعنی بطور مثال برای برنامه اتمام ۲۰ روزه، مجموع هزینه های غیر مستقیم ۳۰۰۰=۱۵۰*۲۰ هزار ریال خواهد بود.

مقادیر این هزینه ها برای برنامه های مختلف اتمام پروژه در جدول بعد محاسبه شده است که این هزینه ها بر خلاف هزینه های مستقیم با افزایش طول پروژه افزایش و با کاهش آن کاهش می یابد.

ادامه مثال قبل

برنامه اتمام پروژه (روز)	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷
هزینه مستقیم پروژه	۳۰۵۰	۳۱۰۰	۳۱۵۰	۳۲۶۰	۳۴۱۰	۳۵۷۰
هزینه غیر مستقیم پروژه	۳۳۰۰	۳۱۵۰	۳۰۰۰	۲۸۵۰	۲۷۰۰	۲۵۵۰
هزینه کل	۶۳۵۰	۶۲۵۰	۶۱۵۰	۶۱۱۰	۶۱۱۰	۶۱۲۰



دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری
مدیریت و تشکیلات کارگاهی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷- ۹۶

مدرس : دکتر مقیمی

جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

مدیریت بهره برداری ماشین آلات عمرانی

نشریه شماره ۴۴۹

۳-۳- تعیین حجم عملیات و برنامه ریزی انجام عملیات

۳-۳-۱- تعریف عملیات خاکی:

انجام حفاری‌های روباز، تغییر شکل و تغییر مکان مواد خاکی که مستلزم هر دو عمل خاکریزی و خاکبرداری باشد، عملیات خاکی نامیده می‌شود. عملیات خاکی شامل این موارد اصلی می‌شود:

پاکسازی محوطه از پوشش گیاهی، سست کردن و خاکبرداری مواد، حمل به نقاط خاکریزی، خاکریزی، متراکم ساختن خاک ریخته شده، بسترسازی نهایی نقاط خاکریزی و خاکبرداری، ایجاد زهکش (جهت تخلیه آبهای سطحی جمع شده حاصل از تغییر مسیر جریان طبیعی آب در نتیجه عملیات و تغییر شکل سطحی) و جلوگیری از شسته‌شدن و فرسایش خاکهای سطحی در اثر تمرکز آب و ناهمواری سطح طبیعی.

عملیات خاکی

۱- پاک سازی محوطه

۲- سست کردن زمین

۳- خاکبرداری

۴- انتقال مواد حفاری

۵- بستر سازی

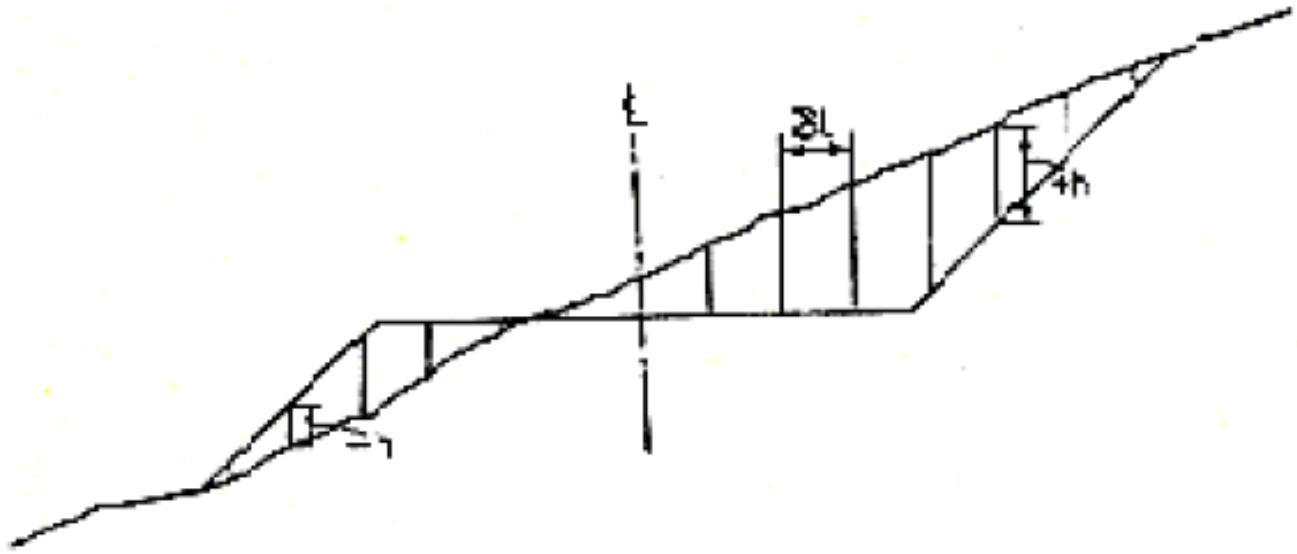
۶- تراکم

اندازه گیری عملیات خاکی بر اساس حجم

- **اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس حجم:**

لازم به ذکر است اکثر کارهای عملیات خاکی بر اساس حجم اندازه‌گیری می‌شوند. حجم محاسبه شده ممکن است در مورد خاک کنده نشده، کنده شده و یا متراکم شده باشد.

- تعیین حجم عملیات خاکی با استفاده از مقاطع عرضی

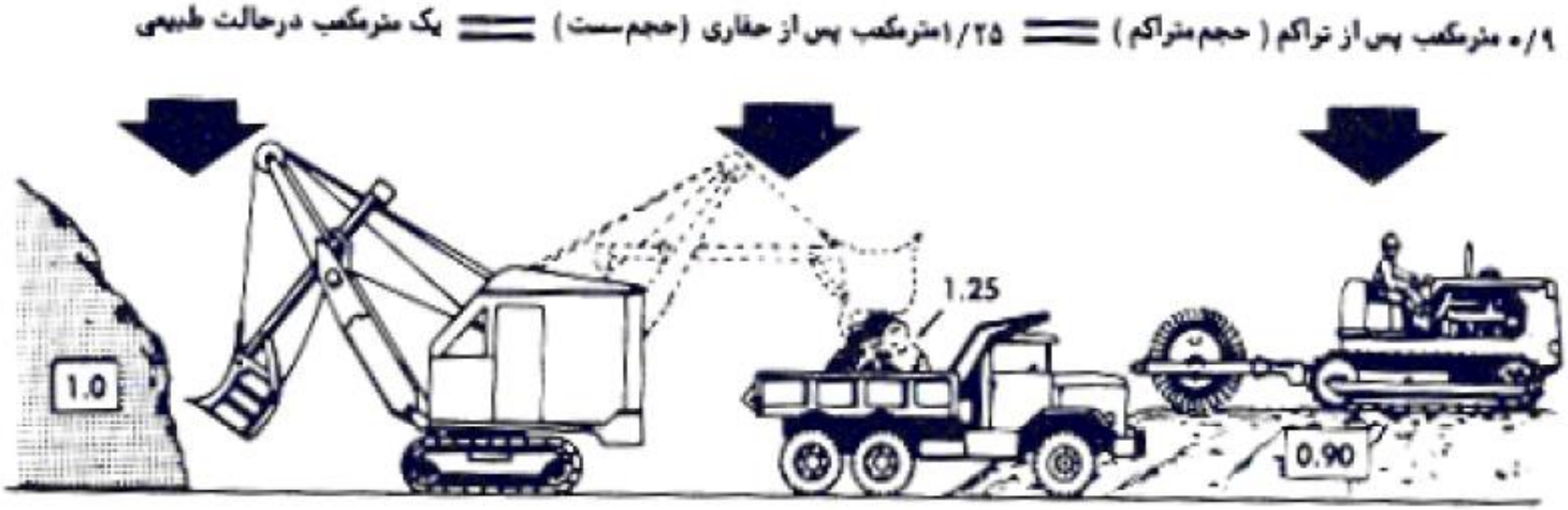


شکل ۳-۶- تعیین حجم عملیات خاکی با استفاده مقاطع عرضی

خاکبرداری $A_{cut} = \delta L \sum(+h)$

خاکریزی $A_{fill} = \delta L \sum(-h)$

- تعیین حجم توده خاک



- ضریب تورم خاک:

وقتی خاک کنده می‌شود معمولاً به حجمش افزوده می‌گردد. بطوریکه خاک موجود در یک مترمکعب قرضه، پس از خاکبرداری، حجمی بیشتر از یک متر مکعب اشغال خواهد کرد. این افزایش حجم خاک در اثر خاکبرداری را تورم خاک می‌نامند. رابطه زیر برای تعیین تورم یا ضریب افزایش خاک به کار می‌رود:

$$\text{ضریب تورم (درصد)} = \left(\frac{\text{وزن متر مکعب طبیعی}}{\text{وزن متر مکعب سست}} - ۱\right) \times ۱۰۰$$

- ضریب انقباض:

حجم خاک در اثر تراکم تقلیل می‌یابد. به طوریکه یک وزن معین خاک پس از تراکم حجم کمتری را نسبت به زمان حالت طبیعی خاک اشغال خواهد نمود. این تقلیل حجم را انقباض خاک می‌گویند. رابطه زیر برای تعیین انقباض خاک به کار می‌رود:

$$\text{ضریب انقباض (درصد)} = \left(۱ - \frac{\text{وزن متر مکعب طبیعی}}{\text{وزن متر مکعب متراکم}}\right) \times ۱۰۰$$

شکل ۳-۸- تغییر حجم مواد خاکی پس از خاکبرداری و تراکم

جدول ۳-۱- ضرایب تبدیل خاک

نوع خاک	شرایط اولیه خاک	در محل طبیعی	تبدیل به حالت سست	متراکم
رس	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۲۷	۰/۹۰
	سست	۰/۷۹	۱/۰۰	۰/۷۱
	متراکم	۱/۱۱	۱/۴۱	۱/۰۰
زمین معمولی	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۲۵	۰/۹۰
	سست	۰/۸۰	۱/۰۰	۰/۷۲
	متراکم	۱/۱۱	۱/۳۹	۱/۰۰
سنگ شکسته	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۵۰	۱/۳۰
	سست	۰/۶۷	۱/۰۰	۰/۸۷
	متراکم	۰/۷۷	۱/۱۵	۱/۰۰
ماسه	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۱۲	۰/۹۵
	سست	۰/۸۹	۱/۰۰	۰/۸۵
	متراکم	۱/۰۵	۱/۱۸	۱/۰۰

۳-۴-۱- محاسبه حجم عملیات خاکی بیل مکانیکی:

با استفاده از فرمول زیر و همچنین یافتن متغیرهای این فرمول از طریق مطالب شرح داده شده می‌توان حجم عملیات خاکی بیل مکانیکی را محاسبه نمود.

$$Q = \frac{۶۰ \times C \times E \times D \times K}{T \times F}$$

Q = حجم عملیات خاکی در یک ساعت (m^3/hr)

T = زمان یک دوره کامل عملیات بر حسب دقیقه

C = ظرفیت جام بیل مکانیکی (m^3)

E = بازده بیل مکانیکی (میزان زمان کار مفید در یک ساعت)

F = ضریب تورم خاک

D = ضریب میزان مهارت راننده

K= ضریب راندمان جام

۱- محاسبهٔ زمان یک دورهٔ کامل عملیات (T):

زمان حفاری کل برای بیل مکانیکی متشکل از ۴ زمان است:

۱- پر کردن جام

۲- چرخش با جام پر از محل کار به محل استقرار کامیون

۳- خالی کردن جام

۴- چرخش با جام خالی به محل اولیه برای ادامه حفاری

۲- بازده بیل مکانیکی (E):

این بازده به چگونگی مدیریت و سرپرستی کار، مهارت راننده در شرایط محیطی و محل بستگی دارد و عبارتست از:

$$E = \frac{\text{میزان زمان واقعی انجام کار}}{\text{میزان زمان صرف شده}}$$

۳- ضریب تورم خاک (f):

هنگام انجام عملیات خاکی، خاکی که برداشت می‌شود تغییر حجم داده و حجمش افزایش می‌یابد. به همین دلیل ضریب تورم خاک در این فرمول پیش بینی شده است. این ضریب را برای خاک های مختلف می‌توان از جدول (۳-۲) برداشت نمود.

۴- یافتن ضریب راندمان جام بیل مکانیکی (K):

با توجه به این که نوع خاکی که روی آن عملیات انجام میشود، بر میزان پر شدن جام بیل مکانیکی تاثیر دارد، این تاثیر در میزان تولید ماشین در نظر گرفته شده است. با استفاده از جدول شماره (۳-۳) می‌توان ضریب راندمان جام بیل‌های مکانیکی را یافت:

جدول ۳-۳- ضریب راندمان جام

نوع مواد	ضریب راندمان جام (٪)
زمین طبیعی	۱۰۰-۱۱۰
دانه‌بندی مخلوط	۹۵-۱۰۰
دانه‌بندی یکنواخت :	
تا ۱/۸ اینچ	۹۵-۱۰۰
۱/۸ تا ۳/۴ اینچ	۹۰-۹۵
بالای ۳/۴ اینچ	۸۵-۹۰
موارد به هم چسبیده :	
خوب خرد شده	۸۵-۹۵
متوسط	۷۰-۸۰
بد خورد شده	۶۰-۷۰

۵- تعیین میزان مهارت راننده (D)

ضریب مهارت راننده را می‌توان از جدول ۳-۴ استخراج نمود:

جدول ۳-۴- ضریب مهارت راننده

ضریب	مهارت راننده
۱	خوب
۰,۹	متوسط
۰,۸	ضعیف

مثال:

برای کندن و برداشتن خاکی که کندنش نسبتا آسان است، از بیل مکانیکی ۳۱۲C شرکت کاترپیلار استفاده شده است. هرگاه زاویه استقرار بیل با جبهه عملیات ۹۰ درجه بوده و تعداد کافی کامیون در اجرای عملیات شرکت داده شده باشد مدت اجرا را برای ۱۰۰۰۰ متر مکعب خاکبرداری محاسبه کنید.

بازده بیل ۰/۸

ضریب تورم ۱/۲۷

ضریب جام ۰/۹

Cycle Time Estimating Chart

Model		307C	311C	312C, 312C L	315C, 315C L	317B L, 317B LN	318B L, 318B LN	M312	M315	M318	M320
Bucket Size											
L		280	450	520	520	520	800	610	750	900	1050
(yd^3)		0.37	0.59	0.68	0.68	0.68	1.05	0.80	0.98	1.18	1.37
Soil Type		←		Packed Earth			→	←	Sand/Gravel		→
Digging Depth	(m)	1.5	1.5	1.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	(ft)	5	5	6	10	10	10	10	10	10	10
Load Bucket	(min)	0.08	0.07	0.07	0.10	0.10	0.09	0.05	0.06	0.06	0.08
Swing Loaded	(min)	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06
Dump Bucket	(min)	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04
Swing Empty	(min)	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05
Total Cycle Time	(min)	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.25	0.17	0.18	0.20	0.23

مثال:

برای کندن و برداشتن خاکی که کندنش نسبتا آسان است، از بیل مکانیکی ۳۱۲C شرکت کاترپیلار استفاده شده است. هرگاه زاویه استقرار بیل با جبهه عملیات ۹۰ درجه بوده و تعداد کافی کامیون در اجرای عملیات شرکت داده شده باشد مدت اجرا را برای ۱۰۰۰۰ متر مکعب خاکبرداری محاسبه کنید.

بازده بیل ۰/۸

ضریب تورم ۱/۲۷

ضریب جام ۰/۹

حل: زمان اجرا با توجه به جدول ۱ برابر با ۰/۲۱ دقیقه به دست می‌آید. با مراجعه به کاتالوگ ماشین ظرفیت جام این نوع بیل ۰/۷ متر مکعب می‌باشد.

(۰/۸*۰/۹*۶۰*۰/۷)/(۰/۲۱*۱/۲۷)=۱۱۳/۳

۱۰۰۰۰ / ۱۱۳/۳ = ۸۸ معادل ۱۱ روز کاری

۳-۴-۶- محاسبه ظرفیت تولید و حجم عملیاتی کامیون:

ظرفیت تولیدی یک کامیون یا یک واگن بستگی به مقدار بار و تعداد سفرهایی دارد که در یک ساعت می‌تواند انجام دهد:

مقدار بار * تعداد سفر در ساعت = ظرفیت تولید

- تعداد سفر در یک ساعت بستگی به وزن کامیون، قدرت موتور، فاصله حمل و شرایط جاده دارد. این عوامل بـر روی مـدت زمان یک سیکل کاری اثر می‌گذارند که با محاسبه آن می‌توان تعداد سفر در ساعت را بدست آورد.
- روش تعیین مقدار بار (ظرفیت) کامیون در قسمت بعد شرح داده شده است.

برای مثال کامیونی که دارای ظرفیت ۱۲ متر مکعب می‌باشد و حدوداً در هر ساعت ۳ مرتبه مواد خاکی را در مسیر مشخص شده جابجا می‌کند، دارای ظرفیت تولید ساعتی $36\ m^3/hr$ برای آن مسیر خاص می‌باشد.

- تعیین تعداد باربرهای مورد نیاز در عملیات:

برای تعیین تعداد باربرهای لازم برای هر ماشین حفار، باید ابتدا محاسبه نمود که مدت زمان لازم برای هر سیکل کامل باربری چقدر است. این مدت زمان از پارامترهای زیر تشکیل شده است:

۱) بارگیری که توسط لودر یا ماشین حفار در محل حفاری انجام می‌شود.

۲) حمل که از محل بارگیری تا محل تخلیه صورت می‌پذیرد.

۳) تخلیه که در محل تخلیه انجام گرفته و شامل مانور در محل تخلیه هم می‌شود.

۴) بازگشت که شامل بازگشت از محل تخلیه به محل بارگیری است.

۵) مدت زمانی که طول می‌کشد تا نوبت بارگیری به باربر برسد.

۶) شتابگیری که بین مراحل بارگیری و حمل و یا تخلیه و بازگشت است و شامل زمانی است که طول می‌کشد تا ماشین به سرعت حد خود برسد.

مثال:

یک لودر با ظرفیت متوسط جام $1/5 m^3$ دارای میزان تولید ۸۰ متر مکعب در ساعت و راندمان ۰/۷۵ است. کامیون‌های در نظر گرفته شده برای سرویس گرفتن از این لودر دارای ظرفیت ۳ متر مکعب می‌باشند. مدت زمان سفر و تخلیه این کامیون‌ها ۳۰ دقیقه برآورد شده، مطلوب است تعداد کامیون لازم و میزان تولید ساعتی مجموعه.

مدت زمان سفر + تخلیه = ./۵ hr و مدت زمان بارگیری $= \frac{۳}{۸۰} = ۰/۰۳۷۵$ hr

تعداد باربری‌های مورد نیاز (N) $= \frac{۰/۰۳۷۵ + ۰/۵}{۰/۰۳۷۵} = \frac{۰/۵۳۷۵}{۰/۰۳۷۵} = ۱۴/۳۳$

بنابراین ۱۵ کامیون مورد نیاز می‌باشد و میزان تولید ساعتی سیستم نیز همان تولید لودر می‌باشد البته با احتساب راندمان کار لودر:

میزان تولید سیستم $= ۸۰ * ۰/۷۵ = ۶۰ \ m^3/hr$

البته چون از ۱۵ کامیون استفاده کرده‌ایم و زمان لازم برای بارکردن این تعداد کامیون ۰/۵۶۲۵hr=۰/۰۳۷۵*۱۵ می‌باشد. لذا زمان از دست رفته به ازای هر دوره تناوب کامیون برابر با ۰/۰۲۵ hr=۰/۵۳۷۵-۰/۵۶۲۵ به ازای هر کامیون می‌شود. این امر فاکتور بهره‌وری ۹۵٪ را برای هر کامیون بوجود می‌آورد.

$$\frac{۰/۵۳۷۵}{۰/۵۶۲۵} = ۰/۹۵$$

حال اگر فرض کنیم که به جای ۱۵ کامیون از ۱۴ کامیون استفاده نموده‌ایم. بنابراین میزان تولید سیستم به صورت زیر بدست می‌آید.

$$\text{تولید مورد انتظار} = \frac{۱۴}{۱۴/۳۳} * ۶۰ = ۵۸/۶۲ \ m^3/hr$$

در این صورت لودر مزبور مدت زمانی را در بارگیری کامیون‌ها از دست خواهد داد.

$$\text{مخارج عملیات در واحد حجم} = \frac{\text{مخارج کلیه ماشین آلات در واحد زمان}}{\text{میزان تولید در واحد زمان}}$$

تعداد بهینه باربرها (کامیون ها):

میزان تولید یک سیستم حفاری و حمل مواد، با استفاده از تئوری صفوف، از ضرب تولید عادی حفار در احتمال وجود باربر (کامیون) در محل بارگیری در هر لحظه بدست می‌آید. بنابراین، میزان تولید عبارت است از حاصل ضرب تولید نرمال حفار در Pt با توجه به تعداد کامیون موجود در سیستم:

تولید سیستم = تولید عادی حفار * P_t

وقتی از تئوری صفوف استفاده می‌شود، تعداد بهینه کامیون های یک پروژه بخصوص طوری انتخاب می‌شود که مجموعه حاصل کمترین هزینه را برای تولید ایجاد نماید. قیمت تمام شده برای تعداد مخالفی از کامیون ها محاسبه شده و تعداد کامیونی که به ازای آن، این هزینه کمترین می‌باشد انتخاب می‌گردد. یک مقدار تقریبی برای n برابر با عکس r می‌باشد. بنابراین مقادیری برای n در اطراف ۱/r انتخاب شده، هزینه مربوط به هر کدام محاسبه می‌شود و کمترین آنها تعیین می‌گردد.

مشاهدات کارگاهی نشان می‌دهد که مدت زمان های حقیقی بارگیری و حمل مواد کاملا از توزیع نرمال متابعت نمی‌کند، اما تولید حقیقی با تولید محاسبه شده توسط روش فوق خیلی به هم نزدیک است. در یک تحقیق، تولید محاسبه شده در حدود ۳٪ از تولید حقیقی کمتر بود.

اکنون به بررسی یک مثال جامع می‌پردازیم و در آن تأثیر عوامل مختلفی نظیر مقاومت غلتشی، شیب جاده و ارتفاع را روی سرعت کامیون در نظر می‌گیریم. (نحوه محاسبه این عوامل در فصل‌های گذشته آمده است.) همچنین اثر آنالیز بها را روی انتخاب صحیح تعداد کامیون ها بررسی می‌نماییم و در محاسبات صورت گرفته از تئوری صف استفاده می‌کنیم.

مثال:

برای اجرای پروژه‌ای نیاز به m^3 ۸۰۰۰۰۰ خاک کنده نشده است. نوع خاک معمولی خوب بوده و وزن آن ۱۶۰۰ کیلوگرم بازاء هر متر مکعب خاک کنده نشده با ضریب تورم ۲۵ درصد است.

از محل قرضه نیاز به حمل خاک به مسافت متوسط ۱/۲ کیلومتردر سر بالایی با شیب ۲/۵ درصد است. خاکبرداری در عمق بهینه انجام می‌گیرد. شرایط کار عالی بوده و شرایط مدیریت خوب است. خاک با بیل مکانیکی ۳ متر مکعبی خاکبرداری خواهد شد که تولید احتمالی آن ۳۵۰ متر مکعب خاک کنده نشده در ساعت و راندمان کار ۷۵٪ است. دیگر اطلاعات پروژه به شرح زیر است:

- مقاومت غلتشی راه موقت : ۳۰ کیلوگرم برای هر تن وزن
- ضریب اصطکاک کششی بین لاستیک کامیون و راه موقت : بطور متوسط ۰/۶ خواهد بود.
- این پروژه در ارتفاع ۱۶۰۰ متری از سطح دریا اجرا می‌شود.
- خاک با واگن تخلیه شونده از زیر، حمل می‌شود که ظرفیت انباشته تخمین زده شده آن ۱۲ متر مکعب خاک کنده نشده است.

مشخصات کامیون به شرح زیر است :

ظرفیت بار قابل حمل ۱۸۰۰۰kg، موتور دیزلی با قدرت ۲۰۰hp، وزن کامیون خالی ۱۷۰۰۰kg، وزن کامیون با بار (ناخالص) ۳۵۰۰۰kg

نحوه تقسیم وزن ناخالص روی محورها

چرخ‌های جلو	۵۰۰۰kg
چرخهای محرک	۱۵۰۰۰Kg
محور تریلی	۱۵۰۰۰Kg

سرعت در دنده‌های مختلف و کشش مورد نیاز آن :

دنده	کشش زیر چرخ (kg)	سرعت ($^{km}/_{hr}$)
۱	۹۰۲۷	۵/۱۲
۲	۴۵۸۱	۱۰/۰۸
۳	۲۴۲۷	۱۹/۰۴
۴	۱۳۸۸	۳۳/۲۸
۵	۸۸۲	۵۲/۳۲

-هزینه ساعتی بیل مکانیکی ۳۰۰۰۰۰ ریال و هزینه ساعتی هر کامیون ۱۵۰۰۰۰ ریال می‌باشد.

با توجه به اطلاعات داده شده تعداد کامیون بهینه را برای این پروژه بدست آورید و هزینه واحد عملیات تعیین نمائید.

حل :

-مقدار حداکثر کشش زیر چرخ کامیون بار شده توسط ضریب کشش محدود می‌شود

$$T=۱۵۰۰۰*۰/۶=۹۰۰۰Kg$$

چون در ارتفاع ۱۶۰۰ متری هستیم اثر ارتفاع با رابطه زیر لحاظ می‌شود:

$$\text{افت نیروی کششی} = \frac{۰/۰۳(۱۶۰۰-۳۰۰)}{۳۰۰} = ۱۳٪$$

بنابراین ضریب تصحیح نیروی کششی ۰/۸۷ می‌باشد :

$$۹۰۰۰ * ۰/۸۷ = ۷۸۳۰$$

$$۷۸۳۰ < ۹۰۲۷$$

$$۷۸۳۰ > ۴۵۸$$

بنابراین در دنده ۱ بکسواد خواهیم داشت دلی در دنده ۲ به بعد مشکلی وجود ندارد.

-ترکیب اثر مقاومت غلتشی و سطح شیب دار در کامیون بارشده بصورت زیر خواهد بود:

کیلوگرم به ازای هر تن ۳۰	→	مقاومت غلتشی
کیلوگرم به ازای هر تن ۲/۵*۱۰=۲۵	→	مقاومت شیب
کیلوگرم به ازای هر تن ۵۵	→	جمع
تن ۳۵=۱۰۰۰ ÷ ۳۵۰۰۰	→	وزن ناخالص کامیون
کیلوگرم ۳۵*۵۵=۱۹۲۵	→	مقدار کشش مورد نیاز درزیر چرخ
کیلومتر در ساعت ۱۹/۰۴	→	سرعت حداکثر کامیون پر

- ترکیب اثر مقاومت غلتشی و سطح شیب دار در کامیون خالی در هنگام برگشت بصورت زیر خواهد بود.

کیلوگرم به ازای هر تن ۳۰	→	مقاومت غلتشی
کیلوگرم به ازای هر تن ۲۵-=۱۰*(۲/۵-)	→	مقاومت شیب
کیلوگرم به ازای هر تن ۵	→	جمع
تن۱۷=۱۰۰۰ ÷ ۱۷۰۰۰	→	وزن کامیون خالی
کیلوگرم ۸۵=۵*۱۷	→	مقدار کشش مورد نیاز زیر چرخ
کیلومتر در ساعت۵۲/۳۲	→	سرعت حداکثر کامیون خالی

زمان مورد نیاز برای هر عمل در یک سیکل رفت و برگشت به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$$\text{زمان بارگیری} = \frac{\text{ظرفیت ماشین باربر}}{\text{تولید بارکن با راندمان ۱۰۰٪}} = \frac{۱۲}{۳۵۰} = ۰/۰۳۴۳ \text{ ساعت}$$

زمان از دست رفته در گودال قرضه و زمان شتاب گیری = ۱/۵ دقیقه = ۰/۰۲۵ ساعت

$$\text{زمان سفر تا محل خاکریزی (رفت)} = \frac{\text{مسافت حمل}}{\text{سرعت حرکت}} = \frac{۱/۲}{۱۹/۰۴} = ۰/۰۶۳ \text{ ساعت}$$

زمان تخلیه، دور زدن و شتاب گرفتن = ۱ دقیقه = ۰/۰۱۶۷ ساعت

$$\text{زمان سفر تا محل قرضه (برگشت)} = \frac{\text{مسافت}}{\text{سرعت حرکت}} = \frac{۱/۲}{۵۲/۳۲} = ۰/۰۲۲۹ \text{ ساعت}$$

حاصل جمع زمان‌های فوق = مجموع زمان یک سیکل کاری = ۰/۱۶۱۹ ساعت

- اکنون با استفاده از روش تئوری صف تعداد بهینه کامیون و هزینه واحد عملیاتی معادل آن را بدست می‌آوریم:

$$r = \frac{\text{ظرفیت باربر}}{\text{تولید بارکن} \times \text{زمان}} = \frac{۱۲}{۰/۱۶۱۹ \times ۳۵۰} = ۰/۲۱۲$$

$$\text{مقدار تقریبی } n = \frac{۱}{r} = \frac{۱}{۰/۲۱۲} = ۴/۷۲$$

تعداد کامیون	P_c (از جدول)	تولید تخمینی $(۳۵۰ \times ۰/۷۵ \times p_c)(m^3/hr)$	مخارج ماشین آلات (ریال در ساعت)	قیمت واحد عملیات (ریال بر متر مکعب)
۳	۰/۴۸۷	۱۲۷/۸۴	۷۵۰۰۰۰	۵۸۶۶.۷
۴	۰/۶۲۱	۱۶۳/۰۱	۹۰۰۰۰۰	۵۵۲۱.۱
۵	۰/۷۳۵	۱۹۲/۹۴	۱۰۵۰۰۰۰	۵۴۴۲.۱
۶	۰/۸۲۶	۲۱۶/۸۲	۱۲۰۰۰۰۰	۵۵۳۴.۵
۷	۰/۸۹۴	۲۳۴/۶۷	۱۳۵۰۰۰۰	۵۷۵۲.۷

بنابراین استفاده از ۵ کامیون جواب بهینه است: تولید معادل = ۱۹۲,۹۴ (m^3/hr)

برنامه ریزی و تخصیص منابع

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

در مراحل قبلی از برنامه ریزی، شناخت روابط میان فعالیتهای پروژه و برآورد مدت زمان اجرای آنها مورد نظر بودند، و فرض بر این بود که منابع (نیروی انسانی، تجهیزات، ابزار و ماشین آلات، مواد، مصالح و پول)مورد نیاز برای اجرای پروژه در زمان اجرا، آماده میباشد.

اما غالباً مدیران پروژه در استفاده ازمنابع مورد نیاز محدودیت دارند.

مدیر پروژه علاوه بر احساس مسئولیت علاقه و توجه به اجرای پروژه در چارچوب برنامه زمانی و بودجه از پیش تعیین شده، باید منابع اجرای پروژه خود را تراز(Level) نماید.

روشهای متعددی برای برنامه ریزی، تخصیص و تراز کردن منابع ابداع شده اند که در دوره به چند نمونه آن اشاره میشود.

منابع چیستند؟ (Resources)

تاکنون کوشش خود را صرف بهینه نمودن زمان(Time) نمودیم که بی تردید در راس سایر منابع قرار دارد. حال به استفاده بهینه از سایر منابع، یعنی نیروی انسانی(Man) ، تجهیزات و ماشین آلات(Machine) مصالح و مواد اولیه(Material) و پول(Money) خواهیم پرداخت.

نیروی انسانی، ماشین آلات و تجهیزات، منابعی هستند که استفاده از آنها در اجرای هر فعالیت، موجب از بین رفتن آنها نمیشود. از این رو آنها را منابع قابل استفاده مجدد (Renewable Resources) مینامند.

حال آنکه مواد اولیه و مصالح، منابع مصرف شدنی (Non-Renewable Resources) هستند.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

برنامه ریزی تخصیص منابع محدود (RCPSP)
(Resource – Constrained Project Scheduling Problem)

جزو معروفترین مسائل برنامه ریزی پروژه محسوب می شود که از دهه ۱۹۵۰ تاکنون ذهن متخصصین را به خود مشغول داشته و هزاران تز دکترا و فوق لیسانس در این زمینه ارائه شده است.

در این حالت فرض بر این است از هر نوع منبع تعداد محدودی در دسترس باشد و بخواهیم پروژه را با همین تعداد منابع انجام دهیم.

حال این سؤال مطرح است که زمان شروع فعالیتها با در نظر گرفتن محدودیت منابع و روابط وابستگی بین فعالیتها چگونه باشد تا پروژه با حداقل تأخیر ممکن نسبت به زمان اتمام محاسبه شده، به اتمام برسد.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

برنامه ریزی تخصیص منابع محدود (RCPSP)- ادامه (Resource – Constrained Project Scheduling Problem)

مثلاً فرض کنید تعداد کارگران مورد نیاز یک پروژه ۵ نفر ولی تعداد کارگر موجود محدود به ۴ نفر باشد (R=4) یعنی محدودیتی از نظر تعداد منابع در دسترس وجود داشته باشد در اینصورت تنها راه برای برخورد با محدودیت منابع، جابجائی یا شیفت دادن برخی فعالیتها به سمت راست است. این کار ممکن است باعث طولانی شدن زمان پروژه گردد. بنابراین به روشی نیازمندیم که به کمک آن فعالیتها را طوری برنامه ریزی کنیم که:

اولاً پروژه با حداقل تأخیر غیرمجاز (نسبت به E_n) به اتمام برسد.

ثانیاً پروژه با تعداد R=4 کارگر قابل انجام باشد.

در مقایسه با مدل سازی برنامه ریزی ریاضی، اولی هدف و دومی محدودیت است

الگوریتم تخصیص منابع محدود

در این الگوریتم برای اجرای فعالیتها به ترتیب و در مرحله اول، کمترین زمان شناوری و در مرحله دوم کمترین زمان برای اجرای فعالیتها مد نظر قرار میگیرد.

لازم به ذکر است، در عمل به جای کاربرد شناوری، از عامل زمانی «دیرترین زمان شروع فعالیت» (LS)استفاده می شود.

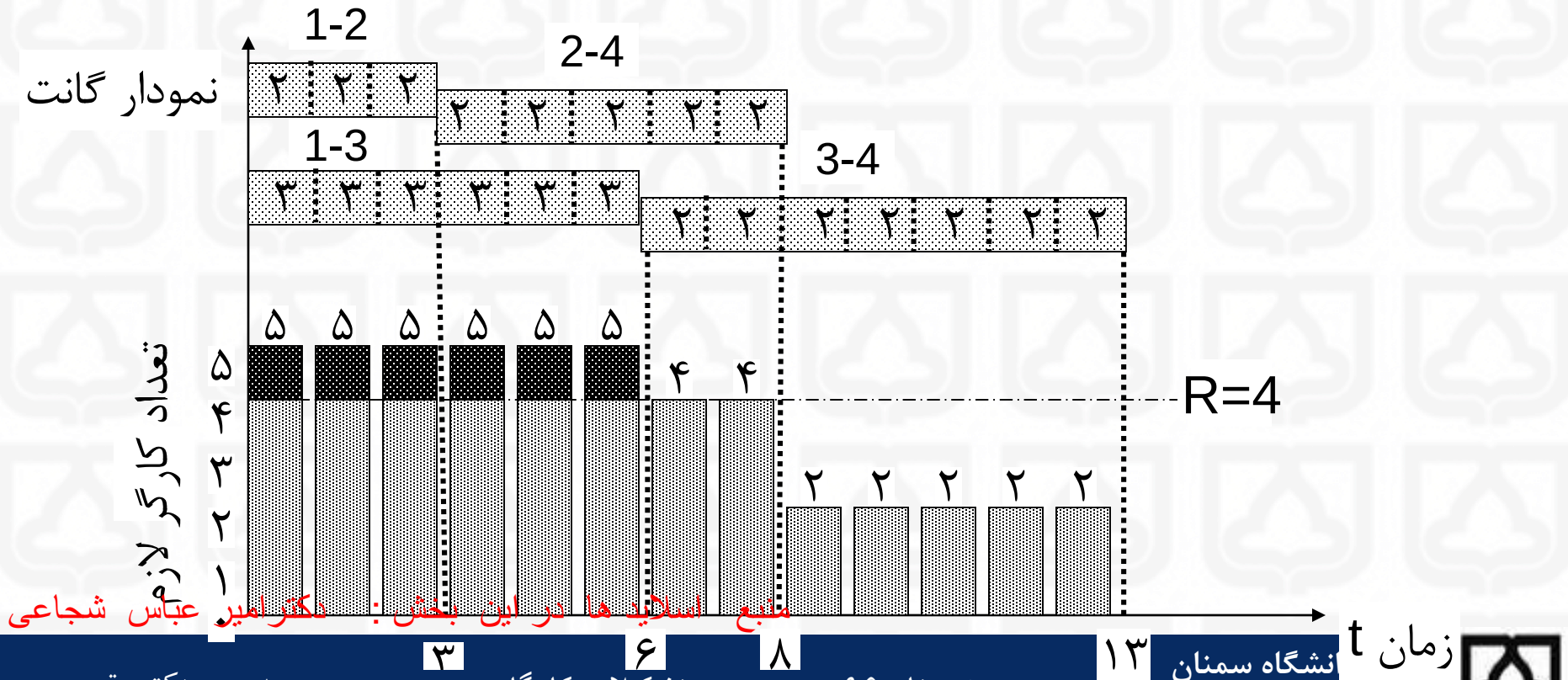
دیرترین زمان شروع در این الگوریتم همان نتیجه را بدست می دهد که عامل زمان شناوری بدست خواهد داد.

مقدار شناوری جمعی یک فعالیت عبارت از تفاضل مقادیر دیرترین و زودترین تاریخهای شروع فعالیت می باشد. حال در یک مقطع زمانی معین T که دو فعالیت هر دو قابل شروع شدن هستند، زودترین تاریخ شروع برای هر دوی آنها همان عدد T خواهد بود. بنابراین هرکدام که LSبزرگتری داشته باشد، شناوری جمعی بیشتری خواهد داشت.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

برنامه ریزی تخصیص منابع محدود (RCPSP)– ادامه (Resource – Constrained Project Scheduling Problem)

نمایش مازاد بر محدودیت منابع در (Resource Graph)



منابع اسلایدها در این بخش : دکتر امین عباس شجاعی

پیش فرضهای الگوریتم تخصیص منابع محدود

۱- پروژه مورد نظر باید به وسیله یک شبکه CPM معرفی شده باشد.

۲- مقادیر حداکثر منابع قابل دسترسی در مقاطع مختلف زمان اجرای پروژه باید مشخص باشند.

۳- مقدار منبع لازم برای هر فعالیت باید معین و در طول زمان اجرای فعالیت، ثابت باشد.

۴- انقطاع در امور اجرای فعالیتها مجاز نیست و باید تا تکمیل فعالیت بطور مداوم ادامه داشته باشد.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

شرح الگوریتم

قدم اول : با انجام محاسبات پیشروی و بازگشتی، زودترین و دیرترین تاریخهای وقوع رویدادهای شبکه، و در نتیجه، زودترین تاریخهای شروع فعالیتها را محاسبه می کنیم. (محاسبه ESو LS) در این محاسبات تاریخ وقوع رویداد آغازین را برابر با عدد یک در نظر می گیریم.

قدم دوم : مجموعه فعالیتهای واجد شرایط یا EAS (Eligible Activity Set) (T=1) را مشخص می کنیم. این مجموعه شامل فعالیتهائی است که برنامه ریزی نشده اند، ولی فعالیتهای پیش نیاز آنها برنامه ریزی شده اند.

قدم سوم: از مجموعه فعالیتهای واجد شرایط (EAS) زیرمجموعه فعالیتهای آماده شروع و اولویت بندی شده یا OSS (Ordered Scheduling Set)را برمی گزینیم. زیر مجموعه OSSشامل فعالیتهائی است که در آنها ES≤T بوده و به ترتیب افزایش دیرترین تاریخ شروع (LS) ترتیب بندی شده باشند.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

شرح الگوریتم - ادامه

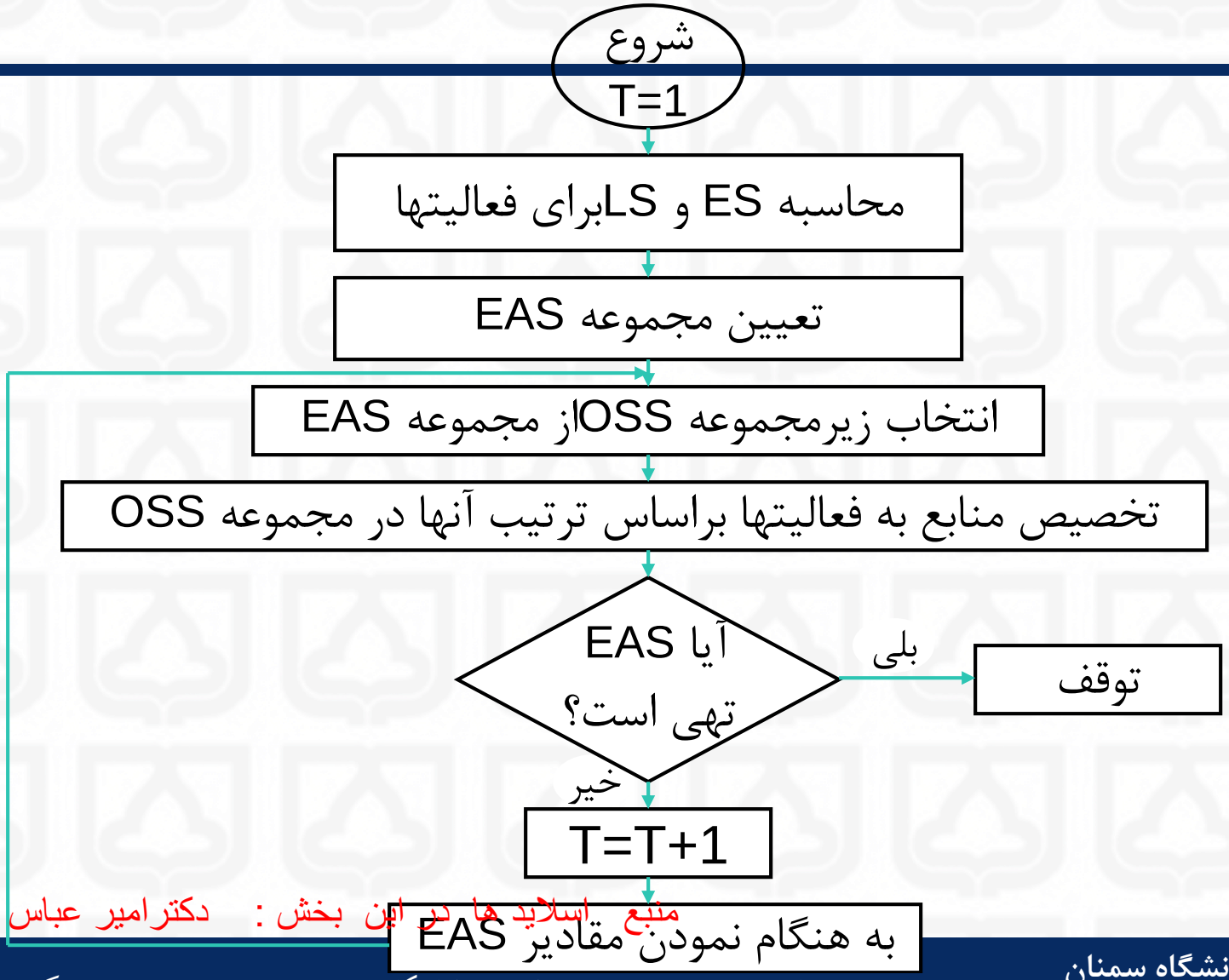
قدم چهارم : فعالیتهای مرتب شده در زیرمجموعه OSS را به ترتیب مورد نظر قرار داده و در صورتیکه برای آنها و برای کل زمان اجرای فعالیت، منابع کافی وجود دارد، آن فعالیتها را برای شروع در تاریخ T برنامه ریزی می کنیم. هر فعالیتی که برنامه ریزی شد، مجموعه EAS، و میزان منابع باقیمانده را به هنگام می کنیم.

قدم پنجم : در صورتیکه همه فعالیتها برنامه ریزی شده اند، متوقف می شویم. در غیر این صورت به T یک واحد اضافه نموده (T=T+1)و پس از به هنگام نمودن ES برای فعالیتهائی که پیش نیاز آنها در قدم چهارم برنامه ریزی شده اند، به قدم دوم برمیگردیم.

شکل بعد نمودار جریان عملیات برای الگوریتم تخصیص منابع می باشد.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

نمودار جریان عملیات الگوریتم تخصیص منابع



منبع اسلایدها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

الگوریتم برنامه ریزی تخصیص منابع محدود - مثال (RCPSP)

در این مثال حالتی بررسی می شود که در آن فعالیتها فقط به یک نوع منبع نیاز دارند و جدول محاسبات انجام شده آن به شرح زیر است:

فعالیت	D_{ij}	LS_{ij}
1-2	2	4
1-3	2	3
1-4	3	0
2-5	4	6
3-6	3	5
3-7	3	7
4-7	7	3
5-8	2	10
6-8	4	8
7-9	5	10
8-9	3	12

با توجه به اطلاعات زیر

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

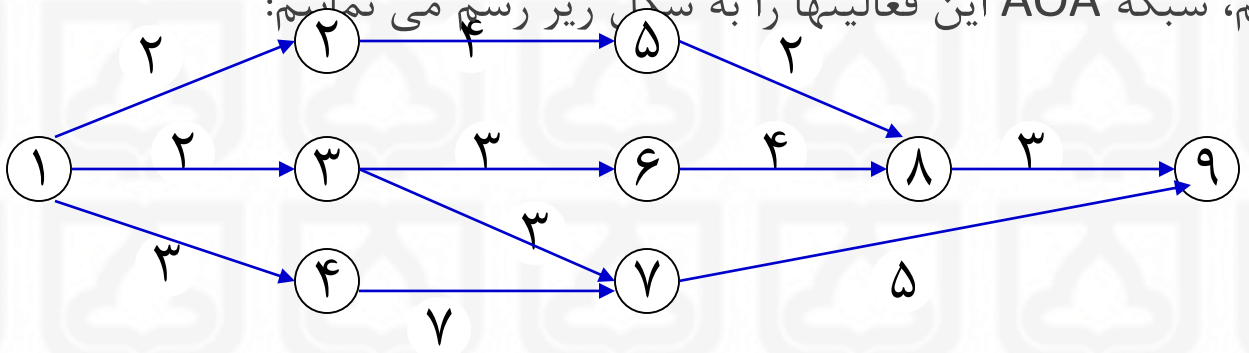
که در آن فعالیتهائی که نیامده اند ماهیتشان به گونه ای است که احتیاج به منبعی ندارند، مثل فعالیت خشک شدن رنگ.

حال در صورتیکه تعداد منبع قابل دسترس محدود به عدد ۸ باشد بوسیله الگوریتم فوق می خواهیم کوتاهترین زمان ختم پروژه و زمان اتمام فعالیتها را مشخص کنیم.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکتر امیر عباس شجاعی

الگوریتم برنامه ریزی تخصیص منابع محدود – حل مثال (RCPSP)

برای سادگی فهم، شبکه AOA این فعالیتها را به شکل زیر رسم می نمائیم:



مرحله اول: T=0 و R=8 و چون فعالیتهای 1-4 ,1-3, 1-2پیش نیاز ندارند می توانند برنامه ریزی شوند. حال مقدار منابع در دسترس را به ترتیب OSS به فعالیتها تخصیص داده و زمان پایان آنها را برنامه ریزی می کنیم. با توجه به اینکه $r_{14}=4$ است ۴ تا از R=8 منبع موجود را به فعالیت 1-4 اختصاص داده و در نتیجه این فعالیت که در زمان T=0 برنامه ریزی شده در زمان $T+D_{14}=0+3=3$ به اتمام می رسد. چون $r_{13}=4$ است، ۴ منبع باقیمانده را نیز به فعالیت 1-3 تخصیص می دهیم که زمان اتمام آن $T+D_{13}=0+2=2$

منبع اسلایدهای این بخش : دکتر امیر عباس شجاعی

الگوریتم برنامه ریزی تخصیص منابع محدود – حل مثال (RCPSP)

مرحله دوم: در این مرحله T را برابر کوچکترین زمان اتمام فعالیتهای مرحله قبل یعنی ۲ جلو می بریم. از مرحله قبل پیدا است که در زمان ۲ فعالیتهای 3-2,1-1 به اتمام میرسند با اتمام فعالیت 3-1، ۴ واحد منبع و با اتمام فعالیت 2-1، صفر واحد منبع آزاد میگردد. در نتیجه T=2, R=4 خواهد بود. برای EAS چون فعالیتهای 2-1 ,3-1 تمام شده اند فعالیتهای پس نیاز آنها شامل 7-3,6-3,5-2 می تواند برنامه ریزی شوند. اما چون فقط R=4 واحد منبع موجود است فعالیت 5-2 را نمی توان برنامه ریزی نمود.

مرحله سوم: در این مرحله T=3یعنی زمان اتمام فعالیت 4-1 قرار می دهیم. با اتمام این فعالیت ۴ واحد منبع آزاد می گردد، از طرفی یک واحد منبع استفاده نشده در مرحله دوم داشتیم در نتیجه کل منبع در دسترس ما در این زمان R=5 خواهد بود تنها نکته جدید در مورد EAS است و آن اینکه چون فعالیت 5-2 در مرحله قبل به دلیل کمبود منـابـع برنامه ریزی نشد مجدداً تکرار گردیده است.

سایر مراحل تکرار گامها به همین ترتیب طی می گرددو پروژه در پایان روز شانزدهم به پایان میرسد.

منبع اسلایدها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

الگوریتم برنامه ریزی تخصیص منابع محدود – حل مثال (RCPSP)

		مرحله اول			مرحله دوم			مرحله سوم	
			T=0	R=8		T=2	R=4	T=3	R=5
گام ۲	EAS	1-2	1-3	1-4	2-5	3-6	3-7	2-5	4-7
	LS_{ij}	4	3	0	6	5	7	6	3
	D_{ij}	2	2	3	4	3	3	4	7
گام ۳	OSS	1-4	1-3	1-2	3-6	2-5	3-7	4-7	2-5
	r_{ij}	4	4	0	3	2	0	5	2
زمان پایان	$T+D_{ij}$	3	2	2	5	--	5	10	--

منبع اسلاید ها در این بحث : دکتر امیر عباس شجاعی

الگوریتم برنامه ریزی تخصیص منابع محدود – حل مثال (RCPSP)

		مرحله چهارم		مرحله پنجم	مرحله ششم	مرحله هفتم	
		T=5	R=3	T=9 R=3	T=10 R=5	T=11	R=8
گام ۲	EAS	2-5	6-8	5-8	7-9	7-9	8-9
	LS_{ij}	6	8	10	10	10	12
	D_{ij}	4	4	2	5	5	3
گام ۳	OSS	2-5	6-8	5-8	7-9	7-9	8-9
	r_{ij}	2	0	3	6	6	0
زمان پایان	$T+D_{ij}$	9	9	11	--	16	14

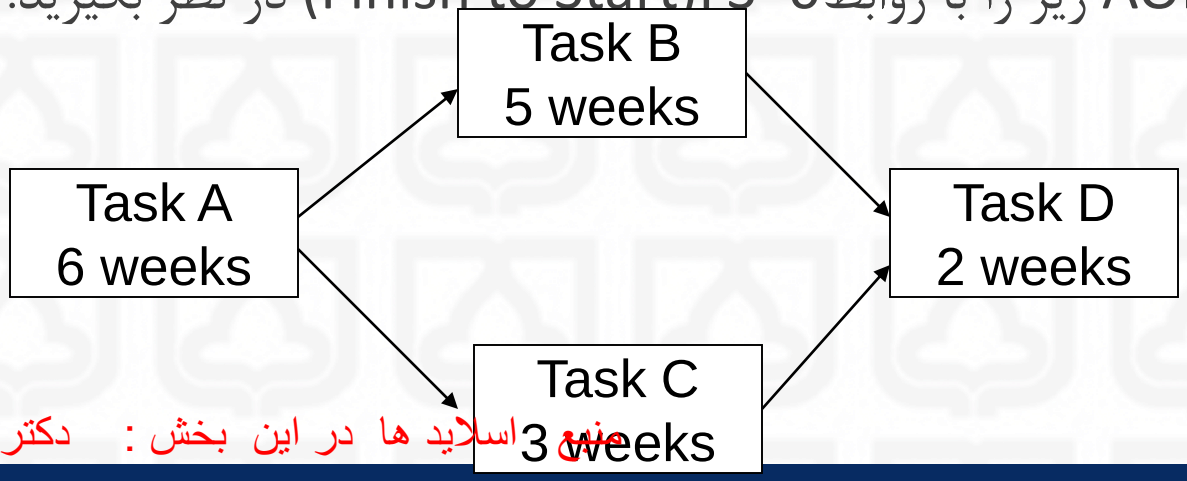
منبع اسلایدها در این بخش : دکتر امیر عباس شجاعی

مسئله تخصیص منابع تجدید ناپذیر(مصرفی)

منابع مورد استفاده در پروژه ها ممکنست حالت مصرفی داشته، و در نتیجه مصرف، از موجودی کاسته میشود. مواد ومصالح که در کار اجراء پروژه ها مصرف میشوند چنین حالتی را دارند.

لذا محدودیت آنها بر اساس دوره های زمانی نبوده، بلکه روی مصرف کل میباشد. با مثال زیر موضوع را بیشتر شرح میدهیم:

مثال: شبکه AON زیر را با روابط(Finish to Start)FS=0 در نظر بگیرید.



منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

مسئله تخصیص منابع تجدید ناپذیر(مصرفی)

فرض کنید اطلاعات فعالیتهای این شبکه به قرار جدول زیر باشد:

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

یک فعالیت زمانی میتواند شروع شود که تمامی منابع مورد نیاز مصرفی آن در لحظه شروع در دسترس باشد. فرض کنید طبق قرارداد باید هر دو هفته یکبار ۴ واحد از منبع مصرفی در ابتدای پریود های زمانی T=1,3,5,...,19 (یکی در میان) در اختیار پروژه قرار گیرد.

منابع در اسلایدها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

پس مجموعاً ۱۰ پریود باید تحر بع مصرفی تا آخر پروژه تحویل داده خواهد شد. اگر محدودیت منابع وجود نداشته باشد، پروژه ۱۳ روز طول

مسئله تخصیص منابع تجدید ناپذیر(مصرفی)

گراف منابع در حالتیکه فعالیتها بر حسب LS(دیرترین زمان شروع) برنامه ریزی شده اند،در اسلاید بعد آورده شده است.

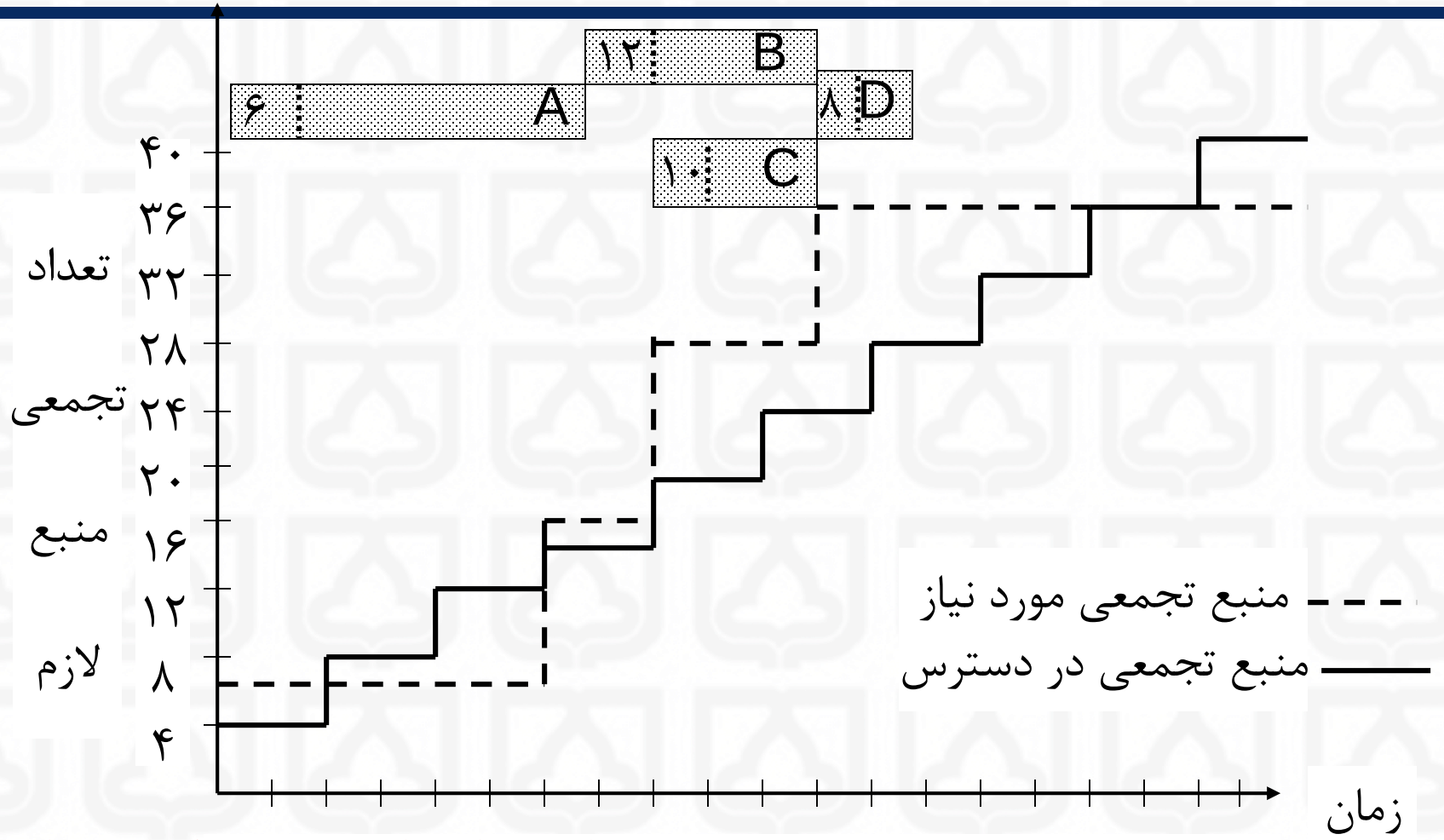
مقدار نیاز هر فعالیت در ابتدای گانت آن نمایش داده شده است.

مقادیر تجمعی در دسترس و مقادیر نیازمندی فعالیتها به ترتیب با خطوط توپر و خط چین رسم شده اند..

هر برنامه ای که منحنی خط چین آن زیر منحنی توپر بیفتد موجه(Feasible) خواهد بود.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

مسئله تخصیص منابع تجدید ناپذیر(مصرفی)



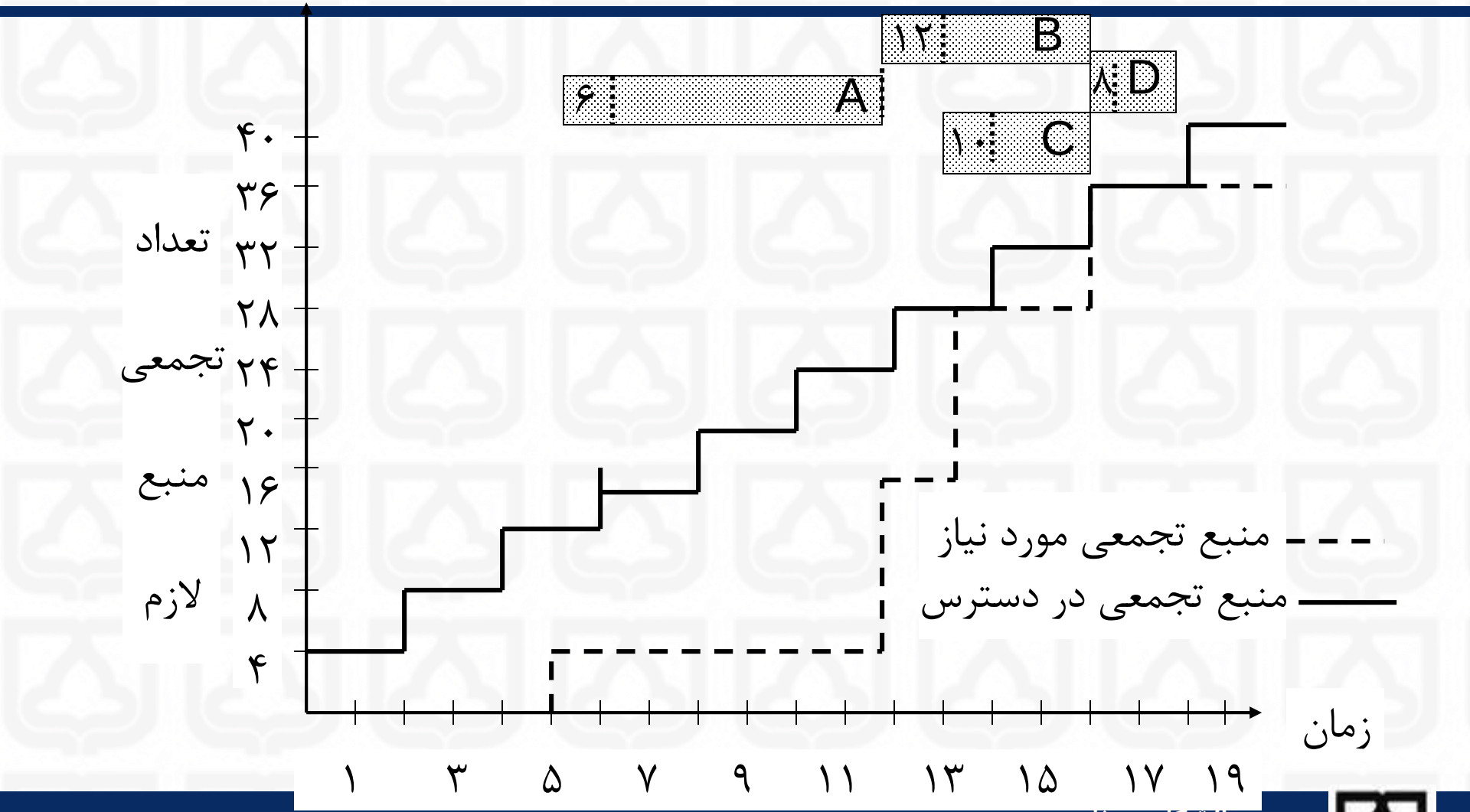
در گراف قبل با وجودیکه فعالیتها در زمان LS برنامه ریزی شده اند، برنامه حاصله موجه نیست .

برای دستیابی به یک برنامه موجه مجبوریم تاخیر غیر مجاز را پذیرفته و برخی از فعالیتها را حتی بیش از LS به تاخیر بیاندازیم.

نتیجه این اقدام در گراف بعد نشان داده شده است.

در شکل بعد سعی شده که با حداقل شیفت فعالیتها به سمت راست،خط چین به زیر خط توپر بیفتد.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی


۱۲ B
۸ D
۶ A
۱۰ C
۴۰
۳۶
۳۲
۲۸
۲۴
۲۰
۱۶
۱۲
۸
۴
تعداد
تجمعی
منبع
لازم
منبع تجمعی مورد نیاز
منبع تجمعی در دسترس
زمان
۱ ۳ ۵ ۷ ۹ ۱۱ ۱۳ ۱۵ ۱۷ ۱۹

تسطیح منابع (Resource Leveling)

در این حالت فرض بر این است مقدار کافی از منابع مورد نیاز موجود است اما هدف از تعیین برنامه در چنین حالتی به حداقل رساندن هزینه های ناشی از نوسانات سطوح منابع مختلف است. بطوریکه تاخیر غیر مجازی در هیچ یک از فعالیتهای پروژه پیش نیاید، منظور از نوسانات در نیروی انسانی استخدام و اخراج و در مورد ماشین آلات نصب و راه اندازی میباشد.

در صورتی که واحد زمان مثلاً "روز" و واحد سطح منابع "نفر" باشد. حجم منابع لازم برای کل پروژه R برابر خواهد بود با:

$$R = \sum_{t=1}^{T_c} r_t$$

که در آن r_t عبارت از سطح منبع مورد نیاز در تاریخ t میباشد.

پس متوسط نفرات لازم در هر روز برای پروژه عبارت میشود از:

$$r = \frac{R}{T_C} = \frac{\sum r_t}{T_C}$$

منبع اسلاید ها در این بخش: دکتر امیر عباس شجاعی

تسطیح منابع(Resource Leveling)-ادامه

در یک حالت ایده آل، باید رابطه زیر به ازای تمام مقادیر ممکن t برقرار باشد:

$$r_{t+1} - r_t = 0 \quad , \quad (0 < t < T_c)$$

در عمل ، لازم است سعی شود رابطه زیر که عبارت از مجموع مربعات تفاضل میزان احتیاج به منابع در تاریخهای مختلف در طول زمان اجرای پروژه است به حداقل برسد:

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

در اینجا، برنامه ریزی ریاضی (غیر خطی) زیر مطرح میشود: $Min \sum_{t=1}^{T_c - 1} (r_{t+1} - r_t)^2$

$s.t.$

$$\sum_{t=1}^{T_c} r_t = R$$

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

تسطیح منابع(Resource Leveling)-ادامه

با توجه به منفی نبودن اجزای تابع هدف، مقدار تابع وقتی مینیمم میشود که داشته باشیم:

$$r_{t+1} = r_t \quad , \quad (t = 1,2,...T_C - 1)$$

و در اینصورت:

$$r_t = r_{t+1} = \frac{R}{T_C}$$

حال به جای تابع هدف معرفی شده در بالا، تابع زیر را در نظر میگیریم:

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

$$s.t.$$

$$\sum_{t=1}^{T_C} r_t = R$$

جواب این مسئله برنامه ریزی ریاضی نیز، همان $r = \frac{R}{T_C}$ برای همه مقادیر t خواهد بود. به عبارت دیگر، همان جوابهایی را که از برنامه ریزی ریاضی اولی قابل انتظار است، از برنامه ریزی ریاضی اخیر نیز خواهیم داشت

منبع: اسلایدهای قابل این نظارت است، دکتر امین عباسی شجاعی

الگوریتم برگس(Burgess) برای تسطیح منابع

روش برگس برای برنامه ریزی پروژه ها در شرایط عدم محدودیت در سطح منابع و وجود محدودیت در تاریخ اجراء پروژه،میباشد.

این الگوریتم سعی دارد که میزان نوسان در سطح منابع مورد نیاز را به حداقل برساند. قدم های این الگوریتم بشرح زیر است:

قدم ۱- فعالیتها را به ترتیب افزایش شماره رویداد پایانی و در صورت که دو فعالیت دارای یک شماره رویداد پایانی هستند،به ترتیب افزایش شماره پایه از بالا به پائین در جدولی قرار میدهیم.

قدم ۲- از آخرین فعالیت پائین لیست شروع نموده و فعالیتها را به ترتیبی برنامه ریزی میکنیم که رابطه $Z=\sum_{t=1}^{T_c}(\sum r_{t_{ij}})^2$ در آن حداقل باشد.

توضیح: $r_{t_{ij}}$ عبارت از سطح منبع مورد نیاز برای فعالیت ij در تاریخ t میباشد.

منابع اسلایدها در اینجا بخش دکتر امین عباس شجاعی

الگوریتم برگس(Burgess) برای تسطیح منابع

در صورتی که این رابطه در دو یا چند وضعیت مختلف حداقل شد، وضعیتی را انتخاب میکنیم که فعالیت از حداکثر شناوری خور استفاده کرده باشد.

(بدیهی است در این عملیات موقعیت فعالیتهای بحرانی ثابت است)

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

قدم ۴- بعد از کامل شدن عملیات مربوط به قدم ۳، قدم های ۲و۳ را تکرار میکنیم. در این عملیات در اغلب موارد لازم است فعالیتها به سمت راست هدایت شوند.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی

مثال الگوریتم برگس(Burgess) برای تسطیح منابع

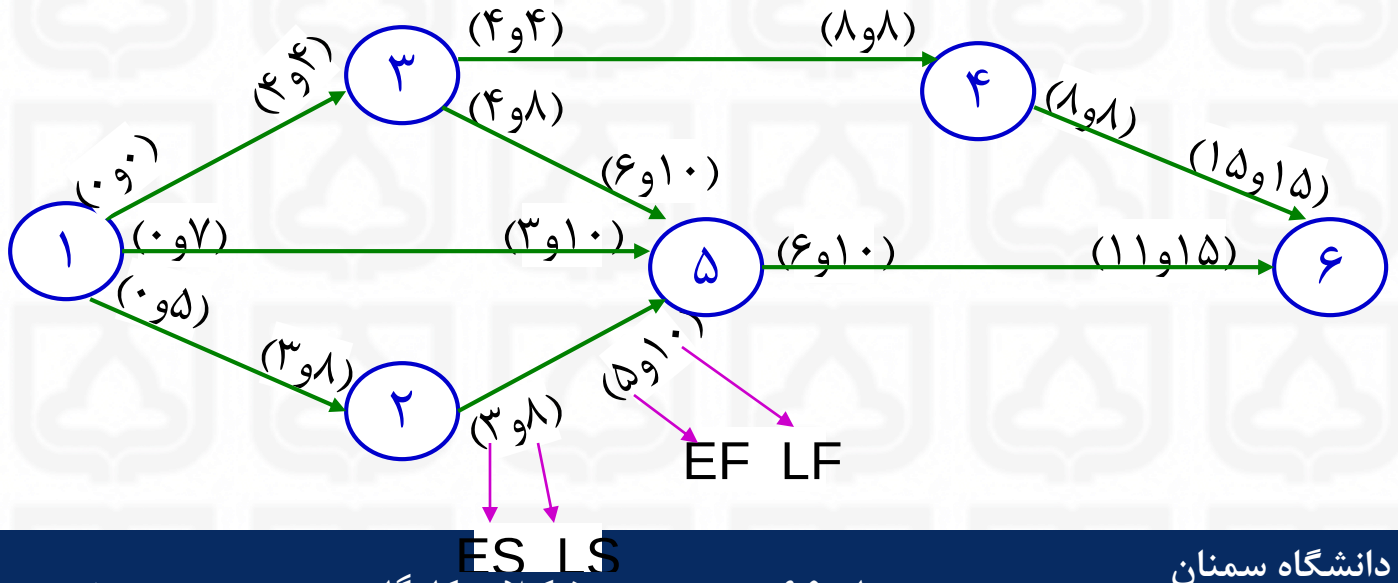
مثال: پروژه ای با اطلاعات مندرج در جدول زیر برای اجرا انتخاب شده است. اگر برای انجام فعالیتهای این پروژه فقط یک نوع منبع یعنی نیروی انسانی(کارگر) مورد نیاز باشد و تعداد نیروی انسانی در دسترس محدودیتی نداشته باشد، برنامه زمان بندی قابل قبول برای اجرا فعالیتها پروژه تعیین کنید.

فعالیت	پیش نیاز	مدت اجرا (روز)	تعداد کارگر مورد نیاز(نفر)
A(1-2)	-	۳	۳
B(1-3)	-	۴	۲
C(3-4)	B	۴	۲
D(1-5)	-	۳	۴
E(2-5)	A	۲	۶
F(3-5)	B	۲	۳
G(4-6)	C	۷	۴
H(5-6)	D,E,F	۵	۵

منبع اسلاید ها در این بخش : دکتر امیر عباس شجاعی

مثال الگوریتم برگس(Burgess) برای تسطیح منابع

با استفاده از مشخصات جدول قبل، شبکه برداری پروژه مطابق شکل زیر رسم میگردد. سپس محاسبات زمانبندی به روشCPM انجام شده و نتایج روی شبکه قرار میگیرد که مسیر ۶-۴-۳-۱ تنها مسیر بحرانی این پروژه است.



فعالیت	D	ES	LF	کارگر r_{ij}	زمان (روز) ۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۱-۲	۳	۰	۸	۳	۳	۳	۳												
۱-۳	۴	۰	۴	۲	۲	۲	۲	۲											
۳-۴	۴	۴	۸	۲					۲	۲	۲	۲							
۱-۵	۳	۰	۱۰	۴	۴	۴	۴												
۲-۵	۲	۳	۱۰	۶				۶	۶										
۳-۵	۲	۴	۱۰	۳					۳	۳									
۴-۶	۷	۸	۱۵	۴									۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
۵-۶	۵	۶	۱۵	۵							۵	۵	۵	۵	۵				
				$\left(\sum_{i=1}^{n} r_{t_{ij}}\right)^2$	۸۱	۸۱	۸۱	۶۴	۱۲۱	۲۵	۴۹	۴۹	۸۱	۸۱	۸۱	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶

منبع اسلاید ها در این بخش : دکتر امیر عباس شجاعی

Z=855

به منظور کاهش مقدار Z بر اساس الگوریتم برگس، تغییراتی در زمان بندی انجام فعالیتها ی غیر بحرانی در داخل مدت زمان شناوری آنها (ابتدا، آخرین فعالیت در جدول یعنی ۶-۵ و سپس به ترتیب ، فعالیتهای غیر بحرانی ردیفهای قبلی) ایجاد میشود که در اثر آن گزینه جدید زیر ارائه میشود:

فعالیت	ES	LF	زمان (روز)														
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۱-۲	۰	۸	۳	۳	۳												
۱-۳	۰	۴	۲	۲	۲	۲											
۳-۴	۴	۸					۲	۲	۲	۲							
۱-۵	۰	۱۰		۴	۴	۴											
۲-۵	۳	۱۰							۶	۶							
۳-۵	۴	۱۰					۳	۳									
۴-۶	۸	۱۵									۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
۵-۶	۶	۱۵											۵	۵	۵	۵	۵
											۱۶	۱۶	۸۱	۸۱	۸۱	۸۱	۸۱

منبع اسلاید ها در این بخش: دکتر امیر عباس شجاعی

$$\left(\sum_{i=1}^{n} r_{t_{ij}}\right)^2$$

Z=838

مثال الگوریتم برگس (Burgess) – ادامه

در مرحله بعد، تغییرات جدیدی در زمان بندی انجام فعالیتهای غیر بحرانی مطابق با روش برگس انجام میگیرد.

نهایتاً مقدار Z معادل با ۸۱۴،کمترین میزان و بهترین گزینه محاسبه میشود.

منبع اسلاید ها در این بخش : دکترامیر عباس شجاعی