



# مدرسان شریف

## فصل دوم

### «تصمیم‌گیری در مهندسی»

اقتصاد مهندسی شامل اصولی درباره‌ی جنبه‌های اقتصادی علم مهندسی است. به طور دقیق‌تر اقتصاد مهندسی به ارزیابی هزینه و سود پروژه‌های پیشنهادی می‌پردازد. در واقع اصول اقتصاد مهندسی هر روزه در بخش مدیریت و اداره امور شرکت‌های خصوصی، سازمان‌های دولتی، کارخانه‌ها و ... به کار گرفته می‌شود. تجزیه و تحلیل این که منابع مالی چگونه سرمایه‌گذاری شوند، بازده کدامیک از طرح‌های مهندسی بیشتر است و هزاران مسئله مالی دیگر به کمک اصول اقتصاد مهندسی انجام می‌گیرد. انتخاب، مهمترین مسئله‌ای است که تمامی مهندسان با آن سر و کار دارند. اقتصاد مهندسی با تبیین اصول حاکم بر یک انتخاب منطقی، ابزار تصمیم‌گیری صحیح را در اختیار مهندسان قرار می‌دهد.

#### فرآیند حل مسئله

بیشتر اوقات تحلیل اقتصادی یک پروژه، قسمتی از یک فرآیند حل مسئله بزرگتر است. این فرآیند می‌تواند طراحی یک محصول جدید یا ارتقای آن یا ایجاد یک سیستم برای ارائه خدمات بهتر در یک شرکت و ... باشد.

#### سیستم تحلیل

فرآیند حل مسئله را می‌توان طی یک تحلیل سیستماتیک انجام داد. این تحلیل خود شامل ۵ مرحله است که به فرآیند حل مسئله کمک می‌نماید. در این گونه تحلیل‌ها ابتدا اهداف پروژه مورد نظر بررسی می‌شود. سپس مسئله فرمول‌بندی می‌گردد تا بتوان راحت‌تر معیارهای مورد نظر را اعمال کرد. در مرحله بعد راه‌حل‌های مورد نظر برای حل مسئله ارائه می‌گردد. سپس با استفاده از معیارهای موجود، به ارزیابی راه‌حل‌های ارائه شده پرداخته می‌شود. در نهایت نیز بهترین راه‌حل موجود انتخاب می‌گردد. بنابراین به طور خلاصه این سیستم تحلیل، از مراحل پیوسته‌ای تشکیل شده است که برای حل مسائل بزرگ‌تر، چگونگی ارتباط اجزای پروژه اعم از افراد، سرمایه و مواد اولیه با یکدیگر را مشخص می‌نماید. در این سیستم جامع با استفاده از کشف علمی و اصولی اهداف، راه‌حل‌ها، فرضیات و موازین و خطراتی که در یک مسئله مطرح است، با آن مسئله برخورد می‌شود. باید توجه داشت که دامنه تعریف یک سیستم بنابر وسعت و نوع مسئله تغییر می‌کند.

**کلمه مثال ۱:** کدامیک از گزینه‌های زیر فرآیند حل مسئله به صورت سیستم تحلیل را نشان می‌دهند؟

- ۱) شناخت مسئله - ارزیابی راه حل‌ها - فرمول بندی - شرح اهداف - انتخاب بهترین راه حل
- ۲) شرح اهداف - فرمول بندی مسئله - ارائه راه حل‌ها - ارزیابی راه حل‌ها - انتخاب بهترین راه حل
- ۳) شناخت مسئله - ارزیابی راه حل‌ها - شرح اهداف - ارائه راه حل‌ها - انتخاب بهترین راه حل
- ۴) شرح اهداف - ارائه راه حل‌ها - شناخت مسئله - ارزیابی راه حل‌ها - انتخاب بهترین راه حل‌ها

پاسخ: گزینه «۲» شرح اهداف - فرمول بندی مسئله - ارائه راه حل‌ها - ارزیابی راه حل‌ها - انتخاب بهترین راه حل

**کلمه مثال ۲:** کدام گزینه تعریف جامع‌تری از یک سیستم تحلیل ارائه می‌دهد؟

- ۱) یک سیستم تحلیل شامل راه‌کارهای فنی و مهندسی برای حل یک مسئله مهندسی می‌باشد.
- ۲) یک سیستم تحلیل حاوی یک سری اطلاعات اقتصادی برای ارزیابی پروژه‌ها می‌باشد.
- ۳) یک سیستم تحلیل شامل مراحل است که چگونگی ارتباط اجزای پروژه اعم از افراد، سرمایه و مواد اولیه را مشخص می‌نماید.
- ۴) یک سیستم تحلیل شامل ارائه راه‌کارهایی برای استفاده از سرمایه در یک پروژه است.

پاسخ: گزینه «۳» یک سیستم تحلیل شامل مراحل است که چگونگی ارتباط اجزای پروژه اعم از افراد، سرمایه و مواد اولیه را مشخص می‌نماید.

کج مثال ۳: یک سیستم تحلیل نمی‌تواند در کدامیک از محدوده‌های زیر قرار گیرد؟

- (۱) در حد خط تولید یک کارخانه  
 (۲) در حد یک سازمان دولتی  
 (۳) در سطح کل جهان  
 (۴) وسعت یک سیستم تحلیل هیچ محدودیتی ندارد

پاسخ: گزینه «۴» زیرا این مسئله مورد بررسی است که وسعت سیستم تحلیل را معین می‌کند.

## فرآیند تصمیم‌گیری منطقی

تعریف مراحل تصمیم‌گیری تا حدودی اختیاری است. ما در این بخش همانند بخش‌های پیشین، سعی می‌کنیم جامع‌ترین تعریف موجود را ارائه دهیم. در این دیدگاه ۹ مرحله برای انجام یک تصمیم‌گیری منطقی می‌بایست طی شود. لازم به ذکر است که این مراحل برگرفته از همان اصول فرآیند حل مسئله است که در بخش قبل مفصل توضیح داده شد.

### ۱. شناخت مسئله

نخستین گام برای گرفتن یک تصمیم منطقی، شناخت مسئله مورد نظر می‌باشد. گاهی اوقات شناسایی یک مسئله کار دشواری است و احتیاج به تفکر و مطالعه دقیق دارد. برای مثال دانشمندان به تازگی کشف کرده‌اند که اثر زبان هر فرد نیز مانند اثر انگشت وی منحصر به فرد است. بنابراین این مسئله سالهاست که وجود دارد ولی اخیراً کشف شده است. این در حالی است که شناسایی برخی مسائل دیگر به راحتی امکان‌پذیر است. مسئله فرسودگی دستگاه‌های یک کارخانه و نیاز به جایگزین کردن آنها با دستگاه‌های جدید از این دسته است. طی یک تقسیم‌بندی دیگر برای شناسایی مسائل، می‌توان آنها را به مسائلی با منشأ داخلی و یا خارجی تقسیم کرد. به عنوان مثال وجود یک رقیب تجاری که می‌تواند مسئله‌ای بغرنج برای موسسه باشد، که منشأ خارجی دارد. فرسودگی ماشین‌آلات تولید منشأ داخلی دارد.

### ۲. تعیین اهداف مسئله

برای گرفتن یک تصمیم درست، باید بدانیم که هدف از حل مسئله مورد نظر چیست. این اهداف می‌توانند مادی یا معنوی باشند. به طور مثال زمانی که صاحب یک کارگاه دستگاه جدیدی برای کارگزارانش نصب می‌کند، هدفی مادی داشته و خواهان افزایش تولید و در نتیجه سود خود است. ولی هنگامی که به نصب تجهیزات ایمنی در کارگاه خود می‌پردازد، هدفش ایجاد امنیت خاطر برای کارگران خود می‌باشد.

### ۳. گردآوری اطلاعات

تصمیم‌گیری صحیح، بدون داشتن اطلاعات مناسب امکان‌پذیر نخواهد بود. بنابراین جمع‌آوری اطلاعات در فرآیند تصمیم‌گیری از اهمیت بسزایی برخوردار است. مشکل اینجاست که دسترسی به این اطلاعات احتیاج به صرف زمان و هزینه دارد. زیرا همه اطلاعات را نمی‌توان به راحتی از منابع خاصی مانند کتاب و اینترنت و ... به راحتی بدست آورد. گاهی اوقات در حل مسئله به اطلاعات و تجربه فرد ماهر در آن زمینه نیاز پیدا می‌کنیم. نوع دیگر اطلاعات، اطلاعاتی است که با تحقیق و پژوهش بدست می‌آیند. معمولاً در یک موسسه سیستم حسابداری منبع خوبی برای کسب اطلاعات مالی شرکت می‌باشد.

### ۴. تعیین گزینه‌های مورد قبول

ارائه گزینه‌ها و راه‌حل‌های مناسب برای حل یک مسئله، از اهمیت زیادی برخوردار است. اگر این مرحله از تصمیم‌گیری با خلاقیت همراه باشد، به این معناست که در تصمیم‌گیری تمام راه‌حل‌های مطلوب و برتر در نظر گرفته شده سپس از بین آنها بهترین انتخاب می‌گردد. باید توجه داشت که در فرآیند تصمیم‌گیری برای حل یک مسئله، تمامی گزینه‌های موجود قابل قبول نیستند. زیرا ممکن است از لحاظ تئوری گزینه‌هایی وجود داشته باشند که در عمل قابل قبول نباشند. بنابراین می‌بایست گزینه‌های غیر عملی را حذف کرد و برای تصمیم‌گیری، تنها روی گزینه‌های مورد قبول تمرکز کرد. یک گزینه موجود می‌تواند در عمل آن قدر وقت‌گیر باشد، که از لیست گزینه‌های قابل قبول حذف گردد.

### ۵. در نظر گرفتن معیار مناسب برای مقایسه گزینه‌ها

در فرآیند تصمیم‌گیری برای انتخاب از بین گزینه‌ها، می‌بایست معیاری برای مقایسه آنها وجود داشته باشد، تا بتوان بوسیله آن معیار، بهترین گزینه را از بین گزینه‌های موجود انتخاب کرد. باید توجه داشت که مفهوم بهترین در اینجا یک مفهوم نسبی است. مثلاً کارخانه‌هایی که میزان آلاینده‌گی محیطی زیادی دارد، از طرف سازمان محیط زیست مجبور به تغییر تکنولوژی تولید خود یا پرداخت جریمه نقدی می‌گردد. هر دوی این گزینه‌ها برای سهام داران کارخانه هزینه بردار است. بنابراین آنها می‌بایست گزینه‌های که عدم مطلوبیت کمتری دارد را انتخاب کنند.

معیارهای اقتصادی که در ارزیابی یک طرح مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابر شرایط موجود یکی از سه حالت زیر می‌باشند:

- ۱- در حالتی که منابع اولیه ورودی مقدار ثابتی دارند و می‌بایست آنها را بصورت کارا مورد استفاده قرار داد. بنابراین معیار اقتصادی در این گونه مسائل حداکثر کردن مقدار خروجی یا درآمد خواهد بود.



## مدرسایان شریف

### فصل چهارم

#### «تحلیل ارزش کنونی (فعلی)»

#### فرض‌های یک تحلیل اقتصادی

در این فصل ابتدا به تبیین پیش فرض‌های حاکم بر مسائل اقتصاد مهندسی می‌پردازیم. با در نظر گرفتن این فرضیات به تحلیل اقتصادی گزینه‌های مورد بررسی می‌پردازیم.

#### قرارداد آخر سال

برای استفاده از جداول بهره مرکب که در پیوست آمده است، فرض می‌کنیم که تمامی دریافت‌ها و پرداخت‌ها در انتهای هر دوره انجام می‌پذیرد. بنابراین منظور از یک سری پرداخت ۶۰۰۰ واحد پولی یکنواخت در طی ۶ سال، این است که در انتهای هر سال به مدت ۶ سال، مبلغ ۶۰۰۰ واحد پولی دریافت شده است. اگر دریافت‌ها یا پرداخت‌ها را در وسط سال در نظر بگیریم، دیگر نمی‌توان از جداول بهره مرکب استفاده کرد و مقادیر عامل‌های مورد نظر را می‌بایست مستقیماً از فرمول بدست آورد.

#### فرض قرض کردن پول

در اغلب مسائل اقتصاد مهندسی اجرای گزینه‌ها احتیاج به پول دارند. اینکه این پول از کجا تهیه می‌شود، خود بخشی از تحلیل است. بایستی دقت داشت که بخش تامین مالی مسأله را از بخش سرمایه‌گذاری تفکیک کرد، تا بتوان مسئله را راحت‌تر بررسی کرد. بنابراین اگر برای انجام گزینه‌ای پولی قرض شود، نرخ بهره پول قرض شده را می‌توان به عنوان نرخ بهره مسأله مورد بررسی در نظر گرفت.

#### تورم و مالیات بر درآمد

افزایش قیمت کالاها در طول دوره مورد بررسی و مالیات بر درآمدهای کسب شده، از نکاتی است که باید در تحلیل واقعی مسائل به آنها توجه داشت. البته ممکن است در حل برخی از مسائل، به دلیل سادگی از آنها صرف‌نظر کرد. با در نظر گرفتن فروض فوق به حل مسائل اقتصادی می‌پردازیم. در این راه نخست می‌بایست معیار اقتصادی مشخصی داشته باشیم.

#### معیارهای اقتصادی

همانطور که در فصل دوم در فرآیند تصمیم‌گیری منطقی توضیح داده شد، معیارهای اقتصادی که در ارزیابی یک طرح مورد استفاده قرار می‌گیرند بنابر شرایط موجود، یکی از سه حالت زیر می‌باشند:

۱ - منابع اولیه ورودی، مقدار ثابتی دارند و می‌بایست آنها را بصورت کارا استفاده کرد. بنابراین معیار اقتصادی در این گونه مسائل، حداکثر کردن مقدار خروجی یا درآمد خواهد بود.

۲ - حالتی که می‌بایست یک مقدار خروجی معینی بدست آورد، بنابراین سعی در این است که مقدار ورودی اولیه یا هزینه‌ها را حداقل نمود.

۳ - حالت پیچیده‌تری است که در آن مقدار هزینه‌ها و درآمدها متغیر است، بنابراین حداکثر کردن سود که همان تفاضل درآمد و هزینه است، بهترین معیار است. کاربرد معیارهای فوق برای ارزیابی پروژه‌های مختلف، مستلزم این است که جریان مالی آن پروژه‌ها با یکدیگر قابل مقایسه باشد. روشی که در این فصل برای مقایسه‌پذیر کردن جریان‌های مالی مختلف معرفی می‌شود، تحلیل ارزش کنونی نام دارد که از روش‌های پایه‌ای مورد استفاده در اقتصاد مهندسی است.



به این ترتیب که جریان‌های مالی مختلف را به مقدار معادل فعلی آنها تبدیل کرده سپس با یکی از معیارهای فوق راجع به آنها تصمیم‌گیری کرده و اقتصادی‌ترین طرح را انتخاب می‌کنیم. لازم به ذکر است که طرح‌های مورد بررسی در این فصل، دو به دو ناسازگار هستند، به این مفهوم که کاملاً مستقل از یکدیگر می‌باشند و انتخاب یکی، مستلزم رد شدن دیگری است.

### کاربرد تحلیل ارزش کنونی

- همانطور که گفته شد مهمترین کاربرد تحلیل ارزش کنونی، مقایسه اقتصادی طرح‌های ناسازگار است.
- از این تحلیل می‌توان برای تعیین قیمت خرید یا فروش هر نوع دارایی استفاده کنیم. به این ترتیب که ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌های حاصل از آن دارایی‌ها را محاسبه می‌کنیم. در نتیجه می‌توان برآوردی از قیمت خرید یا فروش آنها بدست آورد.
- از تحلیل ارزش فعلی می‌توان برای تعیین ارزش سهام یا اوراق بهادار استفاده کرد. به این طریق که ارزش فعلی سودهای آتی آنها را محاسبه می‌کنیم.

### ارزش فعلی خالص (ارزش کنونی ویژه)

ارزش فعلی خالص یک طرح، از تفاضل ارزش فعلی هزینه‌های آن طرح از ارزش فعلی درآمدهای آن بدست می‌آید:

ارزش فعلی هزینه‌ها - ارزش فعلی درآمدها = ارزش فعلی خالص

$$NPW = PW (\text{درآمد}) - PW (\text{هزینه‌ها})$$

واضح است که اگر در طرح مورد بررسی، با حداقل نرخ جاذب  $NPW > 0$  ارزش فعلی درآمدها از هزینه‌ها بیشتر بوده و طرح از لحاظ اقتصادی به صرفه است. به عبارت دیگر انجام طرح اقتصادی است.

در طراحی با حداقل نرخ جاذب  $NPW < 0$  ارزش فعلی هزینه‌ها از درآمدها بیشتر بوده و انجام طرح اقتصادی نمی‌باشد.

اگر  $NPW = 0$  چون طرح توانسته است حداقل نرخ جاذب سرمایه‌گذاری را تامین کند، طرح اقتصادی می‌باشد.

**نکته ۱:** به صورت کلی، زمانی که  $NPW \geq 0$  باشد، پروژه اقتصادی است و اگر  $NPW > 0$  باشد، به این معناست که نرخ بازگشت سرمایه (ROR) از حداقل نرخ جذب کننده سرمایه‌گذار (MARR) نیز بیشتر است. اگر  $NPW = 0$  باشد، نرخ بازگشت سرمایه دقیقاً برابر حداقل نرخ جذب کننده سرمایه‌گذار است.

**مثال ۱:** اگر هزینه‌ها و درآمدهای گزینه‌های مورد بررسی متفاوت باشد، طبق روش ارزش فعلی خالص، باید گزینه‌ای را انتخاب کرد که:

- ارزش فعلی هزینه‌های آن کمتر است.
- ارزش فعلی درآمدهای آن بیشتر است.
- تفاضل ارزش فعلی هزینه‌ها از درآمدهای آن بیشتر باشد.
- تفاضل ارزش فعلی هزینه‌ها از درآمدهای آن کمتر باشد.

پاسخ: گزینه «۳» زیرا ارزش فعلی هزینه‌ها - ارزش فعلی درآمدها = ارزش فعلی خالص

**مثال ۲:** برای طرح پیشنهادی به یک شرکت ۶۰۰۰۰ واحد پولی سرمایه اولیه مورد نیاز است. پیش بینی می‌شود این طرح از سال اول مبلغ ۱۰۰۰۰ واحد پولی درآمد دارد و هر سال ۱۰۰۰ واحد پولی به آن افزوده شود. اگر این طرح با نرخ بهره ۷٪ به مدت ۶ سال به طول انجامد، آیا این طرح اقتصادی است؟

- خیر - ۱۳۵۲ واحد پولی هزینه
- بله - ۱۳۵۲ واحد پولی درآمد
- بله - ۵۸۶۴۸ واحد پولی درآمد
- خیر - ۶۰۰۰۰ واحد پولی هزینه

پاسخ: گزینه «۱»  $NPW < 0$  در نتیجه طرح پیشنهادی اقتصادی نیست. زیرا هزینه‌اش بیش از درآمدش است.

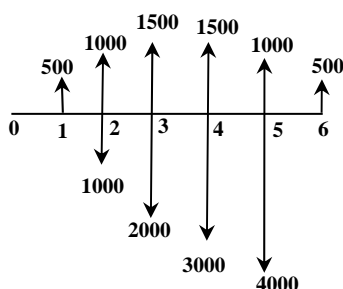
$$NPW (\text{طرح}) = 10000(P/A, 7\%, 6) + 10000(P/G, 7\%, 6) - 60000 = 10000 \times 4/767 + 10000 \times 10/978 - 60000 = -1352$$

**مثال ۳:** گزینه‌های ناسازگار گزینه‌هایی هستند که:

- کاملاً مستقل از یکدیگر می‌باشند و انتخاب یکی مستلزم رد شدن دیگری است.
- کاملاً وابسته به یکدیگر می‌باشند و انتخاب یکی مستلزم رد شدن دیگری است.
- نتایج کاملاً متضاد با یکدیگر دارند و نمی‌توان هر دوی آنها را انتخاب کرد.
- گزینه‌های ۲ و ۳

پاسخ: گزینه «۱» طبق تعریف.

مثال ۴: NPW فرآیند مالی زیر با حداقل نرخ جاذب ۵ درصد، چقدر است؟



$$3167/8 \quad (1)$$

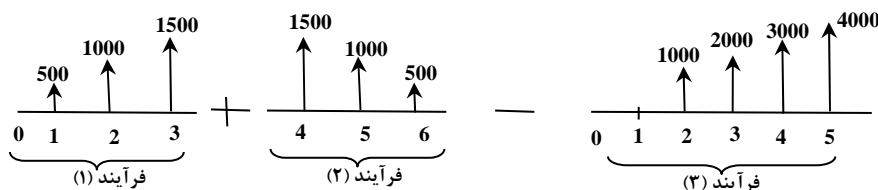
$$-3167/8 \quad (2)$$

$$5069/1 \quad (3)$$

$$-5069/1 \quad (4)$$

پاسخ: گزینه «۲» فرآیند مالی فوق را به سه فرآیند ساده‌تر زیر تقسیم می‌کنیم. گروه اول از روش فعلی فرآیند مالی (۱) را محاسبه می‌کند.

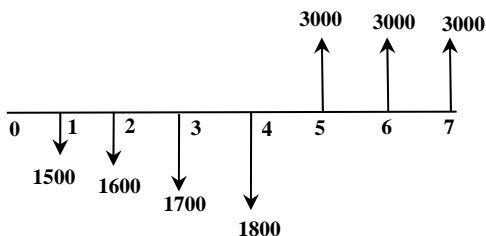
در گروه دوم از روش فعلی فرآیند مالی (۲) محاسبه گردیده است. در نهایت گروه سوم، ارزش فعلی فرآیند مالی (۳) را نشان می‌دهد.



$$NPW = [500(P/A, 5\%, 3) + 500(P/G, 5\%, 3)] + [1500(P/A, 5\%, 3)(P/F, 5\%, 3) - 500(P/G, 5\%, 3)(P/F, 5\%, 3)] - [1000(P/G, 5\%, 5)]$$

$$NPW = [500 \times 2/723 + 500 \times 2/635 + 1500 \times 2/723 \times 0/8638 - 500 \times 2/635 \times 0/8638] - [1000 \times 8/237] = -3167/8$$

مثال ۵: آیا فرآیند مالی زیر با حداقل نرخ جاذب ۱۲ درصد، توجیه اقتصادی دارد؟ مقدار NPW کدام است.



$$4127 \text{ خیر؛} \quad (1)$$

$$388/7 \text{ بله؛} \quad (2)$$

$$-388/7 \text{ خیر؛} \quad (3)$$

$$4127 \text{ بله؛} \quad (4)$$

پاسخ: گزینه «۳» گروه اول ارزش فعلی جریان مالی (درآمدها) سال‌های ۵ و ۶ و ۷ را محاسبه کرده است و گروه دوم ارزش فعلی جریان مالی (هزینه‌ها) چهار سال اول را بدست آورده است.

$$NPW = 3000(P/A, 12\%, 3)(P/F, 12\%, 4) - [1500(P/A, 12\%, 4) + 1000(P/G, 12\%, 4)]$$

$$= 3000 \times 2/402 \times 0/6355 - 1500 \times 3/037 - 1000 \times 4/127 = -388/7$$

نکته ۲: نحوه‌ی مقایسه‌ی اقتصادی چند پروژه به کمک روش ارزش فعلی در حالتی که مقایسه‌ی اقتصادی چند پروژه در نظر باشد، در حالتی که پروژه‌ها

ناسازگار باشند، پروژه‌ای که دارای NPW بیشتری باشد، انتخاب می‌گردد. در صورتی که مبنای انتخاب ارزش فعلی درآمدها باشد، پروژه‌ای که PWB بیشتری داشته باشد، انتخاب می‌شود.

در صورتی که پروژه‌ها مستقل باشند، کلیه‌ی پروژه‌هایی که  $NPW \geq 0$  داشته باشند، انتخاب می‌شوند.

نکته‌ی دیگر این که، در هر دو حالتی که پروژه‌ها ناسازگار یا مستقل باشند، در صورتی که برای همه‌ی گزینه‌ها  $NPW < 0$  باشد، هیچ طرحی انتخاب نمی‌شود.

به صورت کلی، مقایسه‌ی اقتصادی پروژه‌ها، از طریق روش ارزش فعلی، بستگی به عمر مفید پروژه‌ها و افق زمانی تصمیم‌گیری دارد. این موضوع در قسمت بعدی بررسی خواهد شد.

## دوره تحلیل

از روش تحلیل ارزش کنونی می‌توان برای مقایسه دو یا چند طرح اقتصادی نیز استفاده کرد. به این ترتیب که در ارزیابی چند طرح، آن طرحی را انتخاب می‌کنیم که بیشترین ارزش فعلی خالص را داشته باشد.



## حداقل نرخ جاذب نامشخص

اگر بخواهیم چند پروژه را در شرایطی که حداقل نرخ جاذب نامشخص است، با یکدیگر مقایسه کنیم، از روش شبکه‌ای جرال اسمیت استفاده می‌کنیم. روش کار چنین است که ابتدا پروژه‌ها را بر حسب هزینه اولیه آنها به صورت صعودی مرتب می‌کنیم. سپس نرخ بازده داخلی هر یک را محاسبه می‌کنیم. این نرخ در واقع همان نرخ تفاوت هر پروژه با حالتی است که هیچ کاری انجام نشود، این حالت را با 0 نشان می‌دهیم. در مرحله بعد نرخ تفاوت سرمایه‌گذاری همه طرح‌ها را بصورت دوبه‌دو محاسبه کرده و در جدول می‌نویسیم. با استفاده از این جدول می‌توان شبکه‌ای رسم کرد که در آن از پروژه با کمترین هزینه به سمت پروژه با بیشترین هزینه حرکت می‌کنیم. این کار را می‌توانیم از مسیرهای مختلفی انجام دهیم، که در هر مسیر با مشخص کردن حدودی برای MARR می‌توان اقتصادی‌ترین پروژه را تعیین کرد.

روش انتخاب مسیر بر روی شبکه به این صورت است که از پروژه با کمترین مقدار سرمایه‌گذاری شروع می‌کنیم و در جهتی که  $i$  بزرگتری دارد حرکت می‌کنیم تا به پروژه بعدی برسیم، در هر مرحله یک MARR فرضی انتخاب می‌کنیم و با استفاده از آن پروژه اقتصادی را انتخاب می‌کنیم، حدود MARR را می‌توان به کمک  $i$  های بدست آورده تعیین نمود. مثال بعد این موضوع را روشن تر می‌کند.

مثال ۲۶: سه پروژه عمرانی زیر را در نظر بگیرید، در شرایطی که حداقل نرخ جاذب مشخص نمی‌باشد، اقتصادی‌ترین پروژه را تعیین کنید.

پروژه	هزینه اولیه	جریان خالص سالیانه
الف	۴۰۰۰	۲۸۰
ب	۶۰۰۰	۳۶۰
ج	۸۰۰۰	۶۴۰

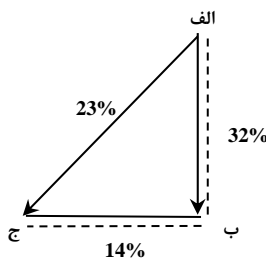
(۱) اگر  $MARR > 14\%$  پروژه الف اقتصادی ترین است. اگر  $MARR > 32\%$  پروژه ج اقتصادی ترین است.

(۳) اگر  $MARR > 14\%$  پروژه ب اقتصادی ترین است. اگر  $MARR > 14\%$  پروژه الف اقتصادی ترین است.

پاسخ: گزینه «۳» پروژه‌ها به ترتیب هزینه اولیه مرتب هستند، از آن جایی که عمر پروژه‌های عمرانی نامحدود می‌باشند، نرخ بازگشت

سرمایه هر پروژه به راحتی از رابطه  $i = \frac{A}{P}$  بدست می‌آید. بنابراین جدول زیر را به این صورت تکمیل می‌کنیم که ستون چهارم 0 نرخ بازده داخلی هر پروژه را مشخص می‌کند. ستون پنجم نرخ بازده تفاوت هر پروژه با پروژه الف را مشخص می‌کند و ستون ششم نرخ بازده تفاوت هر پروژه با پروژه ب را مشخص می‌کند.

پروژه	هزینه اولیه	جریان خالص سالیانه	0	الف	ب
الف	۴۰۰۰	۲۸۰	$\frac{-280}{4000} = -7\%$	-	-
ب	۶۰۰۰	۳۶۰	$\frac{360}{6000} = 6\%$	$\frac{360 - (-280)}{6000 - 4000} = 32\%$	-
ج	۸۰۰۰	۶۴۰	$\frac{640}{8000} = 8\%$	$\frac{640 - (-280)}{8000 - 4000} = 23\%$	$\frac{640 - 360}{8000 - 6000} = 14\%$



برای رسم شبکه در این حالت، سه پروژه را بعنوان سه راس در شبکه قرار می‌دهیم. مسیر حرکت در شکل روبرو با خط چین نشان داده شده است. از پروژه الف با کمترین مقدار سرمایه‌گذاری شروع می‌کنیم و چون  $i = 32\%$  بزرگتر از  $i = 23\%$  است در جهت نشان داده شده به پروژه ب حرکت می‌کنیم. برای رسیدن به مقدار کمینه MARR در شرایط، بین  $14\%$  و  $23\%$  کمترین را انتخاب می‌کنیم.

در مسیر از الف به ب اگر  $MARR > 32\%$  پروژه با هزینه اولیه کمتر یعنی پروژه الف انتخاب می‌شود. اگر  $32\% \geq MARR > 14\%$ ، چون  $32\% \geq MARR > 14\%$  بین الف و ب، پروژه ب که هزینه اولیه بیشتری دارد انتخاب می‌شود و چون  $MARR > 14\%$  بین ب و ج نیز پروژه ب انتخاب می‌شود چون هزینه اولیه کمتری دارد. ولی اگر  $14\% \geq MARR$  بین ب و ج پروژه ج انتخاب می‌شود که هزینه اولیه بیشتری دارد.

بنابراین نتایج فوق را در جدول زیر خلاصه می‌کنیم.

شرایط	پروژه انتخابی
$MARR > ۳۲\%$	الف
$۳۲\% \geq MARR > ۱۴\%$	ب
$۱۴\% \geq MARR$	ج

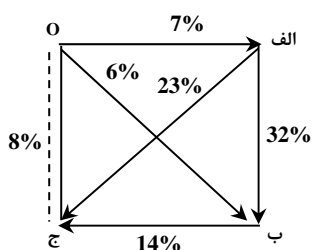
کلمه مثال ۲۷: در مثال قبل اگر این گزینه که هیچ کاری انجام نشود را نیز انتخاب کنیم، اقتصادی ترین پروژه کدام است؟

(۱) پروژه الف اگر  $MARR > ۸\%$

(۲) پروژه ب اگر  $MARR > ۸\%$

(۳) پروژه ج اگر  $۸\% \geq MARR$

(۴) پروژه O اگر  $۸\% \geq MARR$



پاسخ: گزینه «۳» برای رسم شبکه در این حالت، سه پروژه را به عنوان سه راس در شبکه قرار

می‌دهیم. و راس چهارم را O یعنی انجام ندادن کاری قرار می‌دهیم. مسیر حرکت در شکل مقابل با خط چین نشان داده شده است. از آن جایی که  $i = ۸\%$  بزرگتر از  $۶\%$  و  $۷\%$  است، از O به سمت ج حرکت می‌کنیم.

در مسیر از O به ج اگر  $MARR > ۸\%$  پروژه O انتخاب می‌شود چون هزینه اولیه کمتری دارد ولی اگر  $۸\% \geq MARR$  پروژه ج انتخاب می‌شود که هزینه اولیه بیشتری دارد.

شرایط	پروژه انتخابی
$MARR > ۸\%$	O
$۸\% \geq MARR$	ج

کلمه مثال ۲۸: سه طرح زیر با عمر نامحدود را در نظر بگیرید، در شرایطی که حداقل نرخ جاذب نامشخص است، اقتصادی ترین پروژه کدام است؟

طرح	سرمایه اولیه	درآمد سالانه
۱	۵۰۰۰۰	۲۰۰۰
۲	۶۴۰۰۰	۱۱۰۰۰
۳	۹۴۰۰۰	۱۷۶۰۰

(۱) اگر  $MARR \geq ۲۲\%$  پروژه ۳ اقتصادی ترین است.

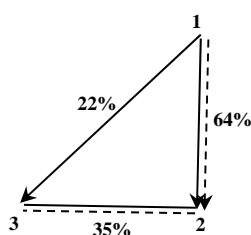
(۲) اگر  $MARR > ۶۴\%$  پروژه ۳ اقتصادی ترین است.

(۳) اگر  $MARR > ۳۵\% \geq MARR > ۶۴\%$  پروژه ۳ اقتصادی ترین است.

(۴) اگر  $MARR > ۳۵\%$  پروژه ۱ اقتصادی ترین است.

پاسخ: گزینه «۱»

-	-	$\frac{۲۰۰۰}{۵۰۰۰۰} = ۴\%$	۲۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱
-	$\frac{۱۱۰۰۰ - ۲۰۰۰}{۶۴۰۰۰ - ۵۰۰۰۰} = ۶۴\%$	$\frac{۱۱۰۰۰}{۶۴۰۰۰} = ۱۷\%$	۱۱۰۰۰	۶۴۰۰۰	۲
$\frac{۱۷۶۰۰ - ۱۱۰۰۰}{۹۴۰۰۰ - ۶۴۰۰۰} = ۲۲\%$	$\frac{۱۷۶۰۰ - ۲۰۰۰}{۹۴۰۰۰ - ۵۰۰۰۰} = ۳۵\%$	$\frac{۱۷۶۰۰}{۹۴۰۰۰} = ۱۸\%$	۱۷۶۰۰	۹۴۰۰۰	۳



برای رسم شبکه در این حالت، سه طرح را بعنوان سه راس در شبکه قرار می‌دهیم. مسیر حرکت در شکل مقابل با خط چین نشان داده شده است. از پروژه ۱ با کمترین سرمایه اولیه به سمت  $i = ۶۴\%$  که بزرگتر از  $i = ۲۲\%$  است حرکت می‌کنیم، یعنی به پروژه ۲ می‌رسیم. برای رسیدن به مقدار کمینه MARR، بین  $۳۵\%$  و  $۲۲\%$  کمترین را انتخاب می‌کنیم.

نکته ۱: در مورد ارزش اسقاط باید توجه نمود که مقدار ارزش اسقاطی چون بخشی از هزینه‌ی اولیه خرید را جبران می‌نماید، باید از مقدار هزینه‌ها کم شود و نباید به اشتباه آن را به مقدار درآمدها اضافه نمود. اعمال صحیح مقدار ارزش اسقاط در رابطه‌ی نسبت منافع به مخارج به صورت زیر است:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{ضررها - منافع}}{\text{ارزش اسقاط - هزینه‌ها}}$$

### نسبت منافع به مخارج با استفاده از ارزش فعلی

در این حالت، ارزش فعلی مخارج و منافع گزینه مورد نظر را محاسبه کرده و از تقسیم آنها بر یکدیگر، نسبت منافع به مخارج آن گزینه را بدست می‌آوریم.

$$B/C = \frac{PW(\text{منافع})}{PW(\text{مخارج})} = \frac{PW_B}{PW_C}$$

مثال ۱: خرید نوعی تجهیزات پیشرفته برای کارخانه ۲۵۰۰۰۰ واحد پولی هزینه در پی دارد. در عوض باعث صرفه‌جویی سالیانه ۲۰۰۰۰ واحد پولی می‌شود. اگر عمر مفید این نوع تجهیزات ۱۵ سال بوده و ارزش اسقاط آن ناچیز باشد، با حداقل نرخ جاذب ۱۰ درصد، آیا خرید این نوع تجهیزات اقتصادی است؟ مقدار  $B/C$  چقدر است؟

- (۱) خیر - ۰/۶۰۸ (۲) خیر - ۱/۶۴۴ (۳) بله - ۰/۶۰۸ (۴) بله - ۱/۶۴۴

پاسخ: گزینه «۱» با استفاده از روش ارزش فعلی در محاسبه نسبت منافع به مخارج داریم:

$$B/C = \frac{PW_B}{PW_C} = \frac{20000(P/A, 10\%, 15)}{250000} = \frac{20000 \times 7/606}{250000} = 0/608$$

$B/C = 0/608 < 1$  بنابراین خرید تجهیزات طرحی اقتصادی به شمار نمی‌آید.

مثال ۲: خرید یک جرثقیل برای یک کارگاه ساختمانی ۸۵۰۰۰ واحد پولی هزینه دارد. خرید این جرثقیل سالیانه ۱۵۰۰۰ واحد پولی درآمد دارد، که سالیانه ۵۰۰۰ واحد پولی به آن افزوده می‌شود. اگر ارزش اسقاط آن پس از ۸ سال ۸۰۰۰ واحد پولی باشد، با نرخ جاذب حداقل ۱۸ درصد، آیا خرید این جرثقیل اقتصادی است؟ نسبت منافع به مخارج آن چقدر است؟

- (۱) خیر - ۰/۷۰۴ (۲) بله - ۱/۳۹ (۳) خیر - ۰/۷۱ (۴) بله - ۱/۴۲

پاسخ: گزینه «۲» با استفاده از روش ارزش فعلی در محاسبه نسبت منافع به مخارج داریم:

$$B/C = \frac{PW_B}{PW_C} = \frac{15000(P/A, 18\%, 8) + 5000(P/G, 18\%, 8)}{85000 - 8000(P/F, 18\%, 8)} = \frac{15000 \times 4/078 + 5000 \times 10/129}{85000 - 8000 \times 0/266} = 1/39$$

$B/C = 1/39 \geq 1$  در نتیجه خرید جرثقیل اقتصادی می‌باشد. (توجه دارید که ارزش اسقاط را از هزینه اولیه کم می‌کنیم!)

مثال ۳: خرید نوعی از ماشین آلات با جریان مالی زیر مد نظر کارخانه قرار دارد.

سال	۰	۱	۲	۳	۴	۵
جریان مالی	-۱۸۰۰۰	۳۵۰۰	۳۶۵۰	۳۹۰۰	۴۲۰۰	۵۰۰۰

اگر حداقل نرخ جاذب ۸ درصد باشد، آیا خرید این ماشین صرفه اقتصادی دارد؟ نسبت منافع به مخارج چقدر است؟

- (۱) بله - ۱/۸۸ (۲) خیر - ۰/۴۸ (۳) خیر - ۰/۸۸ (۴) بله - ۱/۴۸

پاسخ: گزینه «۳» از آن جایی که هزینه‌های عملیاتی در طی پنج سال از روند خاصی تبعیت نمی‌کنند، بنابراین ارزش فعلی معادل درآمدها را محاسبه می‌کنیم.

$$pw(\text{درآمدها}) = 3500(P/F, 8\%, 1) + 3650(P/F, 8\%, 2) + 3900(P/F, 8\%, 3) + 4200(P/F, 8\%, 4) + 5000(P/F, 8\%, 5)$$

$$pw(\text{درآمدها}) = 3500 \times 0/9259 + 3650 \times 0/8573 + 3900 \times 0/7938 + 4200 \times 0/735 + 5000 \times 0/6806 = 15955/6$$

$$B/C = \frac{PW_B}{PW_C} = \frac{15955/6}{18000} = 0/88$$

$B/C = 0/88 < 1$  در نتیجه خرید ماشین اقتصادی نمی‌باشد.





کج مثال ۴: خرید نوعی پمپ برای کارخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است که شرح مالی آن به صورت زیر است. با نرخ بهره ۹ درصد آیا خرید این پمپ اقتصادی است؟ مقدار  $B - C$  چقدر می‌باشد؟

سال	پمپ
۰	-۱۸۰۰۰
۱	۵۰۰۰
۲	۴۵۰۰
۳	۴۰۰۰
۴	۳۵۰۰
۵	۳۵۰۰
۶	۳۵۰۰

(۱) بله - ۱/۰۱

(۲) بله - ۳۰۴/۵

(۳) خیر - ۰/۳۰۴

(۴) خیر - ۰/۳۰۴

پاسخ: گزینه «۲» با محاسبه ارزش فعلی درآمدهای ناشی از خرید پمپ داریم:

$$PW(\text{درآمد}) = ۳۵۰۰(P/A, ۹\%, ۶) + ۱۵۰۰(P/A, ۹\%, ۳) - ۵۰۰(P/G, ۹\%, ۳)$$

$$PW(\text{درآمد}) = ۳۵۰۰ \times ۴/۴۸۶ + ۱۵۰۰ \times ۲/۵۳۱ - ۵۰۰ \times ۲/۳۸۶ = ۱۸۳۰۴/۵$$

$$B - C = ۱۸۳۰/۵ - ۱۸۰۰۰ = ۳۰۴/۵$$

$B - C = ۳۰۴/۵ \geq ۰$  در نتیجه خرید این پمپ برای کارخانه اقتصادی می‌باشد.

کج مثال ۵: براساس روش نسبت منافع به مخارج طرحی اقتصادی است که:

$$B - C \geq ۰ \quad (۴)$$

$$B - C \geq ۱ \quad (۳)$$

$$B/C > ۰ \quad (۲)$$

$$B/C \geq ۰ \quad (۱)$$

پاسخ: گزینه «۴»

### نسبت منافع به مخارج با استفاده از روش یکنواخت سالیانه

در این حالت، جریان یکنواخت سالیانه مخارج و منافع گزینه مورد نظر را محاسبه کرده و از تقسیم آنها بر یکدیگر، نسبت منافع به مخارج آن گزینه را بدست می‌آوریم.

$$B/C = \frac{EUA(\text{منافع})}{EUA(\text{مخارج})} = \frac{EUAB}{EUAC}$$

کج مثال ۶: هزینه اولیه احداث یک پل بر روی رودخانه‌ای ۱۲ میلیون واحد پولی است. هزینه سالیانه تعمیرات آن ۴۸۰۰۰ واحد پولی می‌باشد. درآمد حاصل از عبور اتومبیل‌ها از این پل ۹۰۰۰۰۰ واحد پولی است. با نرخ جاذب ۱۵ درصد، اگر عمر مفید این پل ۲۵ سال باشد، آیا ساخت این پل اقتصادی است؟ مقدار  $B/C$  چقدر است؟

(۴) بله - ۱/۷۵۷

(۳) خیر - ۰/۴۷

(۲) بله - ۱/۲۱۶

(۱) خیر - ۰/۵۶

پاسخ: گزینه «۳» با استفاده از روش جریان یکنواخت در محاسبه نسبت منافع به مخارج داریم:

$$B/C = \frac{EUAB}{EUAC} = \frac{۹۰۰۰۰۰}{۱۲ \times ۱۰^۶ (A/P, ۱۵\%, ۲۵) + ۴۸۰۰۰} = \frac{۹۰۰۰۰۰}{۱۲ \times ۱۰^۶ \times ۰/۱۵۴۷ + ۴۸۰۰۰} = ۰/۴۷$$

$B/C = ۰/۴۷ < ۱$  بنابراین احداث جاده طرحی اقتصادی به شمار می‌آید.

کج مثال ۷: در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های دولتی معمولاً از چه روشی استفاده می‌گردد؟

(۴) نرخ بازده داخلی

(۳) نسبت منافع به مخارج

(۲) جریان یکنواخت سالیانه

(۱) ارزش فعلی خالص

پاسخ: گزینه «۳»

کج مثال ۸: ساخت یک بزرگراه ۶ میلیون واحد پولی هزینه اولیه دارد. هزینه سالیانه تعمیر و نگهداری آن ۱۶۰۰۰ واحد پولی است. هر پنج سال یک بار نیز ۱۲۰۰۰۰ واحد پولی هزینه کنترل و بازرسی دارد. با احداث این بزرگراه هزینه ناشی از تصادفات از ۱۵۰۰۰۰ واحد پولی در سال به ۱۵۰۰۰ واحد پولی کاهش می‌یابد. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰ درصد باشد و پروژه عمر دائمی داشته باشد، آیا احداث این بزرگراه اقتصادی است؟ نسبت سود به هزینه آن چقدر است؟

(۴) خیر - ۰/۲۱

(۳) خیر - ۰/۸۱

(۲) بله - ۱/۱۸

(۱) بله - ۱/۲۱

✓ پاسخ: گزینه «۴» از روش جریان یکنواخت در محاسبه نسبت منافع به مخارج استفاده می‌کنیم. کاهش هزینه تصادفات به عنوان منافع این طرح محسوب می‌شود. بنابراین:

$$EUAB = 150000 - 150000 = 135000$$

از آن جایی که عمر طرح نامحدود می‌باشد، برای محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه داریم:

$$EUAC = P_i + 16000 + 12000(A/F, 10\%, 5) = 6 \times 10^6 \times 0/10 + 16000 + 12000 \times 0/1638 = 635656$$

$B/C = 0/21 < 1$  بنابراین احداث بزرگراه طرحی اقتصادی به شمار نمی‌آید.

✓ مثال ۹: اگر تجهیزات آبیاری قطره‌ای در یک روستا نصب شود، هزینه اولیه ۱/۵ میلیون واحد پولی خواهد داشت. در عوض سالیانه مبلغ ۳۰۰۰۰۰ واحد پولی در مصرف آب صرفه‌جویی خواهد شد. این تجهیزات سالیانه ۳۰۰۰۰ واحد پولی هزینه تعمیر و نگهداری دارند. اگر حداقل نرخ جذب ۱۲ درصد باشد و عمر تجهیزات ۱۵ سال باشد، آیا نصب این تجهیزات در روستا اقتصادی است؟ نسبت منافع به مخارج آن چقدر است؟

(۱) بله - ۱/۱۹ (۲) بله - ۱/۹۱ (۳) خیر - ۰/۹۱ (۴) خیر - ۰/۲۱

✓ پاسخ: گزینه «۱» با استفاده از روش معادل یکنواخت سالانه داریم:

$$B/C = \frac{EUAB}{EUAC} = \frac{300000}{1500000(A/P, \%12, 15) + 300000} = \frac{300000}{1500000 \times 0/1468 + 300000} = 1/19$$

$B/C = 1/19 \geq 1$  بنابراین نصب تجهیزات اقتصادی می‌باشد.

✓ مثال ۱۰: یک فرصت سرمایه‌گذاری به شرح زیر به شرکت شما پیشنهاد شده است. سرمایه‌گذاری ۶۵۰۰۰ واحد پولی در حال حاضر و ۳۰۰۰۰ واحد پولی در ۵ سال بعد و ۵۰۰۰ واحد پولی از سال ششم به بعد انجام می‌گیرد. این سرمایه‌گذاری سالیانه ۸۰۰۰ واحد پولی درآمد دارد. با حداقل نرخ جذب کننده ۶ درصد آیا این سرمایه‌گذاری اقتصادی است؟ مقدار  $B - C$  چقدر است؟

(۱) خیر - ۹۸۱/۶ (۲) بله - ۹۸۱/۶ (۳) خیر - ۰/۸۹۱ (۴) بله - ۱/۱۲۲

✓ پاسخ: گزینه «۱» محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه این فرصت سرمایه‌گذاری در سه بخش انجام می‌شود.

$$EUAC = A_1 + A_2 + A_3$$

$$EUAC = A_1 + A_2 + A_3 = pi + 300000(P/F, \%6, 5) \times i + \frac{5000}{0/06} \times (P/F, \%6, 5) \times i$$

$$= 65000 \times 0/06 + 300000 \times 0/7473 \times 0/06 + \frac{5000}{0/06} \times 0/7473 \times 0/06 = 8981/6$$

$$B - C = 8000 - 8981/6 = -981/6$$

$B - C = -981/6 < 0$  در نتیجه این فرصت سرمایه‌گذاری برای شرکت اقتصادی نمی‌باشد.

✓ مثال ۱۱: برای ساخت یک بزرگراه هزینه اولیه ۸۰۰۰۰۰ واحد پولی لازم است. هزینه نگهداری آن در سال اول ۵۰۰۰۰ واحد پولی است و سالانه ۵۰۰۰ واحد پولی افزایش می‌یابد. از طرفی درآمد حاصل از عبور اتومبیل‌ها در سال اول ۱۵۰۰۰۰ واحد پولی است که سالیانه ۱۰۰۰۰ واحد پولی افزایش می‌یابد. خسارت ناشی از قطع درختان مجاور بزرگراه سالیانه ۱۰۰۰۰ واحد پولی است. اگر عمر مفید این طرح ۱۰ سال باشد، با نرخ بهره ۱۲ درصد آیا احداث این بزرگراه صرفه اقتصادی دارد؟ چرا؟

(۱) خیر - ۰/۵۳ (۲) بله - ۱/۵۳ (۳) خیر - ۰/۸۳ (۴) بله - ۱/۸۳

✓ پاسخ: گزینه «۳» از روش معادل یکنواخت سالیانه استفاده می‌کنیم. ضرر ناشی از قطع درختان را از منافع آن کم می‌کنیم:

$$EUAB = 150000 + 10000(A/G, \%12, 10)$$

$$EUAB = 150000 + 10000 \times 3/585 - 100000 = 175850$$

$$EUAC = 800000(A/P, \%12, 10) + 5000(A/G, \%12, 10)$$

$$EUAC = 800000 \times 0/177 + 5000 \times 3/585 = 209525$$

$$B/C = \frac{EUAB}{EUAC} = \frac{175850}{209525} = 0/83$$

$B/C = 0/83 < 1$  بنابراین احداث بزرگراه اقتصادی نیست.



## مقایسه چند طرح با استفاده از روش $\frac{B}{C}$

شیوه مقایسه بین دو یا چند گزینه با استفاده از روش نسبت منافع به مخارج مانند روش نرخ بازده است. یعنی اینکه در روش نسبت منافع به مخارج هم مانند روش نرخ بازده نمی توان گفت از بین دو طرح با نسبت منافع به مخارج  $\frac{1}{2}$  و دیگری با نسبت منافع به مخارج  $\frac{1}{5}$  کدامیک انتخاب می شود. بنابراین با استفاده از مفهوم سرمایه گذاری اضافی که در فصل قبل به تفصیل توضیح داده شد طرح برتر را انتخاب می کنیم. اگر دو یا چند پروژه با هم مقایسه شوند، نسبت منافع به مخارج تفاوت دو پروژه یعنی  $\frac{\Delta B}{\Delta C}$  را محاسبه می کنیم.

اگر این نسبت نیز بزرگتر یا مساوی یک باشد، پروژه با هزینه اولیه بیشتر و در غیراین صورت پروژه با هزینه اولیه کمتر را انتخاب می کنیم. بنابراین:

اگر  $\frac{\Delta B}{\Delta C} \geq 1$  گزینه با هزینه اولیه بیشتر انتخاب می شود.

اگر  $\frac{\Delta B}{\Delta C} < 1$  گزینه با هزینه اولیه کمتر انتخاب می شود.

در این گونه مسائل اگر مقایسه بین بیش از دو گزینه انجام شود، روش کار مانند روش نرخ بازده است یعنی ابتدا دو گزینه را مقایسه کرده و گزینه بهتر بین آن دو را با گزینه سوم مقایسه می کنیم و به همین ترتیب ادامه می دهیم تا بهترین گزینه بدست آید.

برای محاسبه  $\frac{\Delta B}{\Delta C}$  نیز مانند  $B/C$  می توان از روش ارزش فعلی یا جریان یکنواخت سالیانه استفاده کرد. در نتیجه:

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{\Delta PW_B}{\Delta PW_C} ; \quad \frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{\Delta EUAB}{\Delta EUAC}$$

انتخاب هر یک از فرمول های فوق بستگی به شرایط مسأله دارد.

**نکته ۲:** اگر عمر مفید گزینه ها در یک مسأله متفاوت باشد، استفاده از جریان یکنواخت معادل برای نسبت منافع به مخارج، محاسبات کمتری را در پی خواهد داشت.

**نکته ۳:** اگر پروژه ها، مستقل از هم باشند، تمام پروژه هایی که دارای نسبت  $\frac{B}{C} \geq 1$  می باشند، انتخاب می گردند.

**نکته ۴:** دقت کنید که، پروژه ای که دارای مقدار عددی  $\frac{B}{C}$  بزرگتر باشد، نسبت به سایر پروژه ها لزوماً اقتصادی ترین طرح نمی باشد، بلکه باید به

مقدار  $\frac{\Delta B}{\Delta C}$  توجه نمود.

برای مقایسه اقتصادی بین چندین پروژه با استفاده از روش نسبت منافع به مخارج به ترتیب زیر عمل می کنیم:

۱- پروژه ها را برحسب میزان سرمایه گذاری اولیه از کوچک به بزرگ مرتب می کنیم.

۲- نسبت منافع به مخارج هر یک از پروژه ها را محاسبه می کنیم.

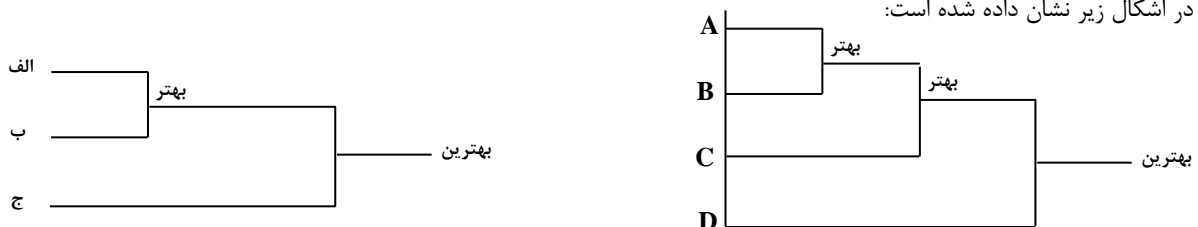
۳- در صورتی که نسبت منافع به مخارج پروژه ای از یک کمتر باشد، آن پروژه را از روند مقایسه حذف می کنیم.

۴- دو به دو پروژه ها را با استفاده از روش سرمایه گذاری اضافی مقایسه کرده و بهترین پروژه از نظر اقتصادی را انتخاب می کنیم.

در این روش نیز مانند روش بازگشت سرمایه می توان از روش ترسیمی استفاده کنیم. خط  $B/C = 1$  با شیب ۴۵ درجه را به عنوان معیار رد یا پذیرش یک طرح قرار می دهیم. به این ترتیب که اگر پروژه ای در زیر این خط قرار بگیرد از روند مقایسه حذف می گردد و برای مقایسه پروژه های بالای این خط، شیب خط متصل کننده پروژه ها را با شیب ۴۵ درجه مقایسه می کنیم. اگر شیب خطی بزرگتر از شیب خط  $B/C = 1$  یعنی ۴۵ درجه باشد، پروژه با هزینه اولیه بیشتر را انتخاب می کنیم و در غیر این صورت پروژه با هزینه اولیه کمتر.

در واقع در روش ترسیمی اگر سه پروژه الف و ب و ج مورد بررسی قرار گیرد، که سه پروژه به ترتیب صعودی مرتب شده اند ابتدا دو پروژه الف و ب را مورد بررسی قرار می دهیم و با روش سرمایه گذاری اضافی، اقتصادی ترین پروژه را بین الف و ب انتخاب می کنیم. سپس نتیجه ی به دست آمده را با پروژه ج مقایسه می کنیم. بدین ترتیب اقتصادی ترین پروژه بین الف و ب و ج به دست می آید. این روش می تواند برای مقایسه چندین پروژه نیز به کار رود، روند

مقایسه در اشکال زیر نشان داده شده است:





## مدرسین شریف

### فصل دهم

#### «تحلیل تعویض (جایگزینی)»

مسائلی که تاکنون مورد بررسی قرار دادیم به این صورت بودند که از بین چند گزینه پیشنهادی، با استفاده از روش‌های تحلیلی مانند ارزش فعلی، جریان یکنواخت سالیانه، نرخ بازگشت سرمایه و نسبت منافع به مخارج، اقتصادی‌ترین گزینه را تعیین کرده و آن را از بین گزینه‌های دیگر انتخاب می‌کردیم. فرض کنید شرکتی قصد دارد برای سیستم اداری خود تعدادی کامپیوتر تهیه کند، چندین مدل مختلف کامپیوتر به شرکت پیشنهاد می‌شود و می‌توان با استفاده از یکی از روش‌های تحلیل اقتصادی فوق، اقتصادی‌ترین نوع کامپیوتر را تعیین و برای شرکت انتخاب کرد. اما در دنیای واقعی این حالت که تحلیل اقتصادی برای خرید تجهیزات جدید صورت بگیرد، کمتر اتفاق می‌افتد. بلکه بیشتر با مسائلی روبه‌رو می‌شویم که باید انتخاب بین نگهداری تجهیزات فعلی و یا خرید تجهیزات جدید صورت بگیرد. بنابراین می‌بایست تحلیل اقتصادی ارائه دهیم که تعیین کند آیا تجهیزات فعلی را نگه داریم و یا اینکه تجهیزات جدید را جایگزین آن کنیم، به همین دلیل این نوع تحلیل را تحلیل تعویض (جایگزینی) می‌نامند.

#### مقایسه مدافع و رقیب

در ابتدا به تعریف چند اصطلاح که در این فصل به کار می‌رود می‌پردازیم:

**بازنشستگی (Retirement):** از رده خارج کردن تجهیزات موجود را بازنشستگی گویند.

**تعویض (Replacement):** جایگزینی تجهیزات جدید و بکارگیری آن به جای تجهیزات قبلی را تعویض گویند.

**مدافع (Defender):** در تحلیل تعویض به تجهیزات و یا طرحی که در حال حاضر موجود است، مدافع گویند.

**رقیب (Challenger):** در تحلیل تعویض به بهترین تجهیزات و یا طرحی که برای تعویض در دسترس قرار دارد، رقیب گویند.

تعویض و جایگزینی یک طرح و یا یک دارایی زمانی صورت می‌گیرد که آن طرح یا دارایی بتواند همچنان به کار خود ادامه دهد، اما تعویض آن به دلیل کاهش بهره‌وری و یا فرسودگی فیزیکی آن، اسقاط برنامه‌ریزی شده و یا اسقاط برنامه‌ریزی نشده و یا پیشرفت علم و تکنولوژی، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### هزینه‌های مدافع

هنگامیکه تعویض یک طرح موجود، به عنوان طرح مدافع مورد بررسی قرار می‌گیرد، هزینه‌های مختلفی را می‌توان برای آن در نظر گرفت:

- ۱) هزینه اولیه (قیمت اصلی): قیمت اولیه مدافع.
- ۲) ارزش دفتری: تفاوت هزینه اولیه یک دارایی با مجموع هزینه‌های مستهلک شده آن دارایی در آن زمان.
- ۳) ارزش بازاری: قیمتی که در حال حاضر می‌توان مدافع را به آن قیمت فروخت.
- ۴) ارزش معاوضه‌ای: ارزشی که در تعویض مدافع با رقیب، برای مدافع می‌پردازند. با توجه تعدد هزینه‌هایی که می‌توان به یک طرح مدافع نسبت داد، این سوال مطرح می‌شود که در تحلیل تعویض، کدامیک از هزینه‌های فوق را می‌بایست برای مدافع در نظر گرفت؟ پاسخ این است که ارزش بازاری مدافع را می‌بایست به مدافع نسبت داد.

مثال ۱: تعویض یک طرح معمولاً به کدامیک از دلایل زیر صورت نمی‌پذیرد؟

(۴) اسقاط برنامه ریزی شده

(۳) عدم بهره‌وری

(۲) پیشرفت علم و تکنولوژی

(۱) عدم قابلیت انجام کار



پاسخ: گزینه «۱» تعویض و جایگزینی یک طرح و یا یک دارایی زمانی صورت می‌گیرد که آن طرح یا دارایی بتواند همچنان به کار خود ادامه دهد، اما تعویض آن بدلیل کاهش بهره‌وری و یا فرسودگی فیزیکی آن، اسقاط برنامه ریزی شده و یا اسقاط برنامه ریزی نشده و یا پیشرفت علم و تکنولوژی، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**کلمه مثال ۲:** طرح مدافع طرحی است که ...

- (۱) برای تعویض در دسترس قرار دارد.  
 (۲) بهترین طرح موجود برای تعویض است.  
 (۳) در حال حاضر موجود است.  
 (۴) توانایی ادامه کار را نداشته باشد.

پاسخ: گزینه «۳» مدافع (Defender): در تحلیل تعویض به تجهیزات و یا طرحی که در حال حاضر موجود است، مدافع گویند.

**کلمه مثال ۳:** کدام گزینه تعریف درستی از ارزش بازاری مدافع ارائه می‌دهد؟

- (۱) قیمتی که در تعویض مدافع با رقیب، برای مدافع می‌پردازند.  
 (۲) قیمتی که در حال حاضر مشابه مدافع را به آن قیمت در بازار بفروش می‌رسانند.  
 (۳) قیمتی که در حال حاضر می‌توان مدافع را به آن قیمت فروخت.  
 (۴) تفاوت هزینه اولیه یک دارایی با مجموع هزینه‌های مستهلک شده آن دارایی در آن زمان.

پاسخ: گزینه «۳»

**کلمه مثال ۴:** از رده خارج کردن یک دارایی را ... می‌گویند.

- (۱) تعویض (۲) بازنشستگی (۳) اسقاط برنامه ریزی شده (۴) اسقاط برنامه ریزی نشده

پاسخ: گزینه «۲» بازنشستگی (Retirement): از رده خارج کردن تجهیزات موجود را بازنشستگی گویند.

**کلمه مثال ۵:** فرض کنید شرکت شما یک گوشی تلفن همراه مدل ۷۵۰ را سه سال پیش با هزینه اولیه ۲۴۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاط صفر پس از ۶ سال عمر مفید، خریداری کرده است. با پیشرفت تکنولوژی و عرضه گوشی‌های جدید با قابلیت‌های بیشتر، این نوع گوشی به قیمت ۱۶۰۰۰ واحد پولی در بازار فروخته می‌شود. یک نمایندگی فروش تلفن همراه به شرکت شما پیشنهاد کرده است که گوشی قدیمی خود را با گوشی جدید مدل ۸۰۰ که قیمت آن ۲۰۰۰۰ واحد پولی است، تعویض کنید. این نمایندگی حاضر است گوشی قدیمی شما را به قیمت ۹۰۰۰ واحد پولی و به عنوان بخشی از هزینه گوشی جدید، خریداری کند. اطلاعات بازار نشان می‌دهد که گوشی مدل ۸۰۰ را می‌توان در بازار به قیمت ۱۸۰۰۰ واحد پولی خریداری کرد و قیمت بازاری گوشی ۷۵۰ برابر با ۷۵۰۰ واحد پولی است. ارزش کنونی و ارزش معاوضه‌ای گوشی مدل ۷۵۰ به ترتیب چقدر است؟

- (۱) ۱۶۰۰۰ ریال و ۱۸۰۰۰ ریال (۲) ۷۵۰۰ ریال و ۲۰۰۰۰ ریال (۳) ۱۸۰۰۰ ریال و ۲۰۰۰۰ ریال (۴) ۱۶۰۰۰ ریال و ۹۰۰۰ ریال

پاسخ: گزینه «۴» هزینه کنونی: قیمتی که در حال حاضر مشابه مدافع را به آن قیمت در بازار بفروش می‌رسانند و ارزش معاوضه‌ای: ارزشی که در تعویض مدافع با رقیب، برای مدافع می‌پردازند.

## تعیین عمر اقتصادی

در تحلیل تعویض سوالي که همواره مطرح می‌شود این است که آیا در حال حاضر مدافع را کنار بگذاریم و آن را با رقیب جایگزین کنیم و یا برای مدت دیگری از آن استفاده نماییم. برای پاسخ به این سوال لازم است که عمر اقتصادی مدافع و رقیب را تعیین کنیم. بنابراین مدت زمانی را که نگهداری مدافع، صرفه اقتصادی دارد، عمر باقی مانده مدافع می‌نامیم. همچنین عمر اقتصادی مورد انتظار برای رقیب را عمر مفید رقیب می‌نامیم. تعیین عمر اقتصادی مدافع یا رقیب بر اساس کمینه کردن هزینه سالیانه آنها انجام می‌گیرد. به این ترتیب که در ابتدا بیشترین عمر مورد انتظار برای مدافع یا رقیب را در نظر می‌گیریم، سپس برای صفر تا بیشترین عمر انتظاری، هزینه یکنواخت سالیانه طرح مدافع یا رقیب را محاسبه می‌کنیم. آن سالی که کمترین هزینه یکنواخت سالیانه EUAC را داشته باشد، به عنوان باقی مانده عمر مدافع یا عمر مفید رقیب در نظر می‌گیریم.



## مدرسان شریف

### فصل سیزدهم

#### «تحلیل در شرایط عدم اطمینان»

#### وجود ریسک در تحلیل اقتصادی

در مسائلی که تاکنون بررسی می‌کردیم، جریان مالی طرح‌ها با قطعیت و از پیش تعیین شده بودند. مثلاً می‌دانستیم درآمد حاصل از خرید یک دستگاه جدید در ده سال آینده چقدر است و یا این که ارزش اسقاط یک نوع ماشین در هشت سال بعد چقدر است؟ فرض قطعیت مقادیر تخمین زده شده کمی دور از واقعیت به نظر می‌رسد، همان‌طور که در فصل یازدهم نیز توضیح دادیم، پیش‌بینی مقادیر مربوط به آینده همواره با نوعی عدم قطعیت همراه است. این عدم قطعیت باعث بوجود آمدن ریسک در تحلیل اقتصادی می‌شود. در این فصل سعی بر این است که تحلیل اقتصادی طرح را با در نظر گرفتن ریسک تغییر در پارامترها انجام دهیم. این امر با در نظر گرفتن و اندازه‌گیری احتمال وقوع تغییرات در آینده انجام می‌گیرد. بنابراین تحلیل ریسک در شرایط عدم اطمینان با استفاده از تئوری احتمالات امکان پذیر است. به این منظور با یادآوری از فصل دوم در فرآیند تصمیم‌گیری منطقی، ابتدا می‌بایست به تعریف مسئله بپردازیم، سپس به جمع‌آوری اطلاعات پرداخته و مسئله را مدل‌بندی کنیم. در نهایت نیز می‌بایست به ارزیابی مسئله بپردازیم. هر یک از مراحل فوق را تشریح می‌کنیم:

**تعریف مسئله:** در این بخش به بررسی این موضوع می‌پردازیم که آیا تحلیل مسئله در شرایط عدم اطمینان انجام می‌شود؟ یعنی این که آیا مسئله دارای پارامترهایی است که با گذشت زمان و بر حسب شرایط اقتصادی، سیاسی، رشد تکنولوژی، وضعیت آب و هوایی، بازار بین‌المللی و ... مقادیر آن‌ها دست‌خوش تغییرات می‌گردد؟ به طور خلاصه این که آیا می‌بایست تحلیل ریسک را در مسئله در نظر بگیریم؟

**جمع‌آوری اطلاعات:** در شرایط عدم اطمینان جمع‌آوری اطلاعات و پیش‌بینی پارامترهای مسئله، کمی مشکل است. این امر را می‌توان در سه مرحله انجام داد: ابتدا می‌بایست شرایط آینده را که منشأ بوجود آمدن عدم اطمینان در مسئله هستند، شناسایی کرد مانند شرایط خشکسالی، کاهش تقاضا، تحریم اقتصادی و ...، سپس احتمال وقوع هر یک از این حالات را برآورد نمود و سپس یکی از روش‌های تحلیل اقتصادی که تاکنون بیان شد، مانند روش ارزش فعلی خالص، جریان یکنواخت سالیانه، نرخ بازگشت سرمایه و ... را برای تحلیل مسئله انتخاب نمود.

**مدل‌بندی مسئله:** در این مرحله سعی بر این است که با در نظر گرفتن احتیاط لازم در پیش‌بینی‌ها، با رویکرد بدبینانه با مسائل برخورد شود، و با استفاده از تئوری احتمالات به فرمول بندی مسئله پرداخته شود.

**ارزیابی:** در نهایت با بررسی نتایج بدست آمده از تحلیل در شرایط عدم اطمینان و با استفاده از معیارهای مورد نظر، تصمیم‌گیری نهایی انجام می‌شود.

**کلمه مثال ۱:** شرایط عدم اطمینان در مسائل از کدام گزینه ناشی نمی‌شود؟

- (۱) گذشت زمان (۲) وضعیت آب و هوا (۳) توسعه تکنولوژی (۴) تخمین نادرست پارامتر

**پاسخ:** گزینه «۴» شرایط عدم اطمینان با گذشت زمان و بر حسب شرایط اقتصادی، سیاسی، رشد تکنولوژی، وضعیت آب و هوایی و تغییرات در بازار بین‌المللی بوجود می‌آید و تخمین نادرست پارامتر بدلیل انتخاب روش نامناسب برای تخمین بوجود می‌آید.

**کلمه مثال ۲:** کدام یک از گزینه‌های زیر، از مراحل حل مسئله در شرایط ریسکی نیست؟

- (۱) مدل بندی مسئله (۲) جمع‌آوری اطلاعات (۳) ارزیابی مسئله (۴) تعیین اهداف مسئله

**پاسخ:** گزینه «۴» با وارد شدن ریسک در مسئله، ابتدا می‌بایست به تعریف مسئله بپردازیم، سپس به جمع‌آوری اطلاعات پرداخته و مسئله مدل بندی کنیم. در نهایت نیز می‌بایست به ارزیابی مسئله بپردازیم.

کج مثال ۳: با وارد شدن ریسک به تحلیل مسئله، جمع آوری اطلاعات به چه ترتیبی انجام می‌گیرد؟

- ۱) شناسایی شرایط آینده - پیش بینی احتمال وقوع شرایط - انتخاب روش مناسب برای تحلیل.
- ۲) پیش بینی احتمال وقوع شرایط - شناسایی شرایط آینده - انتخاب روش مناسب برای تحلیل.
- ۳) انتخاب روش مناسب برای تحلیل - شناسایی شرایط آینده - پیش بینی احتمال وقوع شرایط.
- ۴) شناسایی شرایط آینده - انتخاب روش مناسب برای تحلیل - پیش بینی احتمال وقوع شرایط.

پاسخ: گزینه «۱» این امر را می‌توان در سه مرحله انجام داد: ابتدا می‌بایست شرایط آینده را که منشأ بوجود آمدن عدم اطمینان در مسئله هستند، شناسایی کرد مانند شرایط خشکسالی، کاهش تقاضا، تحریم اقتصادی و ... سپس احتمال وقوع هر یک از این حالات را برآورد نمود و سپس یکی از روش‌های تحلیل اقتصادی که تاکنون بیان شد، مانند روش ارزش فعلی خالص، جریان یکنواخت سالانه، نرخ بازگشت سرمایه و ... را برای تحلیل مسئله انتخاب نمود.

کج مثال ۴: تحلیل ریسک چه زمانی در مسئله قابل انجام است؟

- ۱) زمانی که پارامترهای مسئله تغییر نکرده ولی احتمال وقوع تغییرات قابل اندازه‌گیری باشد.
- ۲) زمانی که پارامترهای مسئله تغییر کرده و احتمال وقوع تغییرات قابل اندازه‌گیری نباشد.
- ۳) زمانی که پارامترهای مسئله تغییر کرده و احتمال وقوع تغییرات قابل اندازه‌گیری باشد.
- ۴) زمانی که پارامترهای مسئله تغییر نکرده و احتمال وقوع تغییرات صفر باشد.

پاسخ: گزینه «۳» تحلیل ریسک تغییر در پارامترها با در نظر گرفتن و اندازه‌گیری احتمال وقوع تغییرات در آینده انجام می‌گیرد.

کج مثال ۵: تحلیل ریسک در کدام یک از پروژه‌های زیر مشهود تر است؟

- ۱) پروژه‌های کوتاه مدت      ۲) پروژه‌های بلند مدت      ۳) پروژه‌های زود بازده      ۴) گزینه ۱ و ۳

پاسخ: گزینه «۲» از آن جایی که عدم قطعیت در پارامترهای یک مسئله ناشی از گذشت زمان است، هرچه مدت زمان یک پروژه طولانی‌تر باشد، عدم اطمینان و ریسک بیشتری در مسئله بوجود می‌آید.

کج مثال ۶: کدام یک از تحلیل‌های زیر به علت وجود شرایط عدم اطمینان انجام می‌گیرد؟

- ۱) تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی      ۲) تحلیل ارزش فعلی خالص      ۳) تحلیل حساسیت      ۴) تحلیل نرخ بازده داخلی

پاسخ: گزینه «۳» همان‌طور که در فصل یازدهم مفصلاً بیان شد، به علت وجود شرایط عدم اطمینان و با در نظر گرفتن تخمین‌های خوش بینانه، محتمل و بدبینانه به تحلیل حساسیت مسئله نسبت به تغییر در پارامترهای مختلف می‌پردازیم.

## اصول احتمالات

در این بخش به معرفی برخی از اصول و مفاهیم تئوری احتمال می‌پردازیم:

اصل موضوع ۱: احتمال وقوع پیشامد  $A$ ، یک عدد حقیقی نامنفی و کوچکتر از یک است:  $0 \leq P(A) \leq 1$

اصل موضوع ۲: اگر  $S$  مجموعه تمام پیشامدهای محتمل باشد:  $P(S) = 1$

اصل موضوع ۳: برای پیشامدهای دو به دو ناسازگار  $A_1, A_2, \dots, A_n$  داریم:  $P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n) = P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n)$

تعریف دو پیشامد ناسازگار: دو پیشامد  $A$  و  $B$  را ناسازگار گوئیم هرگاه  $P(A \cap B) = 0$  باشد.

امید ریاضی: برای متغیر تصادفی گسسته  $X$ ، امید ریاضی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E(X) = \sum_x X P(X) = X_1 P(X_1) + X_2 P(X_2) + \dots + X_n P(X_n)$$

که نشان دهنده مقدار متوسط متغیر تصادفی است و میزان گرایش مرکزی یک توزیع را نشان می‌دهد.



واریانس: برای متغیر تصادفی گسسته  $X$ ، واریانس از رابطه روبرو بدست می‌آید:

$$\text{var}(X) = E\{(X - E(x))^2\} = E(X^2) - [E(X)]^2$$

که نشان دهنده میزان پراکندگی توزیع می‌باشد. که برای متغیر تصادفی گسسته داریم:

$$E(X^2) = \sum_x X^2 P(X)$$

$$[E(X)]^2 = \left[ \sum_x X P(X) \right]^2$$

کله مثال ۷: در یک کارخانه لامپ‌سازی، از هر ۲۵ عدد لامپ تولید شده، ۲ عدد لامپ روشن نمی‌شود. احتمال این که از ده عدد لامپ انتخابی همه روشن شوند، چقدر است؟

$$0/92 \quad (4)$$

$$0/57 \quad (3)$$

$$0/43 \quad (2)$$

$$0/08 \quad (1)$$

پاسخ: گزینه «۲» اگر متغیر تصادفی  $X$  را تعداد لامپ‌های معیوب در نظر بگیریم. ابتدا احتمال روشن شدن یک لامپ را بدست می‌آوریم، سپس احتمال این که همه لامپ‌ها روشن شوند.

$$P(\text{روشن نشدن}) = \frac{2}{25} = 0/08$$

$$P(\text{همه روشن شوند}) = \binom{10}{0} (0/08)^0 (0/92)^{10} = 0/43$$

کله مثال ۸: در مثال قبل احتمال این که حداکثر یک لامپ روشن نشود چقدر است؟

$$0/37 \quad (4)$$

$$0/81 \quad (3)$$

$$0/38 \quad (2)$$

$$0/43 \quad (1)$$

پاسخ: گزینه «۳» احتمال آنکه حداکثر یک لامپ روشن نشود، یعنی این که یا همه لامپ‌ها روشن شوند یا فقط یک لامپ روشن نشود. بنابراین:

$$P(\text{حداکثر یک لامپ روشن نشود}) = P(X=0) + P(X=1) = \binom{10}{0} (0/08)^0 (0/92)^{10} + \binom{10}{1} (0/08)^1 (0/92)^9 = 0/43 + 0/38 = 0/81$$

کله مثال ۹: در مثال ۷، بازرسی کیفیت محصول به این صورت است که اگر در یک نمونه  $3^0$  تایی بیش از ۲ لامپ معیوب وجود داشته باشد، نمونه رد می‌شود. احتمال این که یک نمونه  $3^0$  تایی رد شود چقدر است؟

$$0/27 \quad (4)$$

$$0/21 \quad (3)$$

$$0/44 \quad (2)$$

$$0/56 \quad (1)$$

پاسخ: گزینه «۲» ابتدا احتمال رد نشدن نمونه را بدلیل محاسبات کمتر بدست می‌آوریم.

$$P(\text{رد نشدن}) = P(X \leq 2) = P(X=0) + P(X=1) + P(X=2)$$

$$= \binom{30}{0} (0/08)^0 (0/92)^{30} + \binom{30}{1} (0/08)^1 (0/92)^{29} + \binom{30}{2} (0/08)^2 (0/92)^{28} = 0/08 + 0/21 + 0/27 = 0/56$$

$$P(\text{رد شدن}) = 1 - 0/56 = 0/44$$

کله مثال ۱۰: میزان پراکندگی متغیر تصادفی  $X$  از کدام یک از روابط زیر بدست می‌آید؟

$$E(X^2) - [E(X)]^2 \quad (4)$$

$$E(X) - [E(X)]^2 \quad (3)$$

$$[E(X)]^2 - E(X^2) \quad (2)$$

$$E(X^2) - [E(X)]^2 \quad (1)$$

پاسخ: گزینه «۱» منظور از میزان پراکندگی، همان واریانس متغیر تصادفی است.

کله مثال ۱۱: دو پیشامد  $A$  و  $B$  ناسازگارند اگر:

$$P(A \cdot B) = 1 \quad (4)$$

$$P(A \cap B) = 0 \quad (3)$$

$$P(A \cdot B) = 0 \quad (2)$$

$$P(A \cap B) = 1 \quad (1)$$

پاسخ: گزینه «۳»



## تصمیم‌گیری بر اساس امید ریاضی (میانگین مورد انتظار)

در ابتدای فصل بیان کردیم که برای تحلیل ریسک یک مسئله اقتصادی می‌بایست احتمال وقوع تغییرات در آینده را اندازه‌گیری کنیم. در این صورت بهترین تکنیک برای مقایسه اقتصادی گزینه‌ها، استفاده از میانگین انتظاری هزینه و یا درآمد آنها می‌باشد. به بیان ساده‌تر این‌که، از آن جایی که که تحلیل ریسک در شرایط عدم اطمینان صورت می‌گیرد، نمی‌توان درآمدها و هزینه‌های قطعی گزینه‌ها را برآورد کرد، بنابراین بهترین روش محاسبه میانگین درآمد و یا هزینه انتظاری طرح و مقایسه آن با طرح‌های دیگر می‌باشد. در این راستا می‌توان میانگین انتظاری هر یک از تکنیک‌های قبل مانند ارزش فعلی خالص، جریان یکنواخت سالیانه، نرخ بازده داخلی و ... را بدست آورده و بر مبنای آن گزینه‌ها را با یکدیگر مقایسه نمود.

کج مثال ۱۲: پروژه‌ای ۲۵۰۰۰ واحد پولی هزینه اولیه نیاز دارد، مطالعات پیرامون شرایط این پروژه نشان می‌دهد که درآمد فعلی آن با احتمال ۰/۶، ۲۰۰۰۰ واحد پولی و با احتمال ۰/۳، ۲۵۰۰۰ واحد پولی و با احتمال ۰/۱، ۳۵۰۰۰ واحد پولی است. آیا اجرای این پروژه صرفه اقتصادی دارد؟  
 (۱) خیر  $NPW = -۳۰۰۰$  (۲) بله  $NPW = ۳۰۰۰$  (۳) خیر  $NPW = -۲۰۰۰$  (۴) بله  $NPW = ۲۰۰۰$

پاسخ: گزینه «۳» ابتدا با استفاده از امید ریاضی، میانگین انتظاری درآمد فعلی پروژه را محاسبه می‌کنیم:

$$E(\text{درآمد فعلی}) = ۰/۶ \times ۲۰۰۰۰ + ۰/۳ \times ۲۵۰۰۰ + ۰/۱ \times ۳۵۰۰۰ = ۲۳۰۰۰$$

سپس با در نظر گرفتن هزینه اولیه پروژه، ارزش فعلی خالص مورد انتظار پروژه را محاسبه می‌کنیم:  
 $NPW = -۲۵۰۰۰ + ۲۳۰۰۰ = -۲۰۰۰$  از آنجایی که ارزش فعلی خالص پروژه منفی است، اجرای آن غیر اقتصادی است.

کج مثال ۱۳: هزینه اولیه خرید یک دستگاه، ۳۶۵۰۰ واحد پولی است. جدول درآمد احتمالی این دستگاه بعد از چهار سال، بصورت زیر است. با حداقل نرخ جاذب ۱۰ درصد، آیا خرید این دستگاه اقتصادی است؟ چرا؟

میزان احتمال	درآمد در سال چهارم
۰/۲	۳۵۰۰۰
۰/۴	۵۵۰۰۰
۰/۱	۶۰۰۰۰
۰/۳	۷۵۰۰۰

- (۱) خیر،  $NPW = -۲۲۵۰۰$   
 (۲) بله،  $NPW = ۲۲۵۰۰$   
 (۳) خیر،  $NPW = -۲۷۷۲$   
 (۴) بله،  $NPW = ۲۷۷۲$

پاسخ: گزینه «۴» ابتدا میانگین انتظاری درآمد بعد از چهار سال را محاسبه می‌کنیم:

$$E(\text{درآمد سال چهارم}) = ۰/۲ \times ۳۵۰۰۰ + ۰/۴ \times ۵۵۰۰۰ + ۰/۱ \times ۶۰۰۰۰ + ۰/۳ \times ۷۵۰۰۰ = ۵۷۵۰۰$$

سپس ارزش فعلی خالص دستگاه را محاسبه می‌کنیم، چون درآمد در سال چهارم بدست می‌آید، می‌بایست ارزش فعلی آن را بدست آوریم:

$$NPW = -۳۶۵۰۰ + ۵۷۵۰۰(P/F, ۱۰\%, ۴) = -۳۶۵۰۰ + ۵۷۵۰۰ \times ۰/۶۸۳ = ۲۷۷۲$$

از آن جایی که ارزش فعلی دستگاه مثبت است. خرید دستگاه اقتصادی است.

کج مثال ۱۴: در مثال قبل نرخ بازگشت سرمایه این دستگاه تقریباً چقدر است؟

- (۱) ۸ درصد (۲) ۱۰ درصد (۳) ۱۲ درصد (۴) ۱۴ درصد

پاسخ: گزینه «۳» برای بدست آوردن نرخ بازگشت سرمایه، ارزش فعلی خالص را برابر صفر قرار می‌دهیم.

$$NPW = 0 \rightarrow -۳۶۵۰۰ + ۵۷۵۰۰(P/F, i\%, ۴) = 0 \rightarrow (P/F, i\%, ۴) = ۰/۶۳$$

با استفاده از جدول، نرخ بازگشت سرمایه تقریباً ۱۲ درصد بدست می‌آید.

کج مثال ۱۵: جریان مالی احتمالی اجرای یک پروژه سرمایه‌گذاری به شرح زیر است:

احتمال	۰/۵۳	۰/۲۷	۰/۲۰
هزینه اولیه	۵۶۰۰۰	۴۵۰۰۰	۴۰۰۰۰
درآمد سالیانه	۸۰۰۰	۶۰۰۰	۷۰۰۰