

# فصل اول

صنایع بیست

Sanaye20.ir



## ۱. مقدمه : اقتصاد مهندسی و فرآیندهای تصمیم‌گیری

مهندسين معمولاً در سيستمها به كارهاي مختلفی به كار گمارده می‌شوند و هريك به نوبه خود سعی در پیشبرد هدفهای واحدهای صنعتی مربوطه می‌نمایند. در بیشتر مواقع مهندسين در نقش تصميم‌گیرندگانی ظاهر می‌شوند که بایستی در مورد پروژه، طرح و یا ایده‌ای تصميم‌گیری نمایند. این تصميم معمولاً بایستی براساس معیارها و ضوابطی صورت گیرد که نتیجه عمل تصميم را بهینه نماید. یکی از هدفهای عمده کتاب اقتصاد مهندسی تهیه وسائل و ابزار تفکیکی مناسب برای مهندسين تصميم‌گیرنده است که آنان را قادر به گرفتن تصميم در رابطه بامسئله باتوجه به عوامل زیر بنماید:

۱- سرعت

۲- صحت

۳- اطمینان

تصميم‌گیری همان گونه که شرح داده شد بایستی براساس ضوابط صورت گیرد. این ضوابط می‌تواند به صورت اقتصادی و یا تکنیکی باشند. ضوابط اقتصادی آنهایی هستند که براساس آن تصميم گرفته شود و پروژه را از نظر اقتصادی قابل قبول کند و ضوابط تکنیکی شدن یا نشدن طرح را بررسی کند. مهندس در درجه اول باید تصميم بگیرد که آیا طرح از نظر تکنیکی، شدنی است؟ اگر شدنی است آیا مقرون به صرفه است یا خیر؟ بطور کلی هر فرآیند هدف دار شامل مرحله برنامه ریزی می‌باشد. در یک برنامه ریزی (Planning) مراحل زیر باید وجود داشته باشد:

۱- تعریف اهداف

۲- توسعه آلترناتیوها

آلترناتیوها به طور کلی به ۲ گروه تقسیم می‌شوند:

۱- میسر یا امکان پذیر (feasible)

۲- غیرمیسر یا ناممکن (Infeasible)

دلایل زیر می‌تواند باعث ناممکن شدن یک آلترناتیو شود:

۱- دلایل اقتصادی

۲- دلایل تکنیکی

۳- دلایل سیاسی

۴- دلایل اجتماعی

آلترناتیوها از لحاظ عملکرد هم دو نوع دارند:

۱- مستقل: در این حالت امکان انتخاب بیش از یک آلترناتیو وجود دارد.

۲- ناسازگار: در این حالت انتخاب یک آلترناتیو باعث حذف بقیه آلترناتیوها می‌شود. از سوی دیگر هر آلترناتیو پیامدهایی

در پی دارد که این پیامدها کلاً به صورت زیر می‌باشد:

۱- پیامدهای کمی (Quantitative)

۲- پیامدهای کیفی (Qualitative)

## ۲. مطالعه و بررسی پروژه‌های ناسازگار<sup>۱</sup> در آنالیز نرخ برگشت

در مباحث قبلی کلیاتی پیرامون قوانین تصمیم‌گیری جهت اندازه‌گیری عملی جریان نقدی یک پروژه به ساده‌ترین روش بیان شد که در آن قبول یا رد تصمیم‌گیری در مورد یک پروژه مستقل بخوبی روشن گردیده ولی در واقع یک پروژه مستقل بندرت یافت می‌شود و تقریباً همیشه اجرای یک پروژه آثار مثبت یا منفی روی پروژه دیگری می‌گذارد. حال اگر این آثار منفی به اندازه‌ای زیاد باشد که اجرای پروژه  $A$  باعث شود که پروژه  $B$  از نظر تکنولوژیکی یا اقتصادی غیرممکن گردد، به این دو پروژه اصطلاحاً ناسازگار گویند.

### ۲-۱. حالت‌های ممکنه روش‌های ناسازگار

معمولاً پروژه‌های ناسازگار در یکی از حالت‌های زیر روی می‌دهد:

---

<sup>۱</sup> Mutually Exclusive Projects

**الف-** انتخاب یک پروژه بزرگ ممکن است نسبت به پروژه کوچکتری ناسازگار باشد. در این حالت مقیاس و اندازه پروژه مطرح می‌شود.

**ب-** به تعویق انداختن یک پروژه و یا اجرای فوری همان پروژه با یکدیگر ناسازگارند. در این حالت زمان پروژه مطرح است.

**ج-** یک نوع تکنولوژی با تکنولوژی دیگر که همان محصول را تولید میکند، ناسازگار است. در این حالت انتخاب تکنولوژی مطرح است.

**د-** یک پروژه ممکن است در یک نقطه استقرار یابد یا اینکه در نقطه ای دیگر ولی نه هردو جا که در این حالت مکان مطرح است.

**ه-** دو یا چند پروژه از انواع مختلف ممکن است بخواهند در یک نقطه مشخص استقرار یابند. در این حالت محل استقرار مطرح می‌گردد.

**و-** در یک پروژه چند هدفه ممکن است جزئی از پروژه شامل عواملی مثل استفاده از نیروی آب باشد و قسمت دیگری از همان پروژه ربطی به استفاده از نیروی آب نداشته باشد. در این حالت ترکیب پروژه با چند هدف مطرح میشود.

## ۲-۲. قوانین تصمیم‌گیری برای پروژه‌های ناسازگار

وقتی راه حل‌های مختلف یک پروژه ناسازگار جلوی ما قرار می‌گیرند، فقط میتوانیم یکی از چند راه حل قابل قبول را اجرا کنیم که در اینجا تصمیم‌گیری ما باید مبتنی بر انتخاب بهترین پروژه باشد. در نتیجه لازم میشود که راه حل‌ها براساس نتیجه‌گیری حاصله بنحو مطلوب دسته بندی شود. متاسفانه تکنیک‌های مختلف جریان نقدی زمانی، نتایج یکسانی در دسته بندی مجموعه پروژه‌ها به ما نمی‌دهد.  $NPW$  مقدار مطلق منافع حاصله از یک پروژه را میدهد ولی هیچگونه اطلاعاتی از مقدار و اندازه سرمایه‌گذاری برای بدست آوردن منافع مربوطه به ما نمی‌دهد. در عوض  $IRR$  نسبت کارایی سرمایه بکار گرفته را روشن میکند ولی درباره قدر مطلق منافع حاصله سکوت می‌کند. از آنجا که پروژه‌های ناسازگار در انتها به ما یک امکان جهت بدست آوردن سود میدهد لذا روشن است که تنها مقدار مطلق منافع خالص میتواند راهنمای

ما در گرفتن تصمیم باشد. همچنین می‌دانیم که  $NPW$  و  $IRR$  ترتیبهای کاملاً مغایری از مقبولیت پروژه‌ها به ما می‌دهند لذا هیچ کدام به تنهایی نمی‌توانند مورد قبول ما قرار گیرند. اتکاء کردن به  $NPW$  در عمل این ریسک را به همراه دارد که یک پروژه با بازدهی بالا ولی کوچک را به یک پروژه با بازدهی کمتر ولی با منافع مطلق بیشتر ترجیح دهیم. پس نتیجه می‌گیریم که با مقایسه راه حل‌ها و ترتیب قرار گرفتن آنها با کمک روش  $IRR$  ممکن است نتیجه صحیح‌تری بدست آید. ولی  $IRR$  نیز گاهی ما را به نتیجه اشتباهی میرساند (نسبت  $B/C$  نیز معمولاً در ریسک همان اشتباه  $IRR$  را دارد ولی چنانچه بعداً خواهد آمد چون اشکالات زیادتری را نیز دارا می‌باشد لذا پیشنهاد نمی‌گردد).

### ۳. تکنیکهای اقتصاد مهندسی

مقایسه اقتصادی پروژه‌ها از اهمیت زیادی در تصمیمات برای هر مدیر یا مسئولی برخوردار می‌باشد. یک مهندس یا مدیر باید با انتخاب یکی از تکنیکهای اقتصاد مهندسی و کاربرد آن اقتصادی‌ترین پروژه را معرفی نماید. تکنیکهای کلی جهت مقایسه اقتصادی پروژه‌های ناسازگار جهت تصمیم‌گیری برای انتخاب یکی از پروژه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارتند از :

۱- روش تحلیل ارزش کنونی ( $NPW$ )

۲- جریان نقدی سالانه یکنواخت

۳- نرخ بازده

۴- آنالیز نسبت منافع به مخارج

در این فصل به تشریح این روشها پرداخته می‌شود:

حداقل نرخ برگشت موردنظر اصطلاحاً بنام ( $MARR$ ) شناسائی می‌شود که برابر با نرخ برگشت مؤثر سالیانه‌ای است که روی سرمایه‌گذاری موردنظر پیش بینی می‌شود. این نرخ درحقیقت پائین‌ترین نرخ است که سرمایه‌گذار مایل به قبول آن برای سرمایه‌گذاری است.

<sup>1</sup> Minimum Attractive Rate of Return

### ۳-۱. روش اول : تحلیل ارزش کنونی<sup>۱</sup> ( $NPW$ )

محاسبه ارزش فعلی یک فرآیند مالی همانطور که در اقتصاد مهندسی بیان شده، عبارت است از تبدیل ارزشهای آینده و همچنین دریافتها و پرداختهای یکنواخت به ارزش فعلی در زمان حال. البته این روش بستگی به عمر پروژه دارد. بنابراین اگر عمر پروژه‌ها برابر نباشند باید عمر مشترکی را برای پروژه‌هایی که عمر آنها برابر نیست در نظر گرفت و ارزش فعلی پروژه‌ها را براساس عمر مشترک محاسبه کرد.

در بررسی یک پروژه چنانچه ارزش فعلی خالص  $NPW$  به ازاء حداقل نرخ جذب کننده ( $MARR$ ) کوچکتر از صفر باشد ( $NPW < 0$ ) مشخص کننده این است که ارزش فعلی هزینه‌ها بیش از ارزش فعلی درآمدها است و چنانچه  $NPW > 0$  باشد، آن پروژه اقتصادی است و ارزش فعلی هزینه‌ها کمتر از ارزش فعلی درآمد بوده است.

در مقایسه‌های اقتصادی چند پروژه به طریق ارزش فعلی، پروژه ای که دارای ارزش فعلی خالص بیشتری باشد اقتصادی ترین پروژه خواهد بود. البته باید توجه کرد که برای کاربرد این روش باید حتماً طول عمر پروژه‌ها مساوی فرض شوند.

**مثال ۱:** یک شرکت قطعات الکترونیکی برای حمل و نقل قطعات دو طرح را بررسی میکند. طرح I شامل خرید دو لیفتراک و تعدادی پالت و طرح II شامل یک نقاله مکانیکی است. اطلاعات مربوط به دو طرح در جدول ۱-۱ نشان داده شده است:

جدول ۱-۱. (منبع کتاب اقتصاد مهندسی دکتر اسکونژاد)

	طرح I	طرح II	
	پالتها (P)	نقاله مکانیکی (C)	یک لیفتراک (L)
هزینه اولیه	۲۸۰۰۰	۱۷۵۰۰۰	۴۵۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۳۰۰	۲۵۰۰	۶۰۰۰
ارزش اسقاطی	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰
عمر مفید	۱۲	۲۴	۸

<sup>۱</sup> Net Present Worth Method

اگر حداقل نرخ جذب کننده شرکت ۱۵٪ در سال باشد، کدام طرح باید انتخاب شود؟

عمر مفید ۲۴ سال به عنوان عمر مشترک دو طرح I، II تعیین و در طرح I هزینه‌ها و ارزش اسقاطی پالته‌ها برای دو دوره و لیفت تراک‌ها برای سه دوره تکرار خواهند شد. ارزش فعلی دو طرح در ذیل محاسبه شده است:

طرح I:

$$PW_I = PW_P + PW_L$$

$$PW_P = 28000 + 28000 (P/F, 15\%, 12) - 2000 (P/F, 15\%, 12)$$

$$- 2000 (P/F, 15\%, 24) + 300 (P/A, 15\%, 24)$$

$$PW_P = 34719.74$$

$$PW_L = 2(45000)[1 + (P/F, 15\%, 8) + (P/F, 15\%, 16)]$$

$$- 2(5000)[(P/F, 15\%, 8) + (P/F, 15\%, 16) + (P/F, 15\%, 24)]$$

$$+ 2(6000)(P/A, 15\%, 24)$$

$$PW_L = 201560.8$$

$$PW_I = 236280.54$$

طرح II:

$$PW_{II} = 175000 - 10000 (P/F, 15\%, 24) + 2500 (P/A, 15\%, 24)$$

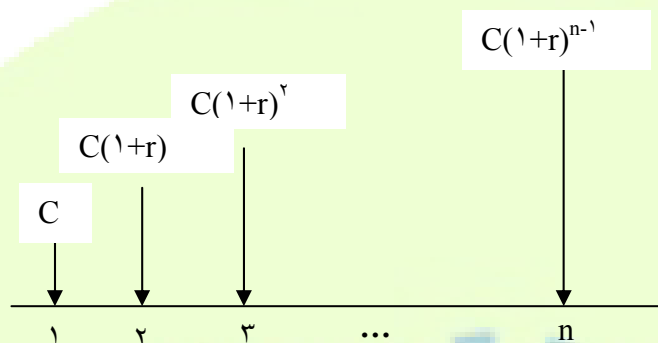
$$PW_{II} = 190735.5$$

طرح II، خرید یک نقاله مکانیکی برای حمل مواد انتخاب خواهد شد چون  $PW_{II} < PW_I$  است.



### ۳-۱-۱. مثالهایی از یک الگوی جریان نقدی

مثال ۱. جریان نقدی را به صورت شکل زیر (شکل ۱-۱) در نظر بگیرید.



شکل ۱-۱: جریان نقدی مثال ۱

محاسبه ارزش کنونی این جریان نقدی (NPW) به شکل زیر است :

$$P = \frac{C}{1+i} + \frac{C(1+r)}{(1+i)^2} + \frac{C(1+r)^2}{(1+i)^3} + \dots + \frac{C(1+r)^{n-1}}{(1+i)^n}$$

$$P = \frac{C}{1+r} * \left[ \frac{1+r}{1+i} + \frac{(1+r)^2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{(1+r)^n}{(1+i)^n} \right]$$

در اینجا از یک تغییر متغیر استفاده می کنیم :

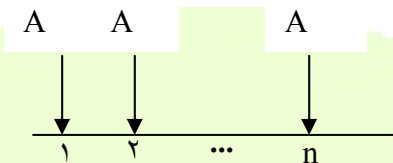
Where  $r > i$  :  $1+x = (1+r)/(1+i)$

$$P = [C/(1+r)] [1+x + (1+x)^2 + (1+x)^3 + \dots + (1+x)^n]$$

$$= [C*(1+x)/(1+r)] [1 + (1+x) + \dots + (1+x)^{n-1}]$$

$$= [C/(1+i)] [1 + (1+x) + \dots + (1+x)^{n-1}]$$

این در حالی است که برای یک سری یکنواخت خواهیم داشت (شکل ۲-۱):



شکل ۲-۱: جریان نقدی سری یکنواخت

$$F = A + A(1+i) + A(1+i)^2 + \dots + A(1+i)^{n-1}$$

$$F/A = [1 + (1+i) + (1+i)^2 + \dots + (1+i)^{n-1}] = (F/A)_n^{i\%}$$

$$P = [C/(1+i)] (F/A)_n^{x\%}$$

در نتیجه: (رابطه ۱-۱)

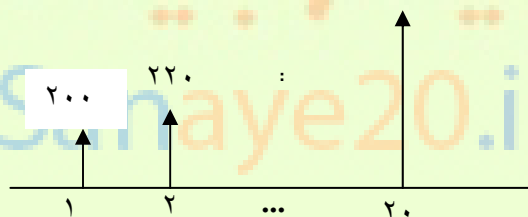
**مثال ۲:** فروش یک کارخانه در سال اول برابر ۲۰۰ میلیون تومان است. پیش بینی می‌شود افزایش فروش سالیانه ۲۰٪ باشد. اگر نرخ برگشت را ۱۲٪ در نظر بگیریم:

الف) معادل ارزش فعلی این کارخانه با عمر ۲۰ سال چقدر است؟

ب) معادل سالیانه فروش این کارخانه چقدر است؟

$$r = 20\%$$

حل:



شکل ۲-۳: جریان نقدی مثال ۲

$$1+x = (1+0.2) / (1+0.12) \rightarrow x = 7\%$$

الف:

$$P = (200 / 1.12) * (F/A)_r^{7\%}$$

$$A = P (A/P)_r^{12\%}$$

ب:

Where  $r < i \rightarrow$  تغییر متغیر  $1/(1+x) = (1+r)/(1+i)$

(برای اینکه مثبت شود و بتوانیم از جدول استفاده کنیم، از این تغییر متغیر استفاده میکنیم.)

$$P = [C / (1+r)] [1/(1+x) + 1/(1+x)^2 + \dots + 1/(1+x)^n]$$

$$P = A[(1+i)^{-1} + A(1+i)^{-2} + \dots + A(1+i)^{-N}]$$

برای سری یکنواخت داریم :

$$P/A = [1/(1+i) + 1/(1+i)^2 + \dots + 1/(1+i)^N]$$

$$P = [C/(1+r)](P/A)_n^{x\%}$$

در نتیجه: (رابطه ۱-۲)

**مثال ۳:** درآمدهای حاصل از فروش یک کارخانه ۲۰۰ میلیون تومان در سال برآورد می‌شود. اگر نرخ تورم را ۱۲٪ و نرخ بهره را ۱۰٪ در نظر بگیریم، در صورتیکه ارزش سرمایه‌گذاری کارخانه ۸۰۰ میلیون تومان در نظر و عمر اقتصادی ۶ سال در نظر گرفته شود، آیا چنین کارخانه‌ای صرفه اقتصادی دارد؟

$$NPW = 200 / (1-0.12) (P/A)^{25\%} - 800 = 670.8 - 800 = -129.2$$

$$1/(1+X) = (1-0.12)/(1+0.1) = .8 \rightarrow x = .25$$

خیر.

### ۲-۳. روش دوم: روش هزینه سالیانه یکنواخت<sup>۱</sup> (EUAC)

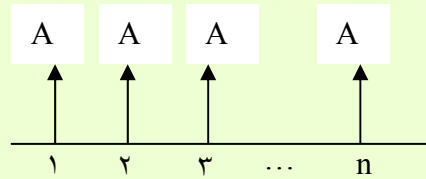
روش هزینه سالیانه یکنواخت روش دیگری برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها می‌باشد. در این روش تمام پیامدهای طرح را به پرداخت سالیانه یکنواخت تبدیل می‌کنیم و در آن به مانند تکنیک ارزش فعلی (PW) پروژه‌ای را از میان پروژه‌های مختلف انتخاب می‌کنیم که دارای کمترین هزینه سالیانه باشد.

یکی از حسن‌های این روش این است که برخلاف روش ارزش فعلی لازم نیست که عمر پروژه‌ها یکسان فرض شوند. بنابراین زمانی که عمر پروژه‌ها نابرابر است روش EUAC سریعتر و آسانتر از روش PW خواهد بود.

<sup>۱</sup> Equivalent Uniform Annual Cost

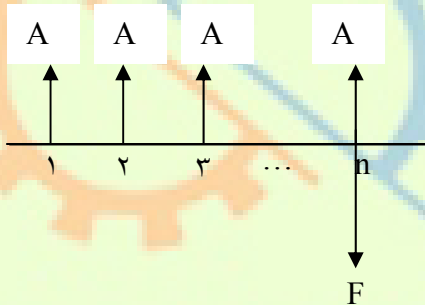
### ۳-۲-۱. فرمول سری یکنواخت پرداختها

در سری پرداختهای یکنواخت، مقدار پرداخت (دریافت) در آخر هر دوره برای  $N$  دوره برابر  $A$  است. (شکل ۴-۱)



شکل ۴-۱: جریان نقدی یکنواخت

الف - محاسبه ارزش آینده (شکل ۵-۱)



شکل ۵-۱: محاسبه ارزش آینده

$$F = A(1+i)^{n-1} + \dots + A(1+i)^1 + A(1+i) + A$$

$$F = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] = A (F/A, i\%, n)$$

(رابطه ۳-۱)

**مثال ۴:** شخصی مبلغ ۵۰۰ تومان در آخر هر سال به مدت ۵ سال در پس انداز خود قرار میدهد. چنانچه نرخ

بهره ۵ درصد باشد، مبلغ کل در آخر سال پنجم چقدر است؟

$$F = 500 (F/A, 5\%, 5) = 500 * (5/526) = 2763$$

ب - محاسبه ارزش کنونی

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] = A (P/A, i\%, n)$$

(رابطه ۴-۱)

**مثال ۵:** یک شرکت فروشنده ابزار ماشین برای فروش یک ماشین مبلغ ۶۸۰۰ تومان پیشنهاد می‌کند. دریافتی از بابت فروش ماشین ۱۴۰ تومان در انتهای هر ماه برای مدت ۵ سال خواهد بود چنانچه بتوانید در هر ماه ۱ درصد بهره برای پول خود دریافت کنید، این پیشنهاد را رد یا قبول می‌کنید.

$$P = A (P/A, i \%, N) = 0.4 * 44/955 = 6293.7$$

#### نکات:

۱- اگرچه این روش بنام هزینه سالیانه یکنواخت است اما می‌توان پروژه‌ها را برحسب درآمدهای سالیانه در نظر گرفت که این کار بنام درآمد سالیانه یکنواخت (*EUAB*) معروف است.

۲- در هر دو روش *NPW* و *EUA*، هنگامی پروژه ای و یا آلترناتیوی به حالت تعادل خودش می‌رسد که مجموع حال حاضر هزینه‌ها برابر با مجموع حال حاضر درآمد باشد و یا معادل هزینه‌های سالیانه برابر با معادل درآمدهای سالیانه باشد.

۳- معمولاً در موقع آنالیز، درآمدها را مثبت و در نتیجه فلشها را در دیاگرام جریان بایستی به سمت بالا و هزینه‌ها را منفی (فلشها به سمت پائین) در نظر می‌گیریم. به هر حال انتخاب این علامتها دلخواه و بستگی به نظر شخص تصمیم‌گیرنده دارد و اجباری نیست. ولی یک نکته همیشه بعنوان ضابطه اساسی در هر موردی بکار می‌رود و آن این است که علامت هزینه‌ها همیشه مخالف علامت درآمدها می‌باشد.

۴- در بسیاری از مثالها معادل سالیانه هزینه اولیه و ارزش اسقاطی را محاسبه می‌نمایند. این مقدار معادل به سرمایه گذار کمک میکند تا تعیین کند این سرمایه‌گذاری در عمر پروژه به چه میزان برگشت دارد. بکار بردن هر یک از تکنیکهای زیر می‌تواند برای محاسبه معادله هزینه اولیه و ارزش اسقاط بکار رود.

الف- تکنیک جریان نقدی تشریح شده در زیر برای بکار بردن معادل سالیانه هزینه اولیه منهای هزینه سالیانه

معادل ارزش اسقاط میتواند بکار برده شود.

*AEC*: هزینه معادل سالیانه

$$AEC = B(a/P)_n^i - V_s(a/F)_n^i \quad (\text{رابطه ۵-۱})$$

ارزش اسقاطی =  $V_S$

$B$  = هزینه اولیه

$i$  = MARR

ب- پرداخت و برداشت روی سرمایه مصرف شده بعلاوه مقدار برگشت روی باقیمانده

$$AEC = (B - V)(a/p)_n^i + V_i$$

که معادل اولین فرمول در این رویه است.

ج- برگشت روی تمام سرمایه گذاری بعلاوه پرداخت معادل سالیانه آینده یک سرمایه مصرف شده:

$$AEC = B_i + (B - V)(a/F)_n^i$$

که این نیز معادل همان فرمول اولیه می باشد. برای دیگر فرمولها می توان به کتاب اقتصاد مهندسی چاپ علم و صنعت نوشته دکتر سیدحسینی مراجعه کرد.

د- به طور کلی در روش متد سالیانه باید معادل سالیانه هزینه ها را از معادل سالیانه درآمد کم کنید.

**مثال ۶:** شخصی یک موقعیت سرمایه گذاری را مورد توجه قرار می دهد که سرمایه ای برابر با ۱۰۰۰۰۰ تومان نیاز دارد. این سرمایه گذاری درآمدی را عاید او می نماید که مقدار آن برابر با ۲۰۰۰۰ تومان می باشد که این در پایان هر سال به مدت ۷ سال ادامه دارد. نرخ برگشت مطلوب برابر با ۱۰ درصد و مقدار ارزش اسقاطی برابر با صفر در نظر گرفته می شود.

**هدف:** آنالیز کردن موقعیت سرمایه گذاری و پاسخ به این سؤال که آیا چنین سرمایه گذاری با صرفه است؟

آنالیز: این مساله را از دو روش حل کرده است:

۱- با در نظر گرفتن معادلهای سالیانه:

$$AER = 20000$$

معادل درآمد سالیانه

$$AEC = 100000 (a/P)_7^{10\%}$$

معادل هزینه ها

$$AEC = 100000(0.20541) = 20541$$

$$AEX = AER - AEC = 20000 - 20541$$

معادل سالیانه درآمد - هزینه

۲- با در نظر گرفتن ارزش حاضر:

$$20000 (P / a)_7^{10\%} = 20000 (4 / 868) =$$

معادل حاضر سالیانه درآمدها  $PER = 97360$

معادل حاضر هزینه ها  $PEC = 100000$

معادل حاضر درآمد - هزینه  $PEX = 2640$

با مراجعه به هریک از متدها ملاحظه میکنیم که سرمایه‌گذاری قادر به تهیه و تولید درآمد کافی برای حداقل نرخ برگشت نبوده لذا هر دو متد منتهی به عدم انتخاب موقعیت سرمایه‌گذاری می‌گردند.

**مثال ۷:** تخمینهای زیر برای مکانیزه کردن یک کارخانه با نرخ برگشت ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است. (جدول شماره

(۲-۱)

جدول ۱-۲. اطلاعات مثال ۷

پیشنهاد $B$	پیشنهاد $A$	پیشنهاد $P$	
۷۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	درآمد سالیانه
۳۹۰۰۰	۴۶۰۰۰	۵۴۰۰۰	هزینه سالیانه عملیاتی نگهداری
۱۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۰	سرمایه‌گذاری مورد نیاز
۱۰۰۰۰	۰	۰	تخمین ارزش اسقاطی پس از ۵ سال

هدف: تعیین اینکه کدامیک از پیشنهادهای صفر،  $P$ ،  $A$  و یا  $B$  ممکن است مورد توجه قرار گیرد. توجه داشته باشید که پیشنهاد صفر منظور عدم سرمایه‌گذاری و آلترناتیو  $P$  ادامه سرویس در حال حاضر کارخانه می‌باشد.

آنالیز: میتوانیم تکنیک معادل سالیانه و یا معادل حاضر را برای آنالیز مسئله بکار ببریم. در بعضی مواقع بایستی به الگوی جریانهای نقدی مراجعه نمائیم تا سهل‌ترین راه را بتوانیم تشخیص دهیم. در این مورد باتوجه به شکل جریان نقدی

میتوانیم ارزش معادل سالیانه را انتخاب نمائیم. (جدول ۱-۳)

جدول ۱-۳: ارزش معادل سالیانه جریان نقدی

پیشنهاد B	پیشنهاد A	پیشنهاد P	
۷۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	درآمد سالیانه
۳۹۰۰۰	۴۶۰۰۰	۵۴۰۰۰	هزینه‌های سالیانه عملیاتی و نگهداری
۳۲۰۹۴	۱۶۷۱۹	۰	معادل سالیانه هزینه‌های اولیه و اسقاطی

معادل سالیانه هزینه‌های اولیه و اسقاطی طرح B  $\Rightarrow 100000 (a / P)^{20\%} - 10000 (a / F)^{20\%}$

معادل سالیانه هزینه‌های اولیه و اسقاطی طرح A  $50000 * 0,334380 = 16719$

با توجه به جوابهای بدست آمده جدول ۱-۴ تکمیل شده است:

جدول ۱-۴: نتایج مثال ۷

پیشنهاد B	پیشنهاد A	پیشنهاد P	
۷۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	درآمد سالیانه
۷۱۰۹۴	۶۲۷۱۹	۵۴۰۰۰	معادله سالیانه هزینه‌ها
-۱۰۹۴	-۲۷۱۹	-۴۰۰۰	معادله سالیانه درآمد-هزینه

لذا باتوجه به اینکه هر سه پیشنهاد با ضرر همراه هستند لذا آلترناتیو صفر پیشنهاد و بایستی مورد قبول واقع گردد.

### ۳-۲-۲. دوره تحلیل نامحدود برای هزینه سرمایه‌گذاری شده

شکلی از تحلیل ارزش کنونی در شرایطی پیش می‌آید که مواجه با دوره تحلیل نامحدود باشیم. ( یعنی n بینهایت باشد). در تجزیه و تحلیل پروژه‌های دولتی شرایطی وجود دارد که یک خدمت برای دوره نامحدودی باید نگهداری شود. جاده‌ها، سدها، خطوط لوله و غیره در مواردی مورد توجه قرار می‌گیرند. در این شرایط تحلیل ارزش کنونی هزینه دوره تحلیل نامحدود مطرح و به آن دوره تحلیل هزینه سرمایه ای می‌گوییم.



بنابر این هزینه سرمایه‌ای عبارت است از وجوهی نقدی که باید با نرخ بهره معین کنار گذاشته شود تا پولی را که برای انجام یک خدمت در مدت نامحدود لازم است فراهم کند. پس اگر بخواهیم در هر دوره  $A$  تومان برای مخارج هر خدمت در مدت نامحدود اختصاص دهیم، به ارزش کنونی این سری پرداخت در مدت نامحدود هزینه سرمایه‌ای گفته می‌شود و

$$A = Pi \quad \text{برابر است با:}$$

$$A = P [i(1+i)^n / (1+i)^n - 1] \rightarrow A = Pi \quad \text{زیرا: (رابطه ۱-۶)}$$

بنابراین اگر بتوانیم مخارج یک خدمت یا پروژه را بصورت سری یکنواخت در بیاوریم پس از آن بسادگی می‌توان هزینه سرمایه‌ای را محاسبه کرد.

**مثال ۸:** چقدر باید با نرخ بهره ۴٪ کنار گذاشته شود تا بتوان ۵۰۰ تومان در سال برای هزینه سالانه یک خدمت عمومی دائمی اختصاص داد؟

حل: هزینه سرمایه‌ای = پرداختهای سالانه / نرخ بهره

$$P = A/i = 500 / 0.04 = 12500$$

### ۳-۳. روش سوم: محاسبه نرخ بازگشت و استفاده از آن در تصمیم‌گیری

در این روش ابتدا نرخ بازگشت را محاسبه کرده و بعد با توجه به نرخ بدست آمده در مورد اقتصادی بودن پروژه‌ها تصمیم‌گیری می‌شود.

### ۳-۳-۱. آلترناتیوهای ناسازگار و موقعیتهای سرمایه‌گذاری<sup>۱</sup>

همانطوریکه قبلاً نیز شرح داده شد آلترناتیوهای ناسازگار آلترناتیوهای هستند که با انتخاب یکی از آنها بقیه آلترناتیوها مورد توجه قرار نمی‌گیرند و از صحنه خارج می‌شوند. غیر از دو دسته آلترناتیوهای ناسازگار و مستقل، دسته دیگری از آلترناتیوها که به آلترناتیوهای مشروط<sup>۲</sup> موسوم هستند، وجود دارند. آلترناتیوهای مشروط آنهایی هستند که در انتخابشان ابتدا بایستی آلترناتیوهای دیگری انتخاب شوند و سپس آنها مورد بررسی قرار گیرند. مثلاً انتخاب آلترناتیوهای

<sup>۱</sup> Mutually Exclusive Alternatives Opportunities

<sup>۲</sup> Contingent Alternatives

مختلف برای انتخاب یک نقاله سقفی ابتدا به ساختمان و چگونگی قرار گرفتن محل نقاله بستگی دارد. لذا انتخاب نقاله باتوجه به نوع محل احداث انجام می‌شود. بنابراین ساختمان کارگاه پیش نیاز آلترناتیو نقاله سقفی است.

در نوع دیگری از ارتباط ممکن است دو آلترناتیو به یکدیگر بستگی داشته باشند که در این مواقع به آنها مشابه<sup>۱</sup> گویند. مثلاً در بالا انتخاب آلترناتیو نقاله بستگی به ساختمان کارگاه دارد درحالیکه انتخاب ساختمان بستگی به نقاله ندارد که در این صورت ارتباط مشابه نیست.

به دست آوردن نرخ بازگشت از پارامترهایی است که در هر سرمایه‌گذاری موردنیاز می‌باشد. معمولاً این نرخ در مسائلی که تا به حال شرح داده شده، بصورت داده‌های مسئله مطرح بوده ولی در این مبحث نرخ برگشت بعنوان یک ضابطه که در تصمیم‌گیری دخالت می‌کند، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این نرخ برگشت مورد انتظار، نرخي است که تحت آن ارزش معادل حاضر درآمدهای یک سرمایه‌گذاری را برابر ارزش حال حاضر هزینه‌های آن سرمایه‌گذاری قرار دهد. یعنی:

$PER=PEC$  به عبارت دیگر می‌توانیم این استدلال را گسترش داده و بگوئیم که در آن دو نسبت معادل زیر برابر می‌شوند. یعنی:

$$PER = PEC \quad PEX = \cdot$$

$$AER = AEC \quad AEX = \cdot$$

$$FER = FEC \quad FEX = \cdot$$

که داریم:

PER: ارزش معادل حاضر درآمدها

PEC: ارزش معادل حال حاضر هزینه‌ها

AER: معادل ارزش سالیانه سری متشابه درآمدها

AEC: معادل ارزش سالیانه سری متشابه هزینه‌ها

AEX: معادل سالیانه درآمدها منهای هزینه‌ها

PEX: معادل ارزش حاضر درآمدها منهای هزینه‌ها

---

<sup>۱</sup> Symmetric

حالت‌های زیر را در نظر بگیرید :

ارزش ویژه کنونی در پروژه ۳۲۰۰۰۰ تومان، سودهای سالانه یکنواخت معادل ۲۸۰۰۰ تومان و پروژه نرخ بازده ۲۳ درصد خواهد داشت.

با وجود اینکه هیچ کدام از حالت‌های فوق مساله را بطور کامل بیان نمی‌کنند، سومی اندازه مطلوبیت پروژه را به سادگی نشان می‌دهد. با علم به این مساله است که مهندسان و بازرگانان این روش را خیلی بیشتر از روش‌های ارزش کنونی یا جریان نقدی سالانه یکنواخت بکار می‌برند. برای تصمیم گیری، نرخ بازده محاسبه شده با کمترین نرخ بازده جاذب مقایسه می‌شود که این همان ( $i$ ) در محاسبات ارزش کنونی معادل و جریان نقدی سالانه یکنواخت است. اگر نرخ بازگشت برای مقایسه گروهی از پروژه‌های ناسازگار به کار رود، در این صورت بایستی از دیاگرام شبکه‌ای که بعداً مورد بحث قرار خواهد گرفت استفاده کرد. اگر نرخ برگشت معلوم باشد می‌توان برای مقایسه از ضابطه  $PEX$  که ضابطه بسیار ساده‌ای است، استفاده نمود. برای گروهی از پروژه‌ها که نرخ برگشت آنها نامعلوم ولی مستقل از یکدیگرند، می‌توان پس از بدست آوردن نرخ‌های برگشت به ترتیب نزولی قرارشان داد و سپس به انتخاب یک یا چند پروژه به ترتیب از بالای لیست پرداخت. این انتخاب بستگی به میزان بودجه مالی شرکت دارد و می‌توان تا هزینه شدن همه بودجه ادامه پیدا کند.

### ۳-۲. محاسبه نرخ برگشت سرمایه‌گذارها

مثال ۹: اطلاعات: مقادیر عددی زیر برای پروژه‌ای تخمین زده شده است:

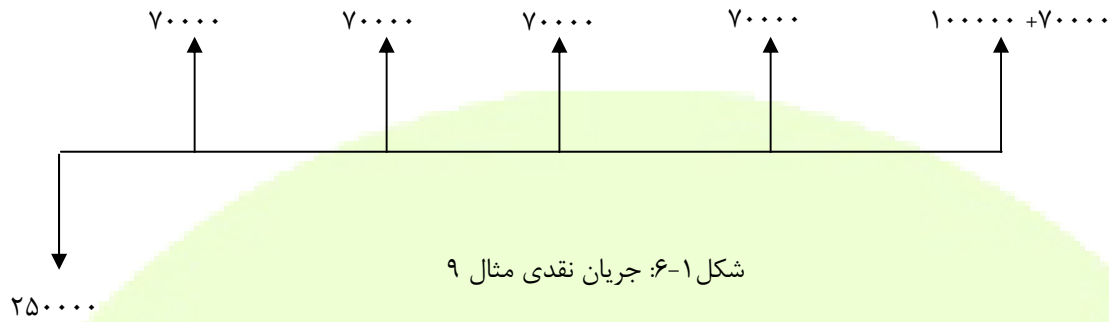
تومان ۷۰۰۰۰ = جریان نقدی سالیانه (درآمد)

تومان ۲۵۰۰۰۰ = هزینه‌های اولیه

تومان ۱۰۰۰۰۰ = ارزش اسقاطی

۵ سال = عمر پروژه . جریان نقدی پروژه در شکل ۱-۶ نمایش داده شده است . [www.gsie.ir](http://www.gsie.ir) @IFKankour @gsie.ir

هدف: پیدا کردن نرخ بازگشت پروژه



PEX=.

$$PEX = -250000 + 70000 (P / a)_5^{i\%} + 100000 (P / F)_5^{i\%}$$

ابتدا  $i = 15\%$  را امتحان می‌کنیم.

$$PEX = -250000 + 70000 (3 / 352) + 100000 (0 / 9472) = 34360$$

اگر  $i = 20\%$  را امتحان کنیم:

$$PEX = -250000 + 70000 (2 / 991) + 100000 (0 / 4019) = -440$$

در نتیجه مقدار  $i$  برابر خواهد بود با :

$$i = 15\% + 5\% \left( \frac{34360}{34360 - (-440)} \right) = 19.9\%$$

لذا در مورد این پروژه می‌توان چنین اظهار نظر نمائیم:

اگر  $i > 19.9\%$  باشد ما بایستی پروژه را رد کنیم.

اگر  $i < 19.9\%$  باشد می‌توانیم پروژه را قبول کنیم.

### ۳-۳-۳. روش $\Delta ROR$

هرگاه دو گزینه برای مطالعه داشته باشیم، تحلیل نرخ بازده بصورت محاسبه نرخ بازده سرمایه اضافی ( $\Delta ROR$ )

که مبنای آن تفاوت بین دو گزینه است ارائه می‌شود. اگر نرخ بازده اضافی، بزرگتر یا مساوی با کمترین نرخ بازده

جاذب باشد، گزینه با سرمایه ( هزینه اولیه ) زیادتر را انتخاب می‌کنیم و اگر نرخ بازده اضافی کوچکتر از کمترین نرخ بازده جاذب باشد، گزینه با سرمایه ( هزینه اولیه ) کمتر را انتخاب می‌کنیم.

گزینه با سرمایه (هزینه اولیه ) بیشتر انتخاب می‌شود.  $\Delta ROR \geq i$

گزینه با سرمایه (هزینه اولیه ) کمتر انتخاب می‌شود.  $\Delta ROR \leq i$

**مثال ۱۰:** دو متد برای انجام خدماتی مورد بررسی قرار می‌گیرند و این دو متد درحالی مورد مقایسه قرار می‌گیرند که انتخاب هریک از آنها می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. تخمین هزینه‌ها و درآمدهای این دو متد از این قرار است (جدول ۵-۱):

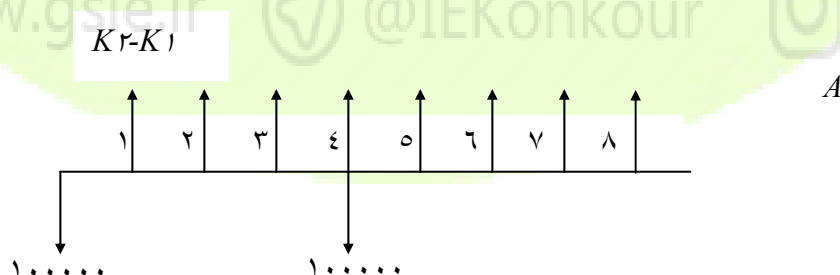
جدول ۵-۱. اطلاعات مثال ۱۰

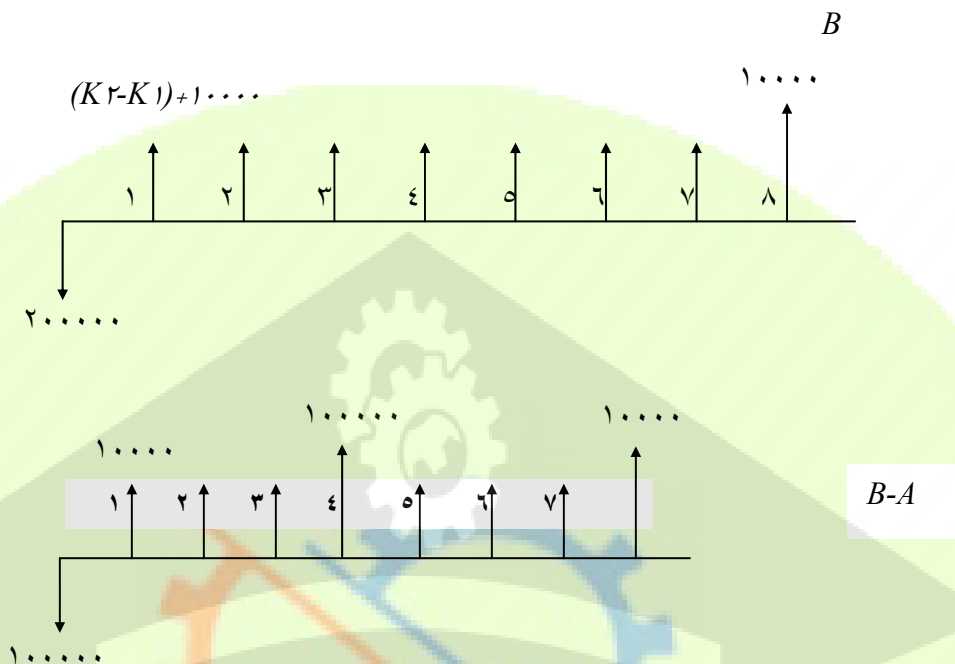
هزینه‌های اولیه	عمر (سال)	ارزش اسقاطی	هزینه عملیاتی و تعمیرات سالیانه	درآمد سالیانه
متد A ۱۰۰۰۰۰	۴	۰	$K_1$	$K_2$
متد B ۲۰۰۰۰۰	۸	۱۰۰۰۰	$K_1 - ۱۰۰۰۰$	$K_2$

فرض کنیم که ۸ سال سرویس مورد نیاز بوده و جایگزینی متد A پس از عمر مفید (۴ سال) دارای هزینه و درآمدهای یکسانی نسبت به دفعه اول می‌باشد.

هدف: پیدا کردن اقتصادی ترین آلترناتیوها است. جریان نقدی پروژه‌ها در شکل ۷-۱ نمایش داده شده هست.

آنالیز: بدست آوردن نرخ برگشت هریک از آلترناتیوها مستلزم داشتن درآمدها و پی‌آمدهای آن آلترناتیو می‌باشد و بدون وجود آنها این امر امکان ندارد. سؤالی که میتوان مطرح نمود اینست که ترتیب هریک از آلترناتیوها بستگی به اضافه سرمایه‌گذاری مورد نیاز یکی از آنها نسبت به دیگری دارد، بدین معنی که مثلاً با انتخاب B چه مقدار سرمایه اضافی نسبت به A لازم داریم که این مسئله بعداً بحث خواهد گردید.





شکل ۱-۷. جریانهای نقدی آلترناتیوها

اگر  $i = 10\%$  را در نظر بگیریم:

$$PEX = -100000 + 10000 (5 / 335) + 100000 (0 / 683) + 10000 (0 / 4665) = +26315$$

مسئله ای که ممکن است در مرحله بعدی مطرح شود این است که آیا برای بدست آوردن  $PEX$  و حدود آن و یا

محاسبه عدد  $PEX$  منفی بایستی نرخ برگشت بیشتر، یعنی بزرگتر از  $10\%$  درصد را برگزید؟

توجه داشته باشید که نرخ برگشت هنگامی دقیقاً برابر با  $10\%$  درصد خواهد بود که اضافه هزینه آلترناتیو B در سال صفر

برابر با  $26315$  بجای عدد  $100000$  باشد لذا با داشتن هزینه حال حاضر  $100000$  تومان میزان جریان نرخ برگشت

بایستی حتماً از  $15\%$  بیشتر باشد.

با امتحان  $i = 15\%$ :

$$PEX = -100000 + 10000(4 / 487) + 100000(0 / 5718) + 10000(0 / 3269) = 5319$$

با امتحان  $i = 20\%$ :

$$PEX = -100000 + 10000 (3 / 837) + 100000 (0 / 4823) + 10000 (0 / 232) = -11074$$

با محاسبه اعداد بالا مشاهده می‌کنیم که نرخ برگشت بایستی عددی بین  $15\%$  و  $20\%$  درصد باشد (درواقع با دیدن یک

$PEX$  مثبت و یک  $PEX$  منفی) لذا:

$$i = 15\% + 5\% \left( \frac{5319}{5319 + 11074} \right) = 16.6\%$$

لذا باتوجه به محاسبات انجام شده درمی یابیم که نرخ  $۱۶/۶\%$  روی اضافه سرمایه گذاری  $B$  به  $A$  انجام گرفته است.

لذا اگر نرخ برگشت کمتر از  $۱۶/۶\%$  باشد، اضافه سرمایه گذاری روی  $B$  ارزشمند و اگر مقدار  $i \geq ۱۶/۶\%$  باشد،

سرمایه گذاری روی  $A$  را بایستی انجام داد. (جدول ۱-۶)

جدول ۱-۶. نتیجه مثال ۱۰

انتخاب	نرخ بازگشت
A	$i \geq ۱۶/۶\%$
B	$i < ۱۶/۶\%$

### ۳-۳-۴. مقایسه سه آلترناتیو ناسازگار بوسیله متدهای نرخ برگشت

مثال ۱۱: ما بایستی از میان سه آلترناتیو  $C, B, A$  فقط یکی را انتخاب کنیم. درآمدهای هریک از آلترناتیوها در

۱۰ سال ارائه شده و سپس در پایان ۱۰ سال قطع میگردد. ولی مقدار سرمایه گذاری با گذشت زمان کم نمیشود.

فرضیاتی که باید مورد توجه قرار گیرند از این قرارند:

۱- آلترناتیوها همگی ناسازگارند.

۲- مقادیر نرخ برگشت آلترناتیوها معلوم نیستند.

۳- مقادیر کافی سرمایه گذاری برای آلترناتیو انتخاب شده ای که دارای نرخ برگشت بیشتر از نرخ محاسبه

شده باشد وجود دارد.

آلترناتیو  $A$  هزینه اولیه ای برابر با ۲۰۰۰ تومان داشته و جریان نقدی بوجود می آید که برابر با ۱۰۰- تومان در سال می باشد. آلترناتیو  $B$  هزینه اولیه ای برابر با ۳۰۰۰ تومان داشته و جریان نقدی تولیدی آن برابر با ۱۵۰ تومان

در سال میباشد. آلترناتیو  $C$  هزینه اولیه ای برابر با ۴۰۰۰ تومان داشته و عواید آن برابر با ۳۲۰ تومان در سال

می باشد.

هدف: چه آلترناتیوی سود ما را ماکزیمم میکند؟ و یا هزینه را حداقل میکند؟ (در سطوح مختلف نرخ برگشت).

آنالیز: محاسبه نرخ برگشت در این مسئله بسیار آسان خواهد بود زیرا که مقدار اصلی سرمایه‌گذاری با گذشت زمان تقلیل پیدا نمی‌کند لذا:

$$AEX_c = -4000 (a/p)_n^i + 4000 (a/f)_n^i = 320$$

و یا:

$$0 = -4000 i + 320 \Rightarrow i = 8 \%$$

نتایج بدست آمده در جدول ۷-۱ نمایش داده شده است.

جدول ۷-۱. نرخ برگشت سرمایه‌گذاری با توجه به مقایسه آلترناتیوها

آلترناتیو	سرمایه‌گذاری	جریان نقدی سالانه	۰
A	۲۰۰۰	- ۱۰۰	- ۵
B	۳۰۰۰	۱۵۰	۵
C	۴۰۰۰	۳۲۰	۸

حال به ازای مقادیر مختلف  $i$ ،  $NPW$  هر یک از پروژه‌های A و B و C را بدست آورده و نمودارهای مربوطه را رسم می‌کنیم. همچنین نرخ برگشت B به A و C به B و C به A را نیز محاسبه می‌کنیم.

توجه داشته باشید که مقادیر بدست آمده در جدول ۸-۱ براساس اضافه سرمایه‌گذاری و اضافه درآمدی است که با انتخاب مثلاً B نسبت به A در نظر گرفته شده است. یعنی نرخ برگشت B نسبت به A

$$i_{B/A} = \frac{150 - (-100)}{3000 - 2000} = 25 \%$$

$$i_{C/B} = \frac{3200 - 150}{4000 - 2000} = 17 \%$$

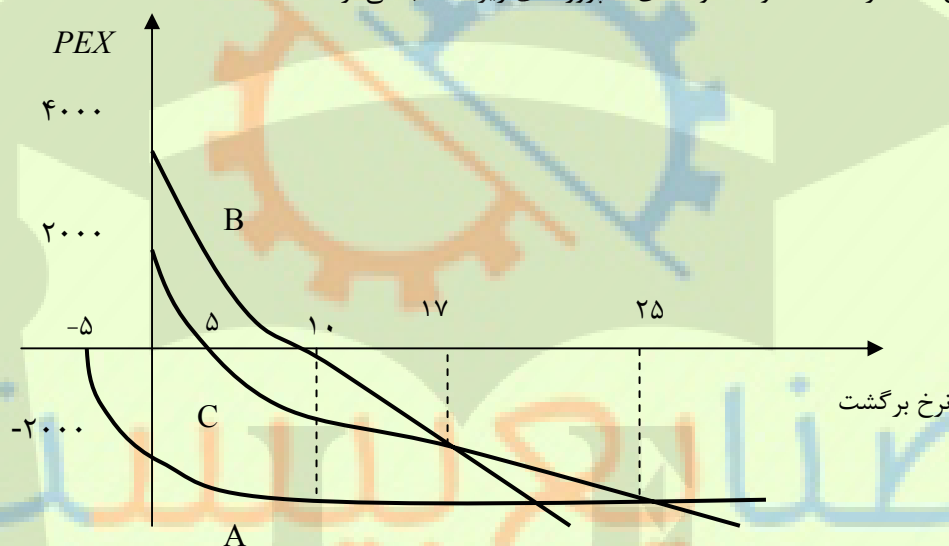
$$i_{C/A} = \frac{320 - (-100)}{4000 - 2000} = 21 \%$$



جدول ۸-۱. نتایج مثال ۱۱

آلترناتیو	سرمایه گذاری	جریان نقدی سالانه	B	A	۰
A	۲۰۰۰	-۱۰۰	---	---	-۵
B	۳۰۰۰	۱۵۰	---	۲۵	۵
C	۴۰۰۰	۳۲۰	۱۷	۲۱	۸

اگر فرض بر این باشد که حتما یکی از پروژه‌ها انتخاب گردد، همانطور که در نمودار (شکل ۸-۱) نشان داده شده است، بر اساس حداکثر NPW و محدوده‌های  $i$ ، پروژه‌های زیر انتخاب می‌گردند:



شکل ۸-۱. مقایسه آلترناتیوهای مختلف براساس نرخ برگشت

اگر  $i > 25\%$  باشد انتخاب A باید صورت گیرد.

اگر  $17\% < i < 25\%$  باشد B بایستی انتخاب گردد.

اگر  $i < 17\%$  باشد C باید انتخاب گردد.

این انتخاب میتواند بوسیله محاسبه PEX نیز تأیید گردد. همچنین این محاسبه میتواند تحت مقادیر مختلف نرخ

برگشت نیز انجام پذیرد. مثلاً:

$$PEX_A = -2000 + 2000 (P/f)_{10}^i - 100 (p/a)_{10}^i$$

$$PEX_B = -3000 + 3000 (P/f)_{10}^i - 150 (p/a)_{10}^i$$

$$PEX_C = -4000 + 4000 (P/f)_{10}^i - 320 (p/a)_{10}^i$$

اگر با مقدار  $i = 25\%$  مسئله را امتحان کنیم درمی یابیم که:

$$PEX_A = -2000 + 215 - 357 = -2142$$

$$PEX_B = -3000 + 322 + 536 = -2142$$

$$PEX_C = -40000 + 430 + 1142 = -2428$$

محاسبات فوق برای یافتن نقاط مختلف نمودار انجام شده است.

در اینجا چند راهنمایی آسان برای آنالیز کردن نرخهای برگشت هنگامیکه آلترناتیوها از ۳ بیشتر باشند را مطرح می نمایم. در مثال قبل و راه حلی که ارائه شده، برای سادگی این ضوابط در مقایسه بکار گرفته شده بود:

۱- ارزش اسقاطی سرمایه گذاری ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده بود یعنی ارزش سرمایه گذاری با زمان تقلیل پیدا نمی کند. در این مورد نرخ برگشت ما یعنی  $i$  میتواند بدون استفاده از جدول بدست آید.

۲- نرخ برگشت برای آلترناتیو A عیناً مانند نرخ برگشت سرمایه اضافی A نسبت به آلترناتیوهای دیگر محاسبه میگردد.

۳- فقط سه آلترناتیو مورد مطالعه قرار می گیرد.

هنگامیکه آلترناتیو عدم سرمایه گذاری وجود ندارد و تعداد آلترناتیوهای ناسازگار مورد مطالعه از ۳ بیشتر باشد،

تعداد جفت نرخهای برگشتی که بایستی محاسبه و مقایسه گردند از فرمول  $\frac{X^2 - X}{2}$  بدست می آید که در این

فرمول X تعداد آلترناتیوهای در دسترس میباشد. بنابراین واضح است که اگر تعداد آلترناتیوهای مورد مطالعه بالا

باشد، تعداد حالاتی که بایستی مورد مقایسه قرار گیرد قابل توجه خواهند بود. مثلاً در هنگامیکه تعداد

آلترناتیوهای ما برابر با ۷ باشد ما به تعداد ۲۸ نرخ برگشت متفاوت نیاز خواهیم داشت که بایستی با یکدیگر

مقایسه گردند. این تعداد می تواند کمی تقلیل پیدا کند اگر ما دارای آلترناتیو عدم سرمایه گذاری باشیم و در

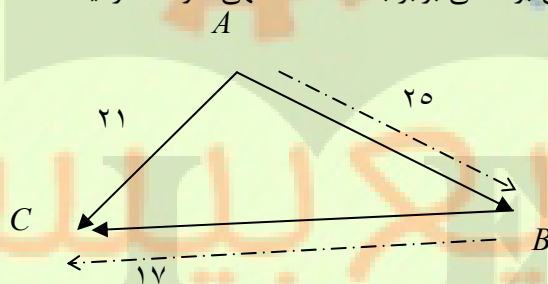
اینصورت تعداد نرخهای برگشت قابل مقایسه ما برابر با ۲۱ میگردد. اگر غیر از فرضیات بالا پارامترهای دیگری

همراه با تعداد زیادتری آلترناتیو همراه باشد روش شرح داده شده طولانی و خسته کننده شده و در این صورت روشهای دیگری ممکن است بکار گرفته شود که به شرح آنها می‌پردازیم.

### ۳-۳-۵. آنالیز شبکه Network Analysis

هنگامیکه نرخ برگشتها مجهول باشند با روشی که قبلاً توضیح داده شد آلترناتیوهای مطلوب را براساس مقادیر  $NPW$  در نمودار می‌توانیم بدست آوریم. مثلاً هنگامی  $B$  را انتخاب می‌کنیم که نرخ برگشتی بین ۱۷٪ و ۲۵٪ باشد. حال اگر تعداد آلترناتیوها اضافه شود، کاربرد چنین روشی بسیار پیچیده شده و در نتیجه پیدا کردن آلترناتیو مطلوب تا حدی مشکل می‌گردد.

اگر مثلث  $ABC$  را در نظر بگیریم (شکل ۹-۱) و از نقطه  $A$  که حداقل سرمایه‌گذاری است شروع بنمائیم ملاحظه می‌کنیم که سرمایه اضافی  $(B-A)$  نتیجه اش  $i=25\%$ ، اضافه سرمایه‌گذاری  $(C-B)$  نرخ برگشتی برابر با ۱۷٪ و اضافه سرمایه‌گذاری  $(C-A)$  به نرخ برگشتی برابر با  $i=21\%$  منتهی خواهد گردید.



شکل ۹-۱: رسم شبکه مقایسه‌ای

لذا برای رسم شبکه به ترتیب زیر عمل می‌نمائیم:

۱- از حداقل مقدار سرمایه‌گذاری با یک  $i$  بزرگ شروع میکنیم و خطی به سمت پروژه بعدی می‌کشیم. جهت فلش باید از پروژه با سرمایه کوچکتر به سمت پروژه با سرمایه بزرگتر باشد.

۲- این پروژه را همچنان ادامه می‌دهیم تا به بزرگترین سرمایه‌گذاری برسیم. فلشهای کوچک برای نشان دادن مسیرها به کار گرفته شده است.

برای بدست آوردن محدوده‌های  $i$  ( $MARR$ )، از پروژه با کمترین سرمایه اولیه شروع می‌کنیم و در جهت بزرگترین  $i$  پیش می‌رویم و مسیر را تا زمانی که به گلوگاه برسیم ادامه می‌دهیم. ( نتوانیم فلشی را دنبال کنیم). بنابراین:

انتخاب	محدوده
A	$i > 0.25$
B	$0.17 < i < 0.25$
C	$i < 0.17$

### ۳-۳-۵-۱. مقایسه پنج آلترناتیو ناسازگار بوسیله متد نرخ برگشت

**مثال ۱۲:** پنج آلترناتیو برای انجام پروژه ای موردنظر می‌باشند. سرمایه‌گذاری در یکی از آنها حتماً بایستی انجام گردد.

حداقل نرخ بازگشت مطلوب در اینجا ذکر نشده ولی می‌توانیم هر نرخ بازگشت را که مساوی و یا بزرگتر از  $MARR$  باشد، بپذیریم. هریک از آلترناتیوها دارای پی‌آمد و سرمایه‌گذاری تعیین شده در زیر می‌باشند (جدول ۹-۱). توجه داشته باشید که برای هریک از آلترناتیوها عمر مفید بی‌نهایت در نظر گرفته شده است (چنین فرض شده).

جدول ۹-۱. اطلاعات مربوط به مثال ۱۲

آلترناتیو	هزینه‌های اولیه (سرمایه‌گذاری)	عواید (سالانه)
A	۸۰۰۰	۹۲۰
B	۵۰۰۰	۵۱۰
C	۷۰۰۰	۸۲۰
D	۶۰۰۰	۶۴۰
E	۴۰۰۰	۴۰۰

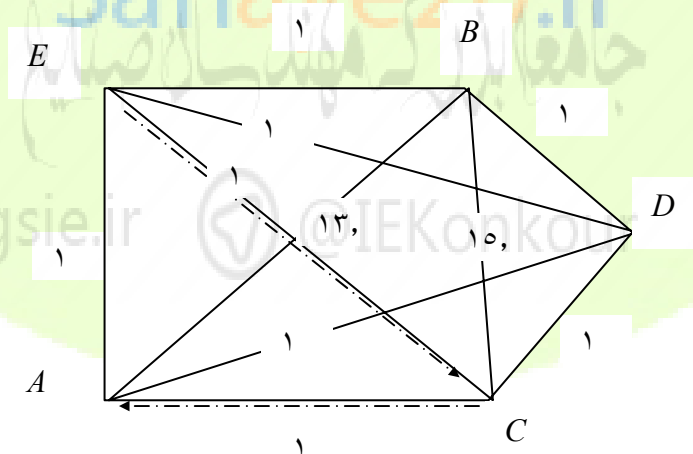
هدف: بوجود آوردن یک جدول تصمیم‌گیری که نشان دهنده آلترناتیوهای مناسب تحت  $MARR$  های مختلف باشد.

آنالیز: ابتدا هر آلترناتیو را بصورت صعودی (از نظر سرمایه‌های اولیه لازم) می‌نویسیم. سپس از آلترناتیو  $E$  که دارای کمترین سرمایه اولیه است، شروع کرده و  $RoR'$  را برای هر آلترناتیو سرمایه اضافی مورد نیاز محاسبه می‌نمائیم. این محاسبات در جدول (۱۰-۱) خلاصه شده است.

جدول ۱۰-۱. اطلاعات مربوط به مثال ۱۲

آلترناتیو	هزینه اولیه	عواید سالانه	نرخ برگشت آلترناتیو صفر	نرخ برگشت روی اضافه سرمایه‌گذاری
$E$	$B$	$D$	$C$	$E$
---	---	---	---	۱۰
۱۱	---	---	---	۱۰،۲
۱۲	۱۳	---	---	۱۰،۷
۱۴	۱۵،۵	۱۸	---	۱۱،۷
۱۳	۱۳،۷۵	۱۴	۱۰	۱۱،۵

چون تعداد آلترناتیوها زیاد است لذا استفاده از دیاگرام شبکه ضروری است (شکل ۱۰-۱).



' Rate of Return

انتخاب	محدوده
$E$	$MARR > 0.14$
$C$	$0.1 < MARR < 0.14$
$A$	$MARR < 0.1$

۳.

انتخاب	محدوده
$O$	اگر $MARR < 11\%$
$C$	اگر $10\% < MARR < 11\%$
$A$	اگر $MARR < 10\%$

### ۳-۴. آنالیز نسبت منافع به مخارج

در این قسمت چگونگی آنالیز اقتصادی بودن پروژه ها بر اساس نسبت منافع به مخارج بررسی می شود .

#### ۳-۴-۱. تجزیه و تحلیل پروژه های دولتی

طریقه نفع به هزینه یکی از روشهای ریشه دار جهت ارزیابی پروژه های دولتی و ملی است. در این روش نسبت معادل زمان حاضر یا معادله سالانه منافع به معادل زمان یا معادل سالانه هزینه ها محاسبه و ملاک ارزیابی قرار می گیرد. طبیعت پروژه های دولتی طوری است که اغلب درآمدهای ناشی از اجرایی آنها نصیب سرمایه گذار که بخش دولتی است نشده بلکه مردم مملکت یا منطقه اجرایی طرح از آن بهره مند می شوند. این نوع پروژه ها برای اهداف مختلف و متنوعی اجرا می شوند که به عنوان نمونه می توان احداث جاده های ارتباطی، راه آهن، هواپیمائی، ساختمان بندرگاه، تأمین آب شرب شهرها و مناطق روستائی، ایجاد تاسیسات فاضلاب، احداث سدهای مخزنی و انحرافی، ایجاد شبکه های آبیاری و زهکشی، گاز رسانی، مخابرات و گسترش فضای پارکهای ملی و تفرجگاه ایجاد یا توسعه قطب های نظامی و دفاعی، ایجاد و گسترش فضاهای نظامی و تحقیقاتی، ورزشگاه ها، حفظ محیط زیست، کنترل سیلاب، مترو و صدها موارد دیگر را نام برد.

نسبت نفع به هزینه را به صورت  $B/C$  که صورت و مخارج به ترتیب حرف اول کلمات نفع<sup>۱</sup> و هزینه<sup>۲</sup> می باشد نشان

می دهیم.

<sup>۱</sup> Benefit

<sup>۲</sup> Cost

$$B/C = \frac{PER}{PEC} \quad \begin{array}{l} \text{معادل زمان حاضر منافع (PER)} \\ \text{معادل زمان حاضر هزینه‌ها (PEC)} \end{array} \quad (\text{رابطه ۷-۱})$$

$$B/C = \frac{AER}{AEC} \quad \begin{array}{l} \text{معادل سالانه منافع (AER)} \\ \text{معادل سالانه هزینه‌ها (AEC)} \end{array} \quad (\text{رابطه ۸-۱})$$

ملاحظه می‌گردد که در حقیقت روابط فوق شکل‌های تغییر یافته‌ای از روش معادل یا روش معادل سالانه هستند.

نتیجه اینکه فرضیاتی که در ارتباط با کاربرد روش معادل زمان حال گفته شد، در اینجا نیز صادق است.

تشخیص دقیق آنچه به عنوان معادل زمان حال (یا سالانه) منافع در صورت کسر و آنچه به عنوان معادل زمان حال (یا سالانه) هزینه در مخرج روابط فوق ذکر جایگزین می‌گردد، بسیار مهم است و در این ارتباط در صفحات آینده توضیح داده خواهد شد.

روش نفع به هزینه در دو شکل زیر به کار برده می‌شود:

۱- نسبت نفع به هزینه سنتی (Conventional benefit-cost ratio)

$$B/C = \frac{\text{معادل سالانه خالص استفاده کننده : } AE}{\text{هزینه کل سالانه خالص مجری : } AC} = \frac{Ba}{C_R + M} \quad (\text{رابطه ۹-۱})$$

در این رابطه:

$Ba$  = منافع سالانه خالص استفاده کننده

$AE$  = معادل سالانه منافع خالص استفاده کننده (منافع خالص منهای هزینه‌ها)

$AC$  = معادل سالانه هزینه خالص مجری

$C_R$  = هزینه برگشت سرمایه یا معادل سالانه هزینه سرمایه‌ای با منظور نمودن ارزش اسقاط

$M$  = معادل سالانه هزینه خالص بهره‌برداری و نگهداری



۲- روش تعدیل شده نسبت نفع به هزینه :

$$B/C = \frac{Ba - M}{C_R} \quad (\text{رابطه } ۱۰-۱)$$

همان طوری که از رابطه (۱۰-۱) پیداست صورت کسر مساوی ارزش معادل سالانه منافع خالص منهای هزینه‌های سالانه نگهداری و بهرورداری است و مخرج کسر تنها شامل هزینه سالانه سرمایه‌گذاری است. اگر نسبت نفع به هزینه برای یک راه حل بزرگتر از یک باشد، می‌باید پروژه را قابل قبول بدانیم و در صورتی که این نسبت کوچکتر از یک گردد، پروژه قابل قبول نیست. اما تنها این معیار در مقایسه چندین پروژه یا راه حل نتیجه صحیحی به دست نمی‌دهد، به عبارت دیگر تنها با مقایسه مقادیر عددی  $B/C$  در مورد چند پروژه مورد مطالعه نمی‌توان آنها را الویت بندی نمود. متذکر می‌گردد که عدد  $B/C=1$  مینیمم مقدار برای توجیه هزینه‌های پروژه است.

توجه کنیم که هر چند رابطه (۹-۱) و (۱۰-۱) از نظر مقدار با هم متفاوت خواهد بود، اما در تعیین قبول یا رد پروژه نتیجه واحدی را بدست می‌دهند. به عبارت دیگر هیچ ترکیبی از پارامترهای  $Ba$  و  $C_R$  و  $M$  وجود نخواهد داشت که با جایگزین شدن در روابط یاد شده، نسبت  $B/C$  بیش از یک با به کار بستن روش اول و کمتر از یک با روش دوم حاصل شود. زیرا:

اگر  $B/C = Ba / (C_R + M)$  باشد، خواهیم داشت :

$$Ba > C_R + M \rightarrow Ba - M > C_R$$

$$Ba - M / C_R > 1$$

در نتیجه :

همین استدلال در مورد  $B/C < 1$  نیز وجود دارد.

برای تمایز نسبت‌های  $B/C$  فوق‌الذکر علامت « $'$ » را در مورد روش سنتی بکار می‌بریم. به هنگام بکار بردن روش نفع

به هزینه می‌باید دقت کافی در تشخیص آنچه منافع استفاده‌کنندگان و هزینه اجرا کنندگان پروژه نامیده می‌شود، مبذول گردد. منافع در اینجا به کلیه مزایا منهای کلیه مضار ناشی از اجرای پروژه که نصیب استفاده‌کنندگان می‌گردد،

گفته می‌شود. چه خیلی از پروژه‌ها که اجرای آنها شامل مزایای زیادی می‌شود، مضار غیر قابل اجتنابی هم برای گروه استفاده کننده در بر خواهد داشت، به عبارت دیگر بهره وری خالص مورد نظر است. به همین منوال موقعی صحبت از هزینه‌های مربوط به مجری پروژه (مثلاً بخش دولتی) می‌شود، باید توجه داشت که اقلام در آمد به عنوان منافع

استفاده‌کنندگان تلقی نمی‌شوند بلکه می‌باید به حساب کاهش هزینه بخش اجرا منظور گردد. هر چند بدیهی است ولی باید دقت کرد که اضافه نمودن یک عدد به صورت کسر  $B/C$  هم ارز کاستن آن از مخرج نیست. بنابر این تفسیر دقیق اینکه چه اقلامی را جزء منافع و چه اقلامی را باید جزء هزینه منظور نمود، یکی از نکات مهم در روش نفع به هزینه است.

برای تعیین منافع خاص می‌باید مشخص نمود که موارد مطلوب و نامطلوب برای استفاده کننده کدامند؟ عوامل نامطلوب<sup>۱</sup> را باید از عوامل مثبت کسر نمود تا منافع خالص حاصل شود.

برای تعیین هزینه‌های مرتبط با مجری، ضروری است که کلیه اقلام پرداختی هزینه و همچنین سود حاصل از اجرای پروژه متمایز و معلوم شود. درآمد معمولاً دریافت‌هایی است که از اجرای پروژه نصیب صاحب آن شود.

اگر به عنوان مثال احداث یک جاده مناسب‌تر بین دو شهر مورد توجه باشد که دارای مسیر کوتاهتری نسبت به جاده فعلی است، طبقه‌بندی منافع و هزینه‌ها به شرح زیر خواهد بود:

استفاده کننده منافع (مردم):

- کاهش هزینه‌های بهره‌برداری اتومبیل‌هایی که در جاده تردد خواهند نمود.

- کاهش زمان مسافرت‌های تجاری و غیر تجاری

- افزایش ایمنی

- افزایش دسترسی به مناطق شهری

- سهولت رانندگی

- افزایش ارزش اراضی

مضرات که به استفاده‌کنندگان تحمیل می‌شود :

- اختصاص زمینهای کشاورزی به مسیر و حریم جاده

- خسارات ناشی از تغییر در سیستم جریان روناب سطحی

- کند شدن جابجایی دام در منطقه (هنگام عبور از جاده)

- افزایش آلودگی هوا و زیاد شدن آشغال

---

<sup>۱</sup> Disbenefit

هزینه‌های بخش دولتی:

- هزینه‌های ساختمان جاده

- هزینه نگهداری جاده

- هزینه پرسنل و مدیریت و غیره

درآمد بخش دولتی:

- در آمد حاصل از بزرگراه

- در آمد مالیاتی ناشی از افزایش قیمت اراضی و افزایش فعالیت‌های تجاری

### ۳-۴-۲. منابع و هزینه‌های مرتبط با پروژه‌های چند منظوره

همان طور که بیان شد، در ارزیابی یک پروژه در حد امکان می‌باید کلیه اثرات ناشی از پروژه چه در جهت مثبت و چه منفی تشخیص و بسته به درجه دقت اطلاعات بر حسب ارزش ریالی بر آورد گردد و در مواردی هم که تعیین ارزش اقتصادی منابع حاصل مشکل می‌باشد، حداقل ضروری است که موارد مشخص و در گزارش پروژه به صورت کیفی منعکس گردد.

مثلاً در مطالعه و آنالیز یک سد مخزنی چند منظوره که تولید برق، آبیاری و کنترل سیل از اهداف اصلی آن می‌باشند، تفکیک و تشخیص هزینه‌های بین بخش‌های مختلف یاد شده کاری مشکل است، چه خیلی از منافع قابل جدا کردن نیست. مثلاً احداث سد باعث آب گرفتن مقدار اراضی زراعی در محل مخزن می‌شود که این بخش به عنوان مضرات پروژه می‌باید منظور گردد. اما مشکل کار تخصیص بین اهداف پروژه است.



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

جدول ۱-۱۱. اطلاعات مربوط به یک سد مخزنی

هدف پروژه	منافع	مضار	هزینه‌ها	درآمد بخش دولتی
تولید برق	افزایش ساعات	آبگیری اراضی	سرمایه، بهره‌برداری و	فروش برق
آبی	روشنایی	کشاورزی محل	نگهداری	
آبیاری	افزایش محصولات	آبگیری اراضی	سرمایه، بهره‌برداری و	فروش آب
	کشاورزی	کشاورزی محل	نگهداری	
کنترل سیل	کاهش خسارت	آبگیری اراضی	سرمایه، بهره‌برداری و	صرفه‌جویی در پرداخت
		کشاورزی محل	نگهداری	و هزینه‌کردن برای خسارت سیل

لیستی از منابع و هزینه‌های مربوط به یک سد مخزنی با اهداف اصلی سه گانه فوق الذکر به عنوان نمونه در جدول ۱-۱۱ ارائه گردیده است.

**مثال ۱۳:** فرض کنید آمار تصادف یک بزرگراه دو بانده برای تعداد کافی سال ثبت گردیده و معلوم است که به طور متوسط به ازاء تصادف منجر به مرگ یک نفر، ۳۵ فقره تصادف منجر به زخمی شدن و ۲۴۰ فقره خسارت مالی وجود دارد. متوسط هزینه سالانه سه کلاس فوق الذکر بر حسب دلار به شرح زیر است:

تصادف منجر به مرگ ۹۰۰۰۰۰ دلار

تصادف منجر به مجروح شدن ۱۰۰۰۰ دلار

خسارت اتومبیل و غیره ۱۸۰۰ دلار

در بزرگراه فعلی به ازای ۱۰۰ میلیون اتومبیل - مایل تعداد ۸ فقره مرگ به وقوع می‌پیوندد ولی وزارت راه در نظر دارد این بزرگراه را به سه باند تبدیل نماید و هزینه هر مایل (یک مایل مساوی ۱/۶ کیلومتر است) ۱۵۰۰۰۰۰ دلار تخمین زده می‌شود. عمر سرویس باند جدید ۳۰ سال در نظر گرفته شده است و هزینه نگهداری آن ۳٪ هزینه اولیه است. تراکم ترافیک در این بزرگراه ۱۰۰۰۰ اتومبیل در روز است و نرخ بهره سرمایه‌گذاری ۷٪ می‌باشد. با تعریض بزرگراه تعداد مرگ

و میر به ازاء ۱۰۰ میلیون اتومبیل - مایل از ۸ نفر به ۴ نفر تقلیل خواهد یافت. هر چند منابع دیگر از تعریض راه بدست می‌آید اما تنها تقلیل میزان تصادفات محور اصلی تصمیم‌گیری است. با بکار بردن روش نفع به هزینه توسعه بزرگراه را توجیه نمائید.

حل: در شرایط فعلی به ازاء فوت هر نفر، جمع هزینه‌ها به شرح زیر است:

خسارت جانی ۹۰۰۰۰۰ دلار

مخارج مجروحین، بیمارستان و غیره  $۳۵ \times ۱۰۰۰۰ = ۳۵۰۰۰۰$  دلار

خسارت مالی  $۲۴۰ \times ۱۸۰۰ = ۴۳۲۰۰۰$  دلار

۱۶۸۲۰۰۰ دلار

منافعی که نصیب مردم استفاده کننده از خسارت جانی بزرگراه می‌شود، عبارت است از:

$$\frac{(۱۰-۴)(۱۰۰۰۰)(۳۶۵)(۱,۶۸۲,۰۰۰)}{۱۰۰۰۰۰۰} = ۲۴۵۵۷۲ \text{ دلار}$$

هزینه سالانه مجری طرح در هر مایل به شرح زیر است:

$$۱,۵۰۰,۰۰۰(a/p, ۷\%, ۳۰) + ۱,۵۰۰,۰۰۰(۳\%) = ۱۶۵,۹۰۰$$

در نتیجه نسبت نفع به هزینه:

$$(B/C, i = ۷\%) = ۲۴۵,۵۷۲ / ۱۶۵,۹۰۰ = ۱,۴۸$$

ملاحظه می‌گردد که تنها با در نظر گرفتن تقلیل تصادفات منجر به فوت، تعریض بزرگراه توجیه‌پذیر است و با توجه به این که منافع دیگری مانند کم شدن زمان مسافرت و غیره حاصل خواهد شد، بدیهی است که با منظور آنها نسبت از این مقدار هم بزرگتر می‌شود.

حال اگر روش نفع به هزینه سنتی را استفاده کنیم، می‌باید هزینه بهره‌برداری و نگهداری سالانه

$$۴۵۰۰۰ = ۱۵۰۰۰۰ \times (۳\%) \text{ دلار را از صورت کسر منها کنیم که نتیجه چنین خواهد شد:}$$

$$(B/C, i = ۷\%) = (۲۴۳,۵۷۲ - ۴۵۰۰۰) / ۱۲۰,۹۰۰ = ۲۰۰,۵۷۲ / ۱۲۰,۹۰۰ = ۱,۶$$

این نسبت یعنی به ازای هر دلار سرمایه‌گذاری جهت تعریض بزرگراه ۱/۶۶ دلار به دست خواهد آمد. در اینجا توجه کنیم که هر چند مقدار عددی دو نسبت باهم متفاوت هستند، اما مقدار  $B/C=1$  به ازاء نرخ بازده اتفاق می‌افتد. اگر تغییرات  $B/C$  را در نرخ‌های مختلف، برای هر دو روش ذکر شده رسم کنیم در نقطه تقاطع دو منحنی نرخ بازده  $ROR=13\%$  می‌باشد و به ازاء نرخ‌های کمتر روش سنتی نسبت بیشتری را در مقایسه با روش تعدیل شده بدست می‌دهد.

**مثال ۱۴:** برای انجام یک پروژه دولتی سه پیشنهاد مطرح است که هزینه سرمایه‌ای هر کدام ۱۶۰ میلیون ریال بر آورد می‌شود. عمر پروژه ۱۸ سال و نرخ بازده قبل از مالیات ۸ درصد می‌باشد. داده‌های جدول ۱-۱۲ در مورد سه راه حل تهیه گردیده است. می‌خواهیم سه راه حل را با روش نفع به هزینه و نرخ بازده با هم مقایسه کنیم.

جدول ۱-۱۲. داده‌های مثال ۱۴ (ارقام میلیون ریال)

راه حل	منافع سالانه استفاده کننده	هزینه سالانه استفاده کننده	هزینه سالانه مجری طرح	$BTCF$
X	۵۰	۴.۸	۲۰	۲۴
Y	۳۲	۵.۶	۲۱	۲۴
Z	۲۶	۱.۳	۰.۸۵	۲۴

حل : معادل سالانه هزینه سرمایه‌ای را محاسبه می‌نماییم :

$$160(a/p, 8\%, 18) = 160(0.1067) = 17.072$$

راه حل X : نسبت نفع به هزینه

$$(B/C)' = (50 - 4.8) / (17.072 + 20) = 1.22$$

$$(B/C) = 24 / 17.072 = 1.4$$

$$24 - 160(a/p, i, 18) = 0$$

نرخ بازده :

$$(a/p, i, 18) = 24 / 160 = 0.15$$

$$ROR = 15.4\%$$

با استفاده از جدول نرخ بهره و به طریق آزمون و خطا بدست می‌آید:

راه حل Y: نسبت نفع به هزینه :

$$(B/C)' = (32 - 6.5) / (17.072 + 21) = 1.01$$

$$(B/C) = 24 / 17.072 = 1.4$$

$$ROR = 13.4\%$$

نرخ بازده : (مانند راه حل X)

راه حل Z: نسبت نفع به هزینه :

$$(B/C)' = (26 - 1.30) / (17.072 + 0.85) = 1.38$$

$$(B/C) = 24 / 17.072 = 1.4$$

$$ROR = 13.4\%$$

نرخ بازده : (عینا مانند راه حل های X, Y)

به نتایج به دست آمده ملاحظه می گردد که روش نفع به هزینه تعدیل شده و روش نرخ بازده عملاً به یک نتیجه می رسند اما روش نفع به هزینه سنتی هماهنگی با آن دو ندارد. این اشکال هم برای راه حل مستقل و هم برای راه حل ناسازگار بروز می کند و لذا توصیه می شود که از روش تعدیل شده جهت مقایسه استفاده شود.

### ۳-۴-۳. تطابق روش های معادل زمان حال و نفع هزینه

در فصول گذشته دیدیم که به هنگام مقایسه و ارزیابی راه حل های ناسازگار با استفاده از روش های  $PE$  (یا  $AE$ ) و  $ROR$  با در نظر گرفتن سرمایه گذاری کل و هم با روش تفاضلی همخوانی وجود داشت. در اینجا نیز نتایج حاصل از روش تفاضلی نفع به هزینه هماهنگی با روش های یاد شده را دارد. برای نشان دادن این موضوع نسبت  $B/C$  را با روش معادل زمان حال مقایسه می کنیم.

فرض کنید دو راه حل ناسازگار  $F$  و  $G$  برای یک سرمایه گذاری در رقابت هستند، به طوری که:

$$PEX_G > PEX_F$$

یعنی پروژه  $G$  به پروژه  $F$  ارجحیت دارد. حال برای تشکیل نسبت  $B/C$  در مورد پروژه ها علایم زیر را بررسی

می کنیم.

$$B_j = \text{معادل زمان حال منافع پروژه}$$

$$I_j = \text{معادل زمان حال سرمایه گذاری پروژه}$$

$C_j$  = معادل زمان حال هزینه بهره برداری و نگهداری پروژه

در نتیجه نسبت نفع به هزینه با روش تفاضلی به شرح زیر خواهد بود.

$$(B/C)_{G-F} = (B_G - B_F) / (I_G - I_F + [C_G - C_F])$$

اگر این نسبت بزرگتر از ۱ باشد (ارجحیت G نسبت به F) خواهیم داشت :

$$B_G - B_F > I_G - I_F + C_G - C_F$$

$$B_G - I_G - C_G > B_F - I_F - C_F$$

یا :

سمت راست و چپ نا مساوی فوق الذکر به ترتیب مساوی  $PEX_G$  و  $PEX_F$  می باشد. بنابر این نتایج دو روش با

هم سازگار هستند.

### ۳-۴-۱. مقایسه چند راه حل با روش نفع به هزینه

در مثال عددی تنها یک راه حل مورد توجه قرار گرفت که در چنین حالتیهای مشابهی، معیار  $B/C$  مستقیماً قابل استناد خواهد بود و همین طوری که دیده شد چون نسبت نفع به هزینه بیش از یک محاسبه گردید، تعریض بزرگراه از نظر اقتصادی قابل توجیه است. اما وقتی که پای چند راه حل یا پروژه رقیب در میان باشد، تنها مقایسه عددی نسبتها  $B/C$  راه حل ها نتیجه صحیحی به دست نمی دهد. این مشکل در روش نرخ بازده نیز مطرح گردید و همان طور که نشان داده شده از روش تفاضلی بهره گیری به عمل آمد که در اینجا می باید مورد استفاده قرار گیرد.

**مثال ۱۵:** فرض کنید برای ساخت یک مجتمع تفریحی ورزشی چهار راه حل پیشنهاد شده است. معادل سالانه منافع استفاده کنندگان و معادل هزینه بخش دولتی در مورد این چهار گزینه در جدول ۱-۱۳ داده شده است.

بهترین راه حل را با استفاده از روش  $B/C$  بدست آورید.



جدول ۱-۱۳ : نسبت نفع به هزینه چهار راه حل به طور مستقل (مبالغ بر حسب میلیون ریال)

B/C	معادل سالانه هزینه اجرا کننده	معادل سالانه منافع استفاده کنندگان	راه حل
۲،۰۴	۱۳۵	۲۷۵	D
۲،۱۷	۱۱۵	۲۵۰	E
۱،۵۵	۱۱۰	۱۷۰	F
۱،۸۷	۷۵	۱۴۰	G

حل: نسبت B/C تک تک راه حل‌ها را مقایسه می‌نمائیم، نتایج در ستون آخر جدول آمده است برای نمونه :

$$(B/C)D = 275/135 = 2.04$$

اگر به نسبت‌های محاسبه شده توجه کنیم که ممکن است این طور به نظر برسد که راه حل E بخاطر داشتن نسبت ۲/۱۷ که از بقیه بیشتر است راه حل بهتری باشد ولی این نتیجه گیری کاملاً اشتباه است. همان طوری که در روش نرخ بازده نیز گفته شد، می‌باید راه حل‌های رقیب را دو به دو در مقابل هم سنجید و آنکه در این زورآزمایی شکست می‌خورد، از صحنه کنار گذاشته و در نهایت تنها یک راه حل به عنوان برنده باقی خواهد ماند. اگر فرض کنیم که انجام ندادن کار هم جزء راه حل‌ها باشد، نخست راه حل G را که دارای کمترین مقدار در مخرج B/C است (کمترین هزینه) با صفر مقایسه می‌کنیم. یعنی :

$$(B/C)_{G-} = (B/C)_G = 140/75 = 1.87$$

چون  $(B/C)_G > 1$  می‌باشد بنابراین این راه حل G در مقابل راه حل صفر برنده است. از اینجا به بعد راه حل صفر حذف می‌شود.

قدم بعدی این است که باید دید راه حل F که دارای منافع سالانه بیشتری است می‌تواند جوابگوی هزینه‌های

بیشتری مربوط نیز باشد. برای پاسخ به این سؤال می‌باید F را در مقابل G مقایسه نمود لذا داریم :

$$(B/C)_{F-G} = (170 - 140) / (110 - 75) = 0.86$$

چون  $(B/C)_{F-G} < 1$  است راه حل  $G$  نسبت به  $F$  ارجحیت دارد و راه حل  $F$  قابل قبول نیست و  $G$  در صفحه رقابت باقی می‌ماند.

حال می‌باید راه حل  $E$  را با  $G$  مورد مقایسه قرار داد:

$$(B/C)_{E-G} = (250 - 140) / (115 - 75) = 2.75$$

چون  $(B/C)_{E-G} > 1$  می‌باشد لذا راه حل  $E$  در مقابل  $G$  از اولویت برخوردار است و اینک راه حل  $E$  است که در صحنه می‌ماند و راه حل  $G$  خارج می‌گردد. قدم آخر اینکه راه حل  $D$  را با  $E$  (برنده مرحله قبل) مورد مقایسه قرار می‌دهیم:

$$(B/C)_{D-E} = (275 - 250) / (135 - 115) = 1.25$$

با توجه به اینکه  $(B/C)_{D-E} > 1$  محاسبه گردید راه حل  $D$  از راه حل  $E$  بهتر است و نتیجه نهایی این که می‌باید راه حل  $D$  را برگزینیم.

### ۳-۴. مقایسه چند راه حل با روش نفع به هزینه با استفاده از روش شبکه

از روش شبکه جهت مقایسه چند راه حل با استفاده از نرخ بازده استفاده شده و ملاحظه گردید که ترسیم شبکه تصویر روشنی از مسئله به دست می‌دهد و امکان اشتباه را کاهش خواهد داد. در بکارگیری روش نسبت نفع به هزینه، به هنگام مقایسه چندین پروژه، به راحتی می‌توان نسبتهای  $B/C$  محاسبه شده را روی نمودار شبکه منتقل نمود و سپس به نتیجه نهایی دست یافت. در اینجا برای تشریح اصولی مطلب، همان مثال عددی ۱۵ را مجدداً مورد توجه قرار می‌دهیم. روش کار بدین شکل است که مشابه آنچه قبلاً بحث گردید، در اینجا دو راه حل را دو به دو در مقابل هم مقایسه کرده و نسبت  $B/C$  مربوط را پیدا می‌کنیم (مطابق آنچه در مثال فوق عمل گردید). بدون اینکه در مرحله اول هیچ نتیجه‌گیری کنیم. یا به عبارت دیگر حذف قدم به قدم انجام نمی‌گیرد. سپس برای کنترل اطلاعات و تعقیب صحیح کار، کلیه نسبتهای محاسبه شده را در جدولی مطابق الگوی زیر (جدول ۱-۱۴) یادداشت می‌کنیم. در ردیف بالای جدول نام راه حل‌ها را (بجز راه حل صفر) به ترتیب کاهش هزینه از سمت راست به قسمت چپ وارد می‌کنیم. در ستون اول سمت راست جدول کلیه راه حل‌ها را به انضمام

راه حل صفر از بالا به پائین نوشته و جلوی هر کدام یک علامت منها(-) می‌گذاریم. نسبت نفع به هزینه تفاضل دو راه حل را در محل تقاطع ستون و ردیف مربوط وارد می‌نماییم.

جدول ۱-۱۴ : نسبت نفع به هزینه تفاضل راه حل‌ها

راه حل‌های غیر صفر				نام راه حل‌ها با علامت
$G$	$F$	$E$	$D$	منفی
۱.۸۷	۱.۵۶	۲.۱۷	۲.۰۴	$-O$
۲.۲۵	۴.۲۰	۱.۲۵		$-D$
۲.۷۵	۱۶			$-E$
۰.۸۶				$-F$
				$-G$

مثلا  $(B/C)_{G-E} = ۲.۷۵$  را در زیر ستون  $+G$  و در ردیف  $-E$  درج می‌کنیم. کلیه داده‌های مورد نیاز مثال عددی فوق الذکر محاسبه و در جدول داده شده است و از تکرار محاسبات مشابه خودداری می‌شود.

برای ترسیم شبکه، راه‌حل‌ها را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت و به ترتیب افزایش هزینه توسط نقاطی مشخص می‌نمائیم و درست مشابه روش نرخ بازده به خطوط ارتباطی بین راه‌حل‌ها جهت می‌دهیم. جهت مثبت را از جهت راه حل با هزینه معادل سالانه کمتر به سمت راه حل با هزینه معادل سالانه بیشتر انتخاب می‌کنیم. روی این خطوط نسبت نفع به هزینه تفاضل دو راه حل را منتقل می‌نمائیم. سپس از پروژه ای که کمترین هزینه را دارد شروع نموده و تنها وقتی پروژه دیگر را جایگزین آن می‌نمائیم که نسبت نفع به هزینه نوشته شده روی خط ارتباطی بین آن دو بزرگتر از ۱ باشد. در حالی که از یک نقطه به نقاط دیگر خط ارتباطی داشته باشیم، مسیری را بر می‌گزینیم که بیشترین  $B/C$  را داشته باشد. این عمل را آنقدر ادامه می‌دهیم که به نقطه (پروژه‌ای) برسیم که بعد از آن یا خط ارتباطاتی با جهت مثبت دارای  $B/C$  بزرگتر از ۱ نباشد و یا اینکه آخر خط باشد (انتهای کلیه پیکانها به آن نقطه ختم شده باشد). اگر نسبتهای

بدست آمده مطابق جدول را برای دو حالت زیر :

۱- پروژه صفر جزء راه‌حل‌ها باشد.

۲- انجام ندادن کار جزء راه‌حل‌های رقیب نباشد.

رسم نمائید، با توجه به شکل ملاحظه می‌گردد که در هر دو حالت راه حل D انتخاب نهایی است.

**مثال ۱۶:** در جدول منافع و هزینه‌های چند راه حل جهت انجام یک سرویس مشخص منعکس شده است. عمر هر چهار گزینه ۲۰ سال و حداقل نرخ بازده ۷٪ در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از روش نفع به هزینه تعدیل شده و یا بهره‌گیری از روش شبکه بهترین راه حل را گزینش کنید. (راه حل انجام ندادن کار را هم در یک حالت بررسی نمائید).

حل: نخست معادل سالانه سرمایه را برای چهار راه حل به شرح زیر محاسبه می‌کنیم:

$$W : 95,000,000 (a/p, 7\%, 20) = 8,967,050 \text{ ریال}$$

$$X : 125,000,000 (a/p, 7\%, 20) = 11,758,750 \text{ ریال}$$

$$Y : 150,000,000 (a/p, 7\%, 20) = 14,158,500 \text{ ریال}$$

$$Z : 168,000,000 (a/p, 7\%, 20) = 15,857,520 \text{ ریال}$$

نسبت نفع به هزینه را برای تک تک راه حل‌ها و همچنین برای تفاضل گزینه‌ها محاسبه می‌نمائیم. در اینجا تنها برای تفاضل  $(W-X)$  و  $(W-O)$  به عنوان نمونه محاسبات را انجام می‌دهیم و از ذکر محاسبات مشابه برای دیگر موارد خودداری کرده، فقط به ارائه نتایج در جدول اکتفا می‌کنیم.

$$(B/C)_{W-O} = 38,000,000 / 8,967,050 = 4.24$$

$$(B/C)_{X-W} = (42,000,000 - 38,000,000) / (11,758,750 - 8,967,050) = 1.41$$

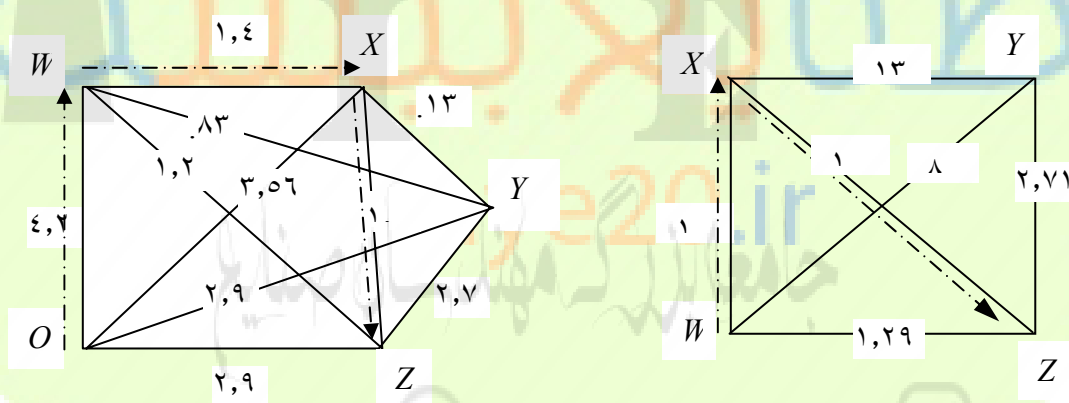
جدول ۱-۱۵: داده‌های مثال

نام راه حل	هزینه سرمایه ای (ریال)	منافع سالانه استفاده‌کنندگان منهای هزینه نگهداری
W	۹۵,۰۰۰,۰۰۰	۳۸,۰۰۰,۰۰۰
X	۱۲۵,۰۰۰,۰۰۰	۴۲,۰۰۰,۰۰۰
Y	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۴۲,۳۰۰,۰۰۰
Z	۱۶۸,۰۰۰,۰۰۰	۴۶,۹۰۰,۰۰۰

با توجه به ارقام مربوط به نسبت نفع به هزینه تفاضل راه حل‌ها، شکل را در دو حالت زیر ترسیم می‌نمائیم حالت (الف) با این فرض که حتماً می‌باید یکی از راه حل‌ها را انجام داد (شکل ۱۲-۱) و حالت (ب) با این فرض که در صورت اقتصادی نبودن پروژه می‌توان از اجرای آن صرف‌نظر نمود (شکل ۱۳-۱). با توجه به مسیر تصمیم‌گیری مشخص شده روی دو شکل، ملاحظه می‌کنیم که در هر دو حالت، اجرای راه حل  $Z$  توصیه می‌گردد.

جدول ۱-۱۶: نسبت نفع به هزینه راه حل‌ها

نام راه حل‌ها با علامت منفی	راه حل‌های غیر صفر			
	$Z$	$Y$	$X$	$W$
$-O$	۲,۹۶	۲,۹۹	۳,۵۶	۴,۲۴
$-W$	۱,۲۹	۰,۸۳	۱,۴۱	
$-X$	۱,۲۱	۰,۱۳		
$-Y$	۲,۷۱			
$-Z$				



شکل ۱۳-۱: با در نظر گرفتن پروژه صفر

شکل ۱۲-۱: بدون در نظر گرفتن پروژه ۰

## مسائل

(۱) احداث یک پل بر روی رودخانه ای که از وسط یک شهر عبور می‌کند در دست مطالعه است.

ساخت این پل بار ترافیکی را از سایر نقاط پر رفت و آمد کاهش خواهد داد که در نتیجه وقت قابل ملاحظه ای برای استفاده‌کنندگان صرفه‌جویی شده و آمار تصادفات تقلیل می‌یابد. اگر داده‌های زیر برای این مسئله صادق باشد، با نرخ ۸٪ و عمر ۲۵ سال و با استفاده از روش نفع به هزینه تعدیل شده، تعیین کنید آیا پل ساخته شود؟

هزینه اولیه پروژه ۱۵۰۰ میلیون ریال

هزینه نگهداری و مرمت ۶۰ میلیون ریال

منافع استفاده‌کنندگان شامل :

صرفه جویی در زمان رانندگی ۲۰۰ میلیون ریال

کاهش خسارت تصادفات ۸ میلیون ریال

(۲) جاده دو بانده دو طرفه، شهرهای A و B را که به فاصله ۲۰۰ کیلومتر از یکدیگر قرار دارند، به هم وصل می‌نماید. به خاطر تراکم ترافیکی، احداث جاده چهار بانده یک طرفه (آزاد راه) با اصلاح جاده موجود در دست بررسی است و با اتمام آن عوارض از استفاده‌کنندگان اخذ خواهد شد.

هزینه ساخت در هر کیلومتر ۱۴۵ میلیون ریال

افزایش هزینه سالانه نگهداری ۸۷۰ میلیون ریال

منافع سالانه استفاده‌کنندگان: شامل کاهش تصادفات و کاهش زمان رانندگی ۷۲۵۰ میلیون ریال

با در نظر گرفتن زمان ۱۰ سال برای بررسی و نرخ ۸٪ و با کارگیری روش نفع به هزینه تعدیل شده، تعیین نمائید که چه

مبلغ می‌باید بابت عوارض از هر اتومبیل عبوری اخذ شود، اگر بار ترافیک روزانه ۴۰۰۰ اتومبیل و برای ۳۶۵ روز سال باشد؟

۳) دو راه حل ناسازگار برای انجام یک سرویس مشخص با عمر ۱۰ سال در بخش دولتی در رقابت هستند. نرخ بهره ۱۰٪ و داده‌های دو راه حل مطابق زیر است :

جزئیات	A	B
هزینه اولیه	۲۷۰,۰۰۰	۴۰۵,۰۰۰
هزینه نگهداری سالانه	۶۷,۵۰۰	۳,۳۷۵
درآمد سالانه	۱۰۸,۰۰۰	۱۰۸,۰۰۰

جدول ۱۷

کدام راه حل را به روش B/C انتخاب می‌کنید ؟

۴) شهرداری یک شهر کوچک، احداث تصفیه خانه فاضلاب شهر را در دست بررسی دارد. مطالعات مهندس مشاور نشان داده است که هزینه احداث آن بالغ بر ۷۵۰ میلیون ریال و هزینه سالانه ۳۷/۵ میلیون ریال است. در آمد سالانه با بهره‌برداری از تصفیه خانه بالغ بر ۲۲/۵ میلیون ریال می‌باشد. اعتبار مورد نیاز از طریق وام با رد نظر گرفتن نرخ ۸٪ تأمین می‌گردد. اگر عمر مفید پروژه ۲۵ سال باشد، چه مبلغ مالیات اضافه می‌باید اخذ شود تا پروژه اجرا شده و وام در مدت ۲۵ سال باز پرداخت گردد.

۵) شرکتی در نظر دارد که بعد از بازنشستگی کارکنان خود پس از ۳۰ سال مبلغی را پرداخت نماید. دریافت ها از سال اول آغاز و به میزان ۷۰۰۰ واحد پولی خواهد بود، اگر شرکت تضمین نماید که مبلغ ۳۵۰۰۰۰ واحد پولی بطور یکجا پس از بازنشستگی پرداخت نماید، نرخ بازگشت سرمایه روی این طرح چقدر است ؟

۶) یک شرکت پیمانکاری راه و ساختمان در نظر دارد یک پل جدید فلزی بر روی رودخانه ای بسازد. اگر هزینه اولیه طرح ۱۰ میلیون واحد پولی و هزینه نگهداری و پرسنلی پل ۱۲۰۰۰ واحد پولی و هزینه های جانبی اعم باشد، با در نظر گرفتن عمر نامحدود در این پروژه، درآمد سالیانه ۲/۵ میلیون واحد پولی برآورد می شود، با  $MARR$  های ۱۰٪ و ۱۵٪ و ۲۰٪ بررسی نمایید که آیا پروژه اقتصادی است یا خیر؟

۷) ۴ ماشین پرس با اطلاعات زیر در نظر است، اگر حداقل نرخ جذب ۸٪ فرض شود انتخاب کدام ماشین اقتصادی تر می باشد؟

	D	C	B	A	
هزینه اولیه	۱۱۰۰۰	۱۲۰۰۰	۹۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	
هزینه سالیانه کارگر	۵۵۰۰	۳۲۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	
هزینه سالیانه تعمیرات	۴۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۵۰۰	
ارزش اسقاطی	۱۳۰۰	۱۲۰۰	۸۵۰	۱۰۰۰	
عمر مفید	۱۲	۴	۲۴	۶	

۸) با توجه به جدول زیر، بهترین گزینه را تعیین نمایید.

	O	A	B	C	D
A	۱۳	-	-	-	-
B	۱۵	۱۴	-	-	-
C	۱۱	۸	۱۵	-	-
D	۹	۱۲	۵	۷	-
E	۱۵	۱۳	۱۰	۱۲	۱۰

الف) اگر پروژه ها ناسازگار باشند؟

ب) اگر شش طرح فوق به همراه O بررسی شوند.

۹) با بهره گیری از روش شبکه و با استفاده از روش منافع به هزینه تعدیل شده بهترین گزینه را انتخاب نمایید.

منافع سالیانه با کسر هزینه نگهداری	هزینه	
۵۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰۰	A
۳۹۰۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰۰	B
۵۷۰۰۰۰۰۰	۱۲۵۰۰۰۰۰	C
۴۶۳۰۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰۰۰	D
۴۲۰۰۰۰۰۰	۱۸۰۰۰۰۰۰	E

۱۰) مسئله ۵ را با در نظر گرفتن پروژه صفر حل نمایید.



# فصل دوم

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ آزاد اسلامی



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

# آنالیز ریسک

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ بزرگ مهندسان صنایع



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

## مقدمه:

تصمیم گیری در علوم مهندسی و تجارت همراه توأم با انتخاب یک از چندین گزینه بوده است. تخمین وقایع آینده همراه با ریسک، عدم اطمینان می باشد، مخصوصاً همانند دنیای واقعی، زمانی که محدودیتهای در کار داشته باشیم و درآمد هزینه ها در ارتباط با دقایع احتمالی باشد که ممکن است اتفاق افتد. واژه ریسک و عدم اطمینان اشاره به امکان سود دهی یک پروژه دارند که در هنگام ارزیابی پروژه تخمین زده می شوند. بطور کلی ریسک، توزیع احتمال افتادن یک رویداد و پیش بینی شده است و عدم اطمینان درجه ای از عدم وقوع احتمال افتادن یک رویداد پیش بینی شده با توزیع احتمال درست می باشد. قبل از شروع بحث آنالیز ریسک و بررسی های تکنیکی لازم دست با تعاریف و واژگان کلیدی ریسک و عدم اطمینان بیشتر آشنا شدیم. در ذیل واژه ای متعارف ادبیات ریسک مطرح گردیده است و عدم اطمینان بیشتر آشنا شدیم. در ذیل واژه ای متعارف ادبیات ریسک مطرح گردیده است.

## 1. احتمال

احتمال عبارت است از تعداد دفعات تکرار یک اتفاق در بلند مدت که به این تعداد دفعات، واقعه مذکور اتفاق می افتد. احتمال عبارت است از نسبت تعداد دفعات رخداد به کل تعداد دفعاتی که شانس وقوع رخداد وجود دارد. توزیع احتمال یک نمایش گرافیکی و یا لیستی از تعداد دفعات وقوع هر رخداد ممکن می باشد. به طور مثال احتمال اینکه یک سکه سالم شیر بیاید، معادل  $0/5$  و یا احتمال اینکه آخرین رقم شماره تلفن شما عدد ۷ باشد،  $0/1$  است. احتمال مبحث مهمی در مقوله هزینه های سرمایه گذاری است و مواقعی که با آینده ای نامعین و خروجیهای با احتمالات غیر یکسان مواجه هستیم، کاربرد دارد.

Sanaye20.ir



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

## ریسک<sup>۱</sup>

از آنجا که نتیجه و پیامد آتی یک عمل در حال حاضر نامعین می‌باشد، می‌گوییم این عمل دارای ریسک است و ریسک را احتمال وقوع یکی از پیامدهایی که کمتر مورد نظر ما هستند، می‌دانیم. پیامدهایی که معمولاً کمتر مورد نظر ما هستند، عبارتند از:

۱- بلایای طبیعی مثل: سیل، زلزله، طوفان و ...

۲- اشتباهات انسانی مثل: تصادفات، آتش سوزیهای انسانی، طراحیهای اشتباه و ...

۳- وجود اختلاف بین پیش‌بینی و واقعیت. در واقع عدم قابلیت انسان در کنترل وقایع آینده است که ریسک را بوجود می‌آورد.

## شرایط نامعین<sup>۲</sup>

در مواقعی که عمل معین انجام می‌شود ولی نتیجه آن نامشخص است، شرایطی بوجود می‌آید که به آن شرایط نامعین گفته می‌شود. بطور کلی تصمیم‌گیریهای توأم با شرایط نامعین و عدم اطمینان که دارای ریسک باشند، عبارتند از:

۱- تصمیم‌گیری‌هایی که بر اساس تخمین‌های تک ارزشی از پیامدهای آینده، انجام می‌شود.

۲- تصمیم‌گیری‌هایی که براساس تخمین‌های چند ارزشی از پیامدهای آینده که احتمال آنها مشخص است، انجام می‌شود.

۳- تصمیم‌هایی که بر اساس تخمین‌های چند ارزشی با تابع احتمال نامعین گرفته می‌شود.

<sup>1</sup> Risk

<sup>2</sup> Uncertainty

## هزینه سرمایه‌ای لازم برای کاهش ریسک<sup>۱</sup> (RRCE)

بطور کلی انسان از ۲ طریق قادر به کاهش ریسک می‌باشد:

۱- از طریق کاهش شدت<sup>۲</sup> ریسک

۲- از طریق کاهش تعداد دفعات<sup>۳</sup> وقوع ریسک

سرمایه‌گذاری‌هایی را که در جهت کاهش ریسک (چه شدت و چه دفعات)، انجام می‌پذیرد، RRCE می‌گویند.

**مثال ۱:** هزینه سرمایه لازم برای ساختن سد به منظور کنترل سیل، ساختن زمان برای افزایش ایمنی، سیستم کنترل آلودگی آب و هوا و جلوگیری از آن، میله‌های برق‌گیری در ساختمان‌ها، سیستم‌های دزدگیر، بیمه و ... همگی مواردی از RRCE می‌باشند. در مبحث RRCE سطح آن، یعنی اینکه جلوگیری از ریسک نسبی باشد و یا جلوگیری از آن مطلق، باید معلوم و معین باشد.

### ۱-۱. امید ریاضی (ارزش انتظاری) و واریانس متغیرهای تصادفی

ارزش انتظاری متغیر تصادفی  $X$  یعنی  $E(X)$ ، عبارت است از میانگین وزنی مقدارهایی که  $X$  طبق توزیع خود اتخاذ نموده است و در واقع گشتاور اول متغیر تصادفی حول مبدأ می‌باشد که به آن میانگین هم می‌گویند. امید ریاضی یا ارزش انتظاری از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E(X) = \begin{cases} \sum_i X_i P_{(X_i)} \\ \int_{-\infty}^{\infty} X f_{(X)} d_x \end{cases}$$

$X$  گسسته

$X$  پیوسته

واریانس یک متغیر تصادفی  $X$  یعنی  $Var(X)$ ، معیاری است که برای سنجش پراکندگی مقادیر اتخاذ شده توسط  $X$ ، حول میانگین کل، از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

<sup>1</sup> Risk Reducing Capital Expenditure

<sup>2</sup> severity

<sup>3</sup> frequency

$$Var(X) = \begin{cases} \sum_i [X_i - E(X)]^2 \cdot P_{(X_i)} & X \text{ گسسته} \\ \int_{-\infty}^{\infty} [X - E(X)]^2 \cdot f_{(X)} \cdot d_{(X)} & X \text{ پیوسته} \end{cases}$$

انحراف معیار استاندارد یعنی  $SD(X)$ ، معیاری دیگر است که از رابطه زیر برست می‌آید:

$$SD_{(X)} = [Var_{(X)}]^{1/2}$$

ضرب کردن عدد ثابت در متغیر تصادفی

در صورتی که عدد ثابتی مثل  $C$  در متغیر تصادفی  $X$  ضرب شود مقادیر امید ریاضی و واریانس بصورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$E(CX) = CE(X) = \begin{cases} \sum_i C \cdot X_i \cdot P_{(X_i)} & X \text{ گسسته} \\ \int_{-\infty}^{\infty} C \cdot X \cdot f_{(X)} \cdot d_{(X)} & X \text{ پیوسته} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} Var(CX) &= E\{[CX - E(CX)]^2\} = E\{C^2 X^2 - 2C^2 X - E(X) + C^2[E(X)]^2\} \\ &= C^2 E\{[X - E(X)]^2\} = C^2 Var(X) \end{aligned}$$

## ۲-۱. ارزیابی پروژه‌های دارای متغیر تصادفی گسسته

مثال ۲: یک کانال زه‌کشی در یک روستای کوهستانی قادر است سیلابی معادل  $700 \text{ ft}^3/\text{sec}$  را از خود عبور دهد. مطالعات مهندسی احتمال وقوع سیلابهای با ظرفیتهای مختلف و هزینه سرمایه لازم برای تعویض کانال برای عبور حجم آب مذکور را در یکسال به صورت زیر (جدول ۲-۱) تعیین نموده است:

هزینه تعویض کانال برای عبور این حجم آب	احتمال وقوع سیل با قدرت زیادتر در یکسال	جریان آب $\text{ft}^3/\text{sec}$
-	۰/۲۰	۷۰۰
-۲۰,۰۰۰	۰/۱۰	۱,۰۰۰
-۳۰,۰۰۰	۰/۰۵	۱,۳۰۰
-۴۴,۰۰۰	۰/۰۲	۱,۶۰۰
-۶۰,۰۰۰	۰/۰۱	۱,۹۰۰

جدول ۲-۱. جریان مالی مثال ۲

سوابق نشان می‌دهد که در صورت وقوع سیل با ظرفیت زیاده‌تر از کانال موجود میانگین خسارتی معادل ۲۰,۰۰۰ دلار بوجود می‌آید. نوسازی کانال در یک دوره ۴۰ ساله با نرخ بهره ۸٪ مد نظر می‌باشد. مطلوب است تعیین اقتصادی ترین اندازه برای کانال.

راه حل:

کل مقادیر هزینه سالانه انتظاری برای خسارات به اراضی و ساختمان‌ها برای تمام آلترناتیوها در جدول ۲-۲ نشان داده شده است. این محاسبات حداقل هزینه سالانه انتظاری را برای کانال با ظرفیت انتقال  $\frac{ft^3}{sec}$  ۱,۳۰۰ و با این فرض که سیلابی با بیش از این حجم آب از هر ۲۰ بار سیل یک بار اتفاق می‌افتد و خسارتی معادل ۲۰,۰۰۰ دلار بجا می‌گذارد، بدست می‌دهد.

کل هزینه معادل سالیانه	هزینه خسارت سالانه انتظاری	سرمایه لازم سالانه	جریان آب
-۴۰,۰۰۰	$-۲۰,۰۰۰ (۰/۲۰) = -۴۰,۰۰۰$		۷۰۰
-۳,۶۷۸	$-۲۰,۰۰۰ (۰/۱۰) = -۲,۰۰۰$	$-۲۰,۰۰۰ (۰/۰۸۳۹) = -۱,۶۷۸$	۱,۰۰۰
-۳,۵۱۷	$-۲۰,۰۰۰ (۰/۰۵) = -۱,۰۰۰$	$-۳۰,۰۰۰ (۰/۰۸۳۹) = -۲,۵۱۷$	۱,۳۰۰
-۴,۰۹۲	$-۲۰,۰۰۰ (۰/۰۲) = -۴۰۰$	$-۴۴,۰۰۰ (۰/۰۸۳۹) = -۳,۶۹۲$	۱,۶۰۰
-۵,۲۳۴	$-۲۰,۰۰۰ (۰/۰۱) = -۲۰۰$	$-۶۰,۰۰۰ (۰/۰۸۳۹) = -۵,۰۳۴$	۱,۹۰۰

جدول ۲-۲.

### ۳-۱. درخت احتمال

نمودارهای درخت احتمال برای نشان دادن جریان نقدی در آینده و احتمال وقوع هر مقدار مفید می‌باشد. مثال ۳: برای مقادیر تخمینی جریان نقدی زیر،  $E(Pw)$ ،  $V(Pw)$ ،  $SD(Pw)$  را محاسبه کنید. فرض کنید مقادیر جریان نقدی سالانه خالص با توزیع نرمال پخش شده‌اند و از لحاظ آماری مستقل اند.  $MARR = ۱۵\%$  سالانه می‌باشد.  $E(Pw)$ ،  $V(Pw)$  مربوط به این جریان نقدی در جدول ۳-۲ محاسبه شده است.

جدول ۳-۲.  $E(Pw)$ ،  $V(Pw)$  جریان نقدی مثال ۳

End of Year, $k$	Expected Value of Net Cash Flow, $F_k$	SD of Net Cash Flow, $F_k$
0	-\$7,000	0
1	3,500	\$600
2	3,000	500
3	2,800	400

\*This frequently encountered continuous probability function is discussed in any good statistics book such as R. E. Walpole and R. H. Myers, *Probability and Statistics for Engineers and Scientists* (New York: Macmillan Publishing Co., 1989), pp. 139-154.

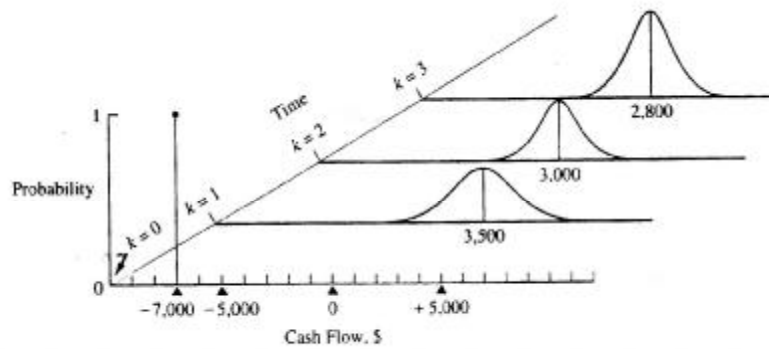


FIGURE 14-2 Probabilistic Cash Flows over Time (Example 14-6)

شکل ۱-۲.

مقدار انتظاری  $PW$ ، با در نظر گرفتن  $E(F_K)$  بعنوان مقدار انتظاری جریان نقدی خالص در سال  $K$  ام  $C_K$   $(0 \leq K \leq N)$ ، به عنوان  $K$  و  $15\%$  و  $P/F$  به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E(PW) = \sum_{K=0}^3 (P/F, 15\%, K) \cdot E(F_K)$$

$$= -7000 + 3500(P/F, 15\%, 1) + 3000(P/F, 15\%, 2) + 2800(P/F, 15\%, 3) = 153 \text{ دلار}$$

برای محاسبه  $V(PW)$  داریم:

$$V(PW) = \sum_{K=0}^3 (P/F, 15\%, K)^2 \cdot V(F_K)$$

$$= 0^2(1^2) + 600^2(P/F, 15\%, 1)^2 + 500^2(P/F, 15\%, 2)^2 + 400^2(P/F, 15\%, 3)^2$$

$$= 484,324 \text{ \$}^2$$

و برای  $SD(PW)$  داریم:

$$SD(PW) = [V(PW)]^{1/2} = 696 \text{ دلار}$$

**مثال 4:** با رجوع به مثال قبل، احتمال  $\Pr\{IRR < MARR\}$  را بدست آورید. فرض کنید که  $PW$  دارای توزیع نرمال با میانگین و واریانس محاسبه شده در مثال قبل باشد.

راه حل:

برای یک تابع  $PW(i)$  نزولی که دارای  $IRR$  یگانه می‌باشد احتمال اینکه  $IRR$  کمتر از  $MARR$  باشد معادل این احتمال است که  $PW$  کوچکتر از صفر باشد. با کاربرد توزیع نرمال استاندارد، داریم:



$$Z = \frac{Pw - E(Pw)}{SD(Pw)} = \frac{0 - 153}{696} = -0.22$$

$$\Pr\{Pw \leq 0\} = \Pr\{Z \leq -0.22\} = 0.4129$$

**مثال 5:** اطلاعات جریان نقدی تخمینی برای یک پروژه در طی یک دوره مطالعاتی ۵ ساله در جدول زیر ارائه

شده است. هر جریان نقدی سالانه خالص  $F_k$  ترکیبی از ۲ متغیر تصادفی مستقل  $X_k$ ,  $Y_k$  است به طوریکه

نشانگر سود و  $Y_k$  نمایانگر زیان (هزینه) می باشد. (جدول ۲-۴)

مقادیر مختلف  $X_k$  هم از یکدیگر مستقل اند و این فرض در مورد مقادیر  $Y_k$  هم صادق است. هر دو متغیر

تصادفی پیوسته بوده و توزیع احتمال آنها نامعین می باشد.  $MARR = 20\%$  سالانه است.

بر پایه اطلاعات فوق:

الف)  $E(Pw)$ ,  $V(Pw)$ ,  $SD(Pw)$  را محاسبه کنید.

ب)  $\Pr(Pw \leq 0)$  را حساب کنید. آیا پروژه اقتصادی است؟

جدول ۲-۴. اطلاعات مثال ۵

End of Year $k$	Net Cash Flow $F_k = a_k X_k - b_k Y_k$	Expected Values		Standard Deviations (SD)	
		$X_k$	$Y_k$	$X_k$	$Y_k$
0	$F_0 = X_0 + Y_0$	\$0	-\$100,000	\$0	\$10,000
1	$F_1 = X_1 + Y_1$	60,000	-20,000	4,300	2,000
2	$F_2 = X_2 + 2Y_2$	65,000	-15,000	8,000	1,200
3	$F_3 = 2X_3 + 3Y_3$	40,000	-9,000	3,000	1,000
4	$F_4 = X_4 + 2Y_4$	70,000	-20,000	4,000	2,000
5	$F_5 = 2X_5 + 2Y_5$	55,000	-18,000	4,000	2,300

راه حل:

الف) محاسبات مربوط به  $E(F_k)$ ,  $V(F_k)$  در جدول ۲-۵ آورده شده است. بنابر این داریم:

$$E(Pw) = \sum_{K=0}^5 (P/F, 20\%, K) \cdot E(F_K)$$

$$= -100,000 + (P/F, 20\%, 1) + \dots + 74,000 (P/F, 20\%, 5) = 23517 \quad \text{دلار}$$

سپس برای  $V(Pw)$  داریم:

$$V(Pw) = \sum_{k=0}^5 (P/f, 20\%, K)^2 \cdot V(F_k)$$

$$= 100 \times 10^6 + (24/25 \times 10^6) (P/f, 20\%, 1)^2 + \dots + (85/16 \times 10^6) (P/f, 20\%, 5)^2$$

$$= 186/75 \times 10^6$$

$$SD(Pw) = [V(Pw)]^{1/2} = [186/75 \times 10^6]^{1/2} = 136,606$$

و در نتیجه داریم:

TABLE 14-7 Calculation of  $E(F_k)$  and  $V(F_k)$  (Example 14-8)

End of Year $k$	$F_k$	$E(F_k) =$ $a_k E(X_k) + b_k E(Y_k)$	$V(F_k) =$ $a_k^2 V(X_k) + (-b_k)^2 V(Y_k)$
0	$F_0$	$\$0 - \$100,000 = -\$100,000$	$0 + (1)^2(10,000)^2 = 100.0 \times 10^6 \$^2$
1	$F_1$	$60,000 - 20,000 = 40,000$	$(4,500)^2 + (1)^2 (2,000)^2 = 24.25 \times 10^6$
2	$F_2$	$65,000 - 2(15,000) = 35,000$	$(8,000)^2 + (2)^2 (1,200)^2 = 69.76 \times 10^6$
3	$F_3$	$2(40,000) - 3(9,000) = 53,000$	$(2)^2(3,000)^2 + (3)^2 (1,000)^2 = 45.0 \times 10^6$
4	$F_4$	$70,000 - 2(20,000) = 30,000$	$(4,000)^2 + (2)^2 (2,000)^2 = 32.0 \times 10^6$
5	$F_5$	$2(55,000) - 2(18,000) = 74,000$	$(2)^2(4,000)^2 + (2)^2 (2,300)^2 = 85.16 \times 10^6$

$$Z = \frac{Pw - E(Pw)}{SD(Pw)} = \frac{0 - 32517}{13666} = -2/3794$$

$$\Pr \{ Pw \leq 0 \} = \Pr \{ Z \leq -2/3794 \} = 0/0087$$

چون  $E(Pw) > 0$  است لذا پروژه اقتصادی بوده و با توجه به  $SD(Pw)$  چندان ریسکی نمی‌باشد.

## ۲. تخمین‌های تک ارزشی در مقابل تخمین‌های چند ارزشی<sup>۱</sup>

تخمین‌های تک ارزشی مثل سرمایه اولیه، عمر اقتصادی، ارزش اقتصادی، نرخ برگشت، هزینه‌های عملیاتی و غیره همگی در غالب یک ارزش منحصر به فرد در تحلیلها ظاهر می‌شوند.

آنالیز تخمین تک ارزشی لزوماً نمی‌تواند یک فرضیه مطمئن و قابل قبولی از آینده نامطمئن باشد زیرا که:

- ۱- فرآیند منطقی بکارگیری از فرضیه در ساخت مدل‌های ریاضی که از مدل ساده اولیه شروع می‌شود و بتدریج با پیچیدگی بیشتر مثل عمرهای نامساوی، هزینه‌های عملیاتی غیر متشابه، ظرفیت‌های نابرابر و نرخ برگشت نامعلوم و فرضی و غیره باعث می‌گردند، مدل از حقیقت دورتر گردد. حتی ظهور تورم خود ارزشها را تحت الشعاع قرار می‌دهد لذا هزینه‌های جریمه‌ای مدل نامناسب، خود کمتر از اثرات دیگر نمی‌تواند باشد.

Sanaye20.ir



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

<sup>1</sup> Single-Valued Estimate , Multi-valued Estimate

۲- در مطالعات و مدل کردن تصور می‌شود که پراکندگی و وجود احتمال ضرر معمولاً وجود ندارد، در صورتی که در عمل این پیامد دارای ارزشهای گوناگون غیر از محاسبه شده می‌باشند.

۳- پراکندگی و یا احتمال ضرر ممکن است بصورت ضمنی در نظر گرفته شود، در صورتی که:

الف: اگر حداقل نرخ برگشت مطلوب بکار گرفته شده بیشتر از نرخ مورد نیاز باشد که حالت ریسک و پراکندگی را نیز در نظر گرفته باشد.

ب: اگر تغییرات پیامدها ناچیز فرض شد و یا اثرات آن نامحسوس نباشد (مثل ارزش اسقاطی).

۴- پراکندگی و یا احتمال ضرر ممکن است به صورت ضمنی در نظر گرفته شده اگر:

الف: ارزش انتظاری بکار رفته به عنوان یک پارامتر تک ارزی با هزینه‌های جریمه‌ای مساوی در نظر گرفته می‌شود.

ب: اگر یک پیامد جدی ولی غیرمتمحمل (مثل آتش سوزی و غیره) بصورت قطعی با هزینه‌های آن در نظر گرفته شود، در این صورت مثل بیمه به صورت ضمنی وارد محاسبه می‌گردد. منحنی تک ارزی در بسیاری از مطالعات، از ارزش محسوسی برخوردار بوده‌اند. بخصوص در هنگامی که:

۱- تشابه یک پیامد غیر از تخمین تک ارزی را نتوان نادیده گرفت.

۲- کاربرد آنالیز چند ارزی را نتوان در عمل پیاده کرد. بخصوص در زمانی که تصمیم‌گیری در رابطه با ارزش پولی غیرتکراری کوچکی باشد.

۳- تخمین تک ارزش را بتوان بعنوان ارزش انتظاری تابع تخمینی چند ارزی دانست. غیر از موقعیتی که پیامدهای وزن داده شده هماهنگ مناسب نباشند (به عنوان مثال پخشودگی عمرها و غیر یکنواخت نمودن مطلوبیت اضافی سرمایه و با تغییرات روندی سالیانه هزینه‌های عملیاتی).

## ۲-۱. مطالعه تخمین‌های تک ارزی از یک پارامتر در پروژه‌های مهندسی

اگر پارامتری را در پروژه‌ای تحت تغییرات مختلف در یک زمان قرار داده و سپس اثرات این تغییر را در شرح برگشت جریان نقدی آن پروژه مطالعه نمائیم، می‌توان نتایج بسیاری را از عملکرد این پارامترها مشاهده نمود. چنین روشی همانطوری که قبلاً نیز بدان اشاره شده آنالیز حساسیت نام دارد. با آنالیز حساسیت می‌توان پرسشی برای سوالات زیر نمود:

۱- چه دقتی در تخمین پارامتر  $X$  نیاز داریم؟

۲- در محدوده چه تغییراتی از پارامتر  $X$  تصمیم‌گیری می‌تواند حساس باشد؟

۳- آیا هزینه جریحه تخمین پایین یک پارامتر، به اندازه جریحه تخمین بالای آن پارامتر است؟

مثال ۶: اطلاعات: تخمین‌های زیر برای یک پروژه پیشنهادی صورت گرفته است:

هزینه اولیه ۱۰۰۰۰۰

هزینه اسقاطی ۴۰۰۰۰

عمر پروژه (سال) ۱۵

روش استهلاک خط مستقیم

هزینه عملیاتی در سال ۸۰۰

نرخ برگشت ۱۰٪

نرخ مالیات ۵۰٪

هدف: با استفاده از اطلاعات بالا:

الف- معادل سالیانه هزینه‌ها (AEC) را بدست آورید.

ب- معادل سالیانه هزینه‌ها را برای مقادیر مختلف ارزش اسقاطی حساب کنید.

پ- معادل سالیانه هزینه‌ها را تحت هزینه‌های مختلف عملیاتی محاسبه کنید.

ت- معادل سالیانه هزینه‌ها را برای عمرهای مختلف پروژه محاسبه نمایید.

آنالیز:

الف:

$$11888 = 100000(A/P)_{15}^{10\%} - 40000(A/F)_{15}^{10\%}$$

جریان نقدی بعد از مالیات

$$7888 = (11888 - 4000) = \text{مالیات بر درآمد}$$

$$800 = \text{هزینه‌های عملیاتی}$$

$$27776 = \text{معادل سالیانه هزینه‌ها}$$

سپس می‌توان مقدار جریان نقدی قبل از مالیات را محاسبه نمود و سپس با اضافه کردن مقدار ۸۰۰ تومان در

سال جوابهای قسمت ب و پ را پیدا نمود.

ب:

جدول ۲-۶. جواب قسمت ب مثال ۶

ارزش اسقاطی	۰	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
معادل سالیانه هزینه‌ها (AEC)	۲۷۶۳۰	۲۷۶۶۰	۲۷۷۰۰	۲۷۷۷۶	۲۸۰۰۰

پ:

جدول ۲-۷. جواب قسمت پ مثال ۶

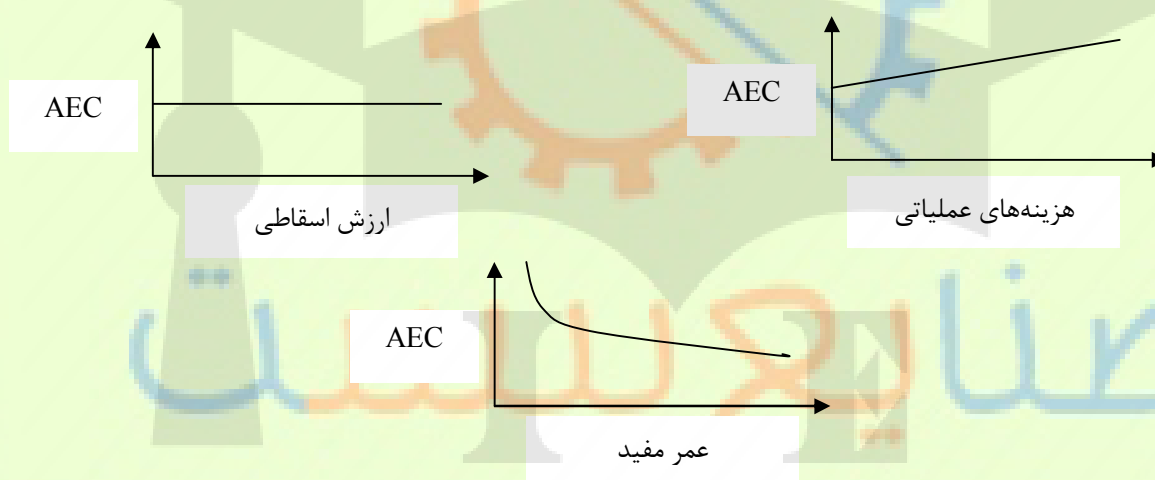
هزینه‌های سالیانه	عملیاتی	.	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۰۰۰۰
معادل سالیانه هزینه‌ها (AEC)	۱۹۷۸۰	۲۴۷۸۰	۲۹۷۸۰	۳۴۷۸۰	۳۹۷۸۰	

ت:

جدول ۲-۸. جواب قسمت ت مثال ۶

عمر پروژه	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰	۶۰
معادل سالیانه هزینه‌ها (AEC)	۳۵۶۶۰	۲۹۵۳۰	۲۷۷۸۰	۲۷۱۰۰	۲۶۷۳۰	۲۶۷۷۰	۲۷۰۴۰

این اطلاعات در شکل آورده شده‌اند.



شکل ۲-۲. نتایج مثال ۶

با بررسی شکل ۲-۲ درمی‌یابیم که:

۱- خطا در تخمین ارزش اسقاطی روی هزینه‌های اثر چندانی ندارد. به عبارت دیگر پروژه نسبت به تغییرات ارزش اسقاطی غیرحساس است.

۲- خطا در تخمین هزینه‌های عملیاتی اثرات مشهودی روی هزینه‌های معادل سالیانه دارد. لذا مسئله نسبت به

تغییرات این پارامتر حساس است. بنابر این در هنگامی که حالت در اطمینانی شدت دارد، آنالیز تخمین چند

ارزشی این پارامتر ضروری است.

۳- درآمد مورد نیاز روی خطای نتیجه شده از تخمین عمر دستگاه‌ها فقط تا زمانی که  $n < 15$  است، حساس است و از  $n > 15$  غیرحساس است.

## ۲-۲. تخمین‌های چند ارزشی متغیرها

تغییرات زمانی چندین پارامتر گاهی منافع زیر را در بردارد:

۱- پراکندگی و یا تغییرات یک پارامتر در یک زمان از واقعیت بدور بوده بلکه ستاده چند ارزشی نرخ بازگشت و یا درآمد می‌تواند در عمل نزدیکتر به حقیقت باشد.

۲- تجزیه و تحلیل بهتری را می‌توان در مقابل نتایج تخمین‌های افراد انجام داد.

معایب این روش زیاد بودن محاسبات است. به عنوان مثال اگر دو پارامتر هر یک دارای ۳ ارزش منصوب شده باشند، در یک صورت ۹ محاسبه مختلف مورد احتمال آن باید صورت گیرد. لذا هر چه تعداد پارامترها و ارزشها احتمالی مختلف باشند، محاسبات با حجم بزرگتری بایستی انجام گیرد. یک راه حل ممکن است استفاده از کامپیوتر برای حجم بزرگ محاسبات باشد. ازطرف دیگر کاربرد روش شبیه‌سازی مثل روش مونت کارلو می‌تواند مشکل گشایی دیگری برای این مسئله باشد.

## ۲-۳. کاربرد شبیه‌سازی مونت کارلو در ارزیابی شرایط نامعین

توسعه و بهبود کامپیوتر باعث شده که استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو روز به روز افزایش پیدا کند. برای مسائل پیچیده شبیه سازی مونت کارلو عوامل احتمالی مقادیر تصادفی تولید می‌کند. به این ترتیب یک راه حل برای مسائل پیچیده از طریق بررسی این اعداد تصادفی بدست می‌آید. مونت کارلو: نامی معروفی برای تفکیک شبیه سازی است که از تولید اعداد تصادفی برای انتخاب رویدادهای معین، باتوجه به توزیع احتمال وقوع آن رویداد استفاده می‌کند. توسعه و بهبود کامپیوتر باعث شده که استفاده از این روش روز به روز افزایش یابد. این روش برای مسائل پیچیده، مقاومت تصادفی ایجاد می‌نماید و با بررسی این اعداد تصادفی ساده در اختیار آنالیز کننده قرار می‌دهد و به‌عنوان تکنیکی جهت شبیه سازی ریسک به کار می‌رود. همانطور که پیشتر مطرح گردید، ریسک نتیجه ایجاد واریانس در ارزش متغیرهاست که توسط متعامل فاکتورهای زیادی امکان پذیر است. هر کدام از این فاکتورها، تأثیر نامشخصی بر این تغییرات می‌گذارند که تأثیر هر عامل به تنهایی قابل تشخیص نمی‌باشد. این مدل از تغییرات در ارزش متغیرها اعداد تصادفی نامیده می‌شود.

## اعداد تصادفی:

در تکنیک (روش) مونت کارلو، مدل واریانس ارزش متغیرها با اعداد تصادفی شبیه سازی می گردند. این اعداد، اعدادی هستند که احتمال ظهور هر کدام از این اعداد در هر بار تولید آنها یکسان است. و این امر مستقل از ظهور قبل یا تکرارهای قبلی است. برای به کار گیری این روش، توزیع احتمال عمر مفید قطعه مکانیکی را در نظر می گیریم که به صورت زیر تخمین زده می شود. (جدول ۲-۹)

۳- به طور کلی اگر بخواهیم فازهای ایجاد و به کارگیری این روش را بررسی نماییم داریم:

فاز اول: مشخص نمودن توزیعهای احتمالی ورودی

فاز دوم: انتخاب نمودن اعداد تصادفی و ورود اطلاعات بر مبنای احتمال وقوع

فاز سوم: محاسبه های برگشت

فاز چهارم: تکرار نمونه موجودی بر اساس تعداد اجرای مورد نیاز برای شبیه سازی

فاز پنجم: تعیین میزان ریسک

برای شرح شبیه سازی مونت کارلو فرض کنید توزیع احتمالی عمر مفید یک قطعه مکانیکی بصورت زیر تخمین زده می شود (جدول ۲-۹):

جدول ۲-۹.

سال (N)	۳	۵	۷	۱۰	احتمال $Pr(N)$	۰/۲۰	۰/۴۰	۰/۲۵	۰/۱۵
$\left. \begin{array}{l} \text{مقادیر} \\ \text{ممکن} \end{array} \right\}$					$\left. \begin{array}{l} \text{احتمال } Pr(N) \\ \sum Pr(N) = 1 \end{array} \right\}$				

www.gsie.ir @IEKonkour gsie.ir

حال با انتخاب اعداد تصادفی تحت توزیع یکنواخت می توانیم با توجه به توزیع معلوم فوق، عمر قطعه را شبیه سازی نمائیم. چون احتمالات در جدول فوق بصورت ۲ رقمی بیان شده اند، اعداد تصادفی می تواند به صورت جدول (۲-۱۰) در نظر گرفته شود:

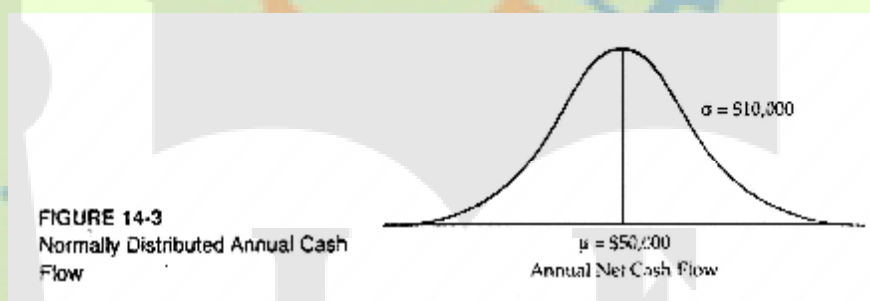


سال (N)	اعداد تصادفی
۳	۰۰-۱۹
۵	۲۰-۵۹
۷	۶۰-۸۴
۱۰	۸۵-۹۹

حال یک عدد تصادفی را از جدول اعداد تصادفی انتخاب می‌کنیم. اگر مثلاً این عدد مساوی و یا بین ۰۰-۱۹ باشد، عمر مفید قطعه معادل ۳ سال خواهد بود و یا عدد تصادفی ۷۴ نشانگر عمر مفید معادل ۷ سال می‌باشد. اگر توزیعی که بیانگر متغیر تصادفی است نرمال باشد روشی با تفاوت اندک مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای متغیرهای دارای توزیع نرمال خروجی تخمینی از رابطه زیر بدست می‌آید:

[ انحراف معیار  $\times$  (انحراف نرمال تصادفی)  $RND$  ] + میانگین = مقدار خروجی

بطور مثال فرض کنید جریان نقدی سالانه دارای توزیع نرمال با میانگین ۵۰,۰۰۰ دلار و انحراف معیار ۱۰,۰۰۰ دلار باشد. این حالت در شکل ۲-۳ نشان داده شده‌است:



شکل ۲-۳. توزیع جریان نقدی سالانه

جریان‌های نقدی شبیه‌سازی شده برای یک دوره ۵ ساله نشان می‌دهد که میانگین مقادیر بدست آمده ۴۹,۷۷۰ دلار می‌باشد که با خطایی معادل ۰/۴۶٪ تقریباً با میانگین توزیع نرمال یعنی ۵۰,۰۰۰ دلار یکسان می‌باشد. در حالتی که متغیر تصادفی دارای توزیع یکواخت با مقدار حداقل A و حداکثر B باشد، مقدار تخمین شبیه‌سازی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{مقدار شبیه‌سازی شده} = A + \frac{RN}{RN_m} [B - A]$$

در رابطه فوق  $RN_m$  معرف بزرگترین عدد تصادفی ممکن می‌باشد که در صورت استفاده از اعداد یک رقمی ۹ و در صورت ۲ رقمی بودن ۹۹ و ... می‌باشد. رابطه فوق در صورت معلوم بودن A و B قابل کاربرد می‌باشد.



استفاده صحیح از روش‌های فوق همراه با یک مدل دقیق می‌تواند تخمین تقریباً دقیقی از تعداد واقعی را بدست بدهد.

در اینجا سوال این است که شبیه‌سازی باید چند بار تکرار شود تا به تقریب خوبی از تعداد واقعی برسیم؟ در حالت کلی هر چه تعداد دفعات تکرار زیادتر باشد، تقریب دقیق‌تر خواهد بود و راه حل برتر این است که از اعداد حاصل یک میانگین جمعی تشکیل دهیم. در دفعات اولیه شبیه‌سازی مقدار این میانگین در هر بار تکرار دارای تغییرات فاحش است ولی با تکرار زیاد به حالتی می‌رسیم که در این مقدار تغییرات قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود و اینجا نقطه پایان شبیه‌سازی خواهد بود.

**مثال 7:** در این مثال یک تولید کننده وسایل تهویه مطبوع ۴ فاکتور نامعین (احتمالی) را برای سرمایه‌گذاری تعیین و تابع احتمال آنها را بدست آورده‌است که این عوامل عبارتند از:

سرمایه‌گذاری/اولیه: دارای توزیع نرمال با میانگین ۵۰/۰۰۰ دلار و انحراف معیار ۱/۰۰۰ دلار

عمر مفید: با توزیع یکنواخت پیوسته و حداکثر مقدار ۱۴ سال و حداقل مقدار ۱۰ سال

درآمد سالانه: ۳۰۵/۰۰۰ دلار با احتمال ۰/۴

۴۰/۰۰۰ دلار با احتمال ۰/۵

۴۵/۰۰۰ دلار با احتمال ۰/۱

هزینه سالانه: دارای توزیع نرمال با میانگین ۳۰/۰۰۰ - دلار و انحراف معیار ۲/۰۰۰ دلار

مدیریت کارخانه فوق قصد دارد تعیین کند که آیا سرمایه‌گذاری سودآور خواهد بود یا نه؟

نرخ بهره ۱۰٪ در سال می‌باشد. برای تحلیل مسأله مقدار  $PW$  را شبیه‌سازی کنید.

راه حل:

برای انجام شبیه‌سازی مونت کارلو، بطور دستی ۵ بار مقادیر فاکتورهای احتمالی فوق را محاسبه می‌کنیم. مقدار

تخمینی برای میانگین ارزش فعلی  $3.802 = 19.010/5$  دلار می‌باشد. [www.gsie.ir](http://www.gsie.ir)

برای رسیدن به نتیجه دقیقتر صدها و یا هزاران بار باید تکرار عملیات شبیه‌سازی را انجام دهیم. نتایج در جدول

۱۱-۲ خلاصه شده‌اند:

TABLE 14-12 Monte Carlo Simulation of PW Involving Four Independent Factors (Example)

Trial number	Random Normal Deviate (RND <sub>1</sub> )	Capital Investment, $I$ [-\$50,000 + RND <sub>1</sub> (\$1,000)]	Three-Digit RNs	Project Life, $N$ [10 + $\frac{RND_1}{999}(14 - 10)$ ]	Present Worth, $PW$
1	+1.003	-\$48,997	807	13.23	13
2	+0.358	-\$49,642	657	12.63	13
3	-1.294	-\$51,294	488	11.95	12
4	+0.019	-\$49,981	282	11.13	11
5	-0.147	-\$50,147	504	12.02	12

Annual Revenue, $R$		Annual Expense, $E$		PW = $-\frac{I}{P \cdot A \cdot 10^3}$
One-Digit RN	\$35,000 for 0-3 40,000 for 4-8 45,000 for 9	RND <sub>2</sub>	[-\$30,000 - RND <sub>2</sub> (\$2,000)]	
2	\$35,000	+0.036	-\$29,928	-\$12,969
0	35,000	-0.605	-31,210	- 22,720
4	40,000	-1.470	-32,940	- 3,189
9	45,000	-1.864	-33,728	+ 23,232
8	40,000	+1.223	-27,554	+ 34,656
Total				+\$19,010

در پایان نکته قابل توجه این است که چون برای رسیدن به نتایج دقیق نیاز به تکرار زیاد مراحل شبیه‌سازی داریم، برای صرفه جویی در زمان هزینه و سهولت می‌توان از کامپیوتر برای انجام عمل شبیه‌سازی مونت کارلو کمک گرفت. در شکل روبرو مراحل روش مونت کارلو آورده شده‌است.

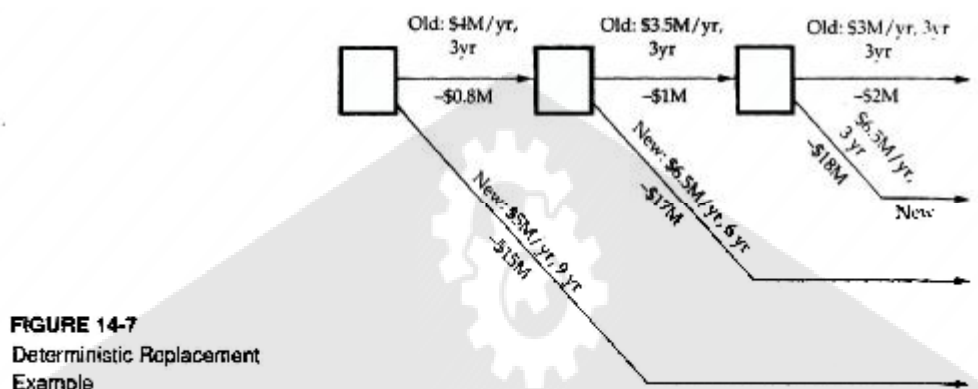
### ۳. درخت تصمیم‌گیری

درخت‌های تصمیم‌گیری که به آنها شبکه‌های جریان تصمیم و نمودارهای تصمیم هم گفته می‌شود، ابزار بسیار مناسبی برای نمایش تجربه و تحلیل مسائل بزرگ و مهم - بخصوص مسائلی که شامل تصمیمات مرحله‌ای و خروجی‌های متغیر در طول زمان هستند - می‌باشند. در واقع درخت تصمیم نشانگر شاخه‌هایی برای هر آلترناتیو ممکن برای تصمیم معلوم و شاخه‌هایی برای هر خروجی ممکن است که تحت انتخاب هر آلترناتیو به وقوع بپیوندد، می‌باشد. هنگامی که منافع و هزینه‌های هر شاخه و هم چنین احتمال وقوع هر خروجی تعیین گردد، تجزیه و تحلیل درخت تصمیم می‌تواند انتخاب‌ها و ریسک‌های مربوطه را به طور واضحی نشان دهد.

**مثال ۸.** برای حالت قطعی اصلی‌ترین حالتی که برای درخت تصمیم وجود دارد، وقتی است که نتیجه هر آلترناتیو معلوم و مقداری یکه است. این حالت در واقع در شرایط معین یا مشخص بودن وضع اتفاق می‌افتد. در شکل زیر (۲-۴) این حالت ارائه شده است. مسأله مربوطه جایگزین کردن یا نکردن ماشین قدیمی با ماشین جدید می‌باشد. نکته قابل توجه این که اگر در هر نقطه تصمیم‌گیری، عدم تعویض انتخاب شود در نقطه بعد از آن مجبوریم مجدداً درباره تعویض تصمیم‌گیری انجام دهیم. در شکل در بالای هر بردار درآمد و مدت زمان پروژه و

در پائین بردار سرمایه لازم نوشته شده است. بهترین روش حل برای اینگونه مسائل کاربرد روش رو به عقب می‌باشد، یعنی از آخرین نقطه تصمیم تجزیه و تحلیل را شروع می‌کنیم و در نهایت به نقطه تصمیمی که در حال حاضر در آن قرار داریم، می‌رسیم. برای حل مسأله فوق ابتدا از ارزش متغیر پول در طول زمان صرفه نظر می‌کنیم و آنرا ثابت فرض می‌کنیم.

شکل ۲-۴. درخت تصمیم حالت قطعی



در جدول (12-2) محاسبات و تصمیمات لازم برای یک پریود ۹ ساله نشان داده شده است. این محاسبات نشان می‌دهد که جواب نهایی نگه داشتن ماشین قدیمی در حال حاضر و تصمیم به تعویض آن در پایان پریود ۳ ساله فعلی (نقطه تصمیم ۲) می‌باشد. این بدین معنا نیست که ما باید حتماً این ماشین را در تمام طول دوره ۳ ساله استفاده نموده و بدون هیچ سؤالی در پایان این دوره، یک ماشین جدید خریداری نمائیم. شرایط در هر زمان قابل تغییر بوده و در صورت لزوم انجام تحلیل و رسم درخت تصمیم جدیدی را ایجاب می‌کند.

جدول ۲-۱۲. محاسبات و تصمیمات لازم برای یک پریود ۹ ساله

Decision Point	Alternative	Monetary Outcome		Choice
3	Old	$\$3M(3) - \$2M$	$= \$7.0M$	Old
	New	$\$6.5M(3) - \$18M$	$= \$1.5M$	
2	Old	$\$7M + \$3.5M(3) - \$1M$	$= \$16.5M$	New
	New	$\$6.5M(6) - \$17M$	$= \$22.0M$	
1	Old	$\$22.0M + \$4M(3) - \$0.8M$	$= \$33.2M$	Old
	New	$\$5M(9) - \$15M$	$= \$30.0M$	

\*Interest = 0% per year, that is, ignoring timing of cash flows.

**مثال ۹.** برای حالت قطعی با در نظر گرفتن زمان (ارزش زمانی پول): در مثال قبل اگر بخواهیم ارزش زمانی

پول را دخالت دهیم باید طبق روش رو به عقب از زمان ارزش فعلی ( $PW$ ) به عنوان معیار استفاده نمائیم. نتایج

حل مثال قبل با در نظر گرفتن نرخ بهره ۲۵٪ در سال در جدول (۲-۱۳) آورده است. قابل مشاهده است که نتایج حاصل نشانگر حفظ ماشین قدیمی در تمام ۳ دوره می‌باشد.

جدول ۲-۱۳. نتایج حل مثال ۸

Decision Point	Alternative	PW of Monetary Outcomes	Choice
3	Old	$\$3M(P/A, 3) - \$2M$	Old
		$\$3M(1.95) - \$2M = \$3.85M$	
	New	$\$6.5M(P/A, 3) - \$18M$	
		$\$6.5M(1.95) - \$18M = -\$5.33M$	
2	Old	$\$3.85(P/F, 3) + \$3.5M(P/A, 3) - \$1M$	Old
		$\$3.85(0.512) + \$3.5M(1.95) - \$1M = \$7.79M$	
	New	$\$6.5M(P/A, 6) - \$17M$	
		$\$6.5M(2.95) - \$17M = \$2.18M$	
1	Old	$\$7.79M(P/F, 3) + \$4(P/A, 3) - \$0.5M$	Old
		$\$7.79M(0.512) + \$4M(1.95) - \$0.3M = \$10.99M$	
	New	$\$5.0M(P/A, 9) - \$15M$	
		$\$5.0M(3.46) - \$15M = \$2.31M$	

### ۳-۱. قواعد کلی رسم درخت تصمیم‌گیری

چگونگی رسم درخت تصمیم عامل مهمی در نمایش و فهم مسأله و در نتیجه در تحلیل آن می‌باشد. یک درخت تصمیم باید شامل موارد زیر باشد:

۱- تمام آلترناتیوهای که تحلیل گر قصد انتخاب از میان آنها را دارد.  
 ۲- تمام نتایج نامشخص و آلترناتیوهای حاصل از آنها. زیرا که این عناصر می‌تواند بطور مستقیم روی نتایج آلترناتیوهای اولیه اثر بگذارد.

۳- تمام نتایج نامشخص. زیرا که در این نتایج می‌تواند اطلاعاتی به تصمیم‌گیرنده بدهد که روی تصمیم وی در آینده اثر بگذارد و بطور غیرمستقیم روی نتایج آلترناتیوهای اولیه تغییراتی ایجاد نماید.

لازم به توضیح اینکه معمولاً گره‌های تصمیم را با مربع و خروجی‌های احتمالی را با دایره نشان می‌دهند.

گره خروجی باید: [www.gsie.ir](http://www.gsie.ir) @IEKonkour

۱- منحصر به فرد و ناسازگار باشد. یعنی فقط قادر به انتخاب یک گره خروجی در آن واحد باشیم.

۲- پایان پذیر باشد. یعنی در صورت رسیدن به یک گره خروجی یا نقطه تصمیم واقعه‌ای رخ دهد.

### ۳-۲. درخت‌های تصمیم با خروجی‌های تصادفی

در مثال قبل شرایط قطعی را مورد مطالعه قرار دادیم. اما یک مسأله مهندسی معمولاً دارای پیامدها و خروجی‌های تصادفی می‌باشد و در چنین شرایطی درخت‌های تصمیم ابزار مناسبی برای ساختاردهی به مسأله می‌باشند. در مثال بعد این شرایط را بررسی می‌کنیم.

مثال ۱۰:

یک شرکت، تولیدکننده کمپرسورهای مورد استفاده در صنعت تهویه مطبوع می‌باشد. یک کمپرسور جدید طراحی شده و شرکت قصد دارد در مورد جایگزین کردن آن با یکی از پر استفاده‌ترین کمپرسورهای قدیمی تصمیم‌گیری نماید. استفاده از محصول جدید باعث افزایش هزینه سرمایه اولیه برای خریداران به میزان ۸,۶۰۰ دلار و صرفه جویی در هزینه‌های سالانه خواهد شد. میزان این صرفه جویی در هزینه سالانه مستند به میزان کارایی ماشین در شرایط عملی بصورت احتمالی و مطابق الگوی زیر (جدول ۲-۱۴) می‌باشد.

جدول ۲-۱۴. اطلاعات مثال ۱۰

صرفه جویی در هزینه سالانه	احتمال P(L)	(%) درصد رسیدن به اهداف طراحی
۳,۴۷۰ دلار	۰/۲۵	۹۰
۲,۹۲۰ دلار	۰/۴۰	۷۰
۲,۳۱۰ دلار	۰/۲۵	۵۰
۱,۵۶۰ دلار	۰/۱۰	۳۰

با در نظر گرفتن  $MARR = 18\%$ ، پیرو ۶ ساله برای ارزیابی، ارزش اسقاط صفر و با در نظر گرفتن ارزش انتظاری  $PW$  یعنی  $E(PW)$ ، آیا از نظر اقتصادی کمپرسور جدید نسبت به کمپرسور قدیمی برتری دارد یا خیر؟  
راه حل:

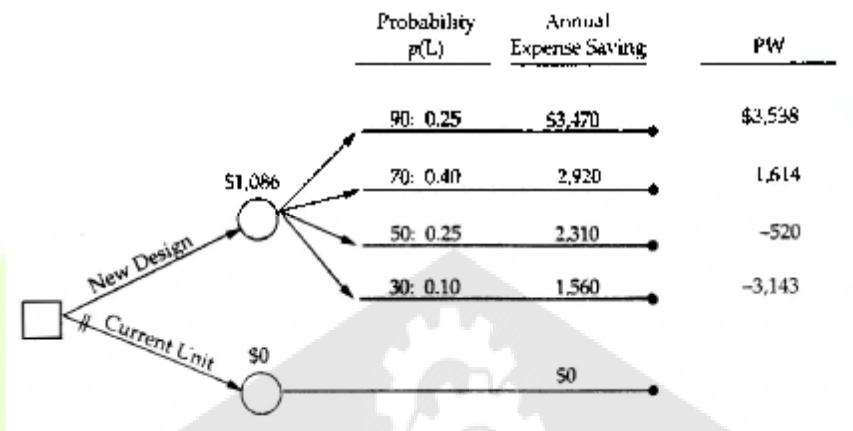
درخت تصمیم تک‌مرحله‌ای این مثال در شکل ۲-۵ آورده شده است. مقدار  $PW$  برای هر یک از سطوح دسترسی به اهداف طراحی به قرار زیر است:

$$PW(18\%)_{90} = -8600 + 3470 \left( \frac{P}{A} \right)_{6 \text{ و } 18\%} = 3538$$

$$PW(18\%)_{70} = -8600 + 2920 \left( \frac{P}{A} \right)_{6 \text{ و } 18\%} = 1614$$

$$PW(18\%)50 = -8600 + 2310 \left( \frac{P}{A} \text{ و } 18\% \text{ و } 6 \right) = -520$$

$$PW(18\%)30 = -8600 + 1560 \left( \frac{P}{A} \text{ و } 18\% \text{ و } 6 \right) = -3143$$



شکل ۲-۵. درخت تصمیم مثال ۱۰

بر پایه مقادیر فوق  $E(PW)$  (امید ریاضی ارزش فعلی) هر دستگاه ساخته شده با کمپرسور جدید به صورت زیر است:

$$E(PW) = 0.25(3538) + 0.4(1614) + 0.25(-520) + 0.1(-3143) = 1086 \text{ دلار}$$

با در نظر گرفتن امید ریاضی صفر برای ارزش فعلی دستگاه با کمپرسور قدیمی، مقدار فوق نشان می‌دهد که کمپرسور جدید از لحاظ اقتصادی به طرح قدیمی برتری دارد.

### ۳-۳. مثال تشریحی از درخت تصمیم‌گیری<sup>۱</sup>

هر مسأله‌ای را که بتوان با جدول تصمیم‌گیری نشان داد، می‌توان آن را به شکل درخت تصمیم نیز به تصویر کشید. فرض کنید شرکت تامپسون در حال بررسی توسعه کارخانه به منظور تولید محصول جدیدی است. شرکت

۱- منبع: پژوهش عملیات، انتشارات سمت.



تامپسون سه گزینه را بررسی کرده است. این شرکت می‌تواند یکی از این سه گزینه را انتخاب کند. کارخانه بزرگ بسازد، کارخانه کوچک بسازد یا اصلاً کارخانه‌ای نسازد. بعد از بررسی‌های بسیار به این نتیجه رسیده است که ساخت یک کارخانه بزرگ به شرط مساعد بودن بازار، سود خالص معادل ۲۰۰,۰۰۰ دلار به دنبال خواهد داشت و در صورتی که بازار نامساعد باشد ۱۸۰,۰۰۰ دلار زیان خواهد کرد. اگر کارخانه کوچکی بسازد و بازار مساعد باشد، ۱۰۰,۰۰۰ دلار سود و در صورت نامساعد بودن بازار ۲۰,۰۰۰ دلار زیان را تحمیل می‌شود. بدیهی است که در صورت عدم ساخت کارخانه سود یا زیانی وجود نخواهد داشت. پیامدهای تصمیم به شرح جدول ۲-۱۵ است:

جدول ۲-۱۵. پیامدهای ممکن

گزینه‌ها	بازار مساعد (دلار)	بازار نامساعد (دلار)
ساخت کارخانه بزرگ	۲۰۰,۰۰۰	- ۱۸۰,۰۰۰
ساخت کارخانه کوچک	۱۰۰,۰۰۰	- ۲۰,۰۰۰
عدم ساخت کارخانه	۰	۰

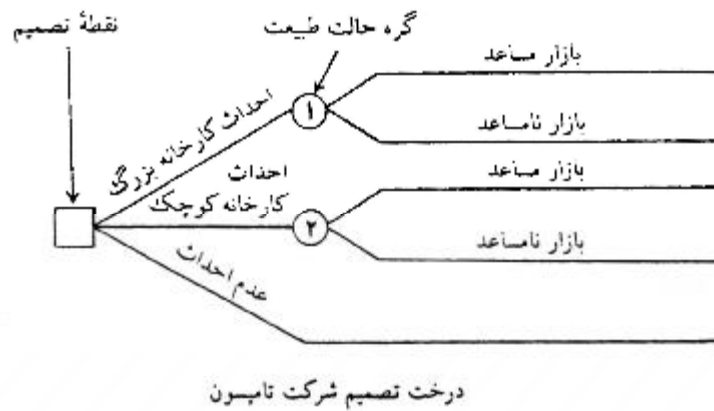
حال فرض کنید شرکت تامپسون معتقد است که احتمال وقوع بازار مساعد دقیقاً با احتمال وقوع بازار نامساعد برابر است. یعنی احتمال هر یک ۰/۵ است. کدام یک از پروژه‌ها را باید انتخاب کنید؟

درخت تصمیم ساده‌ای برای تصمیم تامپسون در شکل ۲-۶ نمایش داده شده است. توجه داشته باشید که این درخت، تصمیمات و پیامدهای مربوط به آن را با یک نظم و توالی منطقی نشان می‌دهد. ابتدا تامپسون تصمیم می‌گیرد کارخانه‌ای بزرگ یا کوچک احداث کند و یا اصلاً دست به کاری نزند. وقتی تصمیمی گرفته شد، حالت‌های طبیعت یا پیامدهای ممکن (بازار مساعد یا نامساعد) مطرح می‌شود.

درخت‌های تصمیم از این نظر که همه آنها نقاط یا گره‌های تصمیم و نقاط یا گره‌های حالت‌های طبیعت را شامل می‌شوند، مشابهند.

نماد بیانگر گره تصمیم است که یکی از گزینه‌ها باید انتخاب شود.

نماد O بیانگر گره حالت طبیعت است که در این هنگام حالت‌های مختلف طبیعت به وقوع می‌پیوندد.



شکل ۲-۶. درخت تصمیم برای تصمیم تامپسون

تجزیه و تحلیل مسائل با استفاده از درخت تصمیم مستلزم پنج گام است:

تعریف مسأله

رسم درخت تصمیم

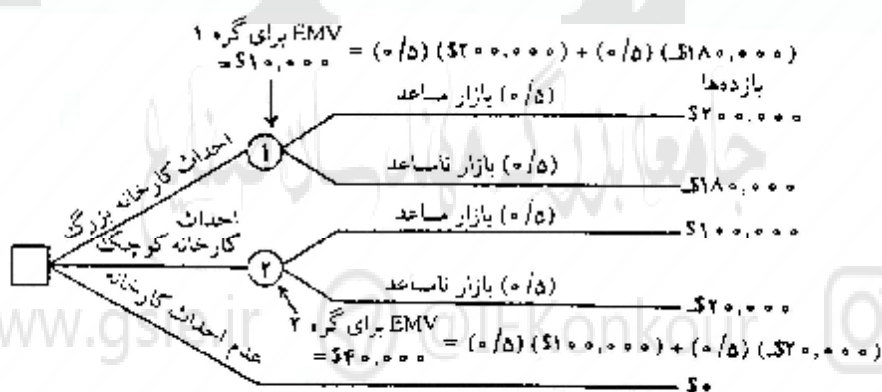
تعیین احتمالی حالات طبیعت

برآورد بازده برای هر طبیعت ترکیب ممکن گزینه و حالت طبیعت

حل مسأله با محاسبه ارزشهای پولی مورد انتظار (EMV) برای هر گره حالت طبیعت.

این عمل یک عمل پس رفتی است؛ یعنی از قسمت راست شروع می‌کنیم و با انجام دادن محاسبات به نقطه

انتتهایی تصمیم در سمت چپ درخت می‌رسیم.



شکل ۲-۷.



درخت تصمیم حل شده برای شرکت تامپسون در شکل ۲-۷ نشان داده شده است. توجه داشته باشید که بازده‌ها در سمت راست هر شاخ درخت، و احتمالات در داخل پرانتز و نزدیک به هر حالت طبیعت قرار می‌گیرند. سپس ارزشهای پولی مورد انتظار برای هر گره حالت طبیعت محاسبه و روی گره مربوطه جای می‌گیرد. EMV برای گره اول ۱۰,۰۰۰ دلار است. این عدد مبین آن است که احداث کارخانه بزرگ ۱۰,۰۰۰ دلار EMV دارد. EMV برای گره دوم، احداث کارخانه متوسط، ۴۰,۰۰۰ دلار است. عدم احداث کارخانه بازده صفر دلار را داراست. شاخه‌ای که به نقطه تصمیم منتهی می‌شود و بیشترین EMV را دارد باید انتخاب شود. در مورد شرکت تامپسون، باید کارخانه کوچک احداث شود.

### ۳-۴. تصمیم پیچیده برای شرکت تامپسون

زمانی که نیاز به تصمیمات متوالی احساس می‌شود، درخت تصمیم نسبت به جدول تصمیم ابراز قدرتمندتری است. فرض کنید تامپسون باید دو تصمیم بگیرد که تصمیم دوم وابسته به پیامد اولین تصمیم است. تامپسون قبل از اتخاذ تصمیم در مورد احداث کارخانه جدید، این انتخاب را هم دارد که با هزینه‌ای معادل ۱۰,۰۰۰ دلار بررسی بازار را انجام دهد. اطلاعاتی ناشی از این بررسی می‌تواند او را در اتخاذ تصمیم در مورد احداث کارخانه بزرگ، کوچک، و یا عدم احداث کمک کند. تامپسون می‌داند که نتیجه این بررسی اطلاعات کامل را فراهم نمی‌کند، ولی می‌تواند در تصمیم‌گیری او تأثیر زیادی داشته باشد. درخت تصمیم جدید در شکل ۳-۸ ارائه شده است. بیاید نگاهی دقیق‌تر به این درخت پیچیده بیندازیم. توجه داشته باشید که این درخت، پیامدها و گزینه‌های ممکن با ترتیب توالی منطقی آنها را شامل می‌شود. این موضوع یکی از نقاط قوت استفاده از درخت تصمیم‌گیری است. استفاده‌کننده مجبور است تمام پیامدهای ممکن، از جمله پیامدهای نامساعد را بررسی کند و دیگر اینکه تصمیمات را به صورت متوالی و منطقی اتخاذ کند.

با بررسی درخت تصمیم شرکت تامپسون، ملاحظه می‌شود که اولین نقطه تصمیم، تصمیم در مورد عدم بررسی بازار یا انجام بررسی بازار است که ۱۰,۰۰۰ دلار هزینه دارد. اگر او تصمیم به عدم بررسی بازار بگیرد (قسمت پائین تر درخت)، می‌تواند کارخانه‌ای بزرگ یا کوچک احداث کند و یا اصلاً کارخانه‌ای احداث نکند. این دومین تصمیم تامپسون است. اگر کارخانه‌ای احداث کرد، بازار یا مساعد است (با ۵۰٪ احتمال) یا نامساعد است (با ۵۰٪ احتمال). بازده هر توالی ممکن در طرف راست درخت درج شده است. در واقع، قسمت پایین تر درخت تصمیم تامپسون با درخت تصمیم ساده‌تر که در شکل ۲-۶ نشان داده شده، مشابه است. چرا باید اینطور باشد؟

قسمت بالای شکل ۸-۲ تصمیمی را منعکس می‌کند که مستلزم بررسی بازار است. از گره شماره ۱ دو شاخه منشعب می‌شود، ۴۵٪ احتمال دارد که نتایج بررسی، بازار مساعدی را برای کالای جدید نشان دهد. احتمال اینکه نتایج بازار منفی باشد، ۵۵٪ است. بقیه احتمالات نمایش داده شده در پرانتزها در شکل ۸-۲ احتمالات شرطی است.

برای مثال، احتمال بازار مساعد برای محصول جدید، به شرط نتایج مساعد بررسی بازار ۷۸٪ است. با توجه به این نکته که بررسی بازار، بازار خوبی را نشان می‌دهد، انتظار می‌رود احتمال بالایی برای مساعد بودن بازار وجود داشته باشد. با این حال فراموش نکنید که احتمال دارد بررسی بازار ۱۰,۰۰۰ دلاری تامپسون اطلاعات کامل یا حتی اطلاعات قابل اعتمادی را نتیجه ندهد. هر بررسی بازاری در معرض میزانی از خطاست. در مورد شرکت تامپسون، ۲۲٪ احتمال وجود دارد که بازار کالای جدید نامساعد باشد، گرچه نتایج بررسی بازار مثبت است. توجه کنید که ۲۷٪ شانس وجود دارد که بازار منفی است. ۷۳٪ احتمال وجود دارد که بازار واقعاً نامساعد بوده و نتایج بررسی بازار هم منفی باشد. نهایتاً زمانی که به ستون بازده در شکل ۸-۲ نگاه می‌کنیم، می‌بینیم که ۱۰,۰۰۰ دلار، هزینه بررسی بازار، باید از هر ۱۰ شاخه بالایی درخت کسر شود.

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ آزاد اسلامی



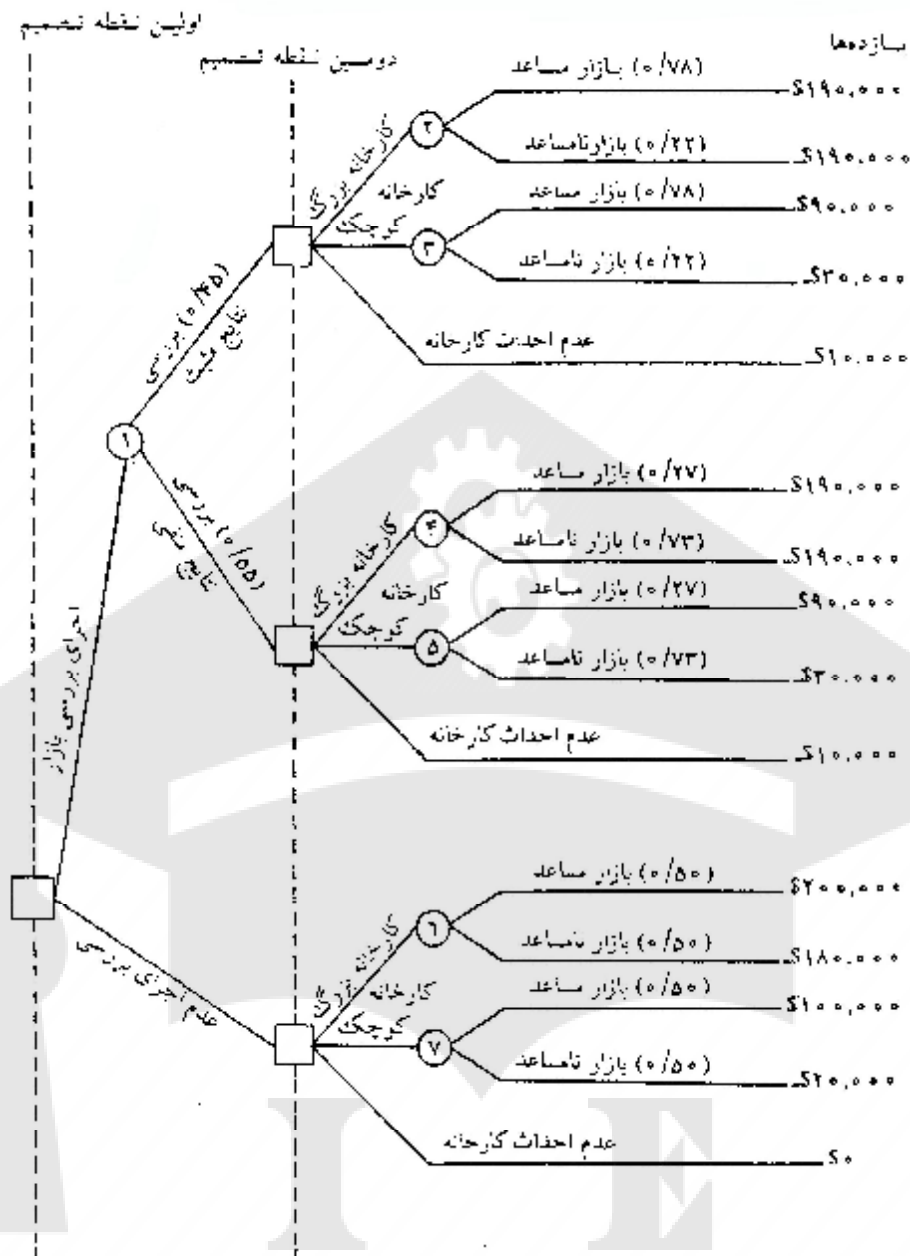
www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir



شکل ۲-۸. درخت تصمیم جدید شرکت تامسون

در این صورت، احداث یک کارخانه بزرگ با بازار مساعد ۲۰۰,۰۰۰ دلار سود خواهد داشت. ولی چون بررسی بازار صورت گرفته است از مبلغ فوق ۱۰,۰۰۰ دلار کسر شده به ۱۹۰,۰۰۰ دلار تقلیل می‌یابد. برای بازار نامساعد، زیان ۱۹۰,۰۰۰ دلاری به ۲۰۰,۰۰۰ دلار افزایش می‌یابد. به همین صورت با بررسی بازار و عدم احداث هیچ کارخانه‌ای، ۱۰,۰۰۰ دلار زیان خواهیم داشت.

با مشخص شدن احتمالات و بازده‌ها، قادر خواهیم بود ارزش پولی مورد انتظار برای هر شاخه را حساب کنیم. از قسمت انتهایی، یا سمت راست درخت تصمیم شروع می‌کنیم و با حرکت پس رفتی، به ابتدای درخت باز می‌گردیم. وقتی تجزیه و تحلیل تمام شد، بهترین تصمیم مشخص می‌شود.

۱- اگر نتایج بررسی بازار مساعد باشد:

$$EMV(2) = EMV \quad (\text{نتایج مثبت / کارخانه بزرگ})$$

$$= (0/78)(190,000) + (0/22)(-190,000) = 106,400 \quad \text{دلار}$$

$$EMV(3) = EMV \quad (\text{نتایج مثبت / کارخانه کوچک})$$

$$= (0/78)(190,000) + (0/22)(-30,000) = 63,400 \quad \text{دلار}$$

در این مثال،  $EMV$  برای عدم احداث کارخانه ۱۰,۰۰۰ دلار است. بنابر این اگر نتایج بررسی مساعد باشد باید کارخانه بزرگ احداث شود.

۲- اگر نتایج بررسی نامساعد باشد:

$$EMV(4) = EMV \quad (\text{نتایج منفی / کارخانه بزرگ})$$

$$= (0/271)(190,000) + (0/73)(-190,000) = -87,400 \quad \text{دلار}$$

$$EMV(5) = EMV \quad (\text{نتایج منفی / کارخانه کوچک})$$

$$= (0/271)(90,000) + (0/73)(-30,000) = 400,2 \quad \text{دلار}$$

$EMV$  برای عدم احداث ۱۰,۰۰۰ دلار است. بنابر این با فرض منفی بودن نتایج بررسی، تامپسون باید کارخانه‌ای کوچک با ارزش مورد انتظار ۲,۴۰۰ دلار احداث کند.

۳- با ادامه محاسبات روی قیمت بالاتر درخت و حرکت پس رفتی، ارزش مورد انتظار بررسی بازار را محاسبه می‌کنیم.

$$EMV(1) = EMV \quad (\text{انجام بررسی بازار})$$

$$= (0/451)(106,000) + (0/55)(2,400) = 49,200 \quad \text{دلار}$$

۴- اگر بررسی بازار انجام نگیرد: [www.gsie.ir](http://www.gsie.ir) @IEKonkour

$$EMV(6) = EMV \quad (\text{کارخانه بزرگ})$$

$$= (0/5)(200,000) + (0/5)(-180,000) = 10,000 \quad \text{دلار}$$

$$EMV(7) = EMV \quad (\text{کارخانه کوچک})$$

$$= (0/5)(100,000) + (0/5)(-20,000) = -40,000 \quad \text{دلار}$$

دولار ۰ = (عدم اءءاء كارخانه)  $EMV$

۶- ءون ارزش پولی مورد انتظار بررسی بازار، ۴۹/۲۰۰ دلار در مقایسه با ۴۰/۰۰۰ دلار برای عدم بررسی بازار، بیشتر است، پس بهترین انتخاب، بررسی بازار برای کسب اطلاعات بیشتر است. اگر نتایج تحقیق مساعد باشد، تامپسون باید کارخانه بزرگ را اءاء کند. ولی اگر نتایج بررسی منفی باشد، تامپسون باید به فکر اءاء کارخانه کوچک باشد.

صنایع بیست

Sanaye20.ir

ءامفابلرگ مءءءار صنایع



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

## مسائل

هزینه اولیه یک طرح ۷۰۰۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی برابر صفر دارد. اگر عمر و درآمد الیانه آن پس از کسر مالیات طبق جدول زیر باشد:

عمر پروژه		درآمد سالیانه	
سال	احتمال	درآمد	احتمال
۴	٪۳۰	۲۰۰۰۰۰	٪۲۰
۶	٪۴۰	۴۰۰۰۰۰	٪۴۰
۸	٪۴۰	۳۲۰۰۰۰	٪۴۰

با در نظر  $MARR=10\%$  آیا چنین پروژه ای اقتصادی است؟

یک تولید کننده قطعات خودرو، ۶ فاکتور احتمالی جهت سرمایه گذاری تعیین و تابع احتمال آنها را چنین بدست آورده است:

سرمایه گذاری اولیه: توزیع نرمال با میانگین ۵۰۰ و انحراف معیار ۱۲۰۰

عمر مفید: حداقل ۵ و حداکثر ۷ سال با توزیع یکنواخت پیوسته

هزینه نگهداری: ۴۰۰ و انحراف استاندارد ۷۰۰ با توزیع نرمال

تعداد خرابیها در سال: میانگین ۱۰ بار در سال بر طبق توزیع پواسون

هزینه هر بار خرابی: میانگین ۸۰۰ و انحراف معیار ۴۰۰ طبق توزیع نرمال

درآمد سالیانه:

احتمال	درآمد
۳۰٪	۳۰۰۰۰۰
۵۰٪	۴۰۰۰۰۰
۲۰٪	۵۰۰۰۰۰

اگر نرخ بهره ۱۲٪ باشد، سرمایه گذاری سود آور خواهد بود یا خیر؟

(اهنمایی: مسئله را حداقل ۴ بار تکرار نمایید.)

شخصی قصد سرمایه گذاری در طرحی به میزان ۳۰۰۰۰ واحد پولی دارد، پیش بینی ها نشان داده که درآمدخالص مستقل با توزیع نرمال به میانگین ۱۰۰۰۰ و انحراف معیار ۲۰۰۰۰ واحد پولی است. اگر  $n=5$  سال و  $MARR=10\%$  و ارزش اسقاطی صفر باشد:

الف) امید ریاضی ارزش فعلی خالص تحت شرایط ریسک و اطمینان.

ب) احتمال منفی شدن ارزش فعلی طرح را بیان کنید.

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ آزاد اسلامی



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

# فصل سوم

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعته فنی و مهندسی صنایع



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir



تورم

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعہ اہل کرامت



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

## مقدمه:

ریشه تورم اصلی تورم را باید در نیاز دولته به پول و قدرت خرید اضافه بدانیم . تورم عارضه ای است قدیمی که به سن دنیا بستگی دارد . که این عارضه با بروز زمان پیچیده تر می شود. معمولاً با اتخاذ تصمیم پولی و مالی صحیحی می توان از آن به نحوی جلوگیری کرد، تورم گاهی وسیله و اهرمی برای اعمال بعضی از مقاصد اقتصادی ایت.

## ۱- تعریف تورم :

با توجه به مکاتب پولی مختل تمرینهای گوناگونی از تورم دارند.

۱- تورم عبارت است از مازاد قدرت خرید یا مازاد وسایل پرداخت.

۲- تورم عبارت است از عدم تعادل بین مقدار که برای معاوضه در اختیار مردم است و مقدار احتیاجی که مردم برای انجام معاوضات معمول خود به پول دارند.

۳- تورم عبارت است از زیادی تقاضا نسبت به عرضه.

۴- تورم عبارت است از یک عدم انطباق تقاضا و عرضه کل با این خصوصیت اساسی که موقتی نبوده بلکه با دوام می باشد.

در تعریف تورم به شکلهایی که در قبل گفته شد قابل قبول است اما به نظر می رسد که برای توجیه بهتر ۲ عامل دیگر را باید در نظر گرفت.

۱- علت تورم

۲- نشانه تورم

تعاریف و تفسیرهای بالا را می توان به عنوان علل تورم تلقی کرد. اما در مورد نشانه تورم شاید مهمترین و خلاصه ترین کلام این است «تورم عبارت است از یک افزایش زیاد ، نامنظم ، افسار گسیخته قیمت ها » وقتی تقاضای کلی بر عرضه کل سبقت گرفت (علت) و این جریان تداوم یافت و جامعه اقتصادی قادر به تغییر دو عامل فوق نقشه آنگاه قیمت ها در بخشهای اقتصادی به طور نامنظم اتوماتیک وارد افسار گسیخته یا غیر قابل کنترل افزایش می یابد (نشانه ها) به عبارت دیگر عارضه افزایش بی امان قیمت ها نشانه تورم است.

## ۱-۱ انواع تورم:

- ۱- تورم باز و مهار شده
- ۲- تورم آهسته چهار نعل
- ۳- تورم دورانی و تاریخی
- ۴- تورم توسعه نیافتگی و رشد

دانشگاه کمبریج ۵ نوع تورم را تقسیم بندی کرده است که عبارتند از:

- ۱- مخفی یا پنهانی : این نوع تورم خاص کشورهای سوسیالیسم است.
- ۲- تورم متعادل یا عادی : که افزایش دائمی و سالانه قیمت ها را در پی دارد در کشورهای سرمایه داری می باشد و دارای نرخ تورمی حدود ۳٪ تا ۴٪ می باشند . این تورم قابل تامل است . به نظر گروهی از اقتصاددانان بعلت ایجاد انگیزه مداومی که برای گسترش فعالیتهای اقتصادی فراهم می سازد، مفید است.
- ۳- تورم گسترده: بیشتر در کشورهای امریکای لاتین وجود دارد . نرخ تورم بین ۱۰٪ تا ۵۰٪ در سال می باشد در اکثر ممالک شبه سرمایه اری وابسته، رایج است . افزایش قیمتها در اصل بیش از ۳۰٪ می باشد . آثار بزرگ این نوع تورم بی ثباتی بزرگ اجتماعی، سیاسی می باشد. در چنین شرایطی توزیع درآمدها به نفع گروه حاکم و سرمایه دار می باشد طبقات جامعه که فاقد قدرت سیاسی ، گروهی ، طبقاتی هستند روز به روز فقیرتر می شوند.
- ۴- تورم حاد یا شدید : نرخ تورم در این نوع ، بیش از ۵۰٪ می باشد افزایش قیمتها گاهی تا ۱۰٪ می رسد، عمر این نوع تورم زیاد می باشد ولی اثرات فرسایشی بسیاری در جامع دارد بطوریکه گاهی باعث سقوط نظام پولی و سیاسی این کشور می شود. نفوذ از این نوع تورم بعد از جنگ جهانی دوم در آلمان بوجود آمد.

در صفحه بعد علل تورم به تفصیل آورده شده اند.

۱- علل عارضه تورم

- جنگها
- انقلاب
- سیل

- زلزله

۲- علل اقتصادی

الف ( فزونی تقاضا نسبت به عرضه به علت

- طول مدت سرمایه گذاریهای عمومی و خصوصی

- فزونی مصرف زیاد ناشی از تقاضای ارضا نشده

- افزایش هزینه های دولت (در صورت ایجاد پول اضافه)

ب ( توسعه و فزونی قدرت خرید در جامعه نسبت به امکانات تولید

- افزایش حجم پول در جامعه

- افزایش میزان اعتبارات در جامعه

ج) افزایش ناپذیری تولید و کاهش کالا به علت

- اشتغال کامل عوامل تولید

- صادرات کالاهای مورد نیاز عمومی

- کاهش واردات

۳- علل مربوط به ساختار جامعه

- وجود ضایع مونتاژ وابسته

- پایین بودن قدرت تولید در جامعه

- کشاورزی بی رمق

- اتکا به داد و ستدهای خارجی و ورود تورم از خارج

- توزیع غلط کالا در جامعه

۴- علل روانی

- بدبینی و عدم اعتماد جامعه به وضع اقتصادی موجود

- ترس از افزایش تورم

## ۲-۱ چگونگی برخورد با تورم در مطالعات اقتصادی

### یک مرور اجمالی

در این فصل ما نهایتاً به این پرسش که چگونه با تصویر ناخوشایند تورن در مدل‌هایمان برخورد کنیم . رجوع خواهیم کرد و با کمال تعجب در می یابیم که اگر تمامی عوامل به تورم به نسبت مساوی حساس باشند اولین راه برای منظور داشتن آن ، حذف عملیات شهودی مانند هزینه های رو هب تزايد نیروی کار برای تورم است.

متأسفانه در هر صورت این عوامل به ندرت همگی به طور مساوی به تورم حساس هستند بنابراین با نرخ های متغیر تورم را باید مورد توج قرار داد و نرخهای تورم هر زمان تغییر پیدا می کند متأسفانه توانایی ما برای ساختن مدل‌های پیچیده تر تقریباً به سرعت از توانایی ما برای تخمین زندهای مورد نیاز به منظور استفاده از چنین مدل‌هایی پیشی می گیرد به همین خاطر نیز ما به همراه یک معضل از قافله عقب می مانیم همانند همیشه آنالیز باید مدلی را انتخاب کند که به اندازه کافی واقعی باشد تا بتواند احتمال بالایی را درباره رسیدن به یک هدف خوب با هزینه هر چه کمتر را بدهد. همانند قبل ما این مشکل را توسط بررسی بر روی مثال‌هایی که بتدریج مشکل می شود را حل خواهیم کرد .

تاکنون در این درس ما در دنیای بدون تورم زندگی می کرده ایم . یا دقیق تر بگوییم دنیایی که بر اساس مدل‌های ما برای زندگی کردن پایه ریزی شده است. همان طور که این کلمات تحریر می وند این نیز از واقعیت بسیار دور است متأسفانه به نظر می رسد که این واقعیت تا زمانیکه اتفاق بیافتد ادامه خواهد داشت. ما چگونه می توانیم مدل‌هایمان را برای تشخیص پدیده تورم تجهیز کنیم. مثل همیشه از طریق مثال با این مسئله برخورد خواهیم کرد. تا الان شما احتمالاً حدس زده اید که با مثال ساده شروع می کنیم و سپس به سراغ مثال‌های پیچیده تر می رویم . اولین مثال ما آنقدر آسان خواهد بود که شما ممکن است کاملاً تعجب کنید که چرا وقت شما را با آن گرفته ایم اما آن را تحمل کنید با این مثال به عنوان یک پایه و اساسی که روی آن باید نتیجه ای را بسازیم که احتمالاً آنرا کمی تعجب آور خواهد یافت.

اگر قیمت متوسط کالای  $A$  در یک سال  $P_1$  و در سال بعد  $P_2$  ریال باشد ، نرخ تورم با رابطه زیر تعریف می شود:

$$i_f = (P_2 - P_1) / P_1 * 100$$

که در این رابطه  $i_f$  نرخ تورم سالانه (درصد) کالای  $A$  می باشد . به طور کلی اگر  $p(t)$  نمایش قیمت متوسط کالا یا خدمات در زمان  $t$  باشد و اگر پس از گذشت مدت قیمت این دسته از کالا یا خدمات به  $p(t + \Delta t)$  افزایش یابد ، نرخ متوسط تورم در مدت

چنین می شود:

$$P(t + \Delta t) = p(t)(1 + i_f)$$

عکس  $p(t)$  را قدرت خرید پول می گویند.

در صورتی که تورم ثابت فرض شود ، در نتیجه رابطه (۹-۲) را می توان برای دوره های دیگر نیز تعمیم داد که به شرح زیر

است :

$$P(t+n \Delta t) = p(t)(1 + i_f)^n$$

که در آن  $n$  تعداد دوره ها با طول زمانی  $\Delta t$  می باشد .

در حالتی که نرخ تورم در سالهای مختلف متغیر باشد ، برای بدست آوردن قیمت در انتهای سال  $k$  ام می بایست قیمت در ابتدای

سال  $(i_{fk} + 1)$  ضرب نمود  $i_{fk}$  نرخ تورم در سال  $k$  می باشد لذا خواهیم داشت :

$$(1 + i_{fk}) \text{ قیمت در ابتدای همان سال} = \text{قیمت در انتهای هر سال } k$$

چون سمت راست رابطه (۹-۴) قیمت در انتهای سال بعدی می باشد (سال  $k+1$ ) لذا برای محاسبه یمت در اتهای این سال

می باید سمت راست رابطه رادر ضرب نمود (به همین ترتیب برای سالهای متوالی اینکار را انجام می دهیم ) در نتیجه اگر نرخ

تورم در سال مبنا و در سالهای بعد به ترتیب  $i_{f1}, i_{f2}, \dots, i_{fn}$  برای تعیین قیمت در سال  $n$ ام ( $p_n$ ) داریم :

$$P_n = p_1(1 + i_{f1})(1 + i_{f2})(1 + i_{f3}) \dots (1 + i_{fn})$$

ملاحظه می شود که با توجه به ماهیت مرکب شدن نرخ تورم ، روابط و مدلهایی را که در ارتباط با نرخ بهره برداری در اینجا نیز

صدق می کند.

## ۲- اندازه گیری نرخ تورم

پیش بینی و اندازه گیری نرخ تورم بسیار مشکل است زیرا قیمت کالا و خدمات مختلف ، با نرخ های متفاوت و - دکتر زمان های

گونگون افزایش یا کاهش می یابند . بعنوان مثال طی سالهای ۱۹۵۴ تا ۱۹۷۹ در آمریکا ، هزینه متوسط یک روز اقامت در

بیمارستان ۷۹۶ درصد و قیمت یک پوند گوشت ۳۰۵ درصد افزایش و در عین حال قیمت یک دستگاه تلوزیون سیا و سفید ۱۷ درصد

کاهش یافت . محاسبات نرخ تورم زمانی پیچیده کامپیوتر می شود که قیمتها از لحاظ جغرافیای متفاوت و عالت مردم متغیر

باشند . روشهای معمول در اندازه گیری تورم به طور خلاصه عبارتند از :

### ۱- شاخص قیمت مصرف کننده (CPI)

دولتها تلاش می کند تا با جمع آوری و شناسایی هزینه هایی که خانواده ها دارای درآمد متوسط می پیردازند ، نرخ تورم را اندازه بگیرند . قیمت هر الادر هر ماه جمع آوری شده و میانگین گرفته می شود . سپس با توجه به نوع هزینه ها به ان وزن داده می شود که نتیجه آن CPI خواهد بود که تغییر قیمت کلیه کالا ها را در ماه و سال نشان می دهد .

### ۲- شاخص قیمت عمده فروش (WPI)

در این روش تورم در سطح عمده فروشی برای کالاهای مصرف کنندگان و صنایع ، اندازه گیری می شود، اما خدمات را در نظر نمی گیرد .

### ۳- شاخص قیمت مطلق (IPI)

این روش اثر تغییر قیمت را روی تولید ناخالص ملی مجموع ارزش بازای همه کالاها و خدمات جامعه ( نشان می دهد . نرخ تورم روشهای CPI, IPI تقریبا یکسان است .

گرچه شاخص های تغییر قیمت های گذشته را در نظر می گیرند ، ولی برای روند در قیمت های آینده نیز مناسبند. مثلا اگر شاخص یک سال از ۲۰۰ به ۲۱۶ برسد نرخ افزایش  $\frac{216-200}{200} = 0.08$  یا ۸ درصد است . برای محاسبه روند در طول چند دوره ، نرخ ترکیبی رشد سالیانه محاسبه می شود . مثلا برای شاخصی که ظرف ۳ سال گذشته از ۱۷۶ به ۲۱۶ رسیده است روند قیمت ها با نرخ تورم F عبارتند از :

$$f = 7.1\% \text{ یا } f = 0.071 \text{ یا } (1+f)^3 = \sqrt[3]{216/176} \text{ یا } 176(1+f)^3 = 216$$

### ۳- اثر تورم در بررسی های اقتصادی

زمانیکه نرخ تورم کم و بین ۲ تا ۴ درصد باشد ، در محاسبات اقتصادی وارد نمی شود ، زیرا همه پروژه به طور یکسان با تغییر قیمت ها مواجه می باشد و تفاوت بین هزینه های فعلی و آتی بسیار اندک است . اما با افزایش نرخ تورم ، اثر آن بر فرصت های سرمایه گذاری و بررسی های اقتصادی مشهود است و باید با عنوان یک عامل مهم و تعیین کننده در نظر گرفته شود . بدین منظور از دو مدل اصلی و توسعه آنها استفاده می شود : ۱- حذف اثرات تورم با تبدیل فرایندهای مالی متورم شده . فهم و کاربرد این رویکرد ، ساده تر و کارائی ان بیشتر از کارائی روش اول است . آنچه مهم است فرضیاتی است که در تعیین حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول در رابطه با نرخ های تورم انجام می شود .

**مثال ۱ -** طرحی با هزینه اولیه ۲۰۰۰۰ واحد پولی و درآمد سالیانه ۸۵۰۰ واحد پولی برای سه سال (بدون در نظر گرفتن تورم)، از آنجایی که به نظر می رسد در ۵ سال آینده نرخ تورم ۵ درصد خواهد بود ، حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول را بجای ۱۰ درصد ، ۱۵ درصد در نظر می گیریم (متذکر می شود که فرض حداقل نرخ ۱۵ در صد بر اساس جمع نرخ تورم و حداقل نرخ جذب کننده واقعی است) آیا این طرح اقتصادی است ؟

حل: در نظر گرفتن فرایند مالی واقعی بدون تورم با  $MARR = 15\%$  ارزش فعلی دارای جواب منفی است :

$$NPW = -20000 + 8500(P/A, 15\%, 3) = -590$$

در حالیکه فرایند واقعی با  $MARR = 10\%$  دارای  $NPW = 1,138/24$  می باشد اما باید درآمدهای واقعی را باتوجه به نرخ تورم، متورم کرده و سپس  $NPW$  را با  $MARR = 15\%$  محاسبه نمود .

فرآیند مالی متورم شده	تورم ۵ درصد	فرآیند مالی بدون تورم	n سال -
-۲۰۰۰۰			۰
۸۹۳۰	۱۰۵	۸۵۰۰	۱
۹۳۷۰	۱۰۵ <sup>۲</sup>	۸۵۰۰	۲
۹۸۴۰	۱۰۵ <sup>۳</sup>	۸۵۰۰	۳

جدول ۱: محاسبات تورم

فرایند مالی متورم شده نشان میدهد که برای خرید کالاهایی که امروزه ۸۵۰۰ واحد پولی لازم است ۳ سال بعد باید ۹۸۴۰ واحد پولی پرداخت .

$$NPW = 20000 + 8930(P/F, 15\%, 1) + 9370(P/F, 15\%, 2) + 9840(P/F, 15\%, 3) = 1320$$

پروژه با  $MARR = 15\%$  اقتصادی بوده و پذیرفته می شود .

### ۳-۱ محاسبه نرخ ظاهری ( $i_f$ )

نرخ ظاهری که در واقع حداقل نرخ جذب کننده بعد از تورم است از ترکیب حداقل نرخ جذب کننده ( $MARR$ ) و نرخ تورم  $f$  بدست می آید . فرض کنید  $p$  ارزش یک دارایی در حال حاضر و  $Ft$  ارزش همان دارایی بعد از تورم به مدت  $t$  سال باشد ارزش فعلی این دارایی  $P = Ft / (1+f)^t (1+i)^t$  می باشد .

از طرفی ارزش فعلی واقعی نیز می تواند به صورت  $P = Ft / (1+i)^t$  باشد که از مساوی قرار دادن دو رابطه فوق :

$$(1+i_p)^t = (1+f)^t (1+i)^t$$



$$i_f = (1+i)(1+f) - 1$$

$$i_f = i + f + if$$

### ۳-۲ مقایسه مقدار ثابت قبل از مالیات

فرض کنید  $t$  سال مبنا برای اندازه گیری بهره دهی تولید شرکتی باشد. اگر از شاخص قیمت مصرف کننده (CPI) برای تبدیل فرایند مالی متورم سالهای آینده به مقادیر واقعی در سال مبنا استفاده شود، ارقام ورودی و خروجی سال  $(t+1)$  با استفاده از رابطه ۲-۱۵ به مقادیر سال  $t$  تبدیل می شوند:

$$CPI = \frac{1 + CPI(t+1) - CPI(t)}{CPI(t)}$$

مثلا اگر سال ۱۳۷۵ با شاخص ۱۹۵/۴ و درآمد ۳۷۷۰۰۰ واحد پولی سال مبنا باشد برای تبدیل قیمت متورم شده سال ۱۳۷۶ که مثلا ۴۲۶۰۰۰ واحد پولی می باشد و شاخص آن ۲۱۴/۱ است داریم:

$$CPI = 1.098$$

و در نتیجه:  $388000 = 426000 \div 1.098$  خواهد بود. ملاحظه می شود که خروجی به میزان  $388000 - 377000 = 11000$  در طول سال به طور ثابت افزایش یافته است. اصولا ساده کامپیوتر است که هزینه های آینده به صورت ثابت تخمین زده شوند، زیرا با مقادیر روز اشنای وجود دارد. تبدیل تخمین ها از مقادیر واقعی به فرآیند متورم، وقتی نرخ تورم ثابت فرض شود کار ساده ای است.

**مثال ۲** دو طرح زیر را در نظر بگیرید. تخمینها واقعی هستند ( $MARR = 12\%$ ) اگر نرخ تورم در طول ۴ سال برابر با ۶ درصد در سال باشد کدام طرح را انتخاب می کنید؟

سال	۰	۱	۲	۳	۴
طرح A	۱۰۰۰۰-	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰۰
طرح B	۱۴۰۰۰۰-	۵۵۰۰	۵۵۰۰	۵۵۰۰	۵۵۰۰

جدول: مقایسه دو طرح ۲

حل: اگر تفاوت خالص دو طرح را در نظر گرفته و ارزش فعلی خالص تفاوت دو طرح را محاسبه کنیم  $NPW = 556$  و در نتیجه طرح B اقتصادی خواهد بود:

سال	۰	۱	۲	۳	۴
تفاوت خالص	۴۰۰۰-	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰

جدول ۳

می توان تفاوت خالص در طرح را با استفاده از فاکتور متورم کرده و دو طرح را با نرخ‌ی که از ترکیب دو نرخ  $MARR, f$  حاصل می شود مقایه نمود :

$$I_f = (1+I)(1+f) - 1 = (1+0.12)(1+0.06) - 1 = 0.1872$$

مشاهده می شود که نتیجه یکسان است .

**مثال ۳-** هزینه اولیه ماشینی ۱۲۰۰۰۰ واحد پولی است . این ماشین در پایان ۶ سال عمر مفید خود ارزش اسقاطی ندارد . هزینه های عملیاتی ۱۲۰۰۰ واحد پولی در سال و درآمدهای سالیانه ۴۰۰۰۰ واحد پولی خواهد بود . تخمینها براساس شرایط اقتصادی جاری و بدون در نظر گرفتن رشد قیمت‌ها و هزینه ها می باشد . خرید این ماشین را بر اساس هزینه های واقعی و فرایندهای مالی متورم شده مقایسه کنید (نرخ تورم ۸ درصد  $MARR=15\%$  بدون تورم بوده و از مالیات صرف نظر می شود ) .  
حل : ارزش فعلی واقعی با نرخ ۱۵ درصد :

$$NPW = -120,000 + (40,000 - 12,000)(P/A, 15, 6)$$

$$NPA = -14,037$$

اگر با توجه به فاکتور فرآیند مالی واقعی به فرایند مالی متورم شده تبدیل شود  $NPW$  با نرخ ترکیبی  $i_f$  محاسبه شود داریم :

$$I_f = (1+0.15)(1+0.08) - 1 = 0.242$$

مشاهده که هر دو  $NPW$  یکسان هستند زیرا

$$(P/F, 24/2, n) = (P/F, 8, n)(P/F, 15, n)$$

میباشد .



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

۱- شروع با دو مسئله – با فرض این که نرخ برگشت سرمایه صفر است. مسئله را به مسئله ای بسیار ساده (بنابراین

کاملاً غیر واقعی) آغاز می کنیم.

**مثال ۴-** نرخ تورم و نرخ برگشت سرمایه هر دو صفر فرض شده اد و شم باید از بین دو دریافت ، یکگ قطعه در پایان هر سال سه

سال آتی و یا یک قطعه طلا در امروز یکی را بر گزینیم . این قطعه نقره مشابه یکدیگر فرض شده اند.

بر چه پایه ای شما بین دو گزینه ناسازگار بالا یکی را انتخاب مې کنید؟

یک روش برای این کار این است که بر پایه ارزش آینده هر گزینه، یکی را برگزینیم . چون که برگشت سرمایه صفر است این می

تواند به صورت قطعه ها (Bars) محاسبه شود تا به نسبت مقادیر دلار.

اگر  $G$  معرف یک قطعه طلا  $S_1$  معرف یک قطعه نقره باشد. دیاگرام جریان قطعه ها به صورت زیر است .

سال	انتخاب	
	نقره	طلا
۰		$G$
۱	$S$	
۲	$S$	
۳	$S$	

جدول ۴: اطلاعات مثال ۴

بنابراین ما می توانیم نقره را انتخاب کنیم اگر ارزش سه قطعه نقره بیشتر از ارزش یک قطعه طلا باشد اگر  $S$  را به عنوان

مبالغی از دلار امروزه که بوسیله فروختن یک قطعه نقره به پول نقد تبدیل می شود بگیریم و  $G$  دلار مقداری که برای یک

قطعه که امروزه قیمت گذاری (فروخته می شود) می شود . در نظر بگیریم آنگاه ما قطعات نقره را برمی گزینیم اگر .

$$rS > 1G \text{ \$ یا } [1]$$

$$rS - 1G > 0$$

باید در نظر گرفت که مثال بالا مثالی بی نهایت ساده می باشد یک مسئله با فرض های بیشتر به قرار زیر است.

**مثال ۵:** فرض کنید که مثال مسئله ۱ (بالا) را در نظر گرفته اید. تصور کنید که نرخ برشت سرمایه صفر است اما حالا شما نرخ تورم  $r$  را نیز در آن منعکس می سازید. بر چه اساس این دو انتخاب نقره و طلا شما تصمیم خواهید گرفت.

دیاگرام جریان قطعات (*Bar Flow Diagram*) دچار تغییراتی خواهد شد اما اگر مقادیر هر دو طلا و نقره نسبت به تورم حساس باشند و قطعات طلا و نقره به محض این که دریافت می شود فروخته شود آنگاه دیاگرام جریان قطعات بصورت زیر خواهد شد.

سال	انتخاب	
	نقره	طلا
۰		$G \$$
۱	$S_{\$}(1+r)$	
۲	$S_{\$}(1+r)^2$	
۳	$S_{\$}(1+r)^3$	

جدول ۵: اطلاعات مثال ۵

توجه کنید که تورم در هر سال  $r$  می باشد. تصاویر دلار دریافت شده برای یک قطعه نقره در پایان سال  $N$ ، به صورت  $S_{\$}(1+r)^n$  خواهد شد. اگر ما بتوانیم که تصور کنیم دلارهای شما در یک حالت (موقعیت) تورمی سرمایه گذاری شوند آنگاه برای هر یک از آلترناتیو ها در پایان سال سوم چه ارزشی را دارا خواهد شد؟

قطعه نقره ای که شما در پایان سال اول دریافت می کنید به قیمت  $S_{\$}(1+r)$  فروخته خواهد شد. اگر بخواهیم این مقدار را به پایان سال سم ببریم آن گاه چون آن گاه چون تورم موجود است توسط عامل  $S_{\$}(1+r)^2$  افزایش می یابد یا به عبارت دیگر در پایان سال سوم ارزشی معادل  $S_{\$}(1+r)^2$  خواهد شد دومین قطعه نقره در پایان سال دوم ارزشی معادل  $S_{\$}(1+r)^2$  و سومین قطعه معادل  $S_{\$}(1+r)^3$  تولید خواهد کرد. از آنجائیکه هر  $S_{\$}$  توسط عاملهای مساوی  $(1+r)^3$  ضرب شده است از این رو، ارزش آینده، گزینه نقره به صورت  $3S_{\$}(1+r)^3$  پیدا خواهد کرد که بنابراین آلترناتیو نقره را انتخاب خواهیم کرد اگر:

$$0.3S_{\$}(1+r)^3 - G_{\$}(1+r)^3$$

با تقسیم طرفین بر  $(1+r)^3$  خواهیم داشت

$$0.3S_{\$} - G_{\$}$$

ملاحظه می کنیم که این معادله کاملاً معادله [۱] خواهد شد یعنی در این مورد : فاکتور تورم حذف می شود.

## ۲- افزودن نرخ برگشت:

با افزودن یک نرخ برگشت، مسئله بررسی تورم را هنگامیکه هر دو گزینه درگیر آن هستند بررسی کرده برای شرح بیشتر ب یک مثال آغاز می کنم.

**مثال ۶:** فرض شده است که یک شرکت  $C$  دلار در یک مزرعه پرورش سمور سرمایه گذاری می کند این مزرعه مطمئناً انتظار دارد که در پایان سال اول تعداد  $M_1$  سمور پرورش دهد و در پایان سال دوم  $M_2$ ، در پایان سال سوم  $M_3$  در پایان سال سوم  $rM_3$  سمور پرورش دهد.

چگونه این طرح را ارزیابی میکنید اگر نرخ برگشت پیشنهاد شده  $I$  درصد در هر سال و نرخ تورم  $2$  درصد در هر سال در مسئله قرار گیرد؟

ابتدا برای این مسئله دیاگرام جریان مواد (سمورها) را رسم کرد. (*Mink flow diagram*)

زمان	سرمایه گذاری در پرورش سمور	سرمایه گذاری در زمینه های دیگر
۰		$C.$
۱	$M_1$	
۲	$M_2$	
۳	$M_3$	

جدول ۶: اطلاعات مثال ۶

برای توسعه این دیاگرام ما باید این حقیقت ر که با گذشت زمان سمورها با ارزشتر می شود را در نظر بگیریم با این طرز تفکر ، اجازه دهید که بیانگر تعداد دلار دریافت شده برای فروختن سمور در حال حاضر باشد. آنگاه دیاگرام عبارت خواهد بود از

زمان	سرمایه گذاری در پرورش سمور	سرمایه گذاری در زمینه های دیگر
۰		$C.$
۱	$M_1(1+r)$	
۲	$M_2(1+r)^2$	
۳	$M_3(1+r)^3$	

جدول ۷: دیاگرام با در نظر گرفتن تورم

اگر این جزیانهای نقدی در یک سرمایه گذاری آزاد تورمی با نرخ  $I$  که به تورم حساس است (شاید توسط سرمایه گذاری برای سمور بیشتر)، سرمایه گذاری شود. جمع سمورها در پایان اول یک ارزش را به دلار در پایان سال سوم ایجاد خواهد کرد که عبارت است از:

$$M_1 \$ (1+r)(1+i)^r (1+r)^r$$

به همین ترتیب سمورهایی که در پایان سال دوم جمع می شود ارزشی معادل

$$M_2 \$ (1+i)^r (1+i)^r (1+r)$$

در پایان سال سوم خواهد داشت

و محصول آخر ارزشی معادل  $M_3 \$ (1+r)^3$  در پایان سال سوم خواهد داشت.

سرانجام اگر در ابتدا دلار در جائیکه به تورم حساس است سرمایه گذاری کنیم این سرمایه گذاری در پایان سال سوم عبارت است بود.

$$C_0 (1+i)^3 (1+r)^3$$

توجه کنید که هر عبارت بالا شامل معادله  $(1+r)^r$  می باشد. اگر از این معادلات را بررسی کنیم و کنار هم بگذاریم آنگاه ما بر روی مزرعه سرمایه گذاری خواهیم کرد اگر.

$$(1+r)^3 \sum_{n=1}^3 M_n \$ (1+2)^{3-n} - (1+r)^3 C_0 (1+2)^3 > 0 \quad [3]$$

با تقسیم این عبارت توسط  $(1+r)^3$  سرمایه گذاری خواهیم کرد اگر.

$$\sum_{n=1}^3 M_n \$ (1+i)^{3-n} - C_0 (1+i)^3 > 0 \quad [4]$$

برای تعمیم جریان منفی  $C$  دلار (سرمایه گذاری اولیه در جای دیگر) فرض می کنیم که اگر  $CFT_n$  بیانگر جریان نقدی در پایان  $n$  پیرو با ارزش پول امروز می باشد و یک معادله برای ارزش آینده خالص را بنویسیم آن گاه خواهیم داشت.

$$NFW = (1+r)^N \sum_{n=0}^N CFT (1+i)^{N-n}$$

واضح است که اگر  $NFW$  مثبت باشد این بیانگر سرمایه گذاری عاقلانه می باشد اما اگر  $NFW$  منفی شود آنگاه  $NFWT$  که همان تقسیم بر می باشد نیز منفی می شود. توجه کنید که  $NFWT$  ارزش خالص آینده در عبارت پول امروزی می باشد

$$NFWT = \sum_{n=0}^N CFT(1+r)^{N-n}$$

پس ملاحظه می شود که در این حالت نیز عامل تورم از معادلات حذف شده و می توان در این حالت نیز به مانند حالت های پیشین عامل تورم را از محاسبات حذف نمائیم.

#### ۴- نرخ های تورم و برگشت سرمایه با زمان متغیرند

در این حالت ما آماده ایم تصور کنیم که تورم  $r$  و نرخ برگشت سرمایه  $I$  با زمان تغییر می کند. یعنی هر سال به طور سالانه این دو عامل تغییر خواهند کرد. فرض کنید که نرخ بهره در سال  $n$  ام ؟ است و نرخ برگشت سرمایه  $I$  در سال  $n$  ام ؟ است. توجه این فرضیات چگونه می توان در مورد سرمایه گذاری در مزرعه سمور یا عدم سرمایه گذاری آن تصمیم گرفت؟ در این حالت مسئله کمی مشکل تر می شود اما نتیجه گیری ساده تر می شود. دیاگرام جریان مالی عبارت خواهد شد از :

زمان	سرمایه گذاری در پرورش سمور	سرمایه گذاری در زمینه های دیگر
۰		$C.$
۱	$M_1 \$(1+r_1)$	
۲	$M_2 \$(1+r_1)(1+r_2)$	
۳	$M_3 \$(1+r_1)(1+r_2)(1+r_3)$	

جدول ۸: دیاگرام جریان مالی

اگر دیاگرام های مالی در نرخ برگشت معین باشد ؟ که به تورم نیز حساس می باشد سرمایه گذاری شوند- ارزش کلمه در پایان سه سال عبارت خواهد شد از :

$$M_1 \$(1+r_1)(1+i_1)(1+i_2)(1+r_2)(1+r_3) +$$

$$M_2 \$(1+r_1)(1+r_2)(1+i_1)(1+r_3) +$$

$$M_3 \$(1+r_1)(1+r_2)(1+r_3)$$

$$M_1 \$ (1+r_1)(1+r_2)(1+r_3) (1+i_1)(1+i_2) +$$

$$M_2 \$ (1+r_1)(1+r_2) (1+i_1) +$$

$$M_3 \$ (1+r_1)(1+r_2)(1+r_3)$$

اگر مقدار ؟ در جای دیگر سرمایه گذاری شود آنگاه ارزش آینده بدست آمده حاصل از این سرمایه گذاری عبارت خواهد بود

$$C.(1+r_1) (1+r_2)(1+r_3) (1+i_1) (1+i_2)(1+i_3)$$

حال توجه کنید که عبارات همگی شامل ؟ می باشند که با فاکتورگیری توسط این عامل ما دقیقا همان ملاکی که در موقعیت با حالت تورم صفر مواجه میشویم. بنابراین ما سرمایه گذاری می کنیم اگر

$$M_1 \$ (1+i_1)(1+i_2) + M_2 \$ (1+i_1) + M_3 \$ + (-C)(1+i_1)(1+i_2)(1+i_3) > 0$$

بنابراین مشاهده می شود که در این حالت نیز تورم در تصمیم گیری ما تاثیر ندارد.

تا کنون ما در مثالهایمان فرض نمودیم که سرمایه گذاریها با تورم حساس نباشد چه پیش می آید ؟

۵- یک مثال بطوریکه منافع نسبت تورم حساس نمی باشد.

مثال بعدی شامل یک موقعیتی است که در آن منافع آتی یا سودهای آتی بر حسب مقادیر دلار مشخص شده دلار نیستند از حالا به بعد با این مسئله را مورد بررسی قرار می دهیم با یک مثال ساده هر چند به نظر ممکن است غیر واقعی آید که فرض می نمائیم هزینه فرصت از دست رفته پول با پول صفر است.

مثال ۷: فرض کنید که ما به تازگی تعدادی زمین فروخته ایم و ۲ انتخاب در پیش داریم به طوریکه قبول ؟ دلار امروز دریافت ؟ دلار هر سال که در پایان سه سال آتی قابل پرداخت می باشد . در چنین حالتی بین این دو گزینه چگونه انتخاب خواهید کرد اگر

نرخ تورم وجود داشته باشد . ؟ دیاگرام جریان مالی برای این مسئله به شرح زیر است

زمان	سرمایه گذاری در پرورش سمور	سرمایه گذاری در زمینه های دیگر
۰		Z
1	Y	
۲	Y	
۳	Y.	

جدول ۹: دیاگرام جریان مالی مسئله



ما دریافتهای سالانه را انتخاب خواهیم کرد اگر ارزش آینده آن در پایان سال سوم نسبت به آلترناتیو پرداخت یکی یا بیشتر باشد .  
اگر همه جریانهای مالی هر سرمایه گذاری بشوند در یک نرخ بهره اما در یک حالتی که نسبت به تورم حساس هستند ما در دریافتهای سالانه را انتخاب خواهیم کرد اگر

$$Y(1+r)^2 + y(1+r) + y - Z(1+r)^3 > 0$$

با تقسیم این عبارت بر ؟ ما خواهیم داشت

$$\frac{y}{(1+r)} + \frac{y}{(1+r)^2} + \frac{y}{(1+r)^3} + (Z) > 0 \quad [۸]$$

چگونه می توان این نتیجه را تفسیر کرد ؟

برای این منظور فرض نمائید که شما هم اکنون ۱۰۰ پوندیخ را به قیمت ؟ دلار خریده ایم بنابراین اگر نرخ میخها افزایش پیدا کرد با  
نرخه برابر ۲ در همه سال شما در سال بعد فقط می توانید ؟ پوند از میخ را با همان قیمت **D** دلار بخرید (کاهش توانائی قدرت

خرید) و با قیمت **D** دلار ۲ سال بعد فط می توان به میزان  $\frac{100}{(1+r)^2}$  پوند میخ خرید.

برای تعمیم دادن این مطلب با ارزش  $D$  دلار امروزی در  $N$  سال بعد  $\frac{D}{(1+r)^N}$  دلار می توان خرید کرد. به عبارت دیگر فاکتور  
 $(1+r)^N$  موجب نزول ارزش دلار در یک اقتصاد تورمی می باشد.

معادله ۸ به ما می گوید اگر مقادیر دلار ثابت شدهای را در مقادیر غیر تورمی اش (*deflated value*) قرار دهیم ما به یک مقایسه  
معتدل خواهیم رسید. اما این معتدل بنظر نمی رسد که این مقادیر غیر تورمی (*deflated value*) موافق هستند را در دیاگرام جریان  
بکار ببریم. آیا شما با دیاگرام جریان نقدی غیر تورمی (*deflated CFd*) موافق هستید؟

حالا باید تفسیر معادله [۸] ساده شده باشد بطوریکه در این حالت خاص با نرخ بهره صفر ما بیان می کنیم که گزینه سالانه را  
برمیگزینیم اگر ارزش آتی آن به صورت پول امروزی مثبت باشد ما  $FWT$  را بعنوان ارزش آینده به صورت پول امروزی بیان کرده  
ایم. برای شما ساده خواهد بود اگر ما مثال قبل را گسترش دهیم به یک نرخ فرصت آزاد تورمی. تا درصد برای هر سال را شامل  
باشد که ما می توانیم بر پایه معادله [۶] گزینه های سالیانه را به صورت  $FWT$  بیان کنیم.

$$NFWT = y(1+r)^{-1}(1+i)^2 + y(1+r)^{-2}(1+i) + y(1+r)^{-3} + (-Z)y(1+i)^3$$

اگر این برای شما واضح نمی باشد که این، در حقیقت یک عبارت صحیح برای  $FWT$  در گونه گسترش یافته از مثال می باشد مطمئناً باید شما از ابتدا شروع کنید و خودتان آنرا ثابت کنید.

با تعمیم معادله [۸] به حالتی که  $N$  جریان نقدی غیر وابسته به تورم باشد آنگاه خواهیم داشت.

$$NFWT = \sum_{n=0}^N CF_n (1+i)^{N-n}$$

اگر ما به جای  $CF_n(1+i)^{-n}$  عبارت  $CFT_n$  را جایگزین کنیم همانطور که  $CFT_n$  را به عنوان یک جریان نقدی در سال  $n$  ام به پول امروزی تعریف کردیم خواهیم داشت.

$$NFWT = \sum_{n=0}^N CF_n (1+i)^{N-n}$$

که این همان معادله [۷] می باشد و با حذف  $TS$  مثلاً تبدیل به معادله [۲] می شود.

۶- موقعیتهایی که بعضی عناصر نسبت به تورم حساس است اما بعضی دیگرند.

حالا ما آماده ایم که به یک مثال پیچیده تر نظری بیافکنیم - بطوریکه بعضی از عناصر دیاگرام نقدی مقادیر ثابت دلاری باشند و بعضی دیگر اقلامی که نسبت به تورم حساس می باشند را در نظر می گیریم.

**مثال ۸:** یک شرکت تعداد  $Z$  دلار از دارائی هایش را در پروژه مالی ، سرمایه گذاری می کند که  $M_n$  سمور بعلاوه  $y_n$  دلار در پایان سال  $n$  ام بریا سه سال این پروژه بازده می دهد. چگونه آنها باید این فرصت سرمایه گذاری را ارزیابی می کند اگر نرخ برگشت قبل از مالیات،  $i$  درصد هر سال و نرخ تورم  $r$  درصد در نظر گرفته شود؟ سعی کنید خودتان مسئله را حل کنید. در این جا حلی را می آوریم آیا با این موافق هستید ؟

ما کار را با رسم دیاگرام واحد باید ( $Unit\ flow\ diagram$ ) شروع کنیم

زمان	سرمایه گذاری در پرورش سمور	سرمایه گذاری در زمینه های دیگر
۰		$Z$
۱	$M_1 + y_1$	
۲	$M_2 + y_2$	
۳	$M_3 + y_3$	

جدول ۱۰ : دیاگرام واحد

این ما را به دیاگرام جریان مالی زیر می‌رساند.

زمان	سرمایه‌گذاری در پرورش سمور	سرمایه‌گذاری در زمینه‌های دیگر
۰		$C.$
۱	$M_1(1+r)+y_1$	
۲	$M_2(1+r)^2+y_2$	
۳	$M_3(1+r)^3+y_3$	

جدول ۱۱: دیاگرام جریان مالی

اگر دیاگرام بالا را در یک موقعیت تورمی و با نرخ بازگشت سرمایه‌گذاری کنیم ارزشهای آینده این جریانها عبارت خواهد بود از

$$[M_1(1+r)y_1](1+i)^2(1+r)^2 +$$

$$[M_2(1+r)^2y_2](1+i)(1+r)^3 - Z(1+i)^2(1+r)^3$$

$$+ [M_3(1+r)^3y_3]$$

توجه کنید که همه عبارت‌ها شامل  $(1+r)^3$  نیستند اما اگر به مانند مثال قبل آنها را بر  $(1+r)^3$  تقسیم نمایید، NFWT پروژه مطرح شده را بدست می‌آوریم که عبارت است از

$$NFWT = (Z)(1+i)^3 + [M_1\$ + y_1(1+r)^{-1}](1+i)^2$$

$$+ [M_2\$ + y_2(1+r)^{-2}](1+i)$$

$$+ [M_3\$ + y_3(1+r)^{-3}](1)$$

توجه کنید که عبارت  $M_n\$ + y_n(1+r)^{-n}$  بیانگر دریافت در سال  $n$  که به صورت ارزش دلار امروزی می‌باشد و بنابراین معادله [۶] یا مشابه‌اش [۱۰] برای این موارد عمومی صادق می‌باشند. کلاً این تخمین زدن نسبتی از یک جریان مالی که به تورم حساس می‌باشد و به صورت دلار امروزی است راحتی و این نسبت که مستقل از تورم در مقادیر دلار امروزی می‌باشد. ما صحبت از پرورش  $M_n$  در سال  $n$  می‌کنیم که محصول ارزشی معادل  $M\$$  امروزی و بابت آوردن  $y_n$  دلار در سال  $n$  می‌کند. صحبت کرده ایم. بنابراین عاقلانه بنظر میرسد که با یک نگاه اصلاحی برای  $FWT$  وضع کنیم. که توجه خاص ما را به این مسئله معطوف نماید. برای این منظور عبارت  $CFT$  را به دو قسمت تقسیم می‌کنیم. یک قسمت که نسبت به تورم حساس است و آنرا  $CFRT$  می‌نامیم و قسمت اصلی که مستقل از ریسک می‌باشد بنام  $CFIT$  نامیده می‌شود. این علامتها ممکن است کمی سردرگم بنظر آیند اما باید به یاد داشته باشیم که  $CFRT$  مخفف جریان نقدی است که مستقل از تورم و به صورت پول امروزی می‌باشد. آنچه که هم اکنون  $CFIT$  نامیده

ایم بوسیله بدست آوردن جریانهای مالی واقعی به صورت دلار در سال  $n$  ام و تبدیل آن به مقادیر دلار امروزی بوسیله  $(1+r)^{-n}$  محاسبه میشود. برای این منظور کمی به محاسبات جبری نیاز داریم.

معادله ها عبارت بود از

$$NFWT = \sum_{n=0}^W CFT_n(1+i)^{N-n}$$

اما

$$CFT_N = CFRT_N + CFIT_N$$

و

$$CFIT_n = CFI_n(1+r)^{-n}$$

بنابراین

$$NFWT = \sum_{N=0}^n [CFRT_n + CFI_N(1+r)^{-N}](1+i)^{N-n}$$

یا

$$NFWT = \sum_{n=0}^N CFRT_N(1+i)^{N-n} + \sum_{n=0}^N CFI_N(1+r)^{-n}(1+i)^{N-n} [10-11]$$

البته کاملاً معقول می باشد که از ارزش آینده خالص در دلارهای واقعی ( $NFW$ ) به جای جانشین یعنی ارزش آینده خالص دلارهای امروزی ( $NFWT$ ) استفاده نمائیم. یک راه که ما می توانیم واژه ای یا عبارتی برای  $NFW$  بدست آوریم این است که عبارت  $NFWT$  را در معادله بوسیله عامل  $(1+r)^N$  ضرب نمائیم که عبارت میشود از :

$$NFW = \sum_{n=0}^N CFRT_n(1+r)^{N-n}(1+r)^N + \sum_{n=0}^N CFI_n(1+i)^{N-n}(1+r)^{-n}(1+r)^N$$

or

$$NFW = (1+r)^N \sum_{n=0}^N CFRT_n(1+r)^{N-n} + \sum_{n=0}^N CFI_n(1+i)^{N-n}(1+r)^{N-n} [10-12]$$

$$NFW = (1+r)^N \left[ \sum_{n=0}^N CFRT_n(1+i)^{N-n} + \sum_{n=0}^N CFI_n(1+r)^{-n}(1+i)^{N-n} [10-12] \right]$$

با استفاده از معیار ارزش آینده (پایه ای) ما نشان داده ایم در مورد ساده ای که همه جریانهای مالی به نرخ تورم ساده حساس و پاسخگو هستند می توان الترناتیوی را برگزید که دارای ارزش آینده خالص به دلار امروز باشد. ما این ارزش آینده را تحت عنوان  $NFWT$  "تعریف میکنیم ما مشاهده کردیم که ارزش آینده خالص هر سری از جریانهای مالی که بصورت دلار امروز بیان شده باشد  $NFWT$  برابر خواهد بود. ما نتیجه گرفتیم که می توان به عنوان آلترناتیو ارزش فعلی خالص یک سری از جریانهای مالی را به صورت امروز به حداکثر رساند ( $Maximize$ ) در ضمن دریافتیم که اگر قبول یکی از آلترناتیوها لازم نباشند می توان عمل ماکزیمم (حداکثر) کردن را روی بزرگترین  $NFWI$  یا  $NPW$  مثبت انجام داد. در نتیجه اگر چه هیچ مقدار مثبتی وجود نداشت باید روی نرخ در جای دیگری سرمایه گذاری نمود.

ما همینطور نشان دادیم که همه مطالب بالا درست باقی می ماند به شرطی که عناصر جریانهای مالی به تورم حساس و پاسخگو نباشند و مشاهده شد که این عناصر معمولاً به صورت دلار امروزی تعریف و بیان نمی شود. ازین رو ما فرمولی ایجاد کردیم که در آن عناصری از جریانهای مالی که حساس به تورم هستند به صورت دلار امروزی تعریف می شوند. آنهایی که مستقل از توزم هستند به صورت مقادیر دلار تعریف می شوند.

قسمت و میزانی از جریانهای مالی که حساس به تورم است به عنوان  $CFR$  و ارزش آن به دلار امروزی  $CFRT$  تعریف می شوند قسمتی که مستقل از تورم است به عنوان  $CFI$  تعریف می شود. نشان داده شد که این فرمول در مواردی نرخهای بهره سال به سال تغییر می کنند معتبر است. ما فرمولی به صورت عمومی بیان کردیم که در آن زمان متغیر در نرخهای تورم متغیر برای موارد گوناگون پیش بینی می شود و مشاهده کردیم که پیش بینی این نرخهای متغیر دشوار است. مشکل پیش بینی رشد متغیر زمانی معنی دار و نرخهای تورم متغیر کاملاً حس می شود و ما سعی کردیم فرمولی برای این مورد عمومی مناسب باشد و در کار سهولت ایجاد کند بیابیم در نهایت ما در عبور از این مشکل مشاهده کردیم از آنجا که نرخ تورم عموماً به صورت نرخهای موثر بیان میشود یک تاکید و توجه خاص وجود دارد که نرخهای بهره به صورت نرخهای موثر در هر مدلی که مرکب سازی پیوسته (و تورم مدنظر باشد) بیان شوند.

# فصل چهارم

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ آزاد اسلامی



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir



روشهای کمی در

صنایع پتروشیمی  
تخصیص منابع



[www.gsie.ir](http://www.gsie.ir)



@IEKonkour



[gsie.ir](https://www.instagram.com/gsie.ir)

## ۱. روشهای اثربخشی هزینه پیشنهادی

در سطوح مختلف دولت استفاده از تکنیکهایی که مبتنی بر درآمدها و هزینههای ناشی از انجام پروژه می‌باشند، بهترین و قابل‌اجرترین روش جهت ارزیابی آلترناتیوهای ایمنی می‌باشد.

فایده اصلی پروژه‌های ایمنی، همانگونه که به نظر می‌رسد، کاهش تصادفات می‌باشد. بنابراین نیازهای اصلی عبارتند از:

(۱) توسعه روشهای بهبود یافته برای تخمین پتانسیل پروژه‌ها در کاهش تصادفات

(۲) وزن دهی به انواع گوناگون تصادفات

(۳) رسیدن به یک روش کارا که آلترناتیوهای را که تصادفات وزن داده شده را کاهش می‌دهند، از طریق بیشترین مقدار هزینه داده شده برای سرمایه‌های ایمن‌سازی انتخاب نماید. این بخش به بحث پیرامون بهترین روش برای دستیابی به سومین نیاز از نیازهای فوق اختصاص دارد.

## ۲. روشهای پیشنهادی

اگر در هر موقعیت تصادف یک آلترناتیو مدنظر باشد، روش نسبت منافع به هزینه ساده می‌تواند برای درجه‌بندی پروژه‌های ایمنی بکار رود، هر چند این تحقیق توصیه می‌کند در هر یک از موقعیت‌های تصادف چندین پروژه ایمنی مورد نظر قرار گیرد. اگر این توصیه دنبال شود، نسبتهای منافع به هزینه ساده نمی‌تواند برای تعیین موقعیتهای پروژه‌های بهینه بکار رود، هر چند که روش دیگری وجود دارد که می‌تواند برای تعیین ترتیب بهینه پروژه‌ها بکار برده شود. هر کدام از این روشها نسبت به روش نسبت منافع به هزینه ساده دارای برتری می‌باشد.

هر ایالت می‌تواند تعداد زیادی از نقاط مستعد، حدود ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نقطه را در هر دوره زمانی بطور مثال سالانه یا فصلی شناسایی نماید. برای هر موقعیت چندین معیار شناسائی شده و برای هر کدام از این آلترناتیوها هزینه‌ها و منافع انتظاری محاسبه می‌گردد. درآمدها بطور نرمال برای سال اول و سال پایانی هر آلترناتیو محاسبه می‌گردند. اگر منافع (کاهش هزینه تصادف) متغیری از حجم ترافیک فرض شود، منافع سال آخر برابر است با حاصلضرب منافع سال اول در نسبت ترافیک تخمینی سال آخر به ترافیک سال اول. با کاربرد یک نمودار عددی یا فرمول، ارزش فعلی هزینه‌های نگهداری و عملیاتی می‌تواند به سادگی و از طریق ضرب عامل ارزش فعلی یک سری یکنواخت (برای عمر خدمت معلوم و نرخ بهره داده شده) در هزینه سالانه نگهداری و عملیات محاسبه گردد. با اضافه کردن این ارزش فعلی هزینه‌های آینده به هزینه‌های اولیه آلترناتیوها، ارزش فعلی کل هزینه‌های هر پروژه بدست می‌آید. با داشتن ارزش فعلی منافع آینده، ارزش فعلی هزینه‌های نگهداری و عملیاتی آینده



وهزینه اولیه پروژه، هر کدام از سه روش زیر می‌تواند برای انتخاب موقعیت‌های پروژه‌های لازم الاجرا بکار رود. این روشها عبارتند از:

(۱) الگوریتم برنامه‌ریزی پویا

(۲) برنامه‌ریزی خطی

(۳) الگوریتم برنامه‌ریزی عدد صحیح

(۴) آنالیز منافع- هزینه افزایش با الگوریتم بهبود یافته.

در ادامه الگوریتم *AHP* نیز ارائه شده است.

## ۲-۱. برنامه‌ریزی پویا

روش برنامه‌ریزی پویا بهترین راه حل ممکن برای یک بودجه ثابت می‌باشد که عبارت است از:

(۱) در الگوریتم برنامه‌ریزی پویا بودجه باید به بخش‌های افزایشی گسسته تقسیم گردد و (۲) هزینه‌های پروژه‌های آن باید به همین بخش افزایشی یا ضرایبی از آن گرد شود. گرچه این مقدار افزایش می‌تواند خیلی کوچک باشد ولی هر چقدر که این مقدار کوچک شود، اگر تعداد آلترناتیوها زیاد باشد، عملاً باعث افزایش محاسبات خواهد شد. هر چند که این موضوع را می‌توان مشکلی بی‌اهمیت در نظر گرفت که ارزشی ندارد.

دو آلترناتیو برای فرموله کردن وجود دارد: اول، هدف تخمین یک بودجه ثابت اولیه می‌باشد و پیشنهاد می‌شود که تابع هدف ماکزیمم کردن ارزش فعلی منافع آینده منهای ارزش فعلی هزینه‌های آینده با محدودیت روی هزینه اولیه باشد. فرمولاسیون دیگر معادل است با اینکه تمام هزینه‌ها به صورت محدودیت مناسب باشد ولی معین می‌کند که یک بودجه هزینه اولیه ثابت باید تخصیص داده شود که عبارت است از ماکزیمم کردن ارزش فعلی منافع آینده منهای هزینه اولیه و ارزش فعلی هزینه‌های آینده با در نظر گرفتن محدودیت روی هزینه اولیه.

برنامه‌ریزی پویا در واقع روش بهینه‌سازی برگردانده شده و تعمیم داده شده توسط ری‌چارد بل من می‌باشد که یک مسأله بهینه‌سازی با  $N$  متغیر تصمیم را به یک مسأله بهینه‌سازی با  $N$  متغیر مستقل تکی تقسیم می‌نماید. این روش براساس قاعده‌ای به نام "اصل بهینگی" استوار است. ترکیب بهینه تصمیم‌ها در یک فرآیند تصمیم‌گیری پیوسته دارای این ویژگی است که بدون در نظر گرفتن سطح بودجه اولیه، نقطه تصمیم و تصمیمات وابسته به این نقطه (تصمیماتی که به این نقطه می‌رسند)،

تصمیمات باقی مانده یکسری از تصمیمات بهینه را برای باقی مانده مسأله تشکیل می‌دهند. اصل بهینگی بطور کامل و واضح با کاربرد مثال قبل روشن می‌شود.

فرض کنید هیچ اطلاعی از مراحل قبلی نداریم و نمی‌دانیم در مکانهای قبل چه تصمیمی گرفته شده است. در اصل نمی‌دانیم آیا از بودجه تخصیصی در مراحل قبل استفاده شده است یا نه و اگر شده به چه مقداری بوده است؟ برای این مثال یک مقدار افزوده ۱۰۰ دلاری در نظر می‌گیریم، یاد داریم:

مکان I : مرحله اول

بودجه در دسترس :  $S_1$

ترکیب آلترناتیوها :  $d_1$

مقدار درآمد حاصل از اتخاذ تصمیم  $d_1$  در سطح بودجه  $S_1$  :  $r_1(S_1, d_1)$

تصمیم بهینه که حداکثر درآمد (بازگشت) را دارد :  $d_1^*$

حداکثر بازگشت برای سطح بودجه معلوم  $S_1$  :  $f_1^*(S_1)$

بنابراین:

$$f_1^*(S_1) = \max_{d_1} [r_1(S_1, d_1)]$$

مطالب فوق را به شکل جدول بهتر می‌توان درک کرد. هر کدام از اعداد داخل جدول ۱ در واقع درآمد مربوط به هر حالت ترکیبی  $d_1$  و  $S_1$  می‌باشد. در اینجا تصمیم  $d_{1,4}$  را بصورت “عدم انجام اقدام یا انجام هیچ اقدامی” تعریف کرده‌ایم.

Sanaye20.ir



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

جدول ۱.

	$d_1$ $S_1$	۱،۱	۱،۲	۱،۳	۱،۴	$d_1^*$	$f_1^*(S_1)$
	۰	—	—	—	۰	۱،۴	۰
STAGE	۱،۰۰۰	—	—	—	۰	۱،۴	۰
I	۲،۰۰۰	—	—	—	۰	۱،۴	۰
	۳،۰۰۰	—	—	۱۰،۰۰۰	۰	۱،۳	۱۰،۰۰۰
	۴،۰۰۰	—	—	۱۰،۰۰۰	۰	۱،۳	۱۰،۰۰۰
	۵،۰۰۰	—	—	۱۰،۰۰۰	۰	۱،۳	۱۰،۰۰۰
	۶،۰۰۰	—	—	۱۰،۰۰۰	۰	۱،۳	۱۰،۰۰۰
	۷،۰۰۰	—	—	۱۰،۰۰۰	۰	۱،۳	۱۰،۰۰۰
	۸،۰۰۰	—	—	۱۰،۰۰۰	۰	۱،۳	۱۰،۰۰۰
	۹،۰۰۰	—	۳۲،۰۰۰	۱۰،۰۰۰	۰	۱،۲	۳۲،۰۰۰

توجه داشته باشید که:

۱- حداکثر بودجه ۹۰۰۰ دلار می‌باشد.

۲- بعضی از تصمیمات به دلیل اینکه هزینه‌ای زیاده‌تر از بودجه ما دارند، قابل انجام نمی‌باشند.

۳- با استفاده از افزوده ۱۰۰۰۰ دلاری، ده سطح بودجه ممکن خواهیم داشت.

۴- انتخاب تصمیم "انجام هیچ کار" درآمدی معادل صفر خواهد داشت.

بطور مثال، اگر بودجه در دسترس ما معادل کل ۹۰۰۰ دلار باشد، انتخاب‌های ۱،۲، ۱،۳، ۱،۴ با درآمدهای ۳۲۰۰۰ دلار و ۰ دلار

ممکن می‌باشند. انتخاب ۱،۱ ممکن نمی‌باشد چون هزینه‌ای معادل ۱۱۰۰۰ دلار دارد که از بودجه ما زیاده‌تر است. سپس

بنابراین از انتخاب‌های ممکن، ۱،۲ با درآمد ۳۲۰۰۰ دلار بهترین انتخاب خواهد بود. منطقی مشابه بالا ما را به ماکزیمم سود در

هر سطح بودجه می‌رساند.

حال فرض کنید این منطقی را بسط دهیم و فرض کنیم مکان II موردنظر است. باز هم مقدار پول خرج شده در مکانهای قبل

III, IV مشخص نمی‌باشد بنابراین باید انتخاب بهینه را برای کلیه سطوح بودجه از ۰ تا ۹۰۰۰ دلار تعیین نمائیم و داریم:

مکان II = مرحله دوم

بودجه در دسترس =  $S_r$

ترکیب آلترناتیوها =  $d_r$

$r_2(S_2, d_2) =$  درآمد حاصل از اتخاذ تصمیم  $d_2$  در سطح بودجه  $S_2$

$d_2^* =$  تصمیم بهینه

$f_2^*(S_2) =$  درآمد در حالت بهینه

در این مرحله داریم:

$$f_2^*(S_2) = \text{Max}_{d_2} [r_2(S_2, d_2) + f_1^*(S_1)]$$

$S_1$  مقدار پولی است که پس از خرج کردن مقداری پول در مرحله دوم برای مکان اول باقی مانده است. این مقدار پول به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$f_2^*(S_2) = \text{Max}_{d_2} [r(S_2, d_2) + f_1^*(C_2)(S_2, d_2)] \quad C(S_2, d_2) = S_2 - \{d_2 \text{ تصمیم}\}$$

باید توجه کرد که وقتی تصمیم  $d_2$  در بودجه  $S_2$  موردنظر است، مقدار  $f_1^*(S_2) = f_1^*[(C_2)(S_2, d_2)]$  در مرحله اول مشخص می‌باشد. محاسبات در جدول ۲ در زیر خلاصه شده‌اند:

جدول ۲.

	$d_2$ $S_2$	۲.۱	۲.۲	۲.۳	$d_2^*$	$f_2^*(S_2)$
	۰	—	—	۰	۲.۳	۰
	۱.۰۰۰	—	—	۰	۲.۳	۰
I	۲.۰۰۰	—	—	۰	۲.۳	۰
	۳.۰۰۰	—	—	۱۰.۰۰۰	۲.۳	۱۰.۰۰۰
	۴.۰۰۰	—	۲۰.۰۰۰	۱۰.۰۰۰	۲.۳	۲۰.۰۰۰
	۵.۰۰۰	—	۲۰.۰۰۰	۱۰.۰۰۰	۲.۳	۲۰.۰۰۰
	۶.۰۰۰	۳۵.۰۰۰	۲۰.۰۰۰	۱۰.۰۰۰	۲.۱	۳۵.۰۰۰
	۷.۰۰۰	۳۵.۰۰۰	۳۰.۰۰۰	۱۰.۰۰۰	۲.۱	۳۵.۰۰۰
	۸.۰۰۰	۳۵.۰۰۰	۳۰.۰۰۰	۱۰.۰۰۰	۲.۱	۳۵.۰۰۰
	۹.۰۰۰	۴۵.۰۰۰	۳۰.۰۰۰	۳۲.۰۰۰	۲.۱	۴۵.۰۰۰

بطور مثال بودجه در دسترس معادل ۹۰۰۰ دلار را در نظر بگیرید. انتخاب آلترناتیو ۲،۱ هزینه‌ای معادل ۵۲۰۰ دلار خواهد داشت و مقدار ۳۸۰۰ دلار برای مرحله یک باقی می‌گذارد. بنابراین تحلیل در مرحله اول را از سطح بودجه ۳۰۰۰ دلار آغاز می‌کنیم. با توجه به جدول مرحله اول در بودجه ۳۰۰۰ دلار داریم:

دلار  $f_1^*(S_1) = f_1^*(3000) = 10000$ . در این حال درآمدی معادل ۳۵۰۰۰ دلار از تصمیم ۲،۱ و ۱۰۰۰۰ دلار از تصمیم ۱،۳ یعنی در کل ۴۵۰۰۰ دلار خواهیم داشت. رابطه کلی درآمد بهینه در مرحله  $n$  ام به صورت زیر است:

$$f_n^*(S_n) = \max_{d_n} [r_n(S_n, d_n) + f_{n-1}^*(S_n - 1)]$$

هزینه تصمیم  $d_n$

با استفاده از رابطه فوق در مرحله سوم داریم:

جدول ۳.

$d_r$ $S_r$	۳،۱	۳،۲	۳،۳	$d_3^*$	$f_3^*(S_3)$
۰	—	—	۰	۳،۳	۰
۱،۰۰۰	۱۰،۰۰۰	—	۰	۳،۱	۱۰،۰۰۰
۲،۰۰۰	۱۰،۰۰۰	—	۰	۳،۱	۱۰،۰۰۰
۳،۰۰۰	۱۰،۰۰۰	—	۱۰،۰۰۰	۳،۱،۳،۳	۱۰،۰۰۰
۴،۰۰۰	۲۰،۰۰۰	—	۲۰،۰۰۰	۳،۱،۳،۳	۲۰،۰۰۰
۵،۰۰۰	۳۰،۰۰۰	۳۰،۰۰۰	۳۵،۰۰۰	۳،۱،۳،۲	۳۰،۰۰۰
۶،۰۰۰	۳۰،۰۰۰	۳۰،۰۰۰	۳۵،۰۰۰	۳،۳	۳۵،۰۰۰
۷،۰۰۰	۴۵،۰۰۰	۳۰،۰۰۰	۳۵،۰۰۰	۳،۱	۴۵،۰۰۰
۸،۰۰۰	۴۵،۰۰۰	۴۰،۰۰۰	۳۵،۰۰۰	۳،۱	۴۵،۰۰۰
۹،۰۰۰	۴۵،۰۰۰	۵۰،۰۰۰	۴۵،۰۰۰	۳،۲	۵۰،۰۰۰

در مرحله چهارم (مکان ۴) سطح بودجه مقدار معینی معادل ۹۰۰۰ دلار دارد. این موضوع محاسبات را ساده تر می‌کند:

جدول ۴.

$d_f$ $S_f$	۴،۱	۴،۲	۴،۳	$d_4^*$	$f_4^*(S_4)$
۹،۰۰۰	۵۰،۰۰۰	۵۷،۰۰۰	۵۰،۰۰۰	۴،۲	۵۷،۰۰۰

اکنون درآمد حاصل از تصمیم بهینه‌ای که با برنامه‌ریزی پویا بدست می‌آید، معادل ۵۷۰۰۰ دلار می‌باشد. روند محاسبات برای رسیدن به جواب بهینه رو به عقب می‌باشد. در مرحله چهارم، انتخاب بهینه ۴،۲ با هزینه ۱۲۰۰ دلار بودجه باقیمانده، ۷۸۰۰ دلار می‌باشد. بدین ترتیب در مرحله سوم به سطح بودجه ۷۰۰۰ دلار می‌رسیم. تصمیم بهینه و در اینجا ۳،۱ با هزینه ۱۰۰۰ دلار و بودجه باقیمانده ۶۰۰۰ دلار می‌باشد. در مرحله دوم با سطح بودجه ۶۰۰۰ دلار انتخاب بهینه ۲،۱ با هزینه ۵۲۰۰ دلار و بودجه‌ای معادل ۸۰۰ دلار می‌باشد. بنابراین

$$S_1 = 0 \text{ خواهد شد و تنها انتخاب ممکن در مرحله } d_1^* = 0 \text{ می‌باشد و نتایج به صورت زیر می‌باشد:}$$

روش برنامه‌ریزی پویا که در مورد ایالت‌های آلاباما و کنتاکی بکار رفته از همین روند ساده بالا پیروی می‌کند ولی درآمد حاصل از هر آلترناتیو را به روش متفاوتی محاسبه می‌کند. در روش کامپیوتری داریم:

$$IST = \text{سطح بودجه در مرحله } n-1 \text{ ام}$$

$$XIN = \text{سطح بودجه در مرحله } n \text{ ام}$$

$$CDEC = \text{هزینه اتخاذ تصمیم } d_n \text{ در مرحله } n \text{ ام}$$

$$NINC = \text{افزوده بودجه}$$

در روند کامپیوتری شده مقدار  $SIS$  به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$IST = \left[ \frac{XIN - CDEC}{XINC} + 1/5 \right]$$

بطور مثال فرض کنید در سطح بودجه ۹۰۰۰ دلار قرار داریم. افزوده اول صفر، دومی ۱۰۰ دلار و در آخر نهمین افزوده ۹۰۰۰ دلار ( $XINC = 1000$ ) می‌باشد. فرض کنید یک آلترناتیو با هزینه‌ای معادل ۲۰۰۰ دلار در مرحله  $n$  ام داریم. بنابراین بودجه در دسترس در مرحله  $n-1$  ام بصورت زیر خواهد بود:

$$IST = \left[ \frac{9000 - 2000}{1000} + 1/5 \right]$$

یا

$$IST = [7 + 1/5] = [8/5]$$

$$IST = 8$$

بنابراین: (مقدار صحیح ۸/۵)

حال اگر هزینه آلترناتیو را ۱۸۰۰ دلار فرض نمائیم، در این صورت  $IST = [8/5] = 8$  و برای هزینه بزرگتر یا مساوی ۱۵۰۰ دلار مقدار  $IST$  برابر ۸ خواهد بود. حال هزینه ۱۴۰۰ دلار را در نظر بگیرید. داریم:

$$EST = \left[ \frac{9000 - 1400}{1000} \right] = [9/1] = 9$$

این بدان معنا است که با هزینه‌ای معادل ۱۴۰۰ دلار از بودجه ۹۰۰۰ دلاری، هنوز ۸۰۰۰ دلار باقی مانده که این کاملاً نادرست است. در واقع برای هر هزینه بین ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ دلار همین نتیجه بدست می‌آید. این موضوع چیزی است که در هر الگوریتم اتفاق می‌افتد. بطور کلی باید موارد زیر مورد توجه قرار دهیم:

۱- اگر هزینه و افزوده بودجه دارای واحد یکسانی هستند، راه حل کاملاً درست بوده و هیچگون اشتباه ناشی از گرد کردن نخواهیم داشت.

۲- اگر هزینه متفرقه کل آلترناتیوها از ۵۰٪ افزوده بودجه بزرگتر باشد، راه حل همیشه بصورت محافظه کارانه عمل کرده و بودجه اضافی خرج نشده خواهیم داشت.

۳- اگر هزینه متفرقه کل آلترناتیوها از ۵۰٪ افزوده بودجه کمتر باشد، راه حل همواره کمبود بودجه دارد.

۴- اگر ترکیبی از حالات فوق داشته باشیم، اثرات یکدیگر را خنثی کرده ولی به حالت بهینه نخواهیم رسید. لازم به ذکر است که در مثال قبل از رابطه زیر استفاده کردیم:

$$IST = \left\lceil \frac{XIN - CDEC}{XINC} + 1/0 \right\rceil$$

ولی در مورد ایالت‌های آلاباما و کنتاکی فرمول زیر بکار رفته است:

$$IST = \left\lceil \frac{XIN - CDEC}{XINC} + 1/5 \right\rceil$$

اگر از رابطه فوق در مثال خودمان استفاده کنیم، نتایج بصورت جداول زیر خواهد بود:



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

جدول ۵. Stage ۱ (Location IV)

$d_f$ $S_f$	۱.۱	۱.۲	۱.۳	۱.۴	$d_1^*$	$f_1^*(S_1)$
۰	—	—	—	۰	۱.۴	۰
۱,۰۰۰	—	—	—	۰	۱.۴	۰
۲,۰۰۰	—	—	—	۰	۱.۴	۰
۳,۰۰۰	—	—	۱۰,۰۰۰	۰	۱.۳	۱۰,۰۰۰
۴,۰۰۰	—	—	۱۰,۰۰۰	۰	۱.۳	۱۰,۰۰۰
۵,۰۰۰	—	—	۱۰,۰۰۰	۰	۱.۳	۱۰,۰۰۰
۶,۰۰۰	—	—	۱۰,۰۰۰	۰	۱.۳	۱۰,۰۰۰
۷,۰۰۰	—	—	۱۰,۰۰۰	۰	۱.۳	۱۰,۰۰۰
۸,۰۰۰	—	—	۱۰,۰۰۰	۰	۱.۳	۱۰,۰۰۰
۹,۰۰۰	—	۳۲,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۰	۱.۲	۳۲,۰۰۰

جدول ۶. Stage ۲ (Location III)

$d_f$ $S_f$	۲.۱	۲.۲	۲.۳	$d_2^*$	$f_2^*(S_2)$
۰	—	—	۰	۲.۳	۰
۱,۰۰۰	—	—	۰	۲.۳	۰
۲,۰۰۰	—	—	۰	۲.۳	۰
۳,۰۰۰	—	—	۱۰,۰۰۰	۲.۳	۱۰,۰۰۰
۴,۰۰۰	—	۲۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۲.۳	۲۰,۰۰۰
۵,۰۰۰	—	۲۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۲.۳	۲۰,۰۰۰
۶,۰۰۰	۳۵,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۲.۱	۳۵,۰۰۰
۷,۰۰۰	۳۵,۰۰۰	۳۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۲.۱	۳۵,۰۰۰
۸,۰۰۰	۳۵,۰۰۰	۳۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۲.۱	۳۵,۰۰۰
۹,۰۰۰	۴۵,۰۰۰	۳۰,۰۰۰	۳۲,۰۰۰	۲.۱	۴۵,۰۰۰

با استفاده از فرمول مربوط به ایالت‌های کنتاکی و آلاباما راه حل بهینه به صورت زیر استخراج خواهد شد:



باید توجه کرد که با کاربرد روش فوق ما از بودجه ۹۰۰۰ دلاری خود به میزان ۶۹۰ دلار تجاوز خواهیم کرد که این راه حلی نامطلوب می‌باشد. دلیل این امر این است که افزوده‌های بودجه با افزوده‌های هزینه هماهنگی ندارند. اگرچه بسته به تفاوت و مقدار هزینه‌های غیرافزوده‌ای، ممکن است از بودجه موجود تجاوز نکنیم.

نکته مهم دیگر که مشکل بحرانی محسوب می‌شود، حجم محاسبات این روش است. بطور مثال اگر هزینه‌های پروژه‌ها بصورت مضاربی از ۱۰۰ دلار باشد و حداکثر بودجه ۵۰۰۰۰ دلار باشد، برای تضمین رسیدن به جواب بهینه باید ۵۰۰ متغیر حالت در هر مرحله تعریف نمائیم. اگر هزینه بصورت دلار و سنت باشد باید ۵،۰۰۰،۰۰۰ افزوده در هر مرحله بکار ببریم. البته این مشکل را با گردکردن و هماهنگ کردن افزوده‌های بودجه با هزینه می‌توان حل نمود. در بخش بعدی روشی را مورد بررسی قرار می‌دهیم که با هیچ کدام از این مشکلات روبرو نمی‌شود.

## ۲-۲. برنامه‌ریزی خطی

برنامه‌ریزی در کل شامل تخصیص منابع مختلف از جمله مالی، نیروی انسانی، مواد، ماشین آلات و غیره در بهترین ترکیب است بطوریکه هزینه کل حداقل و یا منافع حاصل حداکثر شود. بکار بردن بهترین ترکیب این معنی را می‌دهد که راه حل‌های دیگری نیز وجود دارد. برنامه‌ریزی خطی تنها یکی از روشهای متداول جهت رسیدن به این هدف است و در صورتی که شرایط زیر حکمفرما باشد، می‌توان آن را بکار گرفت:

- ۱- همه متغیرهای مؤثر در مساله بزرگتر یا مساوی صفر باشند.
- ۲- تابع هدف که ممکن است رابطه هزینه یا درآمد باشد به صورت معادله خطی بین متغیرها باشد. به عبارت دیگر کلیه متغیرهای موجود در رابطه تابع هدف دارای توان یک بوده و به صورت حاصلضرب ظاهر نشوند.

۳- محدودیت منابع مؤثر در مسئله نیز به صورت توابع خطی قابل مدل کردن باشند.

کاربرد برنامه‌ریزی خطی در خیلی از مسائل مانند کشاورزی، مهندسی، نظامی، تجاری، صنعتی و اجتماعی کاربرد دارد.

برای بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی خطی دو کار را می‌باید به ترتیب انجام داد:

۱- فرموله کردن مسئله مورد مطالعه در قالب برنامه‌ریزی خطی

۲- پیدا کردن جواب بهینه

## فرموله کردن مدل‌های برنامه‌ریزی خطی:

۱- متغیرهای مسئله را که به نام متغیرهای تصمیم‌گیری می‌نامیم، تعیین نموده و هر کدام را با یک علامت جبری مشخص می‌کنیم.

۲- کلیه محدودیتهای مسئله را شناسایی و آنها را به صورت معادله یا نامعادله می‌نویسیم که در حقیقت توابع خطی از متغیرها خواهند بود. هر یک از روابط را قید یا شرط می‌نامیم.

۳- تابع هدف را بر حسب متغیرهای تصمیم‌گیری به صورت تابع خطی می‌نویسیم.

پس از فرموله کردن هر مسئله برنامه‌ریزی خطی، قدم بعدی پیدا کردن جواب بهینه است.

## حل یک مسئله برنامه‌ریزی خطی:

برای حل یک مسئله برنامه‌ریزی خطی با دو متغیر از روش ترسیمی برای حل استفاده می‌کنیم. در صورت افزایش تعداد متغیرها (بیش از ۲ متغیر) از روش سیمپلکس برای این منظور استفاده می‌گردد. برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی به روش سیمپلکس می‌توان از نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی خطی از جمله *LINDO*، *WINQSB* و سایر نرم‌افزارهای مرتبط یاری گرفت.

## فرم عمومی یک برنامه‌ریزی خطی:

شکل عمومی و اولیه یک برنامه‌ریزی خطی شامل  $N$  متغیر و  $M$  رابطه محدودیت، مطابق زیر نوشته می‌شود:

$$(MIN) Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_NX_N \quad MAX$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (<=, >=, =) b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n (<=, >=, =) b_2$$

و به همین ترتیب

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n (<=, >=, =) b_m$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

متغیرهای  $X_i$  نشان دهنده متغیر تصمیم‌گیری می‌باشند.

محدودیتهای تخصیص بصورت نامعادلات نشان داده شده‌اند.

هدف این است که تابع هدف که نشان دهنده میزان درآمد یا هزینه است را بهینه کنیم.

## مثال ۱:

یک کارخانه سازنده لوازم فلزی آشپزخانه سه نوع مدل را تولید می‌کند. محدودیتهای تولید شامل نیروی کارگر و ماده اولیه است. بررسیهای انجام شده اطلاعات زیر را در اختیار مدیر کارخانه قرار داده است:

جدول ۷.

نوع مدل			جزئیات
C	B	A	
۵	۴	۷	ساعت کار مورد نیاز برای تولید ۱ واحد
۲/۵	۲/۰	۲	ماده خام برای یک واحد (کیلوگرم)
۴	۳	۵	منافع (هزار ریال در واحد)

مرحله اول: مشخص کردن متغیرهای تصمیم‌گیری

$X_A$ : تعداد تولید روزانه از A

$X_B$ : تعداد تولید روزانه از B

$X_C$ : تعداد تولید روزانه از C

مرحله دوم: مشخص کردن محدودیتها و تابع هدف

$$MAX Z = 5X_A + 3X_B + 4X_C$$

st:

$$7X_A + 2X_B + 5X_C \leq 200$$

$$2X_A + 2X_B + 2.5X_C \leq 170$$

$$X_A \geq 0, X_B \geq 0, X_C \geq 0$$

سپس این مسئله را با یکی از نرم افزارهای حل برنامه‌ریزی خطی حل می‌کنیم.

## ۳-۲. برنامه‌ریزی عدد صحیح

روش دیگری که به عنوان جایگزینی برای برنامه‌ریزی پویا مطرح می‌شود، برنامه‌ریزی عدد صحیح می‌باشد. برنامه‌ریزی عدد صحیح جوابی مشابه برنامه‌ریزی پویا می‌دهد ولی دارای ۲ مزیت مناسب می‌باشد. اول اینکه از آنجایی که برنامه‌ریزی عدد صحیح شامل در نظر گرفتن بودجه ثابت به صورت مقادیر افزایشی گسسته نمی‌باشد و نیازی به گردکردن هزینه‌های پروژه

ندارد، این راه حل در بعضی اوقات بهتر از راه حل برنامه‌ریزی پویا خواهد بود و از این رو بهترین راه حل ممکن برای یک بودجه ثابت را ارائه می‌دهد. مزیت دوم این است که برنامه‌ریزی عدد صحیح معمولاً زمان کمتری از کامپیوتر را نیاز دارد.

اگرچه برنامه‌ریزی عدد صحیح برای ارزیابی پروژه‌های ایمنی بکار نرفته است، به اندازه کافی در این تحقیق ارزیابی انجام گرفته تا معین شود که بکارگیری این روش می‌تواند راحت و آسان باشد.

راه حل دیگر برای مسائل تخصیص بودجه کاربرد الگوریتم مساله کوله پشتی ۰-۱ بهبود یافته توسط رابرت ناوس می‌باشد. بطور کلی این الگوریتم بر مبنای انتخاب بهترین ترکیب از متغیرها از بین کل متغیرهای راه حل که درآمد و منافع حاصل از این متغیرها را حداکثر کند، وقتی دارای محدودیت هستیم، استوار می‌باشد. مسئله به صورت

زیر طرح می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \sum_{j=1}^j b_j X_{ij} \\ \text{ST:} \quad & x \\ & \sum_{i=1}^x C_i X_i \leq B \\ & \sum_{k=1}^k X_{ik}=1 \quad k \in G_i \\ & X_i = 0,1 \end{aligned}$$

در بالا  $b_i$  ضریب سود برای  $X_i$  و  $C_i$  ضریب هزینه برای  $X_i$  و  $B$  مقدار کل منابع موجود (بودجه) می‌باشد.  $G_i$  عبارت است از محدودیت حد بالای کلی ( $G.U.B$ ) برای متغیر  $X_i$  اگر  $X_i=1$  در راه حل نهایی برای رسیدن به سودی معادل  $b_i$  با صرف (هزینه ای) مقدار  $C_i$  از منبع محدود انتخاب شده است. اگر  $X_i=0$  یعنی متغیر  $X_i$  در راه حل انتخاب نشده است. برای هر مکان یک محدودیت حد بالای کلی داریم. بنابراین تعداد متغیرهای مرتبط با این محدودیت بستگی به تعداد اماکن مختلف دارد. توجه داشته باشید که یک انتخاب ممکن "انجام هیچ کار" می‌باشد.

تحت محدودیت حد بالا، امکان حذف یک یا چند آلترناتیو وجود دارد. اگر یک آلترناتیو دارای ضریب درآمد کمتر ولی ضریب هزینه بیشتر نسبت به آلترناتیو دیگر با محدودیت حد بالای مشابه باشد، در نتیجه این آلترناتیو را می‌توان بدون اینکه روی جواب بهینه اثر بگذارد، حذف کرد. مکانیزم برنامه‌ریزی عدد صحیح بسیار پیچیده می‌باشد و رسیدن به جواب حتی برای مسائل با حجم متعادل بسیار مشکل است. هر چند یک برنامه شامل ۴۰۰ کارت به زبان فرترن ۴ برای انجام راه حل الگوریتم نوشته

شده است؛ این الگوریتم مسائل شامل ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متغیر را در زمانی کمتر از ۱۰ ثانیه حل می‌نماید. در مقام مقایسه، یک الگوریتم برنامه‌ریزی پویا مسأله‌ای با ۲۷۰ متغیر را روی سیستم کامپیوتری AHMDHAL V/۱۷۰ به طور متوسط در ۱۶ ثانیه حل می‌کند. نکاتی چند در این رابطه قابل ذکر است:

۱. الگوریتم مذکور ضرائب هزینه درآمد را به هر شکل حتی به شکل دلار و سنت قبول می‌کند.
۲. این الگوریتم از روش انشعاب و تحدید ترکیبی استفاده نموده و راه حل بهینه را تضمین می‌کند.
۳. محدودیت‌های حد بالا بصورت ضمنی در فرآیند الگوریتم در نظر گرفته شده‌اند و تعداد آنها اثری جدی روی زمان حل مسأله نمی‌گذارد.

با بازگشت به مثال قبل، برنامه‌ریزی عدد صحیح راه حل زیر را در زمانی کمتر از  $\frac{1}{10}$  ثانیه ارائه دهد:

جدول ۸.

ALTERNATIVE	COST	BENEFIT
I-۴	۰	۰
II-۲	۳,۰۱۰	۲۰,۰۰۰
III-۲	۴,۶۰۰	۳۰,۰۰۰
IV-۲	۱,۲۰۰	۱۲,۰۰۰
	\$۸,۸۱۰	\$۶۲,۰۰۰

Budget Excess: \$۱۹۰

واضح است که این راه حل بهتر از راه حل برنامه‌ریزی پویا می‌باشد. مجدداً راه حل مشابه را می‌توان با کاربرد برنامه‌ریزی پویا از طریق انتخاب افزوده‌های متغیر حالت مناسب بدست آورد. هر چند برای تضمین بهینگی جواب، لازم است در هر مرحله ۹۰۰ متغیر حالت در نظر گرفته و افزوده را معادل ۱۰ دلار قرار دهیم.

## ۲-۴. روش منافع - هزینه ساده

مرسوم‌ترین روش برای مقایسه آلترناتیوهای ایمنی بزرگ راهها، روش نسبت منافع- هزینه ساده می‌باشد. قدم‌های زیر در این روش برداشته می‌شود:

- (۱) در هر مکان برای هر آلترناتیو نسبت منافع- هزینه را حساب کنید.
- (۲) در هر مکان آلترناتیو با بیشترین نسبت منافع به هزینه را انتخاب نموده و این آلترناتیوها را به ترتیب نزولی به ترتیب نسبت منافع به هزینه مرتب نمائید.

۳) از آلترناتیو با بیشترین نسبت منافع به هزینه آغاز و تمام آلترناتیوها را به ترتیب انتخاب نمائید تا تمام بودجه تخصیص یافته خرج شود.

بطور مثال فرض کنید ۹۰۰۰ دلار بودجه در اختیار داریم و پروژه‌های زیر برای انجام در ۴ محل مختلف در نظر گرفته شده‌اند:

جدول ۹.

Location	Alternative	Benefit	Cost	B/C Ratio
I	I-A	۴۰,۰۰۰	۱۱,۰۰۰	۳,۶۴
	I-B	۳۲,۰۰۰	۹,۰۰۰	۳,۵۶
	I-C	۱۰,۰۰۰	۲,۵۰۰	۴,۰۰
II	II-A	۳۵,۰۰۰	۵,۲۰۰	۶,۷۳
	II-B	۲۰,۰۰۰	۳,۰۱۰	۶,۶۴
III	III-A	۱۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۰۰
	III-B	۳۰,۰۰۰	۴,۶۰۰	۶,۵۲
IV	IV-A	۵,۰۰۰	۴۹۰	۱۰,۲۰
	HV-B	۱۲,۰۰۰	۱,۲۰۰	۱۰,۰۰

اگر طبق گام دوم عمل نمائید، جدول ۱۰ حاصل خواهد شد:

جدول ۱۰.

Location	Alternative	B/C Ratio	Cost	Cumulative Cost
IV	A	۱۰,۲۰	۴۹۰	۴۹۰
III	A	۱۰,۰۰	۱,۰۰۰	۱,۴۹۰
II	A	۶,۷۳	۵,۲۰۰	۶,۶۹۰
I	C	۴,۰۰	۲,۵۰۰	۹,۱۹۰

در صورت داشتن بودجه ۹۰۰۰ دلاری، مکانها و آلترناتیوهای انتخابی عبارتند از *II-A*، *III-A* و *IV-A* با درآمد ۵۰۰۰۰ دلار و بودجه مصرف نشده ۲,۳۱۰ دلار.

## ۲-۵. الگوریتم منافع - هزینه افزایشی

آنالیز منافع- هزینه افزایشی همراه با کاربرد یک الگوریتم راه حل توسعه یافته در این پروژه، یک روش بادوام جایگزین برای روش‌های قبلی ارائه می‌دهد. این روش می‌تواند برای اولویت‌بندی (ارجحیت دهی) پروژه‌ها بکار رود. به طوری که هیچ ترتیب

دیگری از این پروژه‌ها نمی‌تواند برای همان هزینه تجمعی بدست آورده شود. این روش در بسیاری موارد تقریباً همان انتخاب از پروژه‌ها را به ما می‌دهد که برنامه‌ریزی پویا و عدد صحیح به ما می‌دهند. معمولاً تنها تفاوت، تفاوت در انتخاب پروژه‌های نهایی در محدوده یک بودجه مشخص می‌باشد. از آنجائی که در عمل یک بودجه ایمنی معمولاً برای یک دوره زمانی معین، دقیقاً ثابت نیست، اعتقاد بر این است که تفاوت در انتخاب پروژه‌های داده شده توسط این روش و دو روش دیگر، بیشتر پیامد تئوریک است تا یک مشکل عملی در روش منافع- هزینه برای معرفی بهترین گروه پروژه‌ها برای یک بودجه معین. اعتقاد بر این است که الگوریتم بهبود یافته برای آنالیز منافع- هزینه افزایشی که در این پروژه توسعه داده شده است، نسبتاً به فرمولاسیون قبلی آنالیز منافع- هزینه از دو بعد دارای برتری می‌باشد. اول اینکه این الگوریتم روشی کارا برای طبقه‌بندی افزوده‌های هزینه برای آلترناتیوهای ناسازگار برای تعداد زیادی از پروژه‌ها را مطرح می‌نماید. دومین و شاید منحصر به فردترین ویژگی این الگوریتم این است که در هر موقعیت، هر گاه یک افزوده هزینه در یک موقعیت به ما نسبت منافع- هزینه زیاده‌تر از افزوده با حداقل هزینه بدهد (یا از افزوده‌ها در بعضی موارد)، روشی روشن و واضح برای میانگین‌گیری از افزوده‌های هزینه متوالی بدست می‌دهد. این الگوریتم بصورت زیر می‌باشد:

#### تعاریف:

$A_{ij}$  = انتخاب مربوط به آلترناتیو انجام پروژه  $j$  در مکان  $i$

$C_{ij}$  = هزینه‌های فعلی و آتی  $A_{ij}$

$MC_{ij} = C_{ij} - C_{i,j-1}$   $A_{ij}$  هزینه حاشیه‌ای یا افزایشی

$B_{ij}$  = منافع فعلی و آتی  $A_{ij}$

$MB_{ij} = B_{ij} - B_{i,j-1}$   $A_{ij}$  منافع حاشیه‌ای یا افزایشی

$R_{ij} = MB_{ij} / MC_{ij}$   $A_{ij}$  نسبت منافع- هزینه حاشیه‌ای

$i = 1, 2, \dots, n$

$j = 1, 2, \dots, n$

گام‌های این الگوریتم عبارتند از:

۱- برای هر مکان  $i$ ،  $A_{ij}$  ها را بصورت صعودی برحسب  $C_{ij}$  مرتب نمائید.



۲- مقدار  $R_{ij}$  را برای هر  $A_{ij}$  حساب کنید.

۳- برای هر مکان  $i$ ، اگر  $A_{ij}, R_{ij} \leq 1$  را حذف نمائید. در صورت حذف  $A_{ij}$ ، مقدار  $R_{i,j+1}$  را با استفاده از  $R_{i,j-1}$ ،  $C_{i,j-1}$ ،  $B_{i,j+1}$  و  $C_{i,j+1}$  مجدداً محاسبه نمائید.  $A_{ij}$  را در مکان  $i$  مجدداً شماره گذاری نموده، به این ترتیب مقدار  $j$  را که از قلم افتاده، نخواهیم داشت.

۴- برای هر مکان  $i$  و  $R_{i1}$  را با  $R_{i2}$  مقایسه نمائید. اگر  $R_{i2}$  بزرگتر از  $R_{i1}$  بود، دو افزوده را با هم ترکیب نمائید تا نسبت منافع- هزینه حاشیه‌ای

$$R_{i2}^* = (MB_{i1} + MB_{i2}) / (MC_{i1} + MC_{i2}) = MB_{i2}^* / MC_{i2}^*$$

شکل گیرد. اگر محدودیت بودجه به شما اجازه انتخاب  $A_{i2}$  را نمی‌دهد ولی امکان انتخاب  $A_{i1}$  را می‌دهد،  $A_{i1}$  را در لیست قرار دهید. سپس  $R_{i2}^*$  و  $R_{i3}$  را مقایسه کنید. اگر  $R_{i3}$  بزرگتر از  $R_{i2}^*$  می‌باشد، دو افزوده را با هم ترکیب نموده و

$$R_{i3}^* = (MB_{i1} + MB_{i2} + MB_{i3}) / (MC_{i1} + MC_{i2} + MC_{i3}) = MB_{i3}^* / MC_{i3}^*$$

را تشکیل دهید.

مثال قبل عمل کرده و  $A_{i2}$  را در لیست قرار دهید. اگر هر کدام از  $R_{i1}$  ها کوچکتر از  $R_{i,l-1}$  یا  $(R_{i,l-1}^*)$  می‌باشد،  $R_{i1}$  باید با  $R_{i,l+1}$  ترکیب شده و:

$$R_{i,l+1}^* = (MB_{i1} + MB_{i,l+1}) / (MC_{i1} + MC_{i,l+1}) = MB_{i,l+1}^* / MC_{i,l+1}^*$$

را شکل دهید، سپس  $(R_{i,l-1}^*, R_{i,l+1}^*)$  یا  $(R_{i,l-1}^*, R_{i,l+1}^*)$  با یکدیگر مقایسه شوند اگر  $R_{i,l+1}^*$  از  $R_{i,l-1}$  یا  $R_{i,l-1}^*$  بزرگتر است، دو افزوده را با هم ترکیب کرده و

$$R_{i,l+1}^{**} = (MB_{i,l-1}^* + MB_{i,l+1}^*) / (MC_{i,l-1}^* + MC_{i,l+1}^*) = MB_{i,l+1}^{**} / MC_{i,l+1}^{**}$$

را تشکیل دهید.



این روش ترکیبی را تا زمانی که  $R_{il}$  (یا  $R_{il}^*$  و ...) بزرگتر از آخرین نسبت افزوده  $(R_{i,l-1}^*, R_{i,l-1})$  شود، ادامه

دهید. این روش یک نسبت منافع- هزینه متوسط را ارائه می‌دهد و از آنجائی که منافع حاصل از یک افزوده مشخص هزینه

نمی‌تواند بدون مصرف افزوده‌های قبلی بدست آید، در مواردی که مقادیر  $R_{ij}$  روند صعودی دارند، ضروری و لازم می‌باشد.

اگر هر یک از  $R_{il}$  ها (یا  $R_{il}^*$ ) کمتر از افزوده‌های قبلی مربوط باشد هیچگونه ترکیبی لازم نمی‌باشد.

۵- تمام آلترناتیوها را در کنار هزینه‌های حاشیه‌ای مربوط شان  $(MC_{ij}^*, MC_{ij}, \dots)$  بصورت نزولی برحسب نسبت‌های منافع-

هزینه افزایشی  $(R_{ij}, R_{ij}^*, \dots)$  مرتب نمائید.

۶- آلترناتیوها را به ترتیب از بیشترین به کمترین نسبت منافع- هزینه مرتب نموده و هزینه حاشیه‌ای تجمعی را محاسبه نمائید

تا آلترناتیوهای انتخابی با توجه به بودجه تعیین گردند. اگر بعضی  $A_{ij}$  ها از سقف بودجه تجاوز می‌نمایند، آن‌ها را حذف کرده و تا زمانی که به یک یا چند آلترناتیو قابل قبول برسیم، به حرکت ادامه دهید. الگوریتم وقتی به پایان می‌رسد که دیگر هیچ آلترناتیوی را بدون تجاوز از سقف بودجه نتوان انتخاب نمود.

این الگوریتم بهترین ترکیب از پروژه‌ها برای هر هزینه تجمعی محاسبه شده در قدم ۶ را تضمین می‌نماید. این روش نسبت به

هر الگوریتم دیگری که بر پایه نسبت منافع- هزینه ساده استوار است، برتری دارد. زیرا که امکان انتخاب افزوده‌های هزینه‌ای

که در یک مکان معین از سطح آخر نسبت بالاترند ولی نسبت‌های منافع- هزینه افزوده‌ای بزرگتر از ماکزیمم نسبت در مکانهای

دیگر را دارند، فراهم می‌کند. دقیقاً به همین دلیل روش‌های برنامه‌ریزی پویا و برنامه‌ریزی عدد صحیح منافع زیاده‌تری نسبت به

روش نسبت منافع- هزینه ساده بدست می‌دهند. باید یادآور شد که اگر بودجه ثابتی تخصیص داده شده باشد به نحوی که

سرمایه‌های مصرف نشده در یک یا چند آلترناتیو نتوانند در مورد دیگری استفاده شوند، این الگوریتم برای بودجه تخصیص یافته

فوق، ترکیبی از پروژه‌ها که حداکثر سود را بدست می‌دهند، انتخاب نمی‌کند. دلیل این امر این است که داشتن سرمایه خرج

نشده و درآمدی برابر با صفر که در نتیجه نسبت منافع- هزینه  $R_{ij} = 0$  خواهد داشت. در چنین شرایطی منافع کل را می‌توان

از طریق کنار گذاشتن یک یا چند آلترناتیو انتخاب شده و انتخاب یک یا چند آلترناتیو از میان آلترناتیوهای قبلی به طوری که

سرمایه باقیمانده کمتری به ما بدهد، افزایش داد. در دنیای واقعی مشکل فوق یا بروز نمی‌کند و یا خیلی جدی نمی‌باشد. به

طوری که نتایج حاصل از الگوریتم فوق تقریباً با نتایج برنامه‌ریزی پویا یکسان می‌باشد.

باید توجه داشت که دلیل اصلی این که الگوریتم فوق لزوماً بهترین راه حل ممکن برای یک بودجه ثابت را نمی‌دهد، به قدم ۶ الگوریتم باز می‌گردد. دلیل اینکه برنامه‌ریزی پویا یا برنامه‌ریزی عدد صحیح ممکن است راه حل بهتری برای بودجه ثابت ارائه دهند این است که آنها همواره امکان انتخاب آلترناتیوهای حاشیه‌ای  $A_{ij}$  را حتی در صورتی که منجر به حذف آلترناتیوهای که در مکان بالاتری قرار گرفته اند گردد، مدنظر قرار می‌دهد.

شرایطی که در آنها ملاحظات فوق اهمیت پیدا می‌کند مواقعی است که آلترناتیوهای که از لحاظ هزینه بطور قابل ملاحظه‌ای متفاوتند، در مقایسه با بودجه بسیار بزرگ هستند و نسبتهای منافع- هزینه افزوده‌ای بسیار متفاوتی دارند (وقتی تمام افزوده‌های هزینه دقیقاً هم اندازه هستند، الگوریتم فوق بهترین راه حل ممکن را ارائه می‌دهد. در حالت دیگر می‌توان مثالهایی را آورد که در آنها بهترین راه حل ممکن عبارت است از انتخاب آلترناتیو زیر حاشیه‌ای  $A_{ij}$  و حذف سایر آلترناتیوهای موجود از راه حل).

از آنجایی که بودجه‌های ایمن سازی معمولاً در مقایسه با هزینه تک تک آلترناتیوها بزرگ بوده و ایالتها باید تعداد زیادی از آلترناتیوها را مورد توجه قرار دهند، نتیجه این مطالعه این است که مسأله انتخاب پروژه‌های نهایی با توجه به مقدار بودجه‌ای ثابت مشکل مهمی نمی‌باشد.

دو نکته بسیار مهم در اینجا وجود دارد: اول اینکه اگر یک آلترناتیو حاشیه‌ای با توجه به بودجه در یک پریود زمانی انتخاب نگردد، همواره این امکان وجود دارد که این آلترناتیو در پریود بعدی منظور گردد و یا اینکه این آلترناتیو به صورت سرمایه‌گذاری مرحله‌ای در اولین پریود شروع گردد و در طول پریودهای بعدی تکمیل گردد. نکته دوم اینکه امتحان از طریق یک تحلیلگر ماهر در زمینه پروژه‌های حاشیه‌ای با توجه به بودجه ثابت بلافاصله نشان می‌دهد که آیا منافع ما با اضافه کردن آلترناتیو  $A_{ij}$  و حذف سایر آلترناتیوها از راه حل افزایش پیدا خواهد کرد یا نه؟ در مواردی که پروژه  $A_{ij}$  در مقایسه با سایر پروژه‌ها دارای نسبت منافع- هزینه افزوده‌ای بزرگتر، بزرگ باشد، چنین راه حل آسانی عملی نیست. باید توجه داشت که قواعدی نظیر آنچه در برنامه‌ریزی پویا و برنامه‌ریزی عدد صحیح در اختیار ما قرار می‌گیرد برای تضمین در یافتن بهترین راه حل برای تمام حالات ممکن با سقف بودجه لازم می‌باشد.

اگرچه الگوریتم فوق نسبتاً راحت می‌باشد ولی در مسائل بزرگ محاسبات و مقایسه‌های زیادی باید انجام پذیرد. البته برای تعداد زیاد آلترناتیوها، مرتب کردن آنها برای سطوح بودجه مختلف کاری بسیار دشوار و خسته کننده می‌باشد. به همین جهت الگوریتم فوق باید به صورت کامپیوتری و مکانیزه تبدیل شود. در این مورد باید سعی شود که خروجی برنامه شکل و قابل

فهم باشد. ممکن است ورود اطلاعاتی جهت دریافت خروجی به صورت تخمین از تلفات جانی و مجروحیت‌هایی که جلوگیری شده، در کنار منافع پولی مدنظر باشد. همین طور ممکن است دریافت خروجی از هزینه‌های آتی برای هرسال مدنظر باشد. با استفاده از مثال قبل و با دنبال کردن پنج گام ابتدایی الگوریتم هزینه - سود افزایشی بهبود داده شده که پیشتر گفته شد، به جدول ۱۱ زیر خواهیم رسید:

جدول ۱۱. نتایج ۵ گام ابتدایی الگوریتم هزینه - سود افزایشی بهبود داده شده

Loc./Alt.	cost	Benefit	Incremental Cost ( $\Delta c$ )	Incremental Benefit ( $\Delta B$ )	$\Delta B / \Delta C$
I-B	۲,۵۰۰	۱۰,۰۰۰	۲,۵۰۰	۱۰,۰۰۰	۴,۰۰
I-C	۹,۰۰۰	۳۲,۰۰۰	۶,۵۰۰	۲۲,۰۰۰	۳,۳۸
I-A	۱۱,۰۰۰	۴۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۸,۰۰۰	۴,۰۰ (۳,۵۳)
II-B	۳,۰۱۰	۲۰,۰۰۰	۳,۰۱۰	۲۰,۰۰۰	۶,۶۴
II-A	۵,۲۰۰	۳۵,۰۰۰	۲,۱۹۰	۱۵,۰۰۰	۶,۸۵ (۶,۷۳)
III-A	۱,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۱۰,۰۰
III-B	۴,۶۰۰	۳۰,۰۰۰	۳,۶۰۰	۲۰,۰۰۰	۵,۵۶
IV-A	۴۹۰	۵,۰۰۰	۴۹۰	۵,۰۰۰	۱۰,۲۰
IV-B	۱,۲۰۰	۱۲,۰۰۰	۷۱۰	۷,۰۰۰	۹,۸۶

ستون آخر نرخهای هزینه - سود افزایشی را نشان می‌دهد. در دو مورد نرخ هزینه - سود افزایشی یک گزینه با هزینه بیشتر، بزرگتر از نرخ هزینه - سود با هزینه کمتر است. اولین مورد  $I-A$  با نرخ  $\Delta B / \Delta C$  مساوی ۴ است که بزرگتر از ۸۳.۳ مربوط به  $I-C$  است. بنابر این این نرخ‌ها با یکدیگر ترکیب می‌شوند و نرخ میانگین هزینه - سود ۳,۵۳ را می‌دهد که در پرانتزها نشان داده شده و نرخي است که برای رتبه‌بندی این نرخ‌های ترکیب شده بکار برده می‌شود. به طور مشابه  $II-A$  و  $II-B$  برای دستیابی به نرخ ۶,۷۳ با هم ترکیب می‌شوند. ادامه گام ۵ الگوریتم جدول رتبه‌بندی شده زیر را تولید می‌کند:

جدول ۱۲.

Loc./Alt.	Incremental cost	$\Delta B / \Delta C$	Cumulative cost
IV-A	۴۹۰	۱۰,۲۰	۴۹۰
III-A	۱,۰۰۰	۱۰,۰۰	۱,۴۹۰
IV-B	۷۱۰	۹,۸۶	۲,۲۰۰
II-A	۵,۲۰۰	۶,۷۳	۷,۴۰۰
II-B*	۳,۰۱۰*	۶,۶۴*	*
III-B	۳,۶۰۰	۵,۵۶	۱۱,۰۰۰
I-B	۲,۵۰۰	۴,۰۰	۱۳,۵۰۰
I-A	۸,۵۰۰	۳,۵۳	۲۲,۰۰۰
I-C*	۶,۵۰۰*	۳,۳۸*	*

توجه کنید که جدول شامل دو آیت میانی  $II-A$  و  $I-A$  است که  $II-A$  ترکیبی از نرخ‌های  $II-B$  و  $II-A$  است و  $I-A$  ترکیبی از  $I-C$  و  $I-A$  است. بخشهای با هزینه کمتر این نرخ‌های میانی در جدول با ستاره نشان داده شده است. این نرخ‌ها در هنگام محاسبه میانی‌ها در  $II-A$  و  $I-A$  در نظر گرفته شده‌اند که با ستاره نشان داده شده‌اند، برای نشان دادن اینکه آنها به طور مجزا در هزینه تجمعی جمع نشده‌اند و تنها زمانی در بودجه در نظر گرفته می‌شوند که بودجه برای پوشاندن نرخهای متوسط غیر کافی باشد. برای مثال  $II-B$  فقط زمانی در نظر گرفته می‌شود که بودجه کافی برای  $II-A$  نباشد ولی برای  $II-B^*$  کافی باشد. به عبارت دیگر یک بودجه مساوی و یا بزرگتر از ۵۲۱۰ دلار اما کمتر از ۷۴۰۰ دلار داشته باشیم.

برای بودجه ۹۰۰۰ دلار راه حل بهینه روش منافع- هزینه افزوده‌ای به این صورت بدست آمده است که با توجه به این که افزوده‌های هزینه  $II-A$ ,  $III-A$ ,  $IV-A$ ,  $IV-B$  هزینه تجمعی معادل ۷۴۰۰ دلار دارند ولی با اضافه شدن افزوده بعدی یعنی  $III-B$  به میزان ۲۰۰۰ دلار از بودجه تجاوز خواهیم کرد. از آنجائی که هیچ افزوده‌ای که هزینه آن ۱۶۰۰ دلار یا کمتر باشند، نداریم طبق آنچه در الگوریتم این روش گفتیم راه حل نهائی بدست آمده و عملیات متوقف می‌شود. آلترناتیوهای که در نهایت انتخاب می‌شوند، عبارتند از  $II-A$ ,  $IV-B$ ,  $III-A$  با هزینه‌ای معادل ۷۴۰۰ دلار و درآمد کلی معادل ۵۷۰۰ دلار با سرمایه مصرف نشده‌ای معادل ۱۶۰۰ دلار.

یک تحلیل گر باتجربه گاهی اوقات می‌تواند با دادن تغییراتی جزئی راه حل را بهبود دهد. بطور مثال، خوب است که  $II-A$  حذف و در نتیجه  $II-B^*$ ,  $III-B$  به راه حل اضافه شوند. با این کار راه حل نهائی انتخاب  $IV-B$ ,  $II-B^*$ ,  $III-B$  خواهد بود با هزینه کل ۸۸۱۰ دلار، درآمد کلی ۶۲۰۰ دلار و سرمایه مصرف نشده‌ای معادل ۱۹۰ دلار. این راه حل در واقع همان گونه که در انتهای بحث برنامه‌ریزی عدد صحیح مطرح شد، بهترین راه حل ممکن می‌باشد. عمل تعویضی که در اینجا انجام شد و در واقع نوعی ترفند می‌باشد، می‌تواند در بسیاری مسائل حتی خیلی بزرگ به ما کمک نماید ولی رسیدن به راه حل بهینه با وجود ثابت بودن بودجه همیشه به این سادگی نمی‌باشد و تحلیل گر در مواردی مطمئن نیست که به بهترین راه حل ممکن رسیده است یا نه؟، نکته قابل توجه اینکه در این الگوریتم با در نظر گرفتن هزینه تجمعی هم به نتیجه بالا خواهیم رسید و جواب نهائی یکسان خواهد بود. در واقع برای هزینه ۴۹۰ دلار  $IV-A$ ، برای ۱۴۹۰ دلار  $IV-A$  و  $III-A$ ، برای ۲۲۰۰ دلار  $IV-B$  و  $III-A$ ، برای ۷۴۰۰ دلار  $II-A$  و  $III-A$ ،  $IV-B$ ، برای ۱۱۰۰۰ دلار  $III-B$  و  $IV-B$ ،  $II-A$  بهترین راه حل‌های ممکن خواهند بود. بدین ترتیب، گرچه الگوریتم منافع - هزینه افزایشی انتخاب بهترین ترکیب پروژه‌ها برای بودجه‌ای ثابت را تضمین نمی‌کند ولی بهترین اولویت بندی و بهترین راه حل برای افزوده‌های هزینه تجمعی را تضمین می‌کند.

## ۲-۶. تجزیه تحلیل منافع در مقایسه با برنامه‌ریزی پویا

ایالت‌های کنتاکی و آلاباما از برآورد هزینه‌ها و منافع در کنار برنامه‌ریزی پویا برای اختصاص سرمایه‌های مربوط به ایمن سازی بزرگراه‌ها استفاده می‌نمایند. در گزارش شماره ۵۱ و ۵۲ اشاره شده است که برنامه‌ریزی پویا راه حلی با منافع خالص بیشتر نسبت به روش منافع- هزینه ارائه می‌دهد و همچنین اشاره شده که اختصاص بهینه سرمایه‌ها همواره در صورتی که هزینه‌های تک تک پروژه‌ها ضرائبی از افزوده بکار رفته در برنامه‌ریزی پویا باشد، امکان پذیر خواهد بود.

در صورت استفاده درست، نسبت منافع- هزینه افزایشی: (۱) قادر به ارائه راه‌حلهایی است که با راه‌حلهای ارائه شده توسط برنامه‌ریزی پویا قابل مقایسه‌اند، (۲) تخصیص بهینه سرمایه‌ها را برای هزینه پروژه‌های تجمعی بدون وجود این محدودیت که هزینه پروژه‌ها باید مضربی از افزوده استفاده شده در برنامه‌ریزی پویا باشد، انجام می‌دهد، (۳) می‌تواند تنها با عبور از یک مرحله الگوریتم برای بدست آوردن راه حل بهینه برای هزینه تجمعی بودجه بکار برده شود. همانطور که قبلاً گفته شد برنامه‌ریزی پویا و عدد صحیح روشهای بهتری برای حل مسائل بودجه ثابت هستند.

اگرچه بحث بالا تفاوت بین برنامه‌ریزی پویا، برنامه‌ریزی عدد صحیح و منافع- هزینه افزایشی را بیان نمود، باید توجه کرد که هر سه روش فوق جوابهایی مشابه ارائه می‌دهند و هر سه روش از نسبت منافع- هزینه ثابت (ساده) بهتر هستند. در ضمن هر کدام از این روشها می‌توانند برای حداکثر کردن اعداد با واحد معین بکار روند. اگرچه بهتر است و اینگونه فرض شده که منافع با واحد دلار حداکثر شوند ولی ممکن است که مواردی مثل تعداد مرگ‌ها، تصادفات منجر به نقص عضو، تعداد کل تصادفات و ... مینم شوند.

## ۳. مقایسه روشها

در زیر یک مسأله نمونه برای مقایسه ۴ روش فوق در تخصیص منابع (بودجه) ثابت بیان شده است. این ۴ روش عبارتند از:

(۱) نسبت منافع- هزینه ساده

(۲) نسبت منافع- هزینه افزوده ای

(۳) برنامه‌ریزی پویا

(۴) برنامه‌ریزی عدد صحیح.

## خلاصه و نتایج

در بخشهای قبل کاربرد تجزیه و تحلیل منافع هزینه  $\left(\frac{B}{C}\right)$ ، نسبت منافع به هزینه افزوده‌ای  $\left(\frac{IB}{C}\right)$ ، برنامه‌ریزی پویا (DP) و برنامه‌ریزی عدد صحیح (IP) را در حل مسائل انجام اقدامات پیش‌گیرانه از تصادفات برای ایمنی بزرگراهها، مورد بررسی قرار دادیم. نتایج به شرح زیر می‌باشد:

(۱) برنامه‌ریزی عدد صحیح همواره راه حل بهینه را ارائه می‌دهد و نسبت به حالت و شکل ضرائب درآمد و هزینه بی‌تفاوت است. نهایت اینکه بر پایه نتایج محاسبات ما، IP ده تا بیست برابر متغیر از DP می‌باشد.

(۲) برنامه‌ریزی پویا نتایج قابل قبولی ارائه نمی‌کند مگر اینکه واحدهای ضرائب بودجه و افزوده‌های بودجه یکی شوند. به عبارت دیگر روش فعلی تنها در صورتی که واحدهای فوق یکی باشند، جواب بهینه را ارائه می‌کند که این جواب با جواب IP تطابق دارد.

(۳) آنالیز  $\left(\frac{B}{C}\right)$  ساده در شرایطی که امکان انجام آنالیز  $\left(\frac{IB}{C}\right)$  وجود دارد، نباید انجام شود. یک روش عملی برای انجام آنالیز فوق در این مقاله ارائه شده است.

نهایت اینکه با توجه به انتخاب پروژه‌ها در شرایط ثابت بودن بودجه برای رسیدن به حداکثر درآمد، نامساوی زیر همواره صادق است:

$$\frac{B}{C} \leq \frac{IB}{C} \leq DP \leq IP$$

رابطه فوق در واقع کار این روشهای ۴ گانه فوق را در مقایسه با یکدیگر نشان می‌دهد.

## ۴. تخصیص منابع به روش AHP

(ب) پروژه‌ها ناسازگارند:

(۱) توسعه درخت تصمیم‌گیری

(۲) مقایسه معیارهای تصمیم‌گیری با هم

\* محاسبات این مرحله شبیه حالت الف (پروژه‌های ناسازگار) مرحله ۲ می‌باشد.

(۳) مقایسه گزینه‌ها (آلترناتیوها) نسبت به هر معیار



$$\frac{B_{I-A}}{\Sigma B} = \frac{40000}{194000} = 0/206$$

وزن آلترناتیو (I-A) =

جدول ۱۳.

آلترناتیوها	منافع B	وزن دهی
I-A	۴۰۰۰	۰/۲۰۶
I-B	۳۲۰۰	۰/۱۶۵
I-C	۱۰۰۰	۰/۰۵۱
II-A	۳۵۰۰	۰/۱۸۰
II-B	۲۰۰۰	۰/۱۰۳
III-A	۱۰۰۰	۰/۰۵۱
III-B	۳۰۰۰	۰/۱۵۵
IV-A	۵۰۰۰	۰/۰۲۵۷
IV-B	۱۲۰۰۰	۰/۰۶۲۰

روش مقایسات دو تایی استفاده می‌شود و در مورد فاکتورهای کمی از روش نرمال سازی استفاده می‌شود.

#### \* روش مقایسات دو تایی

۱) برای این کار ابتدا ماتریس مقایسه را تشکیل می‌دهیم. در جلوی هر سطر نام یک گزینه (فاکتور) را از بالا به پائین می‌نویسیم و در بالای هرستون نام یک گزینه (فاکتور) را از چپ به راست می‌نویسیم.

۲) برای مقایسه هر دو گزینه باید اعدادی را در هر سلول ماتریس وارد نماییم. تجربه نشان داده است که استفاده از مقیاس  $\frac{1}{9}$  تا ۹ تصمیم گیرنده را قادر می‌سازد تا مقایسات را به نحو مطلوبتری انجام دهد. جدول زیر راهنمایی برای امتیازدهی می‌باشد.

جدول ۱۴.

مقدار عددی	
۱	مطلوبیت یکسان یا اهمیت یکسان
۳	کمی مهمتر یا مطلوبتر
۵	اهمیت زیاد یا مطلوبیت قوی
۷	خیلی مهمتر یا مطلوبیت بسیار قوی
۹	بسیار بسیار مهمتر یا کاملاً مطلوبتر

۸ و ۶ و ۴ و ۲ مقادیر بینابینی

## نکات

(۱) برای مقایسه هر گزینه با خودش عدد ۱ را تخصیص بدهید.

(۲) اگر اهمیت گزینه  $i$  نسبت به  $j$ ،  $A_{ij}$  می باشد آن گاه اهمیت گزینه  $j$  نسبت به  $i$   $A_{ji}$  می باشد.

(۳) برای محاسبه  $W_{ij}$  به شرح زیر عمل می شود:

الف) عدد هر سلول بر جمع اعداد سلولهای مربوط به ستونش تقسیم می شود.

ب) میانگین هر سطر ماتریس به دست آمده از مرحله قبل برابر وزن هر گزینه می باشد.

جدول ۱۵.

	گزینه ۱	گزینه ۲	...	گزینه n
گزینه ۱		$A_{ij}$		
گزینه ۲		۱		
⋮				
		$A_{n2}$		۱

روش نرمال سازی:

در مورد معیارهای کمی از این روش استفاده می شود. برای این کار:

۱- در مورد یک معیار خاص اعداد مربوط به همه گزینه ها را جمع کنید.

۲- عدد مربوط به هر گزینه را بر عدد به دست آمده از مرحله ۱ تقسیم کنید.

نکته: اگر معیار مربوط از جنس هزینه بود عدد مربوط به هر گزینه را معکوس و سپس به روش بالا عمل کنید.

تخصیص منابع به روش AHP

۳- مقایسه آلترناتیوهای هر محل نسبت به هر فاکتور

- محل I)

$$\frac{40000}{\sum B} = 0.488$$

$$\sum B = 40000 + 32000 + 10000 = 82000$$



جدول ۱۶.

منافع	B	نرمال سازی
<i>I-A</i>	۴۰۰۰۰	۰/۴۸۸
<i>I-B</i>	۳۲۰۰۰	۰/۳۹۰
<i>I-C</i>	۱۰۰۰۰	۰/۱۲۲

منظور کردن  $\frac{1}{C}$  در محاسبات به خاطر این است که برای هزینه‌های بیشتر اهمیت کمتری داده شود.

جدول ۱۷.

هزینه	C	$\frac{1}{C}$	نرمال سازی
<i>I-A</i>	۱۱۰۰۰	۱/۱۱۰۰۰	۰/۱۵۰
<i>I-B</i>	۹۰۰۰	۱/۹۰۰۰	۰/۱۸۵
<i>I-C</i>	۲۵۰۰	۱/۲۵۰۰	۰/۶۶۵

جدول ۱۸.

افزایش اشتغال	I-A	I-B	I-C
<i>I-A</i>	۱	۲	۳
<i>I-B</i>	۱/۲	۱	۲
<i>I-C</i>	۱/۲	۱/۲	۱

نرمال سازی هر ستون

جدول ۱۹.

۰/۵۴۵	۰/۵۷۱	۰/۵
۰/۳۷۲	۰/۲۸۵	۰/۳۳۳
۰/۱۸۳	۰/۱۴۴	۰/۱۶۶

میانگین هر سطر

جدول ۲۰.

افزایش اشتغال	
۰/۵۳۹	<i>I-A</i>
۰/۲۹۷	<i>I-B</i>
۰/۱۶۴	<i>I-C</i>

نتیجه نهائی از انتخاب پروژه در محل I:

$$0/229 \times \begin{bmatrix} 0/150 \\ 0/185 \\ 0/665 \end{bmatrix} + 0/646 \times \begin{bmatrix} 0/488 \\ 0/39 \\ 0/122 \end{bmatrix} + 0/125 \times \begin{bmatrix} 0/539 \\ 0/297 \\ 0/164 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0/417 \\ 0/331 \\ 0/251 \end{bmatrix}$$

\* از محل I آلترناتیو A انتخاب می‌شود.

- محل II

جدول ۲۱.

محل II	منافع B	نرمال سازی
II-A	۳۵۰۰۰	۰/۶۴
II-B	۲۰۰۰۰	۰/۳۶

II	هزینه C	$\frac{1}{C}$	نرمال سازی
A	۵۲۰۰	$\frac{1}{5200}$	۰/۳۷
B	۳۰۱۰	$\frac{1}{3010}$	۰/۶۳

	A	B
A	۱	$\frac{1}{2}$
B	۲	۱

نرمال سازی هر ستون	میانگین هر سطر
۰/۳۳	۰/۳۳
۰/۶۶	۰/۶۶

۰/۳۳۳ A

۰/۶۶۶ B

نتیجه:

$$0/229 \times \begin{bmatrix} 0/64 \\ 0/36 \end{bmatrix} + 0/646 \times \begin{bmatrix} 0/37 \\ 0/63 \end{bmatrix} + 0/125 \times \begin{bmatrix} 0/333 \\ 0/666 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0/43 \\ 0/57 \end{bmatrix}$$

از محل II پروژه B انتخاب می‌شود.

- محل III

همانند محل II حل می‌شوند نتیجه محاسبات بصورت زیر است:

$$\begin{bmatrix} 0/62 \\ 0/38 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{matrix} A \\ B \end{matrix}$$

پروژه (آلترناتیو) A انتخاب می‌شود.

- محل IV

$$\begin{bmatrix} 0/57 \\ 0/43 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{matrix} A \\ B \end{matrix}$$

پروژه A انتخاب می‌شود

نتایج محاسبات در حالتی که پروژه‌ها ناسازگارند:

از هر Location یک آلترناتیو انتخاب می‌شود و از بودجه در دسترس به میزان ۲۰۰۰ باقی می‌ماند.

جدول ۲۲.

آلترناتیو	هزینه C	هزینه تجمعی
III-A	۱۰۰۰	۱۰۰۰
II-B	۳۰۱۰	۴۰۱۰
IV-A	۴۹۰	۴۵۰۰
I-C	۲۵۰۰	۷۰۰۰

### تخصیص منابع به روش AHP

مثال: فرض کنید که مایلیم در مورد انتخاب پروژه‌ها از میان چندین پروژه تصمیم‌گیری کنیم و شرایط موجود در تصمیم‌گیری به صورت زیر می‌باشد:

بودجه در دسترس: ۹۰۰۰ دلار

هدف: انتخاب پروژه‌ها

معیارها: هزینه - منافع - افزایش اشتغال

(تذکر: هزینه و منافع و معیارهای کمی و افزایش اشتغال معیار کیفی می‌باشد)

گزینه‌ها: آلترناتیوها در محل

مسئله در دو حالت زیر بررسی می‌شود:

الف) پروژه‌ها (آلترناتیوها) ناسازگار باشند از هر محل فقط یک پروژه انتخاب می‌شود.

ب) پروژه‌ها (آلترناتیوها) سازگار هستند.

Location	Alternative	Benefit	Cost
I	A	۴۰۰۰	۱۱۰۰۰
	B	۳۲۰۰۰	۹۰۰۰
	C	۱۰۰۰۰	۲۵۰۰
II	A	۳۵۰۰۰	۵۲۰۰
	B	۲۰۰۰۰	۳۰۱۰
III	A	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰
	B	۳۰۰۰۰	۴۶۰۰
IV	A	۱۲۰۰۰	۴۹۰
	B	۱۲۰۰۰	۱۲۰۰

الف) پروژه‌ها ناسازگارند.

مراحل انجام کار به صورت زیر می‌باشد:

(۱) توسعه درخت تصمیم‌گیری

(۲) مقایسه معیارهای تصمیم‌گیری با هم

- مقایسات دو تایی:

مثلاً عدد ۲ در خانه سطر اول و ستون سوم نشان دهنده این است که اهمیت معیار یا فاکتور هزینه نسبت به فاکتور افزایش

اشتغال ۲ برابر است.

جدول ۲۴.

انتخاب پروژه	هزینه C	منافع B	افزایش اشتغال
هزینه C	۱	$\frac{1}{3}$	۲
منافع B	۳	۱	۵
افزایش اشتغال	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	۱

نرمال سازی هر ستون

انتخاب پروژه	
۰/۲۲۹	هزینه ←
۰/۶۴۶	منافع ←
۰/۱۲۵	افزایش اشتغال ←

### تخصیص منابع به کمک روش AHP:

AHP یک روش تصمیم‌گیری است که توسط آن می‌توان تصمیماتی را که وابسته به معیارهای مختلف و یا تصمیمات چند معیاره است، اتخاذ نمود. به صورت دقیق‌تر می‌توان گفت که توسط AHP ابتدا مسئله تصمیم‌گیری ساختار داده می‌شود و سپس گزینه‌های مختلف موجود براساس معیارهای مطرح در تصمیم‌گیری با هم مقایسه و اولویت انتخاب هر یک از آنها مشخص می‌شود.

### عملکرد AHP:

#### قدم اول: توسعه درخت تصمیم‌گیری

##### الف) مشخص کردن گره‌ها

سه نوع گره در این درخت وجود دارد. گره نوع اول که گره هدف نامیده می‌شود و تنها یک بار در درخت ظاهر شده و در بالاترین سطح درخت قرار می‌گیرد. گره هدف: هدف تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. گره‌های نوع دوم نشان‌دهنده معیارهای مطرح در تصمیم‌گیری هستند. جهت مشخص کردن این معیارها بهتر است این سؤال مطرح شود که چه عوامل یا فاکتورهایی در راه رسیدن به هدف مهم می‌باشند. این گره‌ها پایین‌تر از گره هدف قرار می‌گیرند. در زیر هر معیار می‌تواند زیر معیارهای دیگر قرار گیرد. عمل شکستن معیارها به زیر معیارها می‌تواند تا هر سطح که لازم باشد ادامه پیدا کند. گره‌های نوع سوم مربوط به گزینه‌های تصمیم‌گیری هستند. این گره‌ها در پائین‌ترین سطح درخت قرار می‌گیرند. برای مشخص کردن این گره‌ها می‌توان به سؤال "برای رسیدن به هدف چه کارهایی را باید انجام داد؟" پاسخ داد.

##### ب) نحوه اتصال گره‌ها

این کار به این صورت است که هر گره سطح بالاتر به کلیه گره‌های یک سطح پائین‌تر خود که به نحوی مربوط به موضوع گره سطح بالاتر می‌شوند، متصل می‌شود.

#### قدم دوم) محاسبات

هدف از انجام محاسبات تعیین وزن هر یک از گزینه‌ها (پائین ترین گره‌های درخت) در راه رسیدن به هدف (بالاترین گره درخت) است. محاسبات توسط این اصل انجام می‌شود که برای هر گره درخت به جز گره‌های پائین ترین سطح، باید وزن کلیه گره‌های یک سطح پائین تر متصل به آن را محاسبه نمود.

وزن هر گزینه را می‌توان به کمک رابطه زیر نشان داد:

$$W_i = \sum_{j=1}^m W_{ij} \times W'_j \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$W_{ij}$  وزن گزینه  $i$  در مقایسه با سایر گزینه‌ها در مورد پارامتر  $j$  (فاکتور  $j$ )

$W'_j$  وزن پارامتر  $j$  (فاکتور  $j$ ) در مقایسه با سایر فاکتورها

$W_i$  وزن گزینه  $i$  در مقایسه با سایر گزینه‌ها (با در نظر گرفتن همه فاکتورها)

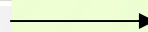
برای تعیین وزن هر فاکتور و  $W_{ij}$  (هنگامی که فاکتور مورد نظر کیفی است) از روش مقایسات استفاده می‌شود.

### تخصیص منابع به روش AHP

جدول ۲۵.

I-A	۰/۰۴۱	۰/۰۲۷	۰/۰۱۹۳	۰/۱۴۱	۰/۰۴۳	۰/۰۱۹	۰/۱۹۸	۰/۰۰۹	۰/۰۴۲
I-B	۰/۰۸۲	۰/۰۵۴	۰/۰۳۲	۰/۱۴۱	۰/۰۴۳	۰/۰۲۵	۰/۰۹۹	۰/۰۱۱	۰/۰۶۳
I-C	۰/۲۰۴	۰/۱۶۲	۰/۰۹۶	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۷۶	۰/۲۹۷	۰/۰۲۷	۰/۱۲۷
II-A	۰/۰۴۱	۰/۰۵۴	۰/۳۸۶	۰/۱۴۱	۰/۱۴۱	۰/۳۸	۰/۰۹۹	۰/۳۸۴	۰/۰۶۴
II-B	۰/۰۸۲	۰/۱۰۸	۰/۰۴۸	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۱۵۲	۰/۰۹۹	۰/۰۱۸	۰/۱۲۷
III-A	۰/۱۶۳	۰/۱۶۲	۰/۰۹۶	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۷۶	۰/۰۳۳	۰/۱۰۹	۰/۱۲۷
III-B	۰/۰۲۰۴	۰/۰۵۴	۰/۰۳۲	۰/۱۴۱	۰/۱۴۱	۰/۲۲۸	۰/۰۹۹	۰/۲۷۴	۰/۲۵۵
IV-A	۰/۲۴۵	۰/۲۷۰	۰/۱۹۲	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۸	۰/۰۱۹۹	۰/۰۵۵	۰/۰۶۳
IV-B	۰/۱۲۲	۰/۱۰۸	۰/۰۹۶	۰/۲۸۲	۰/۲۸۲	۰/۰۷۶	۰/۰۴۹۸	۰/۱۱۰	۰/۱۲۷

میانگین هر سطر



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

۰/۰۵۹۹

۰/۰۶۱۱

۰/۱۳۳۱

۰/۱۹۱

۰/۰۸۷۸

۰/۰۹۳

۰/۱۵۲۶

۰/۱۲۹۲

۰/۱۱۷۵

$$0/229 \times \begin{bmatrix} 0/0174 \\ 0/0213 \\ 0/0766 \\ 0/0368 \\ 0/0636 \\ 0/1916 \\ 0/0416 \\ 0/3910 \\ 0/1597 \end{bmatrix} + 0/646 \times \begin{bmatrix} 0/206 \\ 0/165 \\ 0/051 \\ 0/180 \\ 0/103 \\ 0/051 \\ 0/155 \\ 0/026 \\ 0/062 \end{bmatrix} + 0/125 \times \begin{bmatrix} 0/145 \\ 0/119 \\ 0/067 \\ 0/148 \\ 0/0920 \\ 0/088 \\ 0/128 \\ 0/122 \\ 0/091 \end{bmatrix}$$

*I-A*

*I-B*

*I-C*

*II-A*

*II-B*

*III-A*

*III-B*

*IV-A*

*IV-B*

نتایج پایانی و انتخاب آلترناتیوها با توجه به بودجه در دسترس ۹۰۰۰ دلار

جدول ۲۶.

آلترناتیو	هزینه	هزینه تجمعی
<i>II-A</i>	۵۲۰۰	۵۲۰۰*
<i>I-A</i>	۱۱۰۰۰	۱۶۲۰۰
<i>IV-B</i>	۴۶۰۰	۲۰۸۰۰
<i>IV-A</i>	۴۹۰	۲۱۲۹۰*
<i>I-B</i>	۹۰۰	۳۰۲۹۰
<i>II-B</i>	۳۰۱۰	۳۳۰۰۰*
<i>IV-B</i> (۰/۰۹۱)	۱۲۰۰	۳۴۲۰۰
<i>III-A</i>	۱۰۰۰	۳۵۲۰۰
<i>I-C</i>	۲۵۰۰	۳۷۷۰۰

پروژه‌ها را تا اتمام بودجه در دسترس انتخاب می‌کنیم. پروژه‌های انتخاب شده با علامت \* مشخص شده‌اند.

# فصل پنجم

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ آزاد اسلامی



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir





مدل سازی

ارجحیت ها



[www.gsie.ir](http://www.gsie.ir)



@IEKonkour



[gsie.ir](https://www.instagram.com/gsie.ir)

## مقدمه:

در فصلهای قبل ما در مورد چند شیوه تصمیم‌گیری بحث کردیم همینطور روشهای درخت تصمیم‌گیری و شبیه‌سازی را نیز به منظور انتخاب بین گزینه‌ها معرفی کردیم. در این قسمت، سعی داریم که بعضی از فرضیات را که قبلاً تصور کرده ایم، مورد نقد و بررسی قرار دهیم.

به طور عملی، طرح (ساده ایی) از مدلسازی تصمیم به وسیله دو سؤال زیر، دچار آشفتگی خواهد شد.

(۱) هنگامی که یک مقیاس (اندازه) منفرد برای بیان پی‌آمدهای (*Outcome*) یک تصمیم یا ارجحیت‌مان، استفاده می‌شود؛ آیا می‌شود تصور کرد که آن مقیاس با هر پیامد مربوط به آن بطور خطی مرتبط هستند؟ به عبارت دیگر آیا می‌توان تصور کرد که ارزش یک پوند (واحد پول) اضافه همیشه برای ما یکسان است حتی هنگامی که بیانگر اختلاف دارایی از قبیل صفر پوند- یک پوند و £۱۰۰۰ - £۱۰۰۱ باشد؟

(۲) تصور کنید پیامد یک تصمیم، توسط گروه کاملی از مقیاس‌های (*Measures*) کمی از قبیل هزینه- سود و غیر کمی از قبیل- انعطاف پذیری- تصور ذهنی (*Image*) و غیره بیان می‌شوند حال این سؤال مطرح می‌شود که ما چگونه گروه‌ها را با یکدیگر ترکیب و یا مقایسه می‌کنیم؟

تبعات و عوارض این دو سؤال توسط دو عنوان زیر بقیه بخش را شکل می‌دهد.

*Modeling Single attribute preference*

مدلسازی ارجحیت- تک خصیصه‌ای

*Modeling Multi- attribute preference*

مدلسازی ارجحیت- چند خصیصه‌ای

## ۱- مدلسازی ارجحیت- تک خصیصه‌ای

در فصل گذشته بازده‌های (*Poyoff*) مربوط به ترکیب‌های مختلف حالات تصمیم، و حالات طبیعت را بر حسب ارزشهای پولی نشان دادیم و زمانیکه اطلاعات احتمالی مربوط به حالات طبیعت را در اختیار داشتیم و معیارهای تصمیم‌گیری را بر مبنای ارزش پولی مورد انتظار (*Expected Value*) و امید ریاضی از دست دادن فرصت، بیان نمودیم.

اما حالاتی نیز وجود دارد که در آنها معیار تصمیم‌گیری بر مبنای ارزش پولی مورد انتظار و یا امید ریاضی زیان فرصت از دست رفته، ما را به بهترین تصمیم نخواهد رسانید. منظور ما از بهترین حالات تصمیم آن تصمیماتی است که علاوه بر در نظر گرفتن ارزش پولی مورد انتظار فاکتورهای دیگری مانند قدرت بدست آوردن سود، زیان یا امکان تحمل زیان نیز توسط تصمیم‌گیرنده

در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر ممکن است دو آلترناتیو ارزش پولی مورد انتظار یکسانی داشته باشند اما از نقطه نظر و دیدگاه تصمیم گیرنده ارزشهای این دو آلترناتیو با یکدیگر فرق نمایند.

ابزاری که از یک نقطه نظر شخصی، آلترناتیوهای ریسکی را بکار می برد یک راه قدرتمند، تعیین ارزش، به نام ارجحیت یا مطلوبیت\* (*Utility*) مقادیر پولی می باشد.

مفهوم مطلوبیت یک پیامد از نقطه های مختلف و اشخاص مختلف، فرق می کند برای مثال آیا مطلوبیت یا ارزش یک وعده غذا برای شخصی که گرسنه است، با مطلوبیت همان وعده غذا برای کسی که غذا خورده و کاملاً سیر است، یکسان است؟!

بنابراین حالات بسیار زیادی وجود دارد که تنها ارزش پولی موردانتظار به عنوان معیار تصمیم گیری، بهترین تصمیم برای شخص تصمیم گیرنده نیست، یک مثال دیگر در مورد چنین شرایط عبارت است از تصمیم گیری افراد برای بیمه کردن وسایل، با سرمایه خود. بطور واضح مشخص است تصمیم گیری در مورد بیمه کردن یک خانه نمی تواند ارزش پولی موردانتظار بیشتری، تا تصمیمی که مبنی بر بیمه نکردن خانه است، داشته باشد. زیرا اگر در غیر این صورت باشد شرکتهای بیمه نمی توانند قدرت پرداخت هزینه های شرکت خود را داشته باشند یا اینکه سود ببرند. و یا بطور مشابه می بینید که عده ای از مردم بلیط های لاتاری (بلیط های قرعه کشی جوایز) را به منظور برنده شدن می خرند، که ارزش مورد انتظار این گونه لاتاریها برای آنها منفی است.

آیا می توانیم نتیجه بگیریم که افراد و یا مؤسسات که در خرید لاتاری یا بیمه کردن وسایل شرکت می کنند چون قادر نیستند، تعیین کنند کدام تصمیم از لحاظ ارزش پولی موردانتظار بهتر است، این کار را انجام می دهند؟ بر عکس، در این مورد به این نکته توجه می کنیم که «ارزش پولی، معیار صحیحی از ارزش واقعی موردنظر تصمیم گیرنده نیست».

خواهیم دید که در این موارد وقتی که از معیار ارزش پولی موردانتظار برای تعیین بهترین تصمیم استفاده نمی شود با نشان دادن نتایج حالات تصمیم بر حسب مطلوبیت می توانیم از مطلوبیت موردانتظار (*Expected Utility*) به عنوان معیاری بهتر برای تصمیم گیرنده استفاده کنیم.

مسأله عمده در استفاده از نظریه مطلوبیت، تعیین و ارزیابی تابع مطلوبیت برای تصمیم گیرنده است به محض اینکه تابع مطلوبیت تعیین شود. یافتن بهترین جواب مسأله ممکن می شود بدین منظور ابتدا در قدم اول رسم تابع مطلوبیت بحث می شود.

## ۲- رسم تابع مطلوبیت

یک تابع\* مطلوبیت؛ پی آمدهای ممکن تصمیم را به یک مقیاس که منعکس کننده ارجحیت‌های نسبی تصمیم‌گیرنده است، مرتبط می‌سازد. دو نکته که در رسم تابع مطلوبیت موجب اشتباه می‌شوند عبارتند از:

(۱) مقیاس مطلوبیت کاملاً اختیاری است. گرچه بعضی از مقیاسها بیشتر از دیگر مقیاسها بکار می‌روند.

(۲) تابع مطلوبیت عبارت است از تنها ارجحیت تصمیم‌گیرنده و این تابع منحصر به فرد می‌باشد.

در توضیح چگونگی تعیین و ارزیابی تابع مطلوبیت برای تصمیم‌گیرنده از مثالی استفاده می‌کنیم.

به عنوان مثال فرض کنید که مدیر یک سازمان بزرگ توسعه و تحقیق قصد دارد که بودجه سالانه‌اش را برآورد کند. مجموعه پروژه‌های قابل تحقیق امسال مجموعه‌ای پیچیده و به هم پیوسته است. با برنامه‌ریزی، تاریخهای شروع و مشخصه‌های نیروی انسانی برای پروژه‌های مختلف، به روشهای مختلف مدیر می‌تواند در سال آتی بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ هزار پوند، هزینه‌های تحقیق و توسعه را (برآورد) کند.

این سازمان یک سیستم بودجه مشخصی را اجرا نمی‌کند بلکه از هر مدیر انتظار می‌رود تاهزینه کلی خود را با دقتی منطقی پیش بینی نماید. حال اگرچه مشخصه‌های بسیار زیاد دیگری نیز وجود دارند که می‌توان با آنها تصمیم مدیر را مورد قضاوت قرار داد. او خود نگران این است که نقطه نظر خودش را درباره حقایق مربوط به پی‌آمدهای مالی هر بودجه‌ای که بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ هزار پوند باشد را درک نماید.

اولین چیزی که برای رسم تابع مطلوبیت مورد نیاز است مقیاس است. به طور معمول دامنه بین صفر و یک و یا صفر و صد را انتخاب می‌کنند. اگر این مدیر دامنه بین صفر و یک را انتخاب کند، قدم بعدی وی این است که به بدترین پی‌آمد مورد نظر خویش مطلوبیت صفر و به بهترین پیامد مورد نظرش مطلوبیت یک را تخصیص دهد. بنابراین او به £۵۰۰,۰۰۰ مطلوبیت صفر و به £۳۰۰,۰۰۰ مطلوبیت یک را تخصیص می‌دهد. این دو نقطه اولین نقاط تابع مطلوبیت وی هستند.

داریم  $u(c)$  عدد مطلوبیت مربوط به مبلغ پول  $c$  می‌باشد.

پس:  $u(300,000) = 1$  مطلوبیت مربوط به £۳۰۰,۰۰۰

$u(500,000) = 0$  مطلوبیت مربوط به £۵۰۰,۰۰۰

حال برای رسم شکل تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده به عددهای مطلوبیت دیگری نیاز دارد.

\* در این جا ما از کلیه مطلوبیت به منظور بیان ارزش یک نتیجه تصمیم، برای تصمیم‌گیرنده، استفاده می‌کنیم.

\* تابع مطلوبیت یا منحنی مطلوبیت مکان هندسی نقاطی است که با مقادیر پولی مختلف، مطلوبیت‌های مختلف نسبت می‌دهد.

حال مدیر از یک ابزار شناخته شده، مفید یعنی لاتاری پایه یا بخت آزمایی مرجع (*Basic lottery*) برای بررسی ارجحیت‌های موردنظرش در بین این دو نقطه استفاده می‌کند.

بخت آزمایی مرجع عبارت است از یک بخت آزمایی (*Lottery*) به طوری که احتمال را به بهترین پی‌آمد ممکن و بدترین پی‌آمد ممکنه، تخصیص می‌دهد در این حالت داریم:

- ۰/۵ احتمال وقوع پی‌آمد £۳۰۰,۰۰۰ و ۰/۵ برای وقوع پی‌آمد £۵۰۰,۰۰۰ که بنام یک بخت‌آزمایی (*Lottery*) ۰/۵ نامیده می‌شود.

- ۰/۱ احتمال برای وقوع £۳۰۰,۰۰۰ و ۰/۹ احتمال برای وقوع مربوطه £۵۰۰,۰۰۰ که یک لاتاری یا بخت‌آزمایی ۰/۱ می‌باشد.

۰/۹ شانس پی‌آمد £۳۰۰,۰۰۰ و ۰/۱ شانس وقوع پی‌آمد £۵۰۰,۰۰۰ که بنام لاتاری ۰/۹ خوانده می‌شود.

به طور کلی یک لاتاری یا بخت آزمایی  $p$  درصد عبارت است از  $p$  احتمال کسب بهترین پیامد و  $(1-p)$  احتمال کسب بدترین پیامد است که اصطلاحاً به نام لاتاری  $p$  خوانده می‌شود. قدم بعدی برای مدیر این است که معادله‌های قطعی (*Certainty Equivalents*)، لاتاری‌های مرجع را پیدا کند. بنابراین به طور مثال، اگر مدیر یک لاتاری ۰/۵ را در نظر بگیرد باید یکسری سؤال از خودش بپرسد:

کدام را ترجیح می‌دهم:

(A) تخمین هزینه‌ها، بر اساس یک لاتاری، بر پایه ۵۰/۵۰ شانس وقوع هر یک از پی‌آمدهای £۳۰۰,۰۰۰ و یا £۵۰۰,۰۰۰

(B) تخمین هزینه‌ها بر اساس یک مقدار قطعی (غیراحتمالی) به مقدار £X ؟

توجه کنید که گزینه  $a$  عبارتی است احتمالی ولی انتخاب  $b$  به صورت ۱۰۰٪ و قطعی می‌باشد).

هنگامی که مقدار  $X$  به £۵۰۰,۰۰۰ (بدترین مطلوبیت) نزدیک می‌شود. مدیر مقدار احتمالی و یا لاتاری را ترجیح می‌دهد

(جرا) زیرا که مقدار قطعی  $X$  خیلی نزدیک به بدترین پی‌آمد است در حالی که فقط ۰/۵ احتمال وقوع پی‌آمد £۵۰۰,۰۰۰ می‌باشد (و ممکن است این حالت پیش نیاید و به احتمال ۰/۵ بودجه £۳۰۰,۰۰۰ واقع شود) به عبارت دیگر هنگامی که

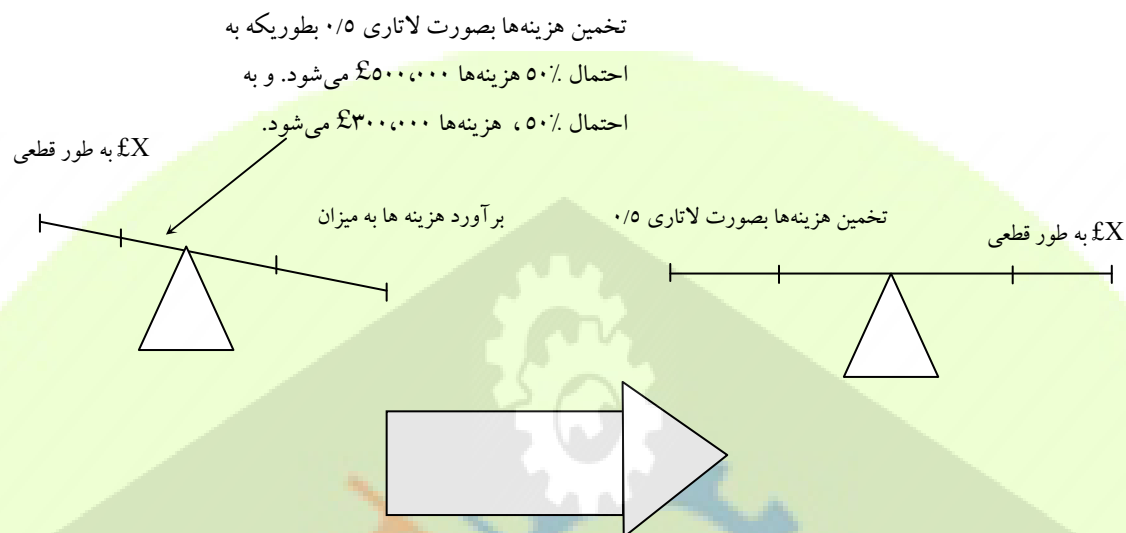
$X$  به £۳۰۰,۰۰۰ نزدیک می‌شود وی مقدار قطعی  $X$  را ترجیح می‌دهد زیرا که احتمال نتیجه رضایت بخش بر اساس

لاتاری برای او بیشتر از حالتی که وی مقدار قطعی  $X$  را پیشنهاد می‌کند، برای وی نیست. بنابراین با کم و زیاد کردن مقدار

تخمین بودجه بطور قطعی £X، وی یا یک مقدار احتمالی یعنی لاتاری را ترجیح می‌دهد و یا مقدار قطعی £X را. ولی برای

بعضی از مقادیر  $\$X$  برای مدیر بسیار مشکل است که ارجحیت خود را بین مقدار قطعی و یا مقدار لاتاری بیان کند. بنابراین برای مدیر در این نقطه یک حالت بی تفاوتی بین حالت قطعی و حالت لاتاری پیش می‌آید.

شکل ۱



وزنه  $X$  را طوری تعیین کنید که احتمال از نظر تصمیم گیرنده برقرار شود (حالت بی تفاوتی ایجاد گردد)

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ آزاد اسلامی



www.gsie.ir



@IEKonkour



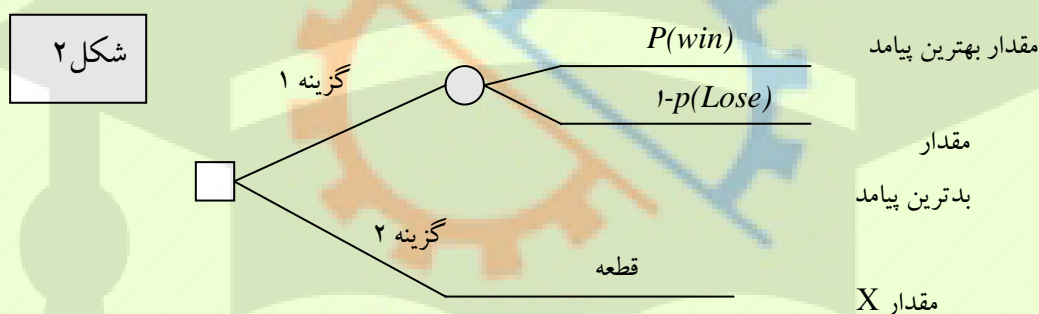
gsie.ir

می توان شکل صفحه قبل و حالت به تفاوتی را توسط درخت نمایش داد. فرض نمائید، ما دو آلترناتیو تصمیم گیری داریم به طوری که گزینه ۱، گزینه ای است شانس بین بهترین و بدترین پیامد به صورت  $p\%$  برای بهترین پیشامد و  $(1-p)$  شانس برای بدترین پی آمد در نظر گرفته ایم و گزینه ۱-کسب صد درصد پی آمد دیگری باشد (کسب  $X$  مقدار) با کم و زیاد کردن  $X$  زمانی بین دو گزینه ۱ و ۲ حالت به تفاوتی پیش می آید. در این هنگام مطلوبیت های مورد انتظارات برای این دو گزینه باید برابر باشد یعنی داریم:

از نقطه نظر شخص، ارزش گزینه ۱ = ارزش گزینه ۲

مطلوبیت پیامد احتمالی (گزینه ۱) = مطلوبیت پیامد قطعی (یا مطلوبیت گزینه ۲)

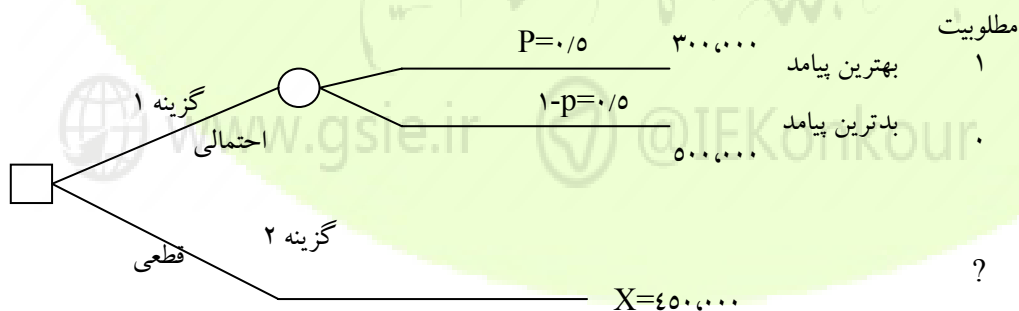
(مطلوبیت بدترین پیامد)  $(1-P)$  + (مطلوبیت بهترین پیامد)  $(P)$  = مطلوبیت پیامد دیگر



حال ما مقدار  $X$  را چنان معین می کنیم که برای ما گزینه ۱ و ۲ بی تفاوت شود.

تصور کنید که مدیر بخش  $R\&D$  مقدار پرداخت قطعی را هنگامی که مقادیر کمتر از £۴۵۰,۰۰۰ است را ترجیح می دهد و لاتاری راهنگامی ترجیح می دهد که، مقادیر بیش از £۴۵۰,۰۰۰ باشد. در نقطه ۴۵۰,۰۰۰ برای او حالت بی تفاوتی ایجاد

می شود، پس داریم:



شکل ۳: بررسی احتمالات و مطلوبیت طرح

پس بازاء  $X=£450,000$  برای مدیر گزینه ۱ و ۲ بی تفاوت هستند پس مطلوبیت یکسان دارند.



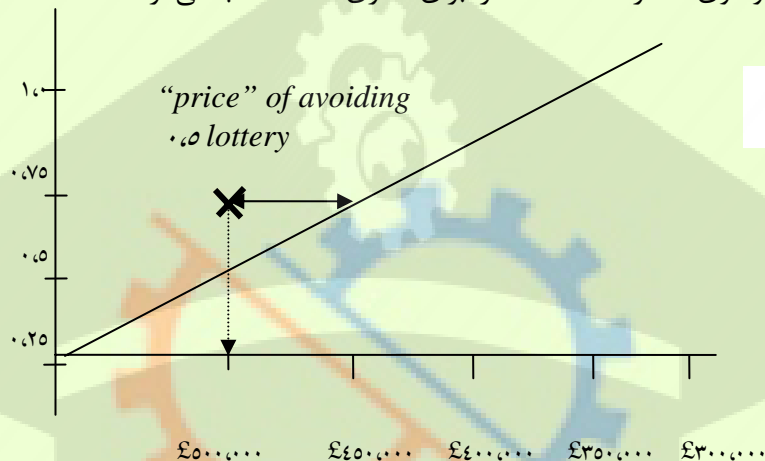
مطلوبیت گزینه ۲ = مطلوبیت گزینه ۱

$$\text{مطلوبیت } (€450,000) = (\text{مطلوبیت } €500,000 \times 0.5) + (\text{مطلوبیت } €200,000 \times 0.5)$$

$$\text{مطلوبیت } 450,000 = 0.5 \times (1) + 0.5 \times (0)$$

$$0.5 = \text{مطلوبیت } 450,000$$

با نگاه به شکل ۵،۲ اولین چیزی که به ما می‌گوید این است که پول و مطلوبیت به طور وضوح با یکدیگر وابستگی خطی ندارند. اگر بدین صورت بود وی مقدار  $€400,000$  را برای لاتاری  $0.5$  انتخاب می‌کرد.



شکل ۴

$$\text{هزینه ریسک} = 400,000 - 450,000 = -50,000$$

قبل از اینکه به محاسبه مطلوبیت برای سایر مقادیر تخمین هزینه‌های شرکت بپردازیم اجازه دهید اهمیت این کار مدیر شرکت را در مورد تخصیص مطلوبیتی برابر با  $0.5$  برای هزینه  $€450,000$  مورد ملاحظه قرار دهیم. بروشنی وقتی که  $P=0.5$  باشد ارزش پولی مورد انتظار لاتاری برابر است با؛

$$\begin{aligned} \text{مقدار} \times \text{پول} \\ EMV (\text{لاتاری}) &= (0.5) \times 500,000 \text{ €} + (0.5) \times 200,000 \\ &= €400,000 \end{aligned}$$

می‌بینیم گرچه ارزش پولی مورد انتظار لاتاری (یعنی ارزش انتظاری گزینه ۱) وقتی که  $P=0.5$  است برابر با  $€400,000$  است، مدیر شرکت تخمین هزینه‌ها را بصورت تضمین شده‌ای برابر با  $€450,000$  ترجیح می‌دهد. بنابراین، نقطه نظر مدیر شرکت، محافظه کارانه است و یا به بیان دیگر می‌توان گفت نقطه نظری است که از پذیرش ریسک اجتناب می‌کند. مدیر شرکت ترجیح می‌دهد دریافتی برابر با  $€450,000$  در حالت اطمینان داشته باشد تا اینکه متصل ریسکی بشود که به ازاء  $50\%$  بهترین پیامد ممکنه برابر با  $€500,000$  را متحمل شود. اختلاف بین ارزش پولی مورد انتظار قبول لاتاری  $€400,000$  (لاتاری) و  $EMV$



£۴۵۰,۰۰۰ تعیین شده را به نام هزینه ریسک *Risk Premium* می‌نامیم (گاهی به هزینه ریسک از دیدگاه دیگری منفعت ریسک هم می‌گویند). که مدیر شرکت حاضر به تحمل آن است تا این که از شانس ۵۰٪ مربوط به زیانی برابر با £۵۰۰,۰۰۰ اجتناب کند، بنابراین در این حالت ارزش پولی مورد انتظار معیار صحیحی برای ترجیح واقعی مدیر شرکت نمی‌تواند باشد. بطور کلی هزینه ریسک عبارت است از:

هزینه ریسک = ارزش پولی مورد انتظار قبول لاتاری - مقدار تضمین شده  $X$ .

حال مدیر می‌تواند لاتاری دیگری را به عنوان مثال لاتاری ۰/۲۵ را انتخاب کند و از خود بپرسد:

در کدام سطح پولی برای من بین دو گزینه زیر حالت بی تفاوتی ایجاد می‌شود.

(A) یک پی‌آمد پولی قطعی (تخمین هزینه به طور قطعی  $X$  پوند)

(B) یک لاتاری با احتمال ۰/۲۵ شانس برای £۳۰۰,۰۰۰ و ۰/۷۵ شانس برای وقوع £۵۰۰,۰۰۰

فرض کنید که بعد از این سؤال مدیر تصمیم بگیرد که اگر مقدار هزینه‌های قطعی کمتر از £۴۵۰,۰۰۰ باشد لاتاری، ترجیح داده می‌شود و بالای این مقدار، مقدار قطعی، ترجیح داده می‌شود بنابراین معادل یک لاتاری ۰/۲۵ مقدار قطعی، £۴۶۰,۰۰۰ می‌باشد.

$$\text{مطلوبیت } ۴۶۰,۰۰۰ = (\text{مطلوبیت } ۵۰۰,۰۰۰) \times (۰) + ۷۵ \times (۱) \times ۰/۲۵$$

$$\text{مطلوبیت } ۴۶۰,۰۰۰ = (۰) \times ۷۵ \times (۱) \times ۰/۲۵$$

$$۰/۲۵ = \text{مطلوبیت } ۴۶۰,۰۰۰$$

اگر برای مدیر بررسی ارجحیت با استفاده از لاتاری ۰/۲۵ مشکل باشد اما یک لاتاری ۰/۵ برای وی آسان تر باشد، وی می‌تواند با تغییر مقادیر مورد نظرش در لاتاری به یک لاتاری ۰/۵ برسد بنابراین وی می‌تواند سؤال زیر را مطرح کند که: در چه مقداری برای من حالت بی تفاوتی بین دو گزینه زیر ایجاد می‌شود.

(a) یک مقدار قطعی  $X$

و یا

(b) یک لاتاری ۵۰/۵۰ (۰/۵) بین مقادیر £۴۵۰,۰۰۰ و £۵۰۰,۰۰۰

اگر مدیر با مقدار ۴۷۰,۰۰۰ به بی تفاوتی برسد آنگاه:

$$\text{مطلوبیت } ۴۷۰,۰۰۰ = (\text{مطلوبیت } ۵۰۰,۰۰۰) \times ۰/۵ + (\text{مطلوبیت } ۴۵۰,۰۰۰) \times ۰/۵$$

$$\text{مطلوبیت } ۴۷۰,۰۰۰ = (۰) \times ۰/۵ + (۰/۵) \times ۰/۵$$

$$U(۴۷۰,۰۰۰) = ۰/۲۵$$

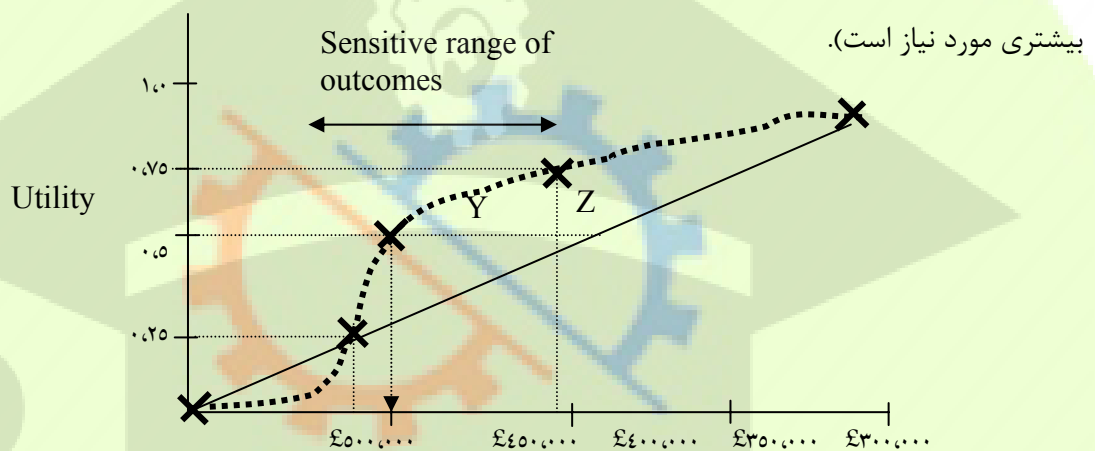
به طور مشابه فرض کنید که برای یک لاتاری ۰/۵ بین £۳۰۰,۰۰۰ و £۴۵۰,۰۰۰ معادل قطعی اش عبارت است از £۴۲۰,۰۰۰  
آنگاه؛

$$0.5 \times U(£300,000) + 0.5 \times U(£450,000) = U(£420,000)$$

$$0.5 \times (1) + 0.5 \times 0.5 = U(£420,000)$$

$$U(£420,000) = 0.75$$

ما حالا ۵ نقطه را برای رسم تابع مطلوبیت مدیر برای مطلوبیت‌های ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ و ۱ را درست داریم. این ۵ نقطه در شکل ۵،۳ رسم شده اند و یک منحنی تقریبی بر روی آنها رسم گردیده است (برای رسم منحنی کامل، به منظور رسم نقاط



شکل ۶

با بررسی منحنی بدست آمده در شکل ۵،۳ می توان نکات زیر را استخراج نمود.

(A) مطلوبیت همان ارزش موردانتظار نیست. ما می بینیم که اگر نقاط بر روی خط A-B قرار گیرند در این صورت مدیر نقاط را بصورت امیدر یاضی محاسبه گردیده است. این بدین معنی نیست که منحنی مطلوبیت مدیر نمی‌تواند بصورت خط مستقیم باشد. بنابراین در صورتیکه شرایط طوری باشد که بین بهترین و بدترین پی‌آمد یک تصمیم، هر پوند دارای یک ارزش مساوی برای تصمیم‌گیرنده باشد (یعنی یک واحد ضرر مساوی یک واحد منفعت باشد) منحنی مطلوبیت همان ارزش انتظاری (Expected value) می‌شود و منحنی به شکل خط مستقیم A-B در می‌آید.

(B) شیب منحنی متغیر است. این تغییرات بیانگر این است که مدیر حساسیت‌های مختلفی نسبت به تغییرات کمی پی‌آمدها، هنگامی که ارزش پی‌آمد تغییر می‌کند دارد. برای مثال، در فاصله بین £۴۲۰,۰۰۰ و £۴۷۰,۰۰۰ تغییرات مطلوبیت مدیر قابل ملاحظه است در حقیقت در فاصله £۵۰,۰۰۰ تغییرات مطلوبیت مدیر خیلی بیشتر از £۱۵۰,۰۰۰ باقی مانده از پی‌آمدهای ممکنه می‌باشد. چرا این گونه است؟ ما جواب این سؤال را نمی‌دانیم مگر این که از مدیر سؤالات بیشتری دراین

باره بشود. شاید به اینصورت است که بودجه R&D ظاهراً در مقطع £۴۵۰,۰۰۰ جمع‌آوری می‌شود یا در همان حدودی که، مدیر نگران است بیشتر از آن نشود.

(C) اگر بودجه مدیر از £۳۰۰,۰۰۰ به £۴۲۰,۰۰۰ افزایش پیدا کند در منحنی مطلوبیت مدیر تغییرات نسبتاً کوچکی بوجود می‌آید. این بدین معنی نیست که وی نگران چنین افزایشی نیست. تمام آن چیزی که منحنی مطلوبیت می‌گوید این است که افزایش بودجه از £۳۰۰,۰۰۰ تا £۴۲۰,۰۰۰ نسبتاً به اهمیت افزایش بودجه بین £۴۲۰,۰۰۰ و £۴۶۰,۰۰۰ نمی‌باشد.

(D) در این مثال: منحنی مطلوبیت در بدترین پی‌آمد مقعر و در بهترین پی‌آمد محدب می‌باشد.

این بدین دلیل است که مدیر بر روی مجموعه‌ای از بودجه «ریسک‌جو» (*Risk Seeking*) و بر روی محدوده‌ای دیگر وی «ریسک‌گریز» (*Risk averse*) می‌باشد معانی این دو واژه در تست بعد توضیح داده شده است.

### مثال برای رسم تابع مطلوبیت :

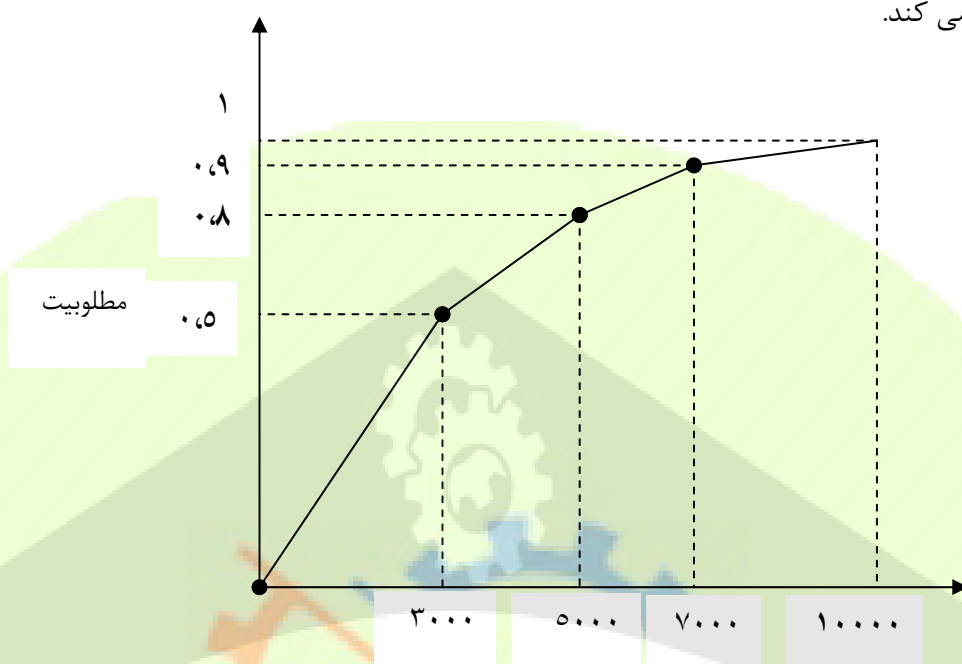
جان می‌خواهد در یک بازی شرط بندی شرکت کند در این شرط بندی به این شکل است که هر چقدر جان پول بیشتری شرط بندی کند احتمال بردن او افزایش می‌یابد. او در صورت شرط بندی و برنده شدن مبلغ ۱۰۰۰۰ دلار بدست می‌آورد و در صورت بازنده شدن کل مبلغی را که شرط بندی کرده است از دست می‌دهد. به عنوان مثال اگر او ۵۰۰۰ دلار شرط بندی کند و اگر شانس بردن مبلغ ۱۰۰۰۰ دلار ۸۰٪ باشد. جان بین قراردادن پولش در بانک و شرط بندی کردن بیتفاوت است. می‌خواهیم تابع مطلوبیت او را رسم کنیم

سایر مقادیر مطلوبیت او به همین روش تخصیص خواهد یافت. برای مثال مطلوبیت جان برای بردن ۷۰۰۰ دلار چقدر است. چه مقداری برای P جان را بین ۷۰۰۰ دلار و بدست آوردن ۱۰۰۰۰ دلار بیتفاوت خواهد کرد. جان یک شانس ۹۰ درصدی برای بردن در این حالت می‌خواهد. و گرنه او ۷۰۰۰ دلار را ترجیح می‌دهد در بانک بگذارد. مطلوبیت جان برای ۳۰۰۰ دلار به همین طریق بدست می‌آید. اگر یک شانس ۵۰٪ برای دستیابی به ۱۰ هزار دلار وجود داشته باشد، جان بین داشتن ۳۰۰۰ دلار و شرط بندی که ۱۰۰۰۰ دلار می‌برد یا نتیجه‌ای ندارد، بی تفاوت خواهد بود. بنابراین مطلوبیت ۳۰۰۰ دلار برای جان برابر ۵۰٪ است. تخصیص این مقادیر برای رسیدن به ایده است که احساس جان در مورد ریسک کردن چیست. و این نقاط را در یک منحنی نشان می‌دهیم. نقطه ۳۰۰۰ دلار، ۵۰۰۰ دلار و ۷۰۰۰ دلار را رسم و بقیه نقطه را چشمی بدست می‌آوریم (با وصل کردن این نقطه به همدیگر)

همانطور که در نمودار مطلوبیت جان مشاهده می‌کنیم نمودارش از نمودارهای ریسک‌گریز است. یک فرد ریسک‌ناپذیر تصمیم گیرنده‌ای است که برای مقادیر بالای ریسک مطلوبیت کمتری قائل است. و تمایل به دوری از شرایطی را دارد که در آن ممکن

است مقادیر زیادی را از دست بدهد. در این نمودارها، همچنانکه مقادیر مالی افزایش پیدا می کند، مطلوبیت با نرخ کمتری

افزایش پیدا می کند.



شکل ۷: رسم تابع مطلوبیت جان  
مقادیر مالی

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ آزاد اسلامی



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

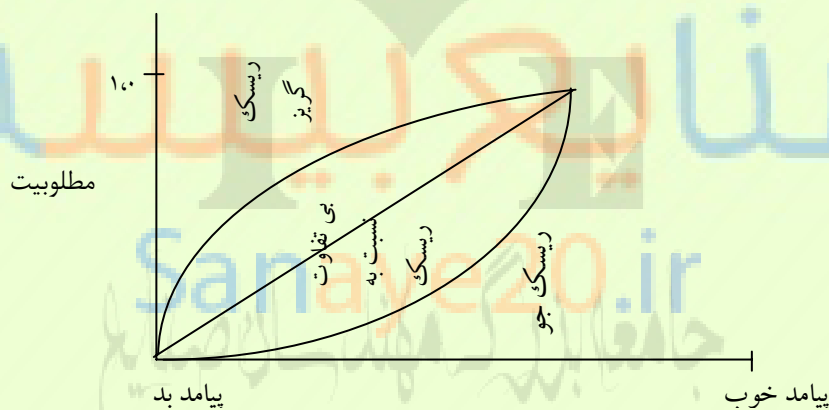
### ۳- انواع توابع مطلوبیت

در قسمت های قبل ما بین تصمیم گیرندگانی که در صورت امکان، از ریسک اجتناب می‌ورزند و تصمیم‌گیرندگانی که درصد بالایی از ریسک را می‌پذیرفتند، تفاوت قایل شدیم. همچنین ما مشاهده کردیم که وجود یک یا چند فاکتور مشخص در تصمیم به تنهایی می‌تواند بر روی تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده مؤثر واقع شود مشکلی که شرکت در مثال پیش درباره هزینه بودجه خواسته شده، به نظر می‌رسد دارد، این است که این مشکل برتابع مطلوبیت مدیر تأثیر گذاشته و احتمالاً تأثیر مشابهی هم بر هر مدیری در همین موقعیت خواهد داشت.

به هر حال تفسیر آن اثر، بر روی یک تابع مطلوبیت بخصوص تنها یک ارتباط متقابل بین مدیر، خود تصمیم و برداشت مدیر از آن تصمیم را نمایانگر است.

توابع مطلوبیت برای تصمیم گیرنده بخصوصی در یک مجموعه شرایط بخصوص، یکسان می‌باشد، با وجود این بعضی از شکلها زیاد تکرار می‌شوند. شکل ۵،۴ سه نوع یا سه دسته از این شکلها را نشان می‌دهد که عبارتند از بی طرف نسبت به ریسک (*Risk* *neutral*) - ریسک جو (*Risk Seeking*) و ریسک گریز (*Risk averse*).

شیب های این منحنی ها برای مقادیر مختلفی از پیماند تصمیم که در شکل آمده است بیانگر انواع مختلفی از رفتار هاست.



شکل ۸

منحنی بی طرف نسبت به ریسک که یک شیب ثابتی دارد بیانگر این نکته است که تصمیم‌گیرنده به یک میزان از افزایش یک واحد در درآمد خرسند و یا از کاهش یک واحد درآمد ناخشنود می‌شود و ربطی هم به این ندارد که چه سطحی از درآمد موردنظر می‌باشد.

-منحنی دوری کننده از ریسک شیب بیشتری را در سطوحی پیامدبر به نسبت سطوح پیامدهای خوب دارد این بیانگر این است که تصمیم گیرنده نسبتاً خوشحال تر است هنگامی که از پیامد بد دوری بجوید تا اینکه از یک پیامد خوب صرف نظر شده، ناخشنود باشد.

- منحنی جوینده ریسک، شیب بیشتری را در پیامد خوب، در پایان محورها به نسبت پیامدهای بد در پایان محورها دارد. این بیانگر این است که او خرسندتر می شود هنگامی که امکان دستیابی به یک پیامد خوب را دارد به نسبت زمانی که وی از امکان متحمل شدن یک پیامد بد ناخرسند باشد.

- بطور کلی هزینه ریسک (*Risk Premium*) برای اشخاص ریسک گریز مثبت می باشد و برای شخص ریسک جو منفی است و برای اشخاص بی طرف یا خنثی مقداری معادل صفر می باشد.

#### ۴- مطلوبیت به عنوان یک مقیاس تصمیم گیری

بعد از اینکه یک منحنی مطلوبیت رسم شد ، مقادیر مطلوبیت از منحنی در تصمیم گیرها مورد استفاده قرار میگیرد. درآمدها یا مقادیر مالی با مقادیر مطلوبیت مناسب جایگزین می شوند. و سپس تحلیل تصمیم گیری بطور معمول اجرا میشود. اجازه دهید مثالی را بررسی کنیم که در آن یک مثالیک درخت تصمیم گیری مورد استفاده قرار گرفته و مقادیر مطلوبیت مورد انتظار در انتخاب بهترین آلترناتیو مورد محاسبه قرار گرفته است. *Mark Simkin* علاقه به شرط بندی دارد. او تصمیم دارد بازی را انجام دهد که متشکل از بالا انداختن پونزها در هوا است. اگر نوک پونز زمانی که به زمین می افتد رو به بالا باشد ، مارک ۱۰۰۰۰ دلار می برد . اگر نوک پونز به پشت بیفتد مارک ۱۰۰۰۰ دلار از دست می دهد . مارک دو آلترناتیو در اختیار دارد: ۱- بازی را انجام دهد ۲- بازی نکند. مارک عقیده دارد که یک شانس ۴۵ درصد برای بردن ۱۰۰۰۰ دلار و شانس ۵۵ درصد برای از دست دادن ۱۰۰۰۰ دلار وجود دارد. آلترناتیو ۲ یعنی شرط بندی نکردن . مارک چه باید بکند ؟ این بستگی به تابع مطلوبیت مارک دارد. با رویه ای که پیشتر گفته شد ، منحنی مطلوبیت را برای مارک رسم می کنیم . می بینیم مطلوبیت مارک برای ۱۰۰۰۰ - برابر ۰،۰۵ است . مطلوبیت او برای بازی نکردن برابر ۰،۱۵ است . و مطلوبیتش برای ۱۰۰۰۰ دلار برابر ۰،۳ است . این مقادیر اکنون در درخت تصمیم گیری مورد استفاده قرار میگیرد . هدف مارک ماکسیم کردن مطلوبیت مورد انتظارش می باشد.

گام ۱

$$U(-10000) = 0,05$$

$$U(0) = 0,15$$

$$U(10000) = 0,3$$

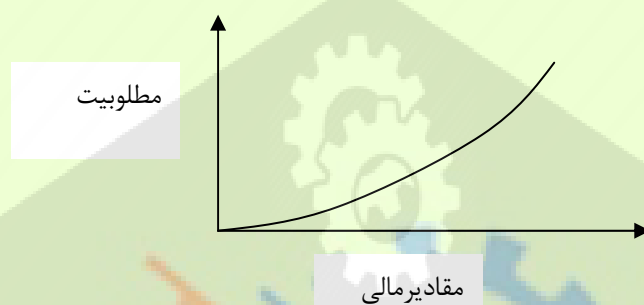
گام ۲: مقادیر مالی را با مقادیر مطلوبیت جایگزین می کنیم .

$$E(1) = (0.45 \times 0.3 + 0.55 \times 0.05) = 0.1625$$

$$= 0.135 + 0.0275 = 0.1625$$

$$E(2) = 0.15$$

بنابراین آلترناتیو ۱ بهترین استراتژی با استفاده از تابع مطلوبیت در تصمیم گیری است. اگر EMV مورد استفاده قرار می گرفت آلترناتیو ۲ بهترین استراتژی می بود. منحنی این فرد یک منحنی ریسک جو می باشد. و گزینه بازی کردن نشان دهنده این واقعیت می باشد.



شکل ۹

## ۵- مفاهیم اساسی نظریه مطلوبیت

اصول موضوع امید مطلوبیت = نظریه مطلوبیت، برای به حساب آوردن نظر تصمیم گیرنده نسبت به مخاطره بوجود آمده است. به یاد بیاورید که در تصمیم گیری بهینه (امید ریاضی) هر عمل مستلزم توزیع احتمال پاداشهاست که تخت آزمایی نامیده می شود. نظریه مطلوبیت درباره سازگاری ارجحیتهای تصمیم گیرنده بین بخت آزماییها، برخی پذیره های اساسی را اعمال می کند. یکی از این پذیره ها، پذیره یا اصل ترایی است که بیان می کند اگر بخت آزمایی  $A_1$  بر بخت آزمایی  $A_2$  ترجیح داشته باشد و بخت آزمایی  $A_2$  بر بخت آزمایی  $A_3$  ترجیح داشته باشد، آنگاه؛ بخت آزمایی  $A_1$  بر بخت آزمایی  $A_3$  ترجیح دارد. اصل موضوع ترایی همراه با چند اصل موضوع دیگر مجموعه ای از اصلهای موضوع را تشکیل می دهند که به اصول موضوع مطلوبیت مرسوم اند. اگر ارجحیتهای تصمیم گیرنده با این مجموعه از اصول سازگار باشند. آنگاه می توان نشان داد که نوعی تابع مطلوبیت  $U(c)$  وجود دارد که کاملاً نظر تصمیم گیرنده را نسبت به مخاطره نشان می دهد. در اینجا،  $C$  پیامد پولی است و  $U(C)$  عدد مطلوبیت مربوط به مبلغ پول  $C$  است. تابع  $U(c)$  را تابع مطلوبیت پولی تصمیم گیرنده می نامیم.

### ۵-۱ ملاک امید مطلوبیت

نظریه مطلوبیت نشان می دهد که وقتی در تصمیم گیری، اعداد مطلوبیت به جای پاداشهای پولی به کار می روند. عمل مرجع، عملی است که دارای بزرگترین مقدار امید برای برآمدهایی است که بر حسب اعداد مطلوبیت بیان شده اند. مسأله ای از تصمیم



گیری را در نظر بگیرید که در آن  $C_{ij}$  پاداش پولی برای وقتی است که  $j$  امین عمل انتخاب شده و  $i$  امین حالت برآمد رخ داده است.

امید پاداش  $j$  امین عمل عبارت است از

$$EP(d_j) = \sum_i C_{ij} P(S_i)$$

اینک اگر هر پاداش پولی  $C_{ij}$  را بر حسب  $U(c_{ij})$  یعنی اعداد مطلوبیت متناظرش بیان کنیم می‌توانیم برای  $j$  امین عمل، مقدار امید برآمدها را بر حسب اعداد مطلوبیت محاسبه کنیم این مقدار را با امید  $U(A_j)$  نشان می‌دهیم.

$$EU(A_j) = \sum_i x(C_{ij}) P(S_i)$$

در اینجا  $EU(A_j)$  معرف امید مطلوبیت عمل  $A_j$  است.

همانطور که قبلاً ذکر کردیم نظریه مطلوبیت نشان می‌دهد که عمل مرجع تصمیم گیرنده عملی با بزرگترین امید مطلوبیت است.

ملاک امید مطلوبیت، آن عملی را انتخاب می‌کند که برای آن، امید مطلوبیت که در صفحه قبل تعریف شده است ماکسیم باشد. عملی که با ملاک امید مطلوبیت انتخاب می‌شود به عمل بهینه مرسوم است.

مسأله عمده در استفاده از نظریه مطلوبیت ارزیابی و بدست آوردن تابع مطلوبیت برای تصمیم گیرنده است. به محض آنکه تابع مطلوبیت  $U(c)$  معین شود آنگاه عمل امید ریاضی مثل قبل انجام می‌شود جز آنکه به جای مقادیر پولی یا پادشاهای پولی، اعداد مطلوبیت به کار می‌روند. در قسمت قبل نحوه یافتن تابع مطلوبیت توضیح داده شد در این قسمت سعی می‌کنیم که با ذکر مثالی عمل تصمیم‌گیری توسط امید مطلوبیت انجام بگیرد. و تفاوت تصمیم‌گیری توسط امید ریاضی موردانتظار پولی را با امید ریاضی مطلوبیت بررسی می‌کنیم.

## آبکاری شرکت ویلترز

شارل دومان به تازگی شرکت آبکاری ویلترز که شرکتی معتبر اما نسبتاً قدیمی است را از پدرش تحویل گرفته است. کار اصلی این شرکت آبکاری نقره لوازم خانگی مثل جاشمعی‌های تزئینی و کارد و چنگال، آبکاری کروم قسمت‌های صنعتی بوده، وقتی شارل شرکت را بدست گرفت (بدرستی) پیش بینی کرد که هر دو این بازها رو به کاهش هستند. بعد از فرض، تصمیم به تجهیز



دوباره کار خانه (کارگاه) و حرکت به سوی بازاری رو به توسعه، که ارزش افزوده بیشتری دارد نمود. برنامه او درباره بازسازی دوباره شامل بستن و در قسمت های اوراق کردن و تقسیم کردن خط آبکاری نقره و خرید خط جدیدتر و فنی تر و پیشرفته تری از آبکاری طلا بود برای اینکه وارد بازار آبکاری طلای، بسطهای لوازم حمام بشود. مدیر بانک شرکت مفیدترین شخص در تهیه وام برای برنامه سرمایه گذاری اقتصادی شرکت بود.

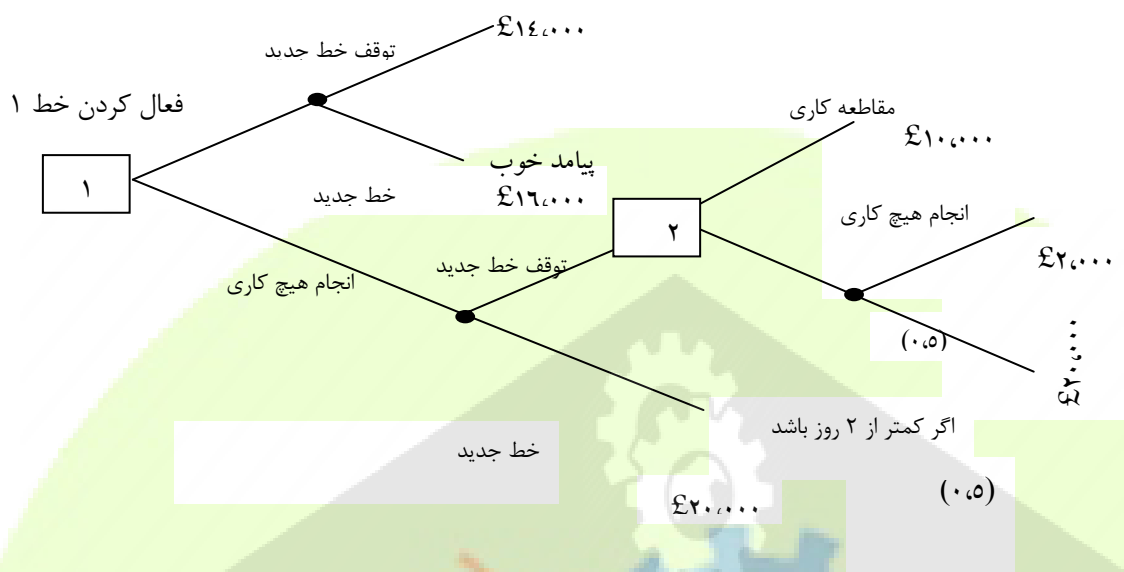
متأسفانه بعد از ۱۲ ماه برنامه ریزی اقتصاد به طور کلی دارای رکود شد و تجارت هم دچار موقعیت سختی شده بود. خط جدید آبکاری طلا خیلی کم مورد استفاده قرار گرفته بود و حتی در زمانی هم که کار می کرد دچار مشکل می شد، شارل دیگر ناامید شده بود؛ «بیش از هر چیز دیگری مسئله فنی اهمیت دارد خط آبکاری به آن صورتی که انتظار داشتیم عمل نمی کند حتی اگر با نصف سرعت از خط آبکاری استفاده کنیم هم خوب است اما نرخهای کار، اقتصادی نیستند. کار کشیدن از خط آبکاری با تمام سرعت نیاز به تعمیرات و نگهداری قابل ملاحظه دارد و گاهی اوقات روزها از کار می افتد، از زمانی که این خط آبکاری را خریده ایم تجارت آنقدر اسفبار شده است که ماهرگز تابه حال این قدر تحت فشار نبوده ایم اما این سفارش جدید اوضاع را عوض می کند».

سفارش جدیدی که شارل به آن اشاره کرد یک سفارش صادراتی کوتاه مدت برای آبکاری طلای بسطهای داخلی حمام در حجم زیاد بود. بسطها باید به ویلتز در مدت ۲ هفته تحویل داده می شدند و اجناس آبکاری شده باید ۲ هفته بعد از آن برای ارسال با کشتی آماده می شدند.

خط جدید آبکاری می توانست از عهده این سفارش با تمام سرعت برآید اما اگر خط به مدت بیش از ۲ روز خراب می شد، زمان تحویل دیر می شد و شرکت از سوی مشتری جریمه می شد. یک راه برای تحویل مطمئن و به موقع سفارش ممکن بود و آن هم بر پا کردن خط آبکاری قدیمی بود برای زمانی که خط جدید خراب می شد. اما فعال کردن خط قدیمی نیز گران تمام می شد این معضل را شارل بدین صورت حل کرد.

«تصمیم اصلی این است که خط قدیمی قبل از رسیدن سفارش بر پا شود اگر این کار را انجام دهیم می توان تحویل به موقع سفارشها را تضمین کرد حتی اگر هزینه های برپایی آن بالاتر از خط جدید باشد اگر خط قدیمی را فعال نکنیم و خط آبکاری متوقف شود ما قادر هستیم که در صورت مرتب کردن خط قدیمی به محض از کار افتادن خط جدید قرارداد را انجام دهیم در غیر این صورت ما این شانس را که خط در کمتر از ۲ روز تعمیر شود را از دست خواهیم داد».

مهندس شارل به او توصیه کرد که فکر می کند خط جدید را بهتر از گذشته تحت کنترل دارد اما احتمال این که دستگاه در طول ۲ هفته خراب شود حدود ۲۰٪ است. اما او خاطر نشان کرد که اگر خط خراب شود احتمال تعمیر آن در ظرف ۲ روز ۵۰٪ خواهد بود در این مقطع درخت تصمیم گیری به طوری که ملاحظه می کنید در شکل ۵،۵ آمده است.



درخت تصمیم گیری نشان دهنده سودی می باشد که شارل قادر بود بر روی شش پیامد ممکن از تصمیم ها سرمایه گذاری کند. فعال کردن خط قدیمی مستقیماً می توانست در صورت توقف خط جدید منتج سودی به مقدار ۱۴ هزار پوند و یا در صورت سلامت خط جدید، منتج ۱۶ هزار پوند بشود. اگر شارل کاری نمی کرد (Donothing) [ تعمیر می کرد ] و خط جدید هم خراب نمی شد او می توانست حداکثر سود ممکنه را که ۲۰ هزار پوند می شد، بدست آورد. اگر خط جدید متوقف می شد او می توانست یا فوراً قرارداد فرعی (Subcontract)، امضاء کند که در این صورت سودش به ۱۰ هزار پوند تقلیل می یافت یا کار خودش را به شانس واگذار کند (هیچ اقدامی نکند) اگر او هیچ اقدامی نمی کرد و خط بیش از ۲ روز از کار می افتاد جریمه هایی که بر او بریده می شد باعث می شد که سود نهایی او به زحمت بیش از ۲ هزار پوند باشد اگر در هر حال او خوش شانس می بود و خط در کمتر از ۲ روز تعمیر می شد و سود نهایی او ۲۰ هزار پوند تمام و کمال می بود.

در نقطه ۱ تصمیم - فعال کردن خط قدیم.

$$\text{مقدار مورد انتظار پولی} = 0.2 \times £14,000 + 0.8 \times £16,000 = £15,600$$

در نقطه ۲ تصمیم - قرارداد جانبی

$$\text{ارزش پول} = £10,000$$

در نقطه ۲ - اقدام هیچ کار (do nothing)

$$\text{ارزش پولی مورد انتظار} = 0.5 \times £20,000 + 0.5 \times £20,000 = £17,000$$

بنابراین شارل در نقطه ۲ اقدام هیچ کاری (do nothing) را باید انجام دهد.

در نقطه ۱ تصمیم - do nothing

$$\text{مقدار مورد انتظار مالی} = 0/2 \times £11,000 + 0/8 \times £20,000 = £12,200$$

بنابراین شارل اقدام *do nothing* را (با امید پی آمد £18,200) و فعال نکردن خط قدیم (با امید پی آمد £15,600) را باید انجام دهد.

بعد از در نظر گرفتن تصمیمات بخت آزمایی (*Lottary decisions*) همانطوریکه قبلاً شرح داده شد شارل قادر بود که منحنی مطلوبیتش را برای دامنه ممکن پی آمدها در تصمیمش رسم نماید احتمالاً بخاطر خونسردی (عدم رضایت) اخیر مدیر بانکش در زمانی که پرداخت وام به تأخیر افتاده بود او یک نارضایتی نسبی مشخصی را درباره پی آمد £20,000 از خود نشان می دهد. این منحنی داده شده بیانگر این است که وی شخصی دوری کننده از ریسک می باشد (همانطوریکه در شکل ۵,۶ نشان داده شده است).

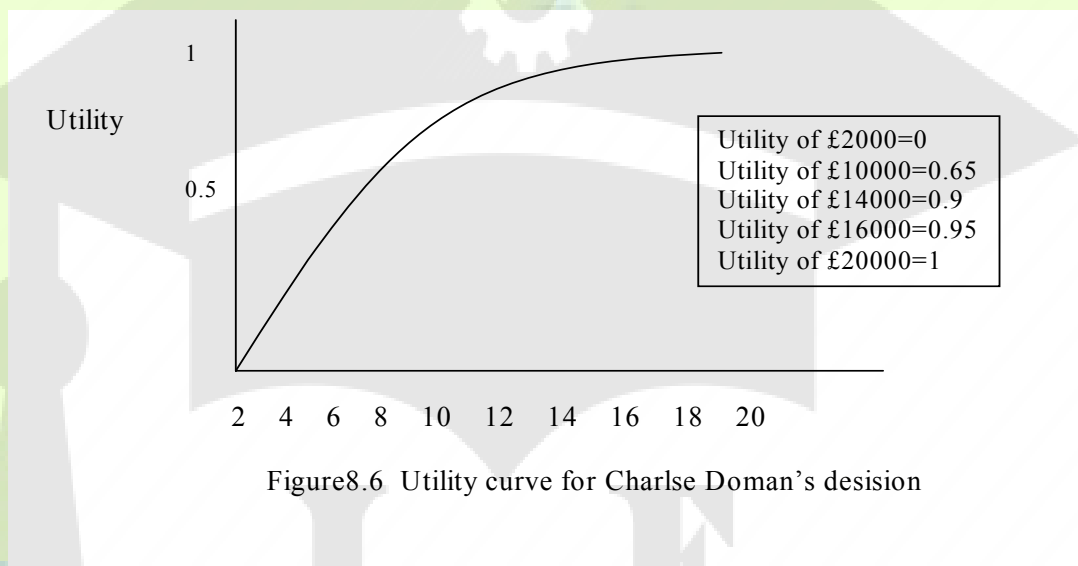


Figure8.6 Utility curve for Charlse Doman's desision

شکل ۱۱

با استفاده از مقادیر مطلوبیت به جای ارزشهای مالی، آنالیز به شرح زیر است.

در نقطه یک- اقدام فعال کردن خط قدیم

$$\text{مطلوبیت مورد انتظار} = 0/2 \times 0/9 + 0/8 \times 0/16 = £0/95$$

در نقطه ۲ تصمیم- قرارداد جانبی

$$\text{مطلوبیت} = 0/65$$

در نقطه ۲ تصمیم- اقدام نکردن *do nothing*

$$\text{مطلوبیت مورد انتظار} = 0/2 \times 0/65 + 0/8 \times 1 = £0/93$$

بنابراین شارل باید اقدام به راه اندازی خط قدیمی نماید (مطلوبیت حساس از این اقدام = 0/95)

و اقدام هیچ کاری ( مطلوبیت مورد انتظار ۰,۹۳ ) رد می‌شود.

بنابراین با جایگزین کردن مقادیر مطلوبیت برای مقادیر پولی، تصمیم شارل در هر دو نقطه تصمیم عوض شده است.

مثال:

فرض کنید مدیر یک شرکت می‌تواند بهره برداری از یک معدن را تنها انجام دهد ( $A_1$ ) .

یا با شرکت دیگر مشترکاً انجام دهد ( $A_2$ ) یا بهره برداری نکند ( $A_3$ ) جدول پاداشها به صورت زیر می‌باشد.

$A_3$	$A_2$	$A_1$	احتمال	حالت برآمد
۰	۸/۵	۱۷	۰/۴	Win
۰	-۵/۰	-۱۰	۰/۶	hose

جدول ۱

با فرض اینکه تابع مطلوبیت برای مدیر درجه دوم و به شکل زیر است.

$$U(C) = 0.2 + 0.3C + 0.01C^2$$

کدام اقدام را انجام باید داد؟

ابتدا باید اعداد مطلوبیت موردنیاز را با قراردادن مقادیر در تابع مطلوبیت بدست آوریم.

مثلاً:

$$U(17) = 0.2 + 0.3(17) + 0.01(17)^2 = 1$$

اگر پیروز شود

( منبع. آمار کاربردی و اثر سرمن - ؟ ترجمه عمل عمیه انتشارات دانشگاهی )

با محاسبه هر کدام از پاداش ها داریم.

$$U(-10) = 0$$

$$U(-5) = 0.075$$

$$U(8/5) = 0.53$$

$$U(+17) = 1$$

$$U(0) = 0.2$$

حال برای تصمیم بهینه بر پایه امید مطلوبیت ها، امید مطلوبیت ها را برای هر اقدام محاسبه کرده

$$EU(A_1) = 1/0 \cdot (0.4) + 0 \cdot (0.6) = 0.4$$

$$EU(A_2) = 0.53 \cdot (0.4) + 0.075 \cdot (0.6) = 0.257$$

$$EU(A_3) = U(0) = 0.2$$

بنابراین عمل  $A_1$ ، بهترین اقدام ممکن می‌باشد.

مثال ۳. فرض کنید که شرکت I یک شرکت سرمایه گذاری ساختمان است. این شرکت ساختمانی دو فرصت سرمایه گذاری دارد که هزینه نقدی تقریباً یکسانی دارند. مقدار سرمایه لازم برای سرمایه گذاری در هر یک از این تصمیم‌گیری‌ها آن اندازه است که این شرکت نمی‌تواند در یک زمان در هر دو شرکت کند. در نسخه سه تصمیم مختلف برای انتخاب کردن وجود دارد. که به صورت  $d_1$ ،  $d_2$  و  $d_3$  به صورت زیر تعریف می‌شود.

$d_1 = A$  سرمایه گذاری کردن در طرح

$d_2 = B$  سرمایه گذاری کردن در طرح

$d_3 = O$  سرمایه گذاری نکردن

مقادیر پول دریافتی مربوط به حالت‌های مختلف تصمیم بستگی خیلی زیادی به وضعیت بازاری این شرکت در ۶ ماه آینده دارد. به این صورت که با قیمت سهام این شرکت بالا می‌رود یا پایین می‌آید و یا ثابت باقی می‌ماند. بنابراین حالات طبیعت به صورت زیر خواهند بود.

$S_1 =$  قیمت سهام شرکت بالا می‌رود

$S_2 =$  قیمت سهام شرکت ثابت باقی می‌ماند

$S_3 =$  قیمت سهام شرکت پائین می‌آید

با استفاده از بهترین اطلاعات در دسترس، مدیر شرکت ساختمانی سود یا دریافتی‌های مربوط به هر حالت تصمیم و هر حالت طبیعی را به صورت زیر تخمین می‌زند.

حالات طبیعت			
قیمت پایین می‌آید	قیمت ثابت می‌ماند	قیمت بالا می‌رود	
$S_3$	$S_2$	$S_1$	
-۵۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	سرمایه‌گذاری کردن $d_1 = A$ در
-۳۰۰۰۰	-۲۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	سرمایه‌گذاری کردن $d_2 = B$ در
.	.	.	سرمایه‌گذاری نکردن $d_3 = O$
			حالات تصمیم

جدول ۲: مقادیر دریافتی برای شرکت I بر حسب تومان

مدیر شرکت I حدس می زند که بهترین تخمینهای احتمالی برای حالات طبیعت به صورت زیر است:

احتمال بالا رفتن قیمت برابر است با  $0/3$

احتمال ثابت ماندن قیمت برابر با  $0/5$

احتمال پائین آمدن قیمت برابر است با  $0/2$

بنابراین ارزش پولی موردانتظار برای این سه تصمیم عبارتند از:

$$EMV(d_1) = 0,3(30000) + 0,5(20000) + 0,2(-50000) = 2000$$

$$EMV(d_2) = 0,3(50000) + 0,5(20000) + 0,2(-30000) = -1000$$

$$EMV(d_3) = 0,3(0) + 0,5(0) + 0,2(0) = 0$$

با در نظر گرفتن معیار ارزش پولی موردانتظار، بهترین تصمیم عبارت است از انتخاب تصمیم  $A(d_1)$  با ارزش پولی موردانتظار

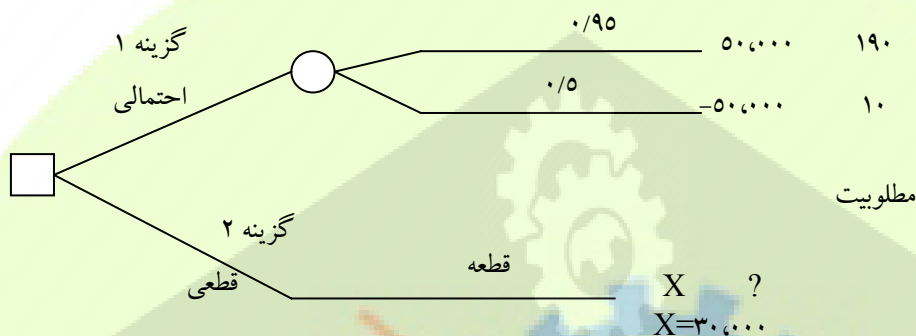
برابر با  $9000$ . آیا این تصمیم واقعاً بهترین تصمیم است؟

حال بیایید فاکتورهای دیگر وابسته به قدرت متحمل شدن زیانی برابر با  $50000$  مربوط به اتخاذ تصمیم  $d_1$  (سرمایه گذاری کردن در  $A$ ) و پائین آمدن قیمت (اتفاق افتادن  $S_3$ ) را در نظر بگیریم به نظر می رسد که وضعیت مالی شرکت I در حال حاضر ضعیف است بدلیل این که در بیشتر از یکی از این سرمایه گذاری ها نمی تواند شرکت کند. و مسئله مهمتر این است که مدیر شرکت احساس می کند اگر در این سرمایه گذاری شرکت زیان زیادی ببیند وضعیت آینده شرکت به خطر خواهد افتاد. گرچه که معیار ارزش پولی موردانتظار تصمیم  $d_1$  را برای اخذ کردن توصیه می کند آیا شما فکر می کنید که مدیر شرکت این تصمیم را ترجیح خواهد داد؟

البته ممکن است که مدیر این چنین کاری را بکند اما ما شک خواهیم داشت زیرا تا زمانی که مدیر شرکت منطقی فکر کند او تصمیم  $d_2$  یا  $d_3$  را انتخاب خواهد کرد. بخاطر این که از امکان متحمل شدن زیانی برابر با  $50000$  که خیلی حیاتی است اجتناب کند. در حقیقت منطقی است معتقد باشیم که اگر زیانی حتی به بزرگی  $30000$  باعث شود که شرکت I ورشکست شود، مدیر شرکت تصمیم های  $d_1$  و  $d_2$  را انتخاب نخواهد کرد بلکه  $d_3$  را انتخاب خواهد کرد با این احساس که هر یک از دو سرمایه گذاری  $A$  و  $B$  برای شرکت با این چنین وضعیت مالی ریسکشان خیلی زیاد است.

راهی که به وسیله آن می توانیم از این وضعیت دشوار که با کاربرد معیار ارزش پولی موردانتظار پیش آمده خارج شویم عبارت است تعیین مطلوبیت برای حالت های مختلف وضعیت های تصمیم گیری این شرکت و اگر مطلوبیت نتایج مختلف به صورت صحیح ارزیابی شده باشند. تصمیمی که بر مبنای ماکزیمم مطلوبیت موردانتظار گرفته شود ارجحترین و بهترین تصمیم است.

با استفاده از لاتاریهای مرجع با تابع مطلوبیت را رسم کرده و نتایج در جدول بعد آمده است. به عنوان نمونه فرض کنید که یک لاتاری  $p=15\%$  در نظر گرفته ایم و  $50,000$  را بهترین پیشامد و  $-50,000$  را بدترین دریافتی در نظر گرفته ایم آنگاه مطابق بحث پیشین مدیر بر این حالت شانس، مقدار  $X=30,000$  را تعیین کرده و در این مقدار وی به حالت بی تفاوتی می رسد پس مطلوبیت  $30,000$  عبارت است از:



شکل ۱۲

$$U(30,000) = 0.95 \times U(50,000) + 0.05U(-50,000)$$

$$U(30,000) = 0.95 \times 100 + 0.05 \times 10$$

$$= 95.5$$

توجه کنید چون مقیاس یک امر دلخواه است در این مسئله دامنه مطلوبیت را بین  $100-10$  که  $10$  برای بدترین پیشامد بین  $-50,000$  و  $10$  را برای بهترین پیشامد یعنی  $50,000$  در نظر گرفته ایم.

انجام چنین محاسباتی در جدول بعد بیانگر مقادیر مطلوبیت برای مقادیر پولی مختلف می باشد.



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir



حالت های طبیعت	بالا رفتن قیمت	ثابت ماندن قیمت	پائین آمدن قیمت
حالت های تصمیم	$S_u$	$S_r$	$S_d$
$d_1$ = سرمایه گذاری کردن در A	۹,۵	۹,۰	۰
$d_2$ = سرمایه گذاری کردن در B	۱۰,۰	۵,۵	۴,۰
$d_3$ = سرمایه گذاری نکردن	۷,۵	۷,۵	۷,۵

جدول ۳- جدول مطلوبیت برای مسئله شرکت I

حال می توانیم از معیار مطلوبیت مورد انتظار (EU) برای انتخاب تصمیم مطلوب برای مسئله شرکت I استفاده کنیم. همانطور که در صحبت های پیشین ذکر شد. در معیار مطلوبیت مورد انتظار تجزیه و تحلیل کننده مسئله بایستی ابتدا مطلوبیت مورد انتظار را برای هر حالت تصمیم تعیین کرده و سپس آن حالت تصمیمی را که بهترین مطلوبیت مورد انتظار را داشته باشد، بعنوان تصمیم مطلوب انتخاب کند.

مطلوبیت مورد انتظار تصمیم های مختلف مسئله شرکت I با استفاده از مطالب گفته شده به قرار زیر می باشند.

$$EU(d_1) = 0,3(2,5) + 0,5(9,0) + 0,2(0) = 7/35$$

$$EU(d_2) = 0,3(1,0) + 0,5(5,5) + 0,2(4,0) = 0,55$$

$$EU(d_3) = 0,3(7,5) + 0,5(7,5) + 0,2(7,5) = 7,5$$

می بینیم که تصمیم مطلوب با استفاده از معیار مطلوبیت مورد انتظار برابر است،  $d_3$  یعنی سرمایه گذاری نکردن. مطلوبیت های مورد انتظار از لحاظ مقدار برای حالت های مختلف تصمیم مسئله شرکت I، به ترتیب برابر است با؛

ترتیب حالت های تصمیم	مطلوبیت مورد انتظار	ارزش پولی مورد انتظار
$d_3$ = سرمایه گذاری نکردن	۷,۵۰	۰
$d_1$ = سرمایه گذاری کردن در A	۷,۳۵	۹۰۰۰
$d_2$ = سرمایه گذاری کردن در B	۶,۵۵	-۱۰۰۰

جدول ۴

دقت کنید گرچه سرمایه گذاری کردن در A ( $d_1$ ) از لحاظ ارزش پولی مورد انتظار ماکزیمم مقدار بین سه حالت مختلف تصمیم را دارا است (۹۰۰۰)، تجزیه و تحلیل کننده این مسئله مشخص می کند که مدیر شرکت I بایستی تصمیم  $d_1$  را بگیرد. دلیلی که تجزیه و تحلیلگر در مورد امتناع از اخذ تصمیم  $d_1$  دارد این است که با احتمال ۰/۲ ممکن است متحمل زمانی برابر با ۵۰,۰۰۰ گردیم که این عمل قابل قبول ریسک خیلی جدی برای شرکت I می باشد جدی بودن این ریسک و اثر آن بر روی



شرکت در معیار ارزش پولی موردانتظار بقدر کافی منعکس نیست، لذا لازم است که از معیار مطلوبیت موردانتظار برای بحساب آوردن این ریسک در اخذ تصمیم استفاده شود.

## ۶- مدلسازی ارجحیت به صورت چند عاملی

همانگونه که از قسمت های پیشین یادگرفته ایم، نظریه ارجحیت در مدلسازی تصمیم آنگونه که به نظر می آید ساده و راحت نیست. در حقیقت ما تاکنون با یک نوع تصمیم گیری ساده مواجه بوده ایم. یکی از چیزهایی که بحثهای ما را تاکنون شکل داده است این است که ما فقط یک عامل را در تصمیم گیریمان دخالت داده ایم و تمامی پی آمدها به صورت موضوعات مالی مطرح شده اند که به نظر می رسد که در تصمیم گیری های روزمره بیش از یک عامل مؤثر باشند به عنوان مثال در انتخاب یک خانه ما تنها لیست خرید را در نظر نمی گیریم. در حالی که پول ممکن است یکی از عواملی باشد که بیشترین سهم را در انتخاب ما برای خانه داشته باشد تا عوامل دیگری نیز مانند تعداد اتاقهای خواب، مساحت باغ، حسن همجواری، فاصله از محل کار و نزدیکی محل کار تأثیر مهمی در انتخاب ما خواهند داشت. نظریه ای که چندین عامل را در تصمیم گیری در نظر می گیرد اصطلاحاً بنام نظریه تصمیم گیری چند خصیصه ای یا چند عاملی نامیده می شود.

مسئله مدلسازی ارجحیت چند خصیصه ای را می توان به صورت زیر خلاصه کرد.

چگونه می توان به یک مدیر در تصمیم گیری هایش بین انتخابهای بسیار زیاد و مختلف کمک کرد، زمانی که هر انتخاب پی آمدی دارد که با عوامل متنوع زیادی مشخص می گردد؟ همانطوریکه در ابتدای فصل اشاره کردیم راه های نشان دادن این مسئله منجر به یک یا دومقوله زیر خواهند شد.

- روشهایی که سعی در ایجاد یک (مقیاس) ارجحیت کلی دارند به طوریکه تمام خصیصه ها را ادغام کرده، تا یک اندازه مرکب شده، پیدا کند.

- و روشهای ارجحیت جداگانه که هر خصیصه را جداگانه مورد بحث قرار می دهد اما از مقیاسها یا درجه بندی های ارجحیت طوری استفاده می کند تا گزینه های معینی حذف و یا صرف نظر بشوند.

## ۶-۱ سه شرط مدلسازی

هر کدام از دو روش (چه ارجحیت کلی و یا ارجحیت جداگانه) که انتخاب شوند. این روشها به مقدار بسیار زیادی بستگی به مشخصات تصمیم چند مشخصه ای دارد که دارد مدلسازی می شود سه مشخصه مهم تصمیم موارد زیر می باشند.

۱) اندازه گیری کمی (یا مقیاس کمی) معنی داری داشته باشیم که بتواند نشانگر پیشرفت ما به سوی هدف اصلی بنا نهاده شده باشد.

۲) آیا آن مقیاسهایی که برای هدف بیان کرده ایم می توانند مقیاس مشترکی داشته باشند.

۳) آیا کمیت اولویت بندی نسبی به صورت فاکتورهای وزنی عددی و یا به صورت ارجحیت های مرتب شده به منظور دستیابی به هدف می توانیم داشته باشیم؟

اگر این ۳ مشخصه بالا بصورت شرایط در نظر گرفته شوند. سپس با هر کدام از روشهایی که با یک شیوه ارجحیت کلی، بکار برده شوند. آنگاه تمامی سه شرط بالا باید همگی ارضا شوند.

اگر ما نتوانیم هر عاملی را که می خواهیم، مستقیماً کمی کنیم. یا اگر آن عوامل در واحدهایی کاملاً متفاوت اندازه گیری شده باشند و یا قادر نباشیم تصمیم بگیریم کدام یک از عوامل بهترین هستند، آنگاه برای ایجاد یک اندازه گیری یا مقیاس مختلط از یک ارجحیت، شانس کمی خواهیم داشت. به عبارت دیگر روشهای ارجحیت جداگانه تنها نیاز به کمی ارتباط متقابل بین اهمیت نسبی بر مشخصه دارند.

## ۷- روشهای ارجحیت کلی

### ۷-۱ مطلوبیت چند عاملی (خصیصه ای)

همانطور که نظریه مطلوبیت ارتباط بین مطلوبیت و یک عامل ساده یک تصمیم را معین می کند (که در تمامی مثالهای قبل این عامل پول بوده است)، مطلوبیت چند عاملی نیز برای چندین عامل همان کار را انجام می دهد. اگر در این حالت با یک شرط بیشتر ارضا شود. که این شرط عبارت است از استقلال ارجحیتی می باشد.

استقلال ارجحیتی بدین معنی است که ارجحیت های نسبی عوامل، با تغییرات «سایر عوامل» تغییر نمی کنند. بعنوان مثال فرض کنید که سعی بر این داریم تا بین دو مدل کامیون یکی را انتخاب کنیم مدل A ظرفیت حمل بار ۳۰ تن دارد و طولش ۲۵ فوت است. مدل B ظرفیت بار ۳۲ تن و طولش ۲۱ فوت می باشد. هر دو مدل £۴۰,۰۰۰ می ارزند اگر با این قیمت بخصوص مدل A با مدل B ترجیح داده شود بنابراین شرط استقلال ارجحیت ها. حتی اگر مدل A در هر قیمت دیگری بر مدل B ترجیح داده شود. حفظ خواهد شد. به عبارت دیگر ارجحیت ما که بر اساس دو عامل می باشد (ظرفیت عمل بار و طول کامیون) از تغییراتی که در دیگر عوامل روی می دهند (قیمت خرید) مستقل می باشند که این برای هر دو انتخاب یکسان می باشد.

می توان این مثال را تعمیم داد برای این که نشان دهیم چگونه مطلوبیت ها را می توان در یک مقیاس همگانی با یکدیگر ترکیب کنیم. فرض کنید که مدیری در حال تصمیم گیری، به دو عامل مهم علاقه مند است. قیمت خرید و میزان مصرف

سوخت آن وسیله نقلیه پس از ملاحظات، مدیر برای هر درس آنها منحنی‌های مطلوبیت را رسم می‌کند. این منحنی‌ها در شکل ۵،۷ نشان داده شده است. ما می‌توانیم ببینیم در جایی که منحنی مطلوبیت برای مصرف سوخت به طور خطی به مصرف وابسته است (مصرف در مایل به گالن)، منحنی مطلوبیت برای قیمت خرید وسیله نقلیه نشان می‌دهد که ارجحیتی مشخص برای ارزش کامیون به قیمتی بیشتر از ۳۶۰۰۰ پوند وجود دارد یک روش برای ترکیب این مطلوبیت‌ها می‌تواند ترکیب خطی آنها باشد.

$$U(F)+U(P) = \text{مطلوبیت ترکیب شده (ترکیبی)}$$

بطوریکه  $U(P)$  یعنی مطلوبیت قیمت خرید و  $U(F)$ ، مطلوبیت میزان مصرف سوخت می‌باشد این جمع ساده فرض می‌کند که هر دو مشخصه دارای اهمیت یکسانی می‌باشند. اگر چنین نباشد (و دلیل دیگری نیز برای اینکه این گونه باشد هم نیست) می‌توان یک اندازه‌گیری یا مقیاس مطلوبیت ترکیب که از معادله وزنی مطلوبیت‌های انفرادی استفاده می‌کند را بکار برد.

$$\text{مطلوبیت ترکیبی} = W_p \cdot V(p) + W_F \cdot V(F)$$

بطوریکه  $W_p$  = عامل وزنی بکار برده شده در مشخصه قیمت خرید و

$W_F$  = عامل وزنی بکار برده شده در مشخصه میزان مصرف سوخت

ترکیب این دوتابع مطلوبیت یک سطح مطلوبیت همانگونه که در شکل ۸ نشان داده شده است را برای ما به ارمغان می‌آورد. در این دیاگرام مطلوبیت ترکیبی، ما فرض کرده ایم که اهمیت میزان مصرف سوخت نصف اهمیت قیمت خرید است. وزنهای اهمیت نسبی هر تابع مطلوبیت عاملی را می‌توان توسط لاتاریها یا بخت آزمایی‌های بی طرف یا همگون بدست آورد. بنابراین از یک طرف وزن عامل  $A$  با تصمیم‌گیری به نظر بین  $A$  در ارجح ترین سطح خود عوامل دیگر در پایین ترین سطح ارجحیتشان را می‌توان بدست آورد و از طرف دیگر با یک بخت آزمایی بین تمامی عوامل در بالاترین سطح ارجحیتشان با احتمال  $P$  یا تمامی عوامل در پایین ترین سطح ارجحیتشان با احتمال  $1-P$ ، می‌توان این وزن را بدست آورد.

ارزش  $P$  بستگی به این دارد که شخص چقدر بین بخت آزمایی و پی آمد مشخص، بی تفاوت باشد آن وقت  $P$  وزن منحنی برای آن عامل می‌شود. توجه داشته باشید که ما تمامی این فرضیات را بر اساس در نظر گرفتن شرایط مدلسازی چند عاملی ساخته ایم. ارجحیت مدیر برای سطوح مختلف قیمت خرید صورت‌های میزان مصرف سوخت، کمی شده است و این ارجحیت‌ها در پی‌آمدهای یکسانی ساخته شده اند و ما قادر بوده ایم که وزن‌ها را با در نظر گرفتن اهمیت‌های نسبی دو عامل مشخص کنیم. بعلاوه مدیر استقلال ارجحیتی را فرض نموده است که به ما اجازه می‌دهد تا اندازه ترکیبی مطلوبیت را با یک معادله و نمای از مطلوبیت‌ها انفرادی بدست آوریم.

البته ما می توانیم مثال ساده مان را برای اینکه بتوانیم عوامل زیادی را که نیاز داریم برای هر گزینه یا انتخاب بطور مطلوب، شرح و گسترش دهیم. در هر حال برای بدست آوردن وزنهای هر عامل که حقیقت اهمیتشان را همانطور که تعداد عوامل زیادتر منعکس می کنند کار مشکل تر می شود.

## ۷-۲ امتیازدهی وزنی *Weighted Scoring*

تکنیک های امتیازبندی وزنی ارتباط نزدیکی به مطلوبیت چند عاملی دارند. نظر بر اینکه در تئوری مطلوبیت چند عاملی ما بدنبال ایجاد قوانین پایه ای هستیم که ارجحیت های بین گزینه های مختلف را تعیین و کنترل کنیم. اما در امتیازدهی وزنی ما مستقیماً الترناتیو مشخص گزینه یا انتخابها را با یکدیگر مقایسه می کنیم.

در این روش ما ابتدا ویژگی ها یا عامل ها را که به منظور محاسبه گزینه ها یا انتخابهای مختلف استفاده خواهند شد را مشخص می سازیم. در قدم دوم، اهمیت نسبی ملاک مشخص کننده ویژگی های را ایجاد کرده و فاکتورهای وزنی را به آنها اختصاص می دهیم.

در قدم سوم هر گزینه، بر حسب هر ملاک مرتب شده، مقیاس یا واحد امتیاز، اختیاری می باشد.

همانگونه که در آنالیز مطلوبیت بکار می رود. در این جا ما از مقیاس ۱۰۰-۰ استفاده می کنیم جاییکه صفر نمایانگر بدترین امتیاز ممکنه و ۱۰۰ بهترین آن است. با بیان یک مثال روش بالا را شرح می دهیم.

تصور کنید که مدیر نیز فقط علاقه مند به خرید کامیونها و میزان مصرفش است و همچنین علاقمند به ظرفیت حمل کامیونها نیز می باشد و همچنین به انعطاف پذیری گزارش شده هر یک و مشابهاً نیز به هزینه های تعمیرات و نگهداری آنها علاقمند است. سه مدل کامیون X و Y و Z مقایسه شده اند. بعد از مشورت با رانندگان و کاتالوگهای خرید و گزارشهای در دسترس مصرف کنندگان، مدیر جدول - امتیازدهی وزنی را همانطور که در جدول نشان داده است را رسم می کند. این نکته مهم است که به یاد داشته باشیم که امتیازهای نشان داده شده در جدول آنهايي هستند که آنها را تعیین کرده بعنوان یک نشانگری از این که چگونه هر مدل نیازهای مخصوص مدیر را ارضا می کند. در مطلوبیت چند عاملی لزوماً ارزش ذاتی گزینه ها بکار برده نمی شود در عوض امتیازدهی وزنی نشانگر مقدار اهمیتی است که مدیر برای هر یک از ملاکها در شرایط تصمیم خودش قائل می باشد. شکل ۵،۹ نشان می دهد که مدل ۷ دارای بالاترین امتیاز حکمی است و از این در این گزینه ترجیح داده می شود. جالب است که توجه کنید در واقع مدل ۷ پائین ترین نمره را از لحاظ انتخاب خود مدیر یعنی مهمترین ملاک که قیمت است دارا می باشد اگرچه مدل ۷ در ملاکهای دیگری که بدست می آورد این کمبود را جبران می کند. اگر یک مدیر با بررسی جدول پی به

یک تضاد ببرد آنگاه این به این دلیل است که با وزن‌ها و با امتیازها که به هر ملاک تخصیص داده شده است کاملاً ارجحیتهای مدیر را منعکس نکرده است.

امتیازات				
مدلها			اهمیت اوزان	مشخصه ها
Z	Y	X		
۶۰	۶۵	۸۰	۴	قیمت خرید
۸۰	۵۰	۲۰	۲	مصرف سوخت
۴۰	۶۰	۸۰	۱	ظرفیت - وزن
۷۰	۶۰	۵۰	۱	ظرفیت - حجم
۷۰	۶۰	۲۰	۱	قابلیت اطمینان
۵۵	۴۰	۷۵	۱	هزینه خدمات
۶۰۵*	۵۸۰	۵۸۵		جمع کل امتیازات
				گزینه ترجیحی *

جدول ۵

### ۳-۷ روشهای برداری *Vector Methods*

اگر یک تصمیم گیری چند عاملی دارای  $M$  خصیصه باشد هر خصیصه می تواند بوسیله یک نقطه در فضای  $n$  بعدی تعریف شود. مزیت کلی یک گزینه را می توان به عنوان یک فاصله وزن داده شده از این نقطه مشخص در نظر گرفت. بنابراین به عنوان مثال اگر سه ویژگی را در نظر بگیریم و دو گزینه را می توان همانند شکل ۱۰ و ۸ نشان داد ارزشهای حقیقی کلی این دو گزینه را می توان به صورت بردارهای  $OX$  و  $OY$  نشان داد.

بطور کلی برای  $m$  خصیصه داریم:

$$\text{مقدار مزیت کلی برای گزینه} = \left[ \sum_{j=1}^M (w_j a_j)^2 \right]^{1/2}$$

$\sum w$  اهمیت وزنی خصیصه  $j^2$  و  $a_j$  = امتیاز خصیصه  $j$  می باشد.

در این حالت، طول بردار از مبداء یک فضای  $n$  بعدی اندازه گیری می شود این نقطه می تواند بعنوان امتیاز برای بدترین گزینه ممکن تصور شود به این دلیل این متد گاهی بنام قانون دورترین از بدترین نامیده می شود.

به عبارت دیگر برداری که ارتباط می دهد نقطه ای روی انتخاب به نقطه ای که بهترین انتخاب است را می توان بکار برد بنابراین اگر هر خصیصه بصورت مقیاسی از ۰-۱۰۰ وزن دهی شوند آنگاه مزیت کلی دورترین از بهترین می تواند محاسبه شود.

$$\text{مقدار مزیت کلی گزینه} = \left[ \sum_{j=1}^M W^2 (100 - a_j)^2 \right]^{1/2}$$

#### ۷-۴ مقایسه نسبت

یک متد که می تواند جزء آندسته از روشها که یک مزیت کافی یک گزینه را می دهد در نظر گرفت، عبارت از مقایسه نسبت می باشد. اگرچه این روش در دو وجه با دیگر روشهایی که تاکنون در نظر گرفته شده اند فرق می کند.

(۱) این روش شامل مقایسه جفت هایی از گزینه ها و حذف ضعیف ترین گزینه از این جفت تا این که به یک گزینه برنده دست پیدا کنند.

(۲) کاملاً لازم نیست که ما هر گزینه را با واحدهای یکسان اندازه بگیریم.

به عنوان مثال تصور کنید که یک سوپر مارکت برای شعبه های جدید خود مورد ارزی قرار می دهد خصیصه های مهم برای هر تصمیم عبارتند از:

(۱) هزینه- بصورت واحدهای پولی اندازه گرفته شد.

(۲) فضای پارکینگ - مترمربع اندازه گرفته شد.

(۳) نزدیکی به اتوبانها و شاهراهها- بصورت مقیاسی از خیلی خوب به خیلی بد می باشد.

(۴) نزدیکی به مناطق مسکونی- بصورت مقیاسی از خیلی خوب تا خیلی بد می باشد.

جزئیات آن در شکل ۸،۱۱ نشان داده شده است.

مزیت برای مقایسه نسبت ۲ آلترناتیو عبارت است از

$$\text{نسبت مزیت} = \left( \frac{ax_1}{ay_1} \right)^{w_1} \times \left( \frac{ax_2}{ay_2} \right)^{w_2} \times \dots \times \left( \frac{ax_m}{ay_m} \right)^{w_m}$$

که  $a_{xm}$  عبارت است از  $m$  امین خصیصه گزینه  $x$  و  $a_{ym}$ ،  $m$  امین خصیصه گزینه  $y$  می باشد و  $w_I$  اهمیت وزنی خصیصه ۱ می باشد.



بنابراین در این مثال ما مکان X را با مکان Y مقایسه کرده و نسبت زیر بدست می آید

$$\text{نسبت مزیت } X \text{ به } Y = \left(\frac{1.2}{0.9}\right)^3 \times \left(\frac{40,000}{60,000}\right)^1 \times \left(\frac{3}{7}\right)^2 \times \left(\frac{5}{4}\right)^2$$

توجه کنید که نسبت هزینه معکوس می باشد زیرا که هزینه زیاد نامطلوب تر از هزینه کم می باشد. در عوض در امتیازهای دیگر مقادیر بالا بیانگر بهتر بودن نشان نسبت به مقادیر کمتر امتیازها می باشد.

$$\text{نسبت مزیت } X \text{ به } Y = (1.33)^3 \times (0.66)^1 \times (0.429)^2 \times (1.25)^2 = 0.454$$

این نسبت کمتر از یک می باشد بنابراین باید گزینه Y نسبت به X ترجیح داده شود.

حال ما گزینه Y را با Z مقایسه کرده

$$\text{نسبت مزیت } Y \text{ به } Z = \left(\frac{1.3}{1.2}\right)^3 \times \left(\frac{60,000}{60,000}\right)^1 \times \left(\frac{7}{5}\right)^2 \times \left(\frac{4}{8}\right)^2 = 0.622$$

دوباره این مقدار کمتر از یک شد پس باید گزینه Z نسبت به Y ترجیح داده شود بنابراین اگر ما Y را نسبت به X ترجیح می دهیم سرانجام Z را به X ترجیح می دهیم.

بطور کلی اگر  $Merit Rate > 1$  باشد آلترناتیوی که در صورت قرار دارد را ترجیح می دهیم و پائینی را حذف کرده و بالعکس.

مکانها			اهمیت اوزان	مشخصه ها
Z	Y	X		
£۱.۳m	£۱.۲m	£۰.۹m	۳	هزینه
۶۰,۰۰۰s	۶۰,۰۰۰s	۴۰,۰۰۰sqm	۱	فضای پارکینگ
qm	qm			
۵	۷	۳	۲	نزدیکی به اتوبانها و شاهراهها*
۸	۴	۵	۲	نزدیکی به مناطق مسکونی*
*برای دو گزینه خیلی خوب = ۱۰				
خیلی بد = ۰				

جدول ۱۰

## ۸ - مدل سازی ارجحیت های جداگانه *Modelling Separate Preference*

نیاز عمومی روشهای ارجحیت کلی برای تعیین خصیصه ها و بیان آنها به واحدهای همگن در حقیقت کاملاً محدود کننده می باشد. گرچه در مثال گذشته نوعهای مختلفی از واحدها را مثل درجه خوبی مقدار پول - فوت مربع را مورد بحث قرار دادیم. اما ما هنوز مجبور هستیم که کمیتهای کیفی مانند خوبی رضایت بخشی و نسبتاً بدی و غیره را به مقادیر عددی تبدیل نمائیم. به محض اینکه تلاش خودمان را برای دستیابی این که جواب بهینه کلی متوقف نمائیم این محدودیتها دیگر معنی ندارند.

### ۸-۱ حذف ساده *Simple Elimination*

با استفاده از روشهای حذف ساده ما برای هر مشخصه با خصیصه مینیم استانداردهای قابل قبول را تعریف کرده و سپس هر گزینه را که این استانداردها ارضاء نکرد آنها را حذف کرده بنابراین با بهترین ملاک آغاز کرده و ادامه می دهیم با ملاک مهم دیگری و همینطور این عمل را ادامه می دهیم.

برای مثال فرض کنید که یک شرکت چهار محصول را برای گسترش آینده در نظر گرفته است که فقط قادر به انتخاب یکی از آنها است. برای این منظور ۵ ویژگی که عبارتند از جمع هزینه توسعه تولید برای یک مرحله تولید، پتانسیل فروش در سال، ارزش سود افزوده که شرکت برای هر واحد بدست می آورد. درجه ای از سازگاری که محصول با دیگر محصولات شرکت های دیگر و مشابهت تکنیکی تولیدات موجود کمپانی های دیگر دارا می باشد و آخرین ملاک عبارت است از این که چه مقدار خودش را با استراتژی فروش سازگار می کند. ۴ محصول مطابق شکل ۵،۱۲ نرخ گذاری شده اند. حالا مدیر تصمیم گیری برای اینکه یک مقدار حداقل قابل قبول که هر ملاک باید دارای آن باشد، معین کند مواجه می شود بدین منظور حداقل ها عبارتند از هزینه توسعه - بیشتر از £۲۵۰,۰۰۰ نباشد (ماکزیمم مقداری که شرکت می تواند فرض کند)

ارزش سود افزوده برای هر واحد حداقل £۲,۰۰۰ (سیاست کلی سازمان این است که سوددهی زیاد باشد) پتانسیل فروش هر سال - حداقل ۱۰۰ واحد در هر سال (که مدیر فروش بر روی آن اصرار دارد - معمولاً مدیریت تولید همیشه بر روی این اصرار می نماید که حداقل پتانسیل فروش ۱۰۰ است) درجه سازگاری با استراتژی بازار - حداقل متوسط باشد. سازگاری با دیگر محصولات حداقل متوسط باشد. (به علت خود مدیریت) این ملاکها به ترتیب اهمیتشان در جدول ۱۱ نشان داده شده است.



مدلسازی ارجحیت				
گزینه محصولات				شاخص ها
D	C	B	A	
£۲۲۰	£۱۷۵	£۲۵۰	£۲۰۰	هزینه توسعه
£۲,۵۰۰	£۱,۵۰۰	£۳,۰۰۰	£۲,۰۰۰	هزینه حاشیه ای ناخالص
۱۰۰	۱۵۰	۷۰	۱۰۰	واحدهای فروخته شده در سال
خوب	خوب	ضعیف	خوب	درجه انطباق با بازار
بد	ضعیف	عالی	خوب	درجه انطباق تکنولوژیکی با محصولات دیگر

جدول ۱۱

آیا محصولات معیارها را ارضا می کنند؟				
گزینه محصولات				اواپت معیارها بر اساس ارجحیت
D	C	B	A	
بلی	بلی	بلی	بلی	$£۲۵۰,۰۰۰ <$ هزینه توسعه
بلی	بد	بلی	بلی	$£۲,۰۰۰ >$ هزینه حاشیه ای ناخالص
بلی	بلی	بد	بلی	$۱۰۰ >$ واحدهای فروخته شده در سال
بلی	بلی	بد	بلی	خوب $>$ درجه انطباق با بازار

جدول ۱۲

به منظور ارزش گذاری در جدول ۱۲ به ترتیب می بینیم که همه ۴ محصول اولین تست که عبارت است از داشتن هزینه توسعه کمتر از ۲۵۰,۰۰۰ را ارضا می کند محصول C در دومین تست رد می شود و بنابراین حذف می شود. محصول B در سومین قسمت رد می شود و حذف می شود دو محصول A و D هر دو چهارمین قسمت را نیز گذر می کنند ولی محصول D در پنجمین تست نیز رد می شود بنابراین تنها گزینه A باقی می ماند.

اگر سرانجام دو یا سه آلترناتیو باقی بماند Easton پیشنهاد کرد که می توان این استاندارد را به تدریج به تراکم افزایش تا تنها یک آلترناتیو باقی بماند. بعلاوه اهمیت نسبی ملاک باید شناسایی شود. استانداردها برای ملاکهای مهمتر باید سریعتر افزایش پیدا کند تا ملاکهایی با اهمیت کمتر.

## ۸-۲ روش حذف ترکیبی *Complex Elimination Method*

مثال پیشین با ملاکهای ساده بود و در بسیاری از موقعیت های تصمیم گیری حساس و دقیق بکار نمی‌رود. برای مثال هنگامی که در مورد هزینه های کل توسعه سؤال شد مدیر ممکن است بیان کند که تحت هیچ شرایطی هزینه ها نباید از £۲۵۰,۰۰۰ بیشتر شود. بعلاوه وی ممکن است فقط هزینه‌های بیشتر از £۲۰۰,۰۰۰ را برای توسعه موقعی تأیید کند که برگشت ناخالص *gross return* برای اولین سال حداقل برابر با هزینه توسعه باشد (توجه کنید که برگشت ناخالص به طرز چشم گیری برای این شرکت مهمتر از برگشت خالص سرمایه می باشد) به منظور بیان دیگر این ملاک، هزینه توسعه هر محصول باید کمتر یا مساوی ارزش افزوده هر واحد و پتانسیل هر سال باشد مشابهاً هنگامی که سؤالات بیشتر مطرح می شود ممکن است مدیر اجازه یک طبقه بندی کوچک در یکی از دو ملاک آخری را بدهد. بدین ترتیب که یکی از دو ملاک آخری قبول خواهد شد اگر برگشت ناخالص در سال اول بیشتر از هزینه توسعه باشد.

## ۹- خلاصه

اگر لازم باشد یکی از گزینه های تصمیم گیری فرعی (آلترناتیوی) انتخاب شود، آنگاه یک مدیر باید با این مشکل رو در رو شود که چقدر این انتخاب ها یا گزینه ها بر دیگری ارجحیت دارد. روش دستیابی به یک الگوی ارجحیت می تواند [ به یکی از این روشها باشد]. الف) با این فرض که نتایج هر انتخاب می تواند بصورت ساده و مؤثری به یک چیز خاص (مثل پول) نسبت داده شود. ب) یا فرض شود که بسیاری کیفیت ها و خواص برای توصیف و شرح یک گزینه یا انتخاب مورد نیاز است. مشکل عمده در روش مدلسازی تک خصیصه ای وقتی رخ می دهد که نسبت آن خصیصه و کیفیت با ارزش خود خطی نباشد. به بیانی دیگر، برای مثال تغییر هر پوند اضافه یا هر "یارد مربع" از یک سطح [ یا زمین] متناسب با ارزش افزایش میزان سودها یا سطح زمینها باشد. تابع مطلوبیت در این مورد قابل رسم است که نسبت ارزش را (معمولاً با مقیاس ۱۰-۰ یا ۱۰۰-۰) را با خاصیت و کیفیت مورد نظر نشان می دهد.

وسایلهای که برای تعیین مطلوبیت به کار می رود لاتاری [ انتخاب بر حسب شانس کامل] مرجع استاندارد است. این عمل وسیله جستجو را برای یافتن نقطه‌ای که برای فرد دریافت سطح خاص از یک کیفیت یا متغیر بدون تفاوت است (معمولاً بهترین و بدترین) انجام می دهد.

این توابع مطلوبیت بیشتر نشان دهنده ارزیابی عینی فرد از ارزش هستند تا وضعیت ارزش درونی در یک سطح خاص (بازده) *payoff* وقتی بیش از یک خصیصه در ارزش کلی یک انتخاب دخیل است، مدل سازی ارجحیت پیچیده تر می شود.

گزینه و انتخاب ارجحیت و روش دستیابی به آن یکی از راههای زیر است:

الف) سعی برای ایجاد و برقراری یک معیار که درجه گیرنده همه خصیصه و عوامل باشد.

این روش ارجحیت کلی نامیده می شود *over preference*

ب) به هر عامل و خاصیت جداگانه پرداخته شود و مقیاس های ارجحیت در هر مورد برای حذف انتخابها و گزینه ها بکار رود.

این روش را ارجحیت جداگانه نامند. علیرغم اینکه برقراری و به کار بردن روشهای ارجحیت کلی قدرتمندتر هستند، [ بکارگیری] این روشها مشکل هستند چرا که سه شرط زیر باید تأمین شود:

الف) همه خواص باید قابل ارزشیابی باشند. *Quantifiable*

ب) همه خواص باید به واحدهای مشابه بیان شوند.

ج) باید بیان اهمیت نسبی خواص بر حسب عوامل سنجش امکان پذیر باشد روشهای ترجیح جداگانه، برعکس روشهای ترجیح کلی، فقط نیازمند این است که ما ایده ای از اهمیت نسبی خواص متفاوت داشته باشیم.

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعه‌البرزگ مهندسان صنایع



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

# فصل ششم

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ آزاد اسلامی



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

# شاخص‌ها

صنایع بیست

Sanaye20.ir

جامعۀ آزاد اسلامی



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

## ۱. مقدمه

به منظور تحلیل و بررسی و نیز اندازه‌گیری تغییرات در ارزش پول، نیاز است که قیمت‌ها و هزینه‌ها تعدیل و قابل مقایسه شوند. این عمل بر اساس روشی به نام تعیین شاخص‌های قیمت و هزینه صورت می‌گیرد.

قبل از قیمت‌ها و هزینه‌ها، ارزش تعدیل شده آنها در هر زمان به یک شاخص سطح قیمت مناسب (که محاسبه شده و یا تخمین زده می‌شود) تقسیم می‌شود و از این راه قیمت‌ها و هزینه‌های بدست آمده، ارزشی نزدیک به ارزش پول در دوره زمانی مورد مطالعه پیدا می‌کنند.

### ۱-۱. شاخص تجمعی ساده

ساده‌ترین راه برای ساختن شاخص قیمت به این صورت است که در طی هر دوره زمانی قیمت کلیه اقلام (در این تحلیل‌ها معمولاً اقلام حیاتی و مصرفی در نظر گرفته می‌شوند) را جمع می‌کنیم و به جمع قیمت‌های این اقلام در دوره پایه تقسیم می‌کنیم. به عنوان مثال شاخص تجمعی ساده را برای اقلام A, B, C و با در نظر گرفتن سال ۱۹۵۶ به عنوان سال پایه به شرح جدول زیر محاسبه می‌کنیم:

شاخص تجمعی	قیمت				سال
	جمع A+B+C	C	B	A	
۱۰۰	۱۱/۶۵	۸/۵۲	۰/۹۸	۲/۱۵	۱۹۵۶
۱۰۰	۱۱/۶۵	۸/۶۵	۰/۹۴	۲/۰۶	۱۹۵۷
۱۰۰/۶	۱۱/۷۲	۸/۷۲	۱/۰۲	۱/۹۸	۱۹۵۸
۱۰۱/۸	۱۱/۸۶	۸/۷۷	۱/۰۷	۲/۰۲	۱۹۵۹

جدول ۱. شاخص تجمعی ساده اقلام A, B, C و

اگر قیمت اقلام در سال پایه را با  $P_0$  نشان دهیم و قیمت در سال مورد نظر را با  $P_n$  نشان دهیم فرمول محاسبه "شاخص تجمعی ساده" در هر سال عبارت است از:

$$I = \frac{\sum P_n}{\sum P_0}$$

"روش شاخص تجمعی ساده" در عین حال که ساده و کاربردی است دارای معایب زیر است:

- اثرات نسبی قیمت‌ها را در نظر می‌گیرد و اهمیت نسبی کل قیمت‌ها در هر دوره را با دوره پایه بیان می‌کند.
- قیمت‌ها را با یکاهای مختلف با هم جمع می‌کند. اگر مقیاس عوض شود، شاخص هم عوض می‌شود.

## ۲-۱. شاخص میانگین نسبت ساده

برای حذف اثر واحدها، می‌توانیم ابتدا نسبت قیمت هر یک از اقلام را به قیمت آن قلم در سال پایه محاسبه کنیم و سپس میانگین این ارزش‌ها را محاسبه کنیم.

با استفاده از قیمت‌های مثال قبل، شاخص نسبت قیمت هر یک از اقلام را محاسبه می‌کنیم و سپس نسبت قیمت‌ها را جمع می‌کنیم و تقسیم بر ۳ می‌کنیم:

عدد شاخص	$\left(\frac{P_n}{P_o}\right)$ نسبت قیمت				سال
	جمع A+B+C	C	B	A	
۱۰۰	۳۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۹۵۶
۹۷/۷	۲۹۳/۲	۱۰۱/۵	۹۵/۹	۹۵/۸	۱۹۵۷
۹۹/۵	۲۹۸/۵	۱۰۲/۳	۱۰۴/۱	۹۲/۱	۱۹۵۸
۱۰۲	۳۰۶/۱	۱۰۲/۹	۱۰۹/۲	۹۴	۱۹۵۹

جدول ۲. شاخص میانگین نسبت ساده اقلام A, B و C

در این روش درصد تغییرات قیمت هر محصول در شاخص قیمت وزن مساوی دارد. به عبادت دیگر تأثیر تغییرات در قیمت تمام محصولات اثر یکسان در محاسبه شاخص قیمت دارد. فرمول محاسبه "شاخص میانگین نسبت ساده" به شرح زیر است:

$$I = \frac{\sum \left( \frac{P_n}{P_o} \right)}{N}$$

در هر دو روش "شاخص میانگین نسبت ساده" و "شاخص تجمعی ساده" اثر تمام اقلام یکسان است (وزن یکسان دارند) و به اهمیت اقلام مختلف وابسته نیست و این نکته به عنوان یک نقطه ضعف در روش‌های یاد شده است. برای رفع این مسئله می‌توانیم به هر یک از اقلام مؤثر در شاخص، وزنی متناسب با درجه اهمیت آن بدهیم.

## ۳-۱. شاخص تجمعی وزنی

معمول‌ترین روش وزن دهی اقلام در محاسبه شاخص تجمعی، استفاده از مقدار تولید، فروش و یا مصرف هر یک از اقلام در طی دوره پایه (سال پایه) است. بنابراین در مثال قبل با در نظر گرفتن سال ۱۹۵۶ به عنوان سال پایه، مقدار فروش هر یک از اقلام در سال پایه به شرح زیر است.

$$A = ۸۲,۶۲۰,۰۰۰$$

$$B = ۲۶,۷۰۰,۰۰۰$$

$$2,450,000 = C$$

که این مقادیر به عنوان وزن اقلام در نظر گرفته می‌شوند. سپس هر قیمت را در وزن آن ضرب می‌کنیم و جمع قیمت‌های وزن داده شده در هر سال را به جمع قیمت‌های وزن داده شده در سال پایه تقسیم می‌کنیم. عدد حاصل عدد شاخص در آن سال است. در مثال قبل:

شاخص	جمع کل قیمت‌های وزن داده شده	C		B		A		سال
		قیمت × وزن	قیمت	قیمت × وزن	قیمت	قیمت × وزن	قیمت	
۱۰۰	۲۲۴,۶۷۳,۰۰۰	۲۰,۸۷۴,۰۰۰	۸/۵۲	۲۶,۱۶۶,۰۰۰	۰/۹۸	۱۷۷,۶۳۳,۰۰۰	۲/۱۵	۱۹۵۶
۹۶/۴	۲۱۶,۴۸۷,۷۰۰	۲۱,۱۹۲,۰۰۰	۸/۶۵	۲۵,۰۹۸,۰۰۰	۰/۹۴	۱۷۰,۱۹۷,۲۰۰	۲/۰۶	۱۹۵۷
۹۴/۴	۲۱۲,۱۸۵,۶۰۰	۲۱,۳۰۴,۰۰۰	۸/۷۲	۲۷,۲۳۴,۰۰۰	۱/۰۲	۱۶۳,۵۸۷,۶۰۰	۱/۹۸	۱۹۵۸
۹۶/۶	۲۱۶,۹۴۷,۹۰۰	۲۱,۴۸۰,۰۰۰	۸/۷۷	۲۸,۵۶۹,۰۰۰	۱/۰۷	۱۶۶,۸۹۲,۴۰۰	۲/۰۲	۱۹۵۹

جدول ۳. شاخص تجمعی وزنی اقلام A, B و C

$q_0$  را معادل مقدار فروش (تولید) در سال پایه در نظر می‌گیریم، بنابراین فرمول محاسبه شاخص به شرح زیر است:

$$I = \frac{\sum p_n q_0}{\sum p_0 q_0}$$

بزرگترین عیب این روش این است که اهمیت اقلام مختلف موجود در شاخص، معمولاً در هر سال متفاوت است و بنابراین در سال‌های بعدی سال پایه هر چه دورتر می‌شویم، شاخص افزایش پیدا می‌کند و نسبت‌های قبلی خیلی کمترند. جواب معمول برای این مشکل این است که با گذشت زمان و قدیمی شدن سال پایه، سال پایه را تغییر دهیم. مشکل دیگر این است که با توجه به اینکه در سال‌های مختلف میزان استفاده از اقلام گوناگون متفاوت است، بنابراین در هر سال وزن‌های مختلفی بدست می‌آید و وزن هر سال متفاوت خواهد بود. در مثال قبل برای سال‌های ۱۹۵۷، ۱۹۵۸، ۱۹۵۹، مقدار فروش هر یک از اقلام بر شرح زیر است:

	A	B	C
۱۹۵۷	۸۴,۲۸۰,۰۰۰	۲۶,۱۰۰,۰۰۰	۲,۰۱۰,۰۰۰
۱۹۵۸	۸۴,۷۵۰,۰۰۰	۲۲,۲۶۰,۰۰۰	۲,۶۴۰,۰۰۰
۱۹۵۹	۸۵,۹۷۰,۰۰۰	۰۰۰,۲۰,۱۳۰	۱,۸۹۰,۰۰۰

جدول ۴. مقدار فروش اقلام A, B و C در سال‌های ۱۹۵۷ تا ۱۹۵۹

ساختار عدد شاخص با استفاده از این وزنها به شرح زیر است:

- برای هر سال، ۲ محاسبه انجام می‌شود

- با استفاده از قیمت‌های سال پایه، و مقدار (وزن) در هر سال

- با استفاده از قیمت هر سال و مقدار (وزن) آن سال



$q_n$  مقدار تولید کالای مورد نظر در سال  $n$  می‌باشد و بنابراین فرمول “شاخص تجمعی وزنی” به شرح زیر است:

$$I = \frac{\sum p_n q_n}{\sum P_o q_n}$$

به عنوان مثال برای سال ۱۹۵۷ و ۳ کالای A, B, C داریم :

C			B			A			برای سال ۱۹۵۷
قیمت × مقدار	مقدار $q_n$	قیمت	قیمت × مقدار	مقدار $q_n$	قیمت	قیمت × مقدار	مقدار $q_n$	قیمت	
۱۷,۱۲۵,۲۰۰	۲,۰۱۰,۰۰۰	۸/۵۲	۲۵,۵۷۸,۰۰۰	۲۶,۱۰۰,۰۰۰	۰/۹۸	۱۸۱,۲۰۲,۰۰۰	۸۴,۲۸۰,۰۰۰	۲/۱۵	۱- سال پایه (۱۹۵۶)
۱۷,۳۸۶,۵۰۰	۲,۰۱۰,۰۰۰	۸/۶۵	۲۴,۵۳۴,۰۰۰	۲۶,۱۰۰,۰۰۰	۰/۹۴	۱۷۳,۶۱۶,۸۰۰	۸۴,۲۸۰,۰۰۰	۲/۰۶	۲- سال جاری (۱۹۵۷)

جدول ۵. محاسبه قیمت کل فروش اقلام A, B و C

سپس جمع مقدار (قیمت × مقدار)ها را محاسبه می‌کنیم:

← شاخص = ۹۶/۳

جمع (قیمت × مقدار)	برای سال ۱۹۵۷
۲۲۳,۹۰۵,۲۰۰	سال پایه (۱۹۵۶)
۲۱۵,۵۳۷,۳۰۰	سال جاری (۱۹۵۷)

$$I = \frac{\sum p_n q_n}{\sum P_o q_n}$$

علت اینکه از فرمول استفاده می‌کنیم، به این خاطر است که عدد شاخص می‌تواند تنها نسبت به سال پایه مقایسه کند، با

استفاده از این شاخص نمی‌توانیم سالهای مختلف را با هم مقایسه کنیم زیرا قیمت‌ها بطور متفاوتی وزن داده شده‌اند.

بنابراین تفاوت عدد شاخص از یک سال به سال دیگر همانطور که می‌تواند ناشی از تغییر قیمت‌ها باشد، ممکن است ناشی از تغییر در وزن‌ها

باشد.

#### ۴-۱. شاخص میانگین نسبتهای وزن دهی شده

ما می‌توانیم با وزن دادن به نسبت قیمت‌ها بر اساس مقدار تولید یا فروش هر قلم در سال پایه و یا هر سال، ساختار شاخص میانگین نسبتهای وزنی با استفاده از وزنهای سال پایه (در مثال قبل) بشرح زیر است:

B			A			سال
$(P_N/P_0)(P.Q.)$	P.Q.	$P_N/P_0$	$(P_N/P_0)(P.Q.)$	P.Q.	$P_N/P_0$	
۲۶۱۶۶۰۰۰	۲۶۱۶۶۰۰۰	۱۰۰	۱۷۷۶۳۳۰۰۰	۱۷۷۶۳۳۰۰۰	۱۰۰	۱۹۵۶
۲۵۰۹۳۱۹۴	۲۶۱۶۶۰۰۰	۹۵/۹	۱۷۰۱۷۲۴۱۴	۱۷۷۶۳۳۰۰۰	۹۵/۸	۱۹۵۷

جدول ۶. شاخص میانگین نسبتهای وزنی اقلام A و B

شاخص	C					سال
	جمع					
	$\Sigma (P_N/P_0)(P.Q.)$	$\Sigma P.Q.$	$\Sigma (P_N/P_0)(P.Q.)$	P.Q.	$P_N/P_0$	
۱۰۰	۲۲۴۶۷۳۰۰۰	۲۲۴۶۷۳۰۰۰	۱۷۷۶۳۳۰۰۰	۱۷۷۶۳۳۰۰۰	۱۰۰	۱۹۵۶
۹۶,۳	۲۱۶۴۵۲۷۱۸	۲۴۲۶۷۳۰۰۰	۲۱۱۸۷۱۱۰	۲۰۸۷۴۰۰۰	۱۰۱/۵	۱۹۵۷

جدول ۷. شاخص میانگین نسبتهای وزنی کالای C

فرمول محاسبه "شاخص میانگین نسبت وزنی" بشرح زیر است:

$$I = \frac{\Sigma \frac{P_n}{P_o} (P_o q_o)}{\Sigma P_o q_o}$$

مسائلی که در شاخص فوق وجود دارد و نیز راه حل آنها شبیه "شاخص تجمعی وزنی" است.

فرمول محاسبه میانگین نسبت وزنی از نظر ریاضی معادل شاخص تجمعی وزنی است، وقتی که وزنهای پایه استفاده می‌شوند.

$$\frac{\Sigma (\frac{P_n}{P_o}) (P_o q_o)}{\Sigma P_o q_o} = \frac{\Sigma P_n q_o}{\Sigma P_o q_o}$$

اما در حالتی که وزنهای هر سال مورد استفاده است، ساختار "شاخص میانگین نسبت وزنی" نتایج یکسانی با شاخص تجمعی وزنی نمی‌دهد.

$$I = \frac{\Sigma [\frac{P_n}{P_o} (P_n q_n)]}{\Sigma P_n q_n}$$

البته در این روش هم اجازه مقایسه بین قیمت‌ها در سالهای مختلف را نداریم زیرا قیمت‌ها در هر سال به شکل متفاوتی وزن شده‌اند.

بنابراین با استفاده از یک شاخص تنها تغییرات قیمت هر سال نسبت به سال پایه را مقایسه می‌کند.

## ۵-۱. تغییر دادن سال پایه شاخص

اگر مایل باشیم که سال پایه را تغییر دهیم، عدد شاخص مورد نیاز را به عدد شاخص در سال پایه جدید تقسیم می‌کنیم و در ۱۰۰ ضرب می‌کنیم. به عنوان مثال ما یک سری شاخص برای صنعت A با در نظر گرفتن سال ۱۹۵۴ به عنوان سال پایه در دست داریم و یک سری دیگر شاخص برای صنعت B و با استفاده از سال پایه ۱۹۵۶ در دست است. برای اینکه بتوانیم این دو صنعت را با هم مقایسه کنیم، مایلیم که سری شاخص‌های صنایع A را به سال پایه ۱۹۵۶ برگردانیم. بنابراین هر عدد شاخص صنایع A را بر عدد شاخص صنایع A در سال ۱۹۵۶ تقسیم و در صد ضرب می‌کنیم. نتایج در جدول ۸ زیر است:

شاخص قیمت صنایع A سال پایه = ۱۹۵۴	شاخص قیمت صنایع B سال پایه = ۱۹۵۶	شاخص قیمت صنایع C سال پایه = ۱۹۵۶	سال
۱۰۱	۸۶	۸۰	۱۹۵۳
۱۰۰	۸۸	۷۹	۱۹۵۴
۱۱۸	۹۷	۹۳	۱۹۵۵
۱۲۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۹۵۶
۱۳۴	۱۱۳	۱۰۶	۱۹۵۷

جدول ۸. شاخص قیمت صنایع برای اقلام A, B و C

به عنوان مثال برای سال ۱۹۵۷ عدد ۱۳۴ را بر عدد ۱۲۷ که عدد شاخص در سال ۱۹۵۶ است، تقسیم می‌کنیم. عدد ۱/۰۶ بدست می‌آید. سپس در ۱۰۰ ضرب می‌کنیم. عدد ۱۰۶ که شاخص صنایع A در سال ۱۹۵۷ با در نظر گرفتن سال پایه ۱۹۵۶ بدست می‌آید. اکنون می‌توانیم شاخص‌های قیمت صنایع A را با شاخص‌های قیمت صنایع B مقایسه کنیم. می‌بینیم که صنایع B شاخص قیمت بیشتری نسبت به صنایع A دارد (نسبت به سال ۱۹۵۶).

## ۶-۱. اهمیت انتخاب سال پایه

در یک کمپانی، مدیریت و قسمت امور پرسنلی مایل هستند، تعیین کنند که آیا در طی سالهای گذشته افزایش حقوق کارکنان این کمپانی مساوی شاخص تغییرات هزینه‌های زندگی بوده است یا نه و آیا افزایش حقوق، بیشتر و یا کمتر از تغییرات شاخص هزینه‌های زندگی است یا نه؟، این کمپانی سوابق حقوقی کارکنانش را از سال ۱۹۴۴ نگهداری کرده و با در نظر گرفتن سال پایه ۱۹۴۴، شاخص حقوق کارکنان اداره را محاسبه کرده است. از طرفی شاخص قیمت خرید (مصرف)، با در نظر گرفتن سال پایه ۱۹۴۹-۱۹۴۷ محاسبه شده است و بشرح زیر (جدول ۹) است:

شاخص حقوق کارکنان اداری سال پایه = ۱۹۴۴	شاخص قیمت خرید سال پایه = ۱۹۴۷-۱۹۴۹	سال
۱۱۰/۰	۱۰۲/۸	۱۹۴۸
۱۱۱/۱	۱۰۱/۸	۱۹۴۹
۱۱۱/۸	۱۰۲/۸	۱۹۵۰
۱۱۲/۷	۱۱۱/۰	۱۹۵۱
۱۱۳/۶	۱۱۳/۵	۱۹۵۲
۱۱۳/۸	۱۱۴/۴	۱۹۵۳
۱۱۷/۴	۱۱۴/۸	۱۹۵۴
۱۱۷/۵	۱۱۴/۵	۱۹۵۵
۱۱۹/۲	۱۱۶/۲	۱۹۵۶
۱۲۴/۹	۱۲۰/۲	۱۹۵۷
۱۲۷/۶	۱۲۳/۵	۱۹۵۸
۱۲۸/۹	۱۲۴/۶	۱۹۵۹

جدول ۹. شاخص قیمت خرید و حقوق کارکنان اداری

طبق این شاخص‌ها، افزایش حقوق کارکنان این کمپانی در سال ۱۹۵۹ بیشتر از افزایش قیمت خرید است. اما این مقایسه به علت اینکه سال پایه یکسانی نگرفته‌ایم، صحیح نیست. برای اینکه بتوانیم مقایسه کنیم، هر دو شاخص را به سال ۱۹۴۸ شیفت می‌دهیم یعنی هر ۲ شاخص را با در نظر گرفتن سال پایه = ۱۹۴۸ محاسبه می‌کنیم، پس خواهیم داشت :

شاخص حقوق کارکنان سال پایه = ۱۹۴۸	شاخص قیمت خرید سال پایه = ۱۹۴۸	سال
۱۰۰	۱۰۰/۰	۱۹۴۸
۱۰۱/۰	۹۹/۰	۱۹۴۹
۱۰۱/۶	۱۰۰/۰	۱۹۵۰
۱۰۲/۵	۱۰۸/۰	۱۹۵۱
۱۰۳/۳	۱۱۰/۴	۱۹۵۲
۱۰۳/۵	۱۱۱/۳	۱۹۵۳
۱۰۶/۷	۱۱۱/۷	۱۹۵۴
۱۰۶/۸	۱۱۱/۴	۱۹۵۵
۱۰۸/۴	۱۱۳/۰	۱۹۵۶
۱۱۳/۵	۱۱۶/۹	۱۹۵۷
۱۱۶/۰	۱۲۰/۱	۱۹۵۸
۱۱۷/۲	۱۲۱/۲	۱۹۵۹

جدول ۱۰. شاخص قیمت خرید و حقوق کارکنان (سال پایه = ۱۹۴۸)

می‌بینیم که اکنون نتیجه حاصله بر عکس است. در سال ۱۹۵۹ افزایش خرید کارکنان کمتر از افزایش قیمت خرید است. از طرفی بنظر می‌رسد که مناسبتر است که سال پایه به سالهای اخیر نزدیکتر باشد، مثلاً سال ۱۹۵۳ به عنوان سال پایه در نظر گرفته شود. با این حساب داریم :

جدول ۱۱. شاخص قیمت خرید و حقوق کارکنان (سال پایه = ۱۹۵۳)

شاخص قیمت خرید سال پایه = ۱۹۴۸	شاخص حقوق کارکنان سال پایه = ۱۹۴۸	سال
۱۰۰	۱۰۰	۱۹۵۳
۱۰۰/۳	۱۰۳/۲	۱۹۵۴
۱۰۰/۱	۱۰۳/۳	۱۹۵۵
۱۰۱/۶	۱۰۴/۷	۱۹۵۶
۱۰۵/۱	۱۰۹/۸	۱۹۵۷
۱۰۸/۰	۱۱۲/۱	۱۹۵۸
۱۰۸/۹	۱۱۳/۳	۱۹۵۹

در این حالت مشاهده می‌کنیم که تا سال ۱۹۵۹ افزایش حقوق کارکنان بیشتر از افزایش قیمت خرید بوده است. این مثال اهمیت سال پایه مناسب را بیان می‌کند و نیز مشخص می‌کند که چرا بعضی افراد به این شاخص‌ها اعتماد نمی‌کنند.

## ۲. تحلیل نقطه سربه سر<sup>۱</sup>

در یک شرکت تولیدی یکی از مسائلی که وجود دارد، تعیین تعداد بهینه تولید می‌باشد. برای این منظور از روش آنالیز نقطه سر به سر استفاده می‌شود. بطور کلی هزینه‌های تولید به دو بخش تقسیم می‌شوند:

- هزینه‌های ثابت<sup>۲</sup>



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

Break Even Analysis<sup>۱</sup>  
Fixed Cost<sup>۲</sup>

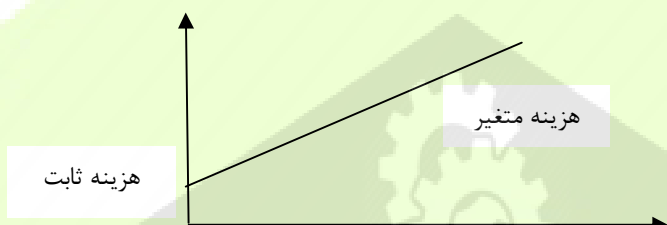
- هزینه‌های متغیر<sup>۱</sup>

هزینه‌های ثابت همان هزینه سرمایه گذاری اولیه است که مستقل از تعداد تولید می‌باشد و هزینه‌های متغیر وابسته به تعداد تولید می‌باشند.

$$TC = F + V.X$$

بنابراین رابطه زیر را خواهیم داشت:

منحنی هزینه برای حالتی که هزینه به شکل فوق بوده و خطی می‌باشد، در زیر نمایش داده شده است:



$$R = r . x$$

حال در مورد درآمد تابع زیر را در ساده‌ترین حالت خواهیم داشت:

که در آن  $r$  قیمت فروش یک واحد می‌باشد.

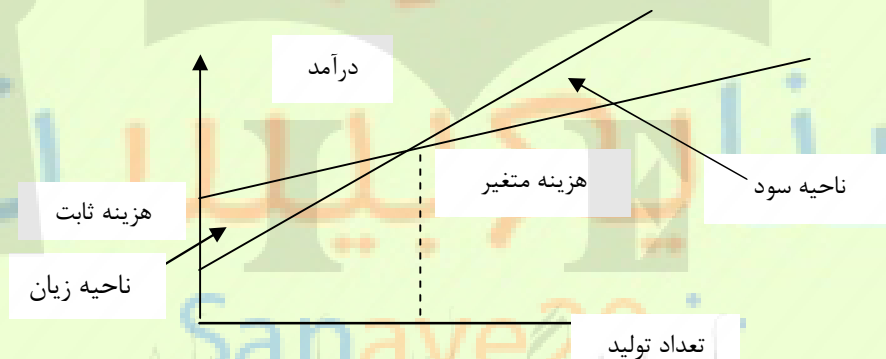
برای بدست آوردن نقطه سربه سر خواهیم داشت :

$$r . x = F + V.X$$

بنابراین  $x$  برابر است با :

$$x = F / ( r - V )$$

شکل زیر دو منحنی را با هم نشان می‌دهد.



شکل ۲. منحنی هزینه - درآمد



www.gsie.ir



@IEKonkour



gsie.ir

ناحیه سود و زیان در این منحنی مشخص شده است. البته در جهان واقعیت این هزینه‌ها می‌توانند غیر خطی نیز باشند.

### ۳. جداول ورودی - خروجی

تبیین کمی روابط بین فعالیتهای اقتصادی از زمانی که اولین مطالعات آن توسط واسیلی لئون تیف اقتصاد دان مشهور روسی انجام گرفت به نام جدول داده- ستاد شناخته شد. تا قبل از تدوین چنین جدولی، مکانیزم روابط بین متغیرهای اقتصادی از بعد نظری در قالب نظریه های مختلف تعادل عمومی شکل گرفته بود و از سوی دیگر مجموعه های آماری مختلفی در قالب های متنوع از قبیل آمار حسابهای ملی، آمارهای پولی، آمارهای مالی و بودجه دولت، تراز پرداخت ها و .... نیز وجود داشت. ولی به دلیل نداشتن شکل تفضیلی لازم و به لحاظ مفهومی، قابلیت کاربرد کافی در مدل های تعادل عمومی را نداشتند. اهمیت اصلی و عمده جدول داده- ستاده از اینها ناشی شد که چون داده های حاصل از این جداول به آسانی قابلیت استفاده در مدل های اقتصادی را دارا بود، با رفع مشکلات عدیده، بر غشاء و اعتبار نظریه های اقتصادی افزوده و روند تاملی نظریات اقتصادی را بهبود بخشیده است. تجربه نشان داده است که تهیه جداول داده- ستاد بر اساس آمار و اطلاعات کامل، مستلزم صرف وقت زیاد و تخصیص منابع مالی سنگین است. از این رو فاصله زمانی مناسب برای تهیه این جدول، به ویژه در کشورهای در حال توسعه قریب ۱۰ سال تشخیص داده شده است، بنابراین در صورت وجود یک جدول داده- ستاد مقبر برای یکی از سالهای گذشته، می توان برای سالهای میانی این دوره تقریباً طولانی با استفاده از تکنیک های بروز مبادرت به تهیه جداول داده و ستاده نمود.

جدول صفحه بعد، جدول داده و ستاده امریکا در سال ۱۹۴۷ می باشد که صنایع مبدأ و مقصد را می توان در ستون و سطر این جدول ملاحظه نمود. ابعاد این جدول ۵۰ در ۵۰ می باشد و هر صنعت یا بخش با صنعت دیگر و خودش مقایسه شده اند. ارزش عدی این مقایسات از تقاطع سطرها و ستونهای این جدول قابل درک است. به طور مثال، در پایان ستون اول، ستاده ناخالص کل بخش کشاورزی و ماهیگیری برابر ۴۴/۲۶۳ میلیون دلار در سال ۱۹۴۷ میباشد. این مبلغ شامل کل فروش این صنعت به خودش (تقاطع موجود در لیست صنایع تولیدی ستون جدول) می باشد. فروش این صنعت به خودش (تقاطع سطر اول و ستون اول) به ارزش ۱۰/۸۵۶ میلیون دلار است. این مطلب بیان گر این واقعیت است که هر صنعت به طور کلی از بخشهای زیادی تشکیل شده و خدمات تولیدی خود را به بخشهای دیگر عرضه می دارد. با نگاه به ستون اول (بخش کشاورزی و ماهیگیری) خود دهیم دید که به طور مثال صنایع شیمیایی (ردیف ۱۰) به ارزش ۸۳۰ میلیون دلار و بخش دولت (ردیف ۴۸) به ارزش ۸۱۳ میلیون دلار در سال ۱۹۴۷ از این صنعت خریداری نموده است. نکته قابل توجه در این جدول آنست که جمع ارزش فروش هر صنعت و خرید صنایع دیگر از ارزشهای (ستون انتهای و ردیف انتهایی) در هر بخش یا صنعت برابر است. به طور مثال فروش بخش کشاورزی و ماهیگیری (ستون اول) با خرید صنایع دیگر از این بخش برابر است (انتهای ردیف اول). در صفحه بعد نمونه ای از این جداول آورده شده است:







جدول پانزده - شاخصه اقتصاد ایران - ۱۳۷۰  
 کالا در کالا (۱۵ X ۱۵)  
 قیمت تولید کننده - میلیون ریال

عنوان بخش	شماره بخش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
کشاورزی، شکار و جنگل‌داری	۱	۲۶۵۲۱۹۴	۲۳۸۴	۱۵۹	۴۶۷۵۸۱۴	۷۱۵	۴۴۲۳۴	۵۹۷۷	۹۷۱۳۲	۱۱۹۹	۳۹۵
ماهیگیری	۲	۲۸۳	۲۳۳۸۱	۰	۳۰۵۵۳	۰	۰	۰	۱۸۳۳۳	۱	۰
معدن	۳	۱۰۱۸۵	۱	۲۴۹۰	۳۳۰۹۷	۱۴۰۱۷	۹۹۷۳۵	۰	۱	۱۴۶۸	۰
صنعت	۴	۷۱۲۹۷۱	۵۱۷۲۷	۵۸۳۸۸	۵۸۳۸۸۵۳	۱۱۹۲۰	۳۱۸۵۰۰۶	۳۱۹۸۱۵	۲۹۰۸۵۷	۵۶۳۶۱۷	۶۷۱۱۵
شامین برق، گاز و آب	۵	۹۷۷۹۹	۳۱۹	۳۰۹۰۳	۲۰۳۳۵۱	۱۶۳۵۷۶	۱۵۳۸	۹۵۵۳۳	۷۰۰۶	۱۷۲۷۹	۶۴۰۶
ساخت‌ها	۶	۱۰۹۲۱	۸۴	۲۳۵۳۸	۴۶۰۳۲	۳۷۹۶	۰	۱۵۳۹۸	۱۴۲۵	۱۹۱۵۰	۷۰۳۷
عمده‌فروشی و خرده‌فروشی	۷	۱۰۳۴۱۶	۳۹۹۶	۹۹۵۳	۱۱۵۵۱۹۷	۷۳۱۹۴	۱۰۳۷۷۵	۹۰۳۳۳	۱۰۳۸۱	۱۷۲۱۳۱	۸۱۰
هتل و رستوران	۸	۴۳۰	۰	۳۳۱۷	۲۶۷۸۱	۱۰۵۷۶	۱۴۱۵۳	۱۳۷۰۸	۱	۸۲۶۵	۶۵۷۲
حمل و نقل، ارتباطات و خدمات	۹	۱۶۴۲۰۶	۴۰۸۸	۳۶۲۰۰	۸۵۲۷۳۳	۴۰۷۰۹	۳۳۶۰۰۴	۱۴۳۳۱۶	۱۴۰۱۳	۵۷۷۹۵۸	۲۶۴۳۶
واحدسازیهای مالی	۱۰	۶۲۴۶۱	۱۹۰۱	۱۵۱۱۲	۹۵۴۳۳	۴۰۳۱	۱۱۶۳۲۹	۶۰۰۸۳۸	۴۰۰۵	۷۰۶۸۲	۹۴۲۵۸
صنایع و کسب و کار	۱۱	۶۲۵	۱۱	۲۸۵۷۶	۱۴۱۷۸۳	۵۳۱۵	۱۲۸۶۷	۹۰۱۴	۱۶۶	۲۲۲۳	۲۷۷۸
اداره امور عمومی، دفاع و امنیت اجتماعی	۱۲	۱۷	۵۰	۲۹۴	۳۴۰۹	۷۲	۰	۰	۰	۲۳۳۸	۵۲۱
آموزش	۱۳	۳۵	۱	۸۹۶	۶۵۷۲	۱۳۸۵۵	۳۶	۲۵۰	۰	۳۴۳۱	۱۰۱۹
بهداشت و مددکاری اجتماعی	۱۴	۸۸۶۵	۰	۷۱۴	۱۲۴۰۸	۳۰۹	۲۰۴	۵۳۸	۱۵۷	۴۰۷	۳۱۹۱
سایر خدمات عمومی، اجتماعی، مذهبی و خانگی	۱۵	۱۰۳۱۹	۲۸۳	۳۴	۱۷۵۰۴۵	۹۴۶۹	۳۶۵۵	۵۶۷۶	۳۶۸	۱۶۰۹۲۳	۱۴۱
جمع معارف به قیمت خریدار		۲۸۲۵۵۳	۹۸۲۶	۲۰۴۶۶۰	۱۳۷۷۱۶۱۳	۴۰۳۰۵۰	۳۷۲۷۸۲	۶۷۳۹۹	۳۳۵۳۶	۱۷۰۵۵۴۱	۲۸۸۸۱
ارزش افزوده ناخالص / محصول ناخالص داخلی (GDP)		۷۲۷۷۲۹	۲۴۶۶۱۷	۲۹۴۱۸۵۷	۸۷۲۴۵۳	۶۸۳۱۷۴	۳۸۱۵۷۲۱	۸۲۸۸۸۲	۲۱۰۷۳۰	۳۴۴۰۹۱۵	۵۵۰۱۸۰
بخش خدمات کارکنان		۷۲۱۳۴۶	۹۲۷۲۹	۲۲۱۲۸۱	۲۵۵۶۶۸	۴۱۷۲۳۳	۱۴۰۴۸۴۵	۶۶۱۸۰۰	۶۴۸۶۴	۷۱۲۲۳۳	۴۸۱۳۵
بخش مالیات بر تولید و واردات		-۲۳۸۱۴	۷۰۷۷	۱۵	۱۴۹۷۰۰	-۳۹۹۴	۱۴۱۶۶۱	۱۰۵۴۵۳	۱۵۴۱۷	۲۴۰۸۲۱	۲۴۳۳
بخش مالیات بر تولید و واردات		۰	۱۰۵۷۳	۱۵	۴۶۲۱۸۹	۰	۱۲۱۶۶۱	۲۵۰۸۵۳	۱۵۴۱۷	۲۷۳۵۲۱	۲۳۵۳
بخش مالیات بر تولید و واردات		۳۳۸۱۳	۴۵۰۰	۰	۲۱۴۵۱۹	۳۹۹۴	۰	۱۷۵۷۱۰	۰	۵۲۷۰۰	۱۰۳۰
بخش مالیات بر تولید و واردات		۶۶۸۱۳۰۷	۱۴۵۸۲۱	۳۷۱۰۳۸۰	۵۶۶۶۰۵۳	۲۷۰۸۳۳	۲۳۸۱۳۲۵	۷۵۱۷۶۲۹	۱۴۴۴۵۰	۴۵۱۷۸۸۳	۲۳۷۵۱۱
شاخصه معیشت به قیمت تولید کننده		۱۱۱۰۳۲۸۶	۴۳۵۰۵۳	۴۱۴۸۲۱۷	۲۲۱۲۰۶۷	۱۰۹۱۳۳۳	۷۵۳۴۵۵۳	۸۱۵۳۲۸۱	۷۵۶۰۹۶	۵۱۷۶۵۵۶	۷۷۹۱۶۲

جدول داده - مشاهده اقتصاد ایران - ۱۳۷۰  
 سال فر کلا (۱۵ X۱۵)  
 قیمت تولید کننده - میلیون ریال

عنوان بخش	شماره بخش	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	کل بخشهای واسطه ۱۶	مصرف نهایی مصرف نهایی مصرف نهایی غیر انتفاعی ۱۷	مصرف نهایی دولت ۱۸	مصرف نهایی دولت ۱۹
کشاورزی ، شکار و جنگلهاری	۱	۱۵۹	۲۷۰۳۳	۳۲۵۱	۱۹۰۱۳	۸۴۵۲	۷۵۳۸۴۳۰	۱۸۰۷۰۵۱	۰	۵۰۹۰۰
صنایع معدنی	۲	۰	۵۱۹۳	۶۷۱	۶۲	۱	۹۷۸۱۲	۲۱۲۲۳۲	۰	۰
صنعت	۳	۱	۳۶۳	۰	۰	۰	۵۲۱۸۵۳	۱۲۲	۰	۰
صنعت	۴	۲۲۷۱۷۲	۸۷۸۵۵۹	۱۶۷۵۸۵	۲۳۰۳۹۶	۲۱۹۱۶۲	۱۲۱۹۱۷۴۵	۹۱۲۳۵۲۶	۰	۰
صنعت برقی ، گاز و آب	۵	۲۸۷۶	۱۸۰۹۹	۱۷۶۵۲	۲۳۶۳۱	۱۹۱۸۱	۶۱۲۴۲۰	۲۷۳۸۲۶	۰	۰
صنعت	۶	۳۷۵۲۸۰	۲۶۲۰۳	۶۰۴۶۸	۱۶۷۶۱	۲۶۹۸۷	۶۳۲۰۸۱	۲۱۸۹۲	۰	۰
صنعت نیرو و انرژی و خدمات	۷	۲۵۵۰۳	۳۵۱۳۶	۱۳۸۰۰	۲۵۵۲۶	۲۱۰۵۳	۱۹۲۲۶۲۶	۵۲۹۶۸۰۷	۰	۰
حمل و رستوران	۸	۱۳۳	۱۳۸۰۸	۱۴۵۸۲	۸۰۹	۲۰۷۲	۱۲۸۱۶۹	۸۰۳۷۳۵	۰	۰
حمل و نقل ، ارتباطات و خدمات	۹	۱۱۲۹۰۹	۱۹۶۲۷۲	۲۷۵۲۴	۴۳۰۳۸	۲۵۷۶۳	۲۵۹۳۳۸۷	۲۳۷۹۳۳۱	۰	۱۲۱۸۲
واحد های خدماتی	۱۰	۲۵۰۷	۲۷۰۲۹	۱۰۹۸۰	۸۵۹۳	۱۲۵۸	۵۷۹۵۲۶	۱۹۲۰۳۲	۰	۰
مستلزمات و کسب و کار	۱۱	۷۵۸۸	۴۳۲	۲۳۵	۱۰۰	۲۶۸۹	۲۲۱۷۳۵	۶۷۵۰۱۵۳	۰	۰
اداره امور عمومی ، اطلاعات و ارتباطات	۱۲	۱۰۶۶	۱۵۱۰۵	۴۸۲	۲۳۲	۳۷۳۶	۲۹۹۲۸	۲۴۸۲۱۶	۰	۲۳۸۴۰۰
آموزش	۱۳	۱۸۳۳	۷۸۱۲	۵۵۵۷	۸۸۱	۸۷۵	۲۳۰۷۰	۲۴۰۲۵۴	۲۳۹۱	۱۲۹۲۷۹۶
بهداشت و خدمات اجتماعی	۱۴	۷۲	۲۱۸	۲۰۲۸	۳۲۰	۳۲۰	۱۸۸۲۶	۵۶۰۰۶۶	۱۷۱۰۸	۷۱۰۴۹۹
سایر خدمات عمومی	۱۵	۱۵۷۲۱	۱۷۲۲۱	۲۲۰۶	۶۲۲	۲۲۵۲۳	۲۴۱۹۷	۸۰۹۳۲۸	۲۹۶۵۲	۱۱۹۵۲۳
جمع مشارک به قیمت خریدار		۱۰۱۲۸۴۱	۱۲۷۱۲۱۲	۲۲۵۵۱۱	۲۶۷۲۲۲	۲۳۵۰۷۸	۲۸۶۲۰۴۹۹	۲۸۱۱۱۷۴۳	۵۸۹۰۰	۶۲۷۰۵۰۰
ارزش افزوده بخشها / معمول بخشها (GDP)		۵۹۸۶۶۲۵	۲۲۲۱۳۲۱	۱۵۳۶۰۳۰	۸۲۷۰۸۵	۹۵۶۳۰۰	۲۱۵۹۷۹۳۰			
مصرف نهایی بخشها		۲۲۱۳۲۷	۲۲۲۱۳۲۰	۱۳۸۸۱۸	۵۲۳۱۷	۲۸۲۹۱۹	۱۱۳۵۰۰۵۵			
بخشهای خدمات و واردات		۲۸۹۰	۰	۲۱۹۳۷	۰	۲۳۳۲	۵۷۳۴۱۵			
بخشهای خدمات و واردات		۰	۰	۸۳	۰	۲۷۸۳	۱۱۶۲۷۵۲			
مصرف نهایی بخشها		۲۸۹۰	۰	۲۲۰۳۰	۰	۲۳۵۰	۵۹۱۴۲۷			
مصرف نهایی بخشها		۵۹۱۶۵۷۸	۱۱۳۸۰۳۱	۲۲۹۸۶۹	۲۰۳۸۶۸	۶۷۱۰۴۹	۲۷۵۷۵۲۷۱			
مشاهده معمول به قیمت تولید کننده		۷۰۰۱۴۶۶	۲۶۵۰۷۳۳	۱۸۷۸۵۶۱	۱۲۹۵۵۱۷	۱۳۰۱۲۴۸	۷۸۲۱۸۴۲۱			

