

درس: اقتصاد مهندسی

مدرس: دکتر محسن کیا

بخش دوم

تکنیکهای اقتصاد مهندسی و کاربرد آنها

- فصل ششم : روش ارزش فعلی
- فصل هفتم : روش یکنواخت سالیانه
- فصل هشتم : روش نرخ بازگشت سرمایه
- فصل نهم : روش نسبت منافع به مخارج
- فصل دهم : تکنیکهای دیگر اقتصاد مهندسی

بخش دوم

تکنیکهای اقتصاد مهندسی و کاربرد آنها

فصل هشتم

روش نرخ بازگشت سرمایه

یکی از روشهایی که امروزه در تعیین و انتخاب اقتصادیترین پروژهها متداول می باشد روش نرخ بازگشت سرمایه است. در این روش ضابطه قبول یا رد یک پروژه، بر اساس معیاری (نرخ) بنام نرخ بازگشت سرمایه می باشد. در حقیقت تعادل درآمدها (درآمدهای سالیانه، ارزش اسقاطی و...) و هزینه ها (سرمایه اولیه، هزینه های سالیانه و...)، تحت یک نرخ امکان پذیر است (البته نه همیشه با یک نرخ) و آن نرخ (یا نرخها) نرخ بازگشت سرمایه می باشد.

روش نرخ بازگشت سرمایه

- متداول ترین روش مقایسه پروژه ها
- مقایسه بر اساس معیار نرخ بازگشت سرمایه
- Rate Of Return (ROR): نرخ متعادل کننده هزینه ها و درآمدها
- محاسبه نرخ بازگشت سرمایه:
 - روش ارزش فعلی
 - روش یکنواخت سالیانه

روش محاسباتی

بدیهی است نرخ بازگشت سرمایه باید شرایط لازم را جهت انتخاب یک پروژه به عنوان اقتصادی‌ترین پروژه داشته باشد. اگر شرکتی دارای حداقل جذب کننده ۲۰٪ باشد ولی پروژه‌ای ۱۵٪ نرخ بازگشت سرمایه را حاصل کند، طبیعی است که انتخاب پروژه، معقول بنظر نمی‌رسد. برعکس، چنانچه پروژه دارای نرخ برگشت سرمایه ۲۵٪ باشد انتخاب پروژه امری منطقی است و بطور کلی اگر:

$ROR \geq MARR$ طرح پذیرفته می‌شود

$ROR < MARR$ طرح پذیرفته نمی‌شود

در روابط فوق ROR «نرخ بازگشت سرمایه» می‌باشد.

اقتصادی بودن یک پروژه

• $ROR \geq MARR$: طرح اقتصادی

• $ROR < MARR$: طرح غیراقتصادی

1 - Rate of Return

$MARR$ = حداقل نرخ جذب کننده

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از روش ارزش فعلی

همانطور که اشاره شد نرخ بازگشت سرمایه از تساوی قرار دادن ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌ها حاصل می‌شود. این تساوی تنها تحت یک نرخ امکان‌پذیر است و آن، نرخ بازگشت سرمایه است. به عبارت دیگر روابط زیر برقرار است:

$$NPW = 0$$

$$PW_B = PW_C \quad (۸-۱)$$

$$PW_B - PW_C = 0$$

اگر فرآیند مالی پروژه‌ای از سرمایه اولیه (P) ، ارزش اسقاطی (SV) ، درآمد سالیانه (A) و عمر مفید (n) تشکیل شده باشد، حل رابطه زیر، (i) که همان نرخ بازگشت سرمایه است را مشخص می‌نماید:

$$-P + A(P/A, i\%, n) + SV(P/F, i\%, n) = 0 \quad (۸-۲)$$

$$PWB = PWC \Rightarrow NPW = 0$$

روش ارزش فعلی

$$-P + A(P/A, i\%, n) + SV(P/F, i\%, n) = 0 \Rightarrow i = ROR$$

● مثال ۸-۱. اگر شخصی ۱,۰۰۰ واحد پولی را اکنون سرمایه‌گذاری نماید و سه سال دیگر در چنین روزی ۵۰۰ واحد پولی و پنج سال دیگر در چنین روزی ۱,۵۰۰ واحد پولی دریافت کند، نرخ بازگشت سرمایه او چقدر است؟

حل: طبق روابط (۸-۱) و (۸-۲) رابطه زیر را برقرار می‌کنیم:

$$-1,000 + 500 (P/F, i\%, 3) + 1,500 (P/F, i\%, 5) = 0$$

در رابطه فوق مقدار (i) یا نرخ بازگشت سرمایه باید برابر با مقداری باشد که طبق رابطه (۸-۱) مجموع جبری ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌ها را برابر با صفر نماید. اگر ادعا شود که نرخ بازگشت سرمایه ۱۶/۹۵٪ است، صحت این ادعا را با قرار دادن نرخ مربوطه در رابطه فوق می‌توان بسادگی دریافت:

$$-1,000 + 500 (P/F, 16/95\%, 3) + 1,500 (P/F, 16/95\%, 5) = 0$$

پس از محاسبه مشاهده خواهد شد که مقدار رابطه، برابر با صفر می‌گردد و ادعای مربوطه صحیح است. چنانچه ادعائی صورت نگرفته بود و هدف از سرمایه‌گذار محاسبه نرخ بازگشت سرمایه بود، باید مقادیر مختلف (i) در رابطه فوق قرار داده می‌شد و مقادیر حاصل از رابطه فوق مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گرفت. بدیهی است که مقدار رابطه با نرخهای کوچکتر از ۱۶/۹۵٪ مثبت و با نرخهای بزرگتر از ۱۶/۹۵٪ منفی می‌شود و تنها در $ROR = i = 16/95\%$ حاصل عبارت صفر می‌گردد.

در مثال بعد نحوه محاسبه نرخ بازگشت سرمایه تشریح می‌شود.

● مثال ۸-۲. شرکت امید به متقاضیان خرید سهام آن شرکت پیشنهاد می‌کند که اگر ۵,۰۰۰ واحد پولی در شرکت او سرمایه‌گذاری نمایند بمدت ۱۰ سال در پایان هر سال مبلغ ۱۰۰ واحد پولی و در پایان ده سال مبلغ ۷,۰۰۰ واحد پولی دریافت خواهند داشت. نرخ بازگشت سرمایه برای متقاضیان چقدر خواهد بود؟

حل: طبق رابطه ۸-۲ رابطه زیر برقرار است:

$$-5,000 + 100 (P/A, i\%, 10) + 7,000 (P/F, i\%, 10) = 0$$

محاسبه (i) از طریق روش سعی و خطا انجام می‌شود، بدین ترتیب که مقادیر مختلف (i) باید در رابطه فوق قرار داده شود، ولی برای شروع محاسبات بهتر است مقدار (i) تخمین زده شود. فرض می‌شود که درآمدهای سالیانه به انتهای سال دهم انتقال داده شوند. اگرچه این عمل بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول صورت می‌گیرد ولی روش خوبی برای تخمین مقدار اولیه (i) به صورت زیر خواهد بود:

$$P = 5,000 \quad n = 10$$

$$F = 10 (100) + 7,000 = 8,000$$

$$5,000 = 8,000 (P/F, i\%, 10)$$

$$(P/F, i\%, 10) = 0.625 \Rightarrow 4\% < i < 5\%$$

و با مراجعه به جدول انتهای کتاب، تخمین مقدار اولیه i بین ۴٪ و ۵٪ خواهد بود. با قرار دادن $i = ۵\%$ در رابطه فوق:

$$i = 0.05 : -5000 + 100(P/A, 5\%, 10) + 7000(P/F, 5\%, 10) = 69.46$$

$$\Rightarrow 5\% < i < 6\%$$

$$i = 0.06 : -5000 + 100(P/A, 6\%, 10) + 7000(P/F, 6\%, 10) = -355.19$$

i	NPW
5%	69.46
X	0
6%	-355.19

$$\Rightarrow i = ROR = 5.16\% = 0.0516$$

اگر شما یکی از متقاضیان باشید، آیا حاضرید پیشنهاد شرکت را قبول کنید؟ بدیهی است قبول یا ردّ پیشنهاد بستگی به حداقل نرخ جذب کننده شما دارد. اگر حداقل نرخ جذب کننده شما بیش از $5/16\%$ باشد پیشنهاد را رد و اگر کمتر یا مساوی $5/16\%$ باشد پیشنهاد را قبول خواهید کرد.

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از روش یکنواخت سالیانه
با مساوی قرار دادن درآمدهای سالیانه^۱ و هزینه‌های سالیانه، طبق روابط زیر،
می‌توان به نرخ بازگشت سرمایه دست یافت:

$$NEUA = 0$$

$$EUAB = EUAC \quad (۸۳)$$

$$EUAB - EUAC = 0$$

1 - Equivalent Uniform Annual Benefit

در رابطه فوق NEUA^۱ مقدار خالص یکنواخت سالیانه را نشان می‌دهد. در پروژه‌ای
با پارامترهای سرمایه اولیه (P)، ارزش اسقاطی (SV)، درآمد سالیانه (A) و عمر مفید
(n) برای محاسبه نرخ بازگشت سرمایه رابطه کلی زیر برقرار است:

$$-P(A/P, i\%, n) + A + SV(A/F, i\%, n) = 0 \quad (۸۴)$$

$$EUAB = EUAC \Rightarrow NEUA = 0$$

روش یکنواخت سالیانه

$$-P(A/P, i\%, n) + A + SV(A/F, i\%, n) = 0 \Rightarrow i = ROR$$

● مثال ۸-۳ با استفاده از روش فوق، در مثال ۸-۲ نرخ بازگشت سرمایه را تعیین کنید؟

● مثال ۸-۲ شرکت امید به متقاضیان خرید سهام آن شرکت پیشنهاد می‌کند که اگر ۵,۰۰۰ واحد پولی در شرکت او سرمایه‌گذاری نمایند بمدت ۱۰ سال در پایان هر سال مبلغ ۱۰۰ واحد پولی و در پایان ده سال مبلغ ۷,۰۰۰ واحد پولی دریافت خواهند داشت. نرخ بازگشت سرمایه برای متقاضیان چقدر خواهد بود؟

حل: طبق رابطه ۸-۴ رابطه زیر تشکیل می‌شود:

$$-5,000 (A/P, i\%, 10) + 100 + 7,000 (A/F, i\%, 10) = 0$$

حاصل عبارت فوق در $i = 5\%$ برابر $9/02$ و در $i = 6\%$ برابر $48/26$ - است. با عمل درونیابی نرخ بازگشت سرمایه $ROR = i = 5/16\%$ ، دقیقاً مانند مثال ۸-۲، حاصل می‌شود.

پروژه ای با هزینه اولیه ۲۰۰۰ واحد و درآمد سالیانه ۲۳۰ برای مدت ۲۰ سال تعریف شده است. با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه (از طریق یکنواخت سالیانه) تعیین نمایید که آیا این پروژه اقتصادی است؟ (با فرض $MARR=0.16$).

$$NEUA = 0$$

$$-2000(A/P, i\%, 20) + 230 = 0$$

$$(A/P, i\%, 20) = 0.115$$

i	A/P, i%, 20
9%	0.10955
10%	0.11746

$$\Rightarrow ROR = 9.68\% < MARR$$

• $ROR \geq MARR$: طرح اقتصادی

• $ROR < MARR$: طرح غیراقتصادی

مقایسه اقتصادی چند پروژه با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه

نحوه مقایسه چند پروژه با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه با تکنیکهایی که در فصلهای ششم و هفتم (روشهای ارزش فعلی و یکنواخت سالیانه) تشریح شد تفاوت دارد. بدین ترتیب که اگر دو پروژه ناسازگار، اولی دارای نرخ بازگشت سرمایه ۲۰٪ و پروژه دیگر ۲۲٪ باشد، قضاوت در مورد انتخاب اقتصادی ترین پروژه به سهولت امکان پذیر نیست. مبنای انتخاب اقتصادی ترین پروژه، تشریح بحث جدیدی تحت عنوان تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی است و در حقیقت با استفاده از این روش است که می توان مقایسه اقتصادی بین چند پروژه را از روش نرخ بازگشت سرمایه انجام داد.

می توان مقایسه اقتصادی بین چند پروژه را از روش نرخ بازگشت سرمایه انجام داد.

مقایسه چند پروژه اقتصادی

۱. مرتب کردن صعودی طرح ها (بر اساس هزینه اولیه)

۲. محاسبه نرخ بازگشت سرمایه هر طرح (ROR)

۳. خارج کردن طرح های غیراقتصادی (دارای نرخ بازگشت کمتر از حداقل نرخ جذب کننده)



۴. مقایسه طرح های اقتصادی (روش تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی)

- $ROR \geq MARR$: طرح اقتصادی
- $ROR < MARR$: طرح غیراقتصادی

تحلیل سرمایه گذاری اضافی

- مقایسه دو یا چند پروژه ناسازگار به روش نرخ بازگشت سرمایه به صورت مقایسه ROR عملی نیست
- توجیهی برای سرمایه گذاری اضافی در پروژه ای با هزینه اولیه بیشتر
- تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی
- مبتنی بر پروژه حاصل از تفاوت هر دو پروژه ی تحت مقایسه

تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی^۱

دو پروژه ناسازگار که دارای هزینه های اولیه متفاوت هستند را در نظر بگیرید. همواره عبارت زیر بین دو پروژه برقرار است:

(۸-۵) تفاوت هزینه اولیه بین دو پروژه + پروژه با هزینه اولیه کمتر = پروژه با هزینه اولیه بیشتر

عامل جدیدی که در رابطه فوق نمایان است و تاکنون مورد بحث قرار نگرفته، تفاوت بین دو پروژه است. بطور کلی هر پروژه به تنهایی دارای نرخ بازگشت سرمایه است. اگر از بین دو پروژه پروژه ای با هزینه اولیه بیشتر بعنوان اقتصادی ترین پروژه انتخاب شد، مفهوم آن چنین است که نه تنها پروژه خود به تنهایی دارای نرخى برابر یا بیشتر از حداقل نرخ جذب کننده (MARR) است، بلکه تفاوت بین دو پروژه نیز نرخى برابر با MARR و یا بیشتر از آن خواهد داشت. تشریح روش تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی به دو صورت ترسیمی یا محاسباتی قابل انجام است. متذکر می شود اگر چه روش تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی به عنوان یک عامل توجیه کننده در روش نرخ بازگشت سرمایه بکار می رود، خود نیز می تواند یکی از تکنیکهای اقتصاد مهندسی محسوب شود و به تنهایی قابل کاربرد در مقایسه اقتصادی چند پروژه است. به عبارت دیگر با محاسبه ΔNPW و $\Delta NEUA$ بین دو پروژه به راحتی اقتصادی ترین پروژه قابل شناسایی است. اگر:

$$NEUA = ,$$

$$EUAB = EUAC \Rightarrow -P(A/P, i\%, n) + A + SV(A/F, i\%, n) = ,$$

$$EUAB - EUAC = ,$$

$$NPW = ,$$

$$PW_B = PW_C \Rightarrow -P + A(P/A, i\%, n) + SV(P/F, i\%, n) = ,$$

$$PW_B - PW_C = ,$$

است. اگر:

$\Delta NPW \geq 0$ طرح با سرمایه اولیه بیشتر انتخاب می شود

$\Delta NPW < 0$ طرح با سرمایه اولیه کمتر انتخاب می شود

و اگر

$\Delta NEUA \geq 0$ طرح با سرمایه اولیه بیشتر انتخاب می شود

$\Delta NEUA < 0$ طرح با سرمایه اولیه کمتر انتخاب می شود

روش محاسباتی تحلیل سرمایه گذاری اضافی

1. مرتب کردن صعودی پروژه های اقتصادی بر اساس هزینه اولیه
2. مقایسه دو به دو طرح ها و تهیه پروژه حاصل از تفاضل دو پروژه
3. محاسبه نرخ بازگشت سرمایه طرح تفاضلی (ΔROR)
4. انتخاب پروژه اقتصادی تر
 - $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر
 - $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر
5. خارج نمودن طرح رد شده
6. گام (۲)

روش محاسباتی

در مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه باید مراحل زیر به ترتیب اجرا شود:

- ۱- پروژه‌ها بر حسب هزینه اولیه به ترتیب صعودی مرتب شوند.
- ۲- نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه محاسبه شود.
- ۳- اگر نرخ بازگشت سرمایه پروژه‌ای از حداقل نرخ جذب کننده کمتر بود، آن پروژه از مقایسه حذف گردد.
- ۴- پروژه‌ها با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی، دوی دو با هم مقایسه شوند تا اقتصادی‌ترین پروژه شناخته شود.

● مثال ۷-۷ دو پروژه زیر را با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه (روش محاسباتی) مقایسه و اقتصادی ترین را تعیین کنید $MARR = 6\%$.

<u>سال</u>	<u>پروژه I</u>	<u>پروژه II</u>
۰	-۱۰	-۲۰
۱	۱۵	۲۸

حل: اگرچه در روش ترسیمی، جهت تفهیم بهتر نرخ بازگشت سرمایه تفاوت محاسبه شد. ولی بار دیگر این مسئله طبق مراحل فوق حل می شود. پروژه ها به ترتیب هزینه اولیه مرتب هستند. نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه قبلاً محاسبه شده ($ROR_I = 50\%$)، ($ROR_{II} = 40\%$) و هر دو پروژه دارای نرخهای بیش از 6% هستند. سپس تفاوت دو پروژه و نرخ بازگشت سرمایه تفاوت آنها محاسبه می شوند:

سال	$\Pi - I$
۰	$-20 - (-10) = -10$
۱	$+28 - (15) = 13$

$$\Delta NPW = 0$$

$$-10 + 13 (P/F, i\%, 1) = 0$$

$$(P/F, i\%, 1) = 0.769 \quad \Delta ROR = 7.3\%$$

و از آنجا که:

$$\Delta ROR > MARR$$

پروژه‌ای که دارای هزینه اولیه بیشتر است، یعنی پروژه II انتخاب می‌شود.

● مثال ۸۸ سه پروژه A و B و C را با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه با هم مقایسه نمایید. عمر مفید پروژه ها ۲۰ سال و حداقل نرخ جذب کننده ۶٪ فرض می شود. اقتصادی ترین پروژه را تعیین کنید.

<u>C</u>	<u>B</u>	<u>A</u>	
۵,۰۰۰	۴,۰۰۰	۲,۰۰۰	هزینه اولیه
۷۰۰	۶۳۹	۴۱۰	درآمد سالانه

حل: پروژه های فوق از A تا C به ترتیب هزینه اولیه مرتب هستند. نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه محاسبه می شود:

$$A : 2,000 = 410 (P/A, i\%, 20)$$

$$(P/A, i\%, 20) = 4/87 \quad ROR_A = 12\%$$

$$B : 4,000 = 639 (P/A, i\%, 20)$$

$$ROR_B = 15\%$$

$$C : 5,000 = 700 (P/A, i\%, 20)$$

$$ROR_C = 12/8\%$$

نرخ بازگشت سرمایه سه پروژه از حداقل نرخ جذب کننده بیشتر است، بنابراین کلیه پروژه‌ها در مقایسه شرکت می‌نمایند. با توجه به ترتیب هزینه اولیه پروژه‌ها، ابتدا مقایسه بین A و B صورت می‌گیرد.

$$\frac{B - A}{}$$

$$4,000 - 2,000 = 2,000 \quad \text{تفاوت هزینه اولیه}$$

$$639 - 410 = 229 \quad \text{تفاوت درآمد سالانه}$$

$$2,000 = 229 (P/A, i\%, 20)$$

$$\Delta ROR = 7.9/6$$

پروژه B از پروژه A اقتصادی‌تر است چون $\Delta ROR > MARR$ است. اکنون مقایسه بین B و C صورت می‌گیرد.

$$\frac{C-B}{}$$

تفاوت هزینه اولیه $5,000 - 4,000 = 1,000$

تفاوت درآمد سالیانه $700 - 639 = 61$

$$1,000 = 61 (P/A, i\%, 20)$$

$$\Delta ROR = 2\%$$

از آنجا که $\Delta ROR < MARR$ است پروژه B که دارای هزینه کمتر است انتخاب و نهایتاً بعنوان اقتصادی ترین پروژه شناخته می شود.

مثال فوق قبلاً در مثال (۸۵) به روش ترسیمی حل شده و به همین جواب رسیده است.

● مثال ۸-۹ اگر درآمد سالیانه پروژه A در مثال قبل به جای ۴۱۰ به ۱۲۲ کاهش یابد اکنون کدام طرح اقتصادی‌ترین است.

حل: نرخ بازگشت سرمایه پروژه A عبارت است از:

$$ROR_A = 2\% \quad (P/A, i\%, 20) = 122,000$$

از آنجا که $ROR_A < MARR$ است، پروژه A حذف می‌گردد. در این مسئله تنها یک مقایسه بین B و C صورت می‌گیرد که در مثال قبل این مقایسه انجام، و پروژه B بعنوان اقتصادی‌ترین پروژه شناخته شد.

● مثال ۱۰-۸ اطلاعات زیر در مورد پنج پروژه ناسازگار در اختیار است. نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه قبلاً محاسبه شده است. با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه اقتصادی ترین پروژه را انتخاب کنید. عمر هر پروژه ۲۰ سال و $MARR = 6\%$ است.

<u>E</u>	<u>D</u>	<u>C</u>	<u>B</u>	<u>A</u>	
۹,۰۰۰	۱,۰۰۰	۶,۰۰۰	۲,۰۰۰	۴,۰۰۰	هزینه اولیه
۷۸۵	۱۱۷	۷۶۱	۴۱۰	۶۳۹	درآمد سالیانه
۶٪	۱۰٪	۱۱٪	۲۰٪	۱۵٪	نرخ بازگشت سرمایه

حل: از آنجا که نرخ بازگشت سرمایه کلیه پروژه‌ها مساوی و یا بیشتر از ۶٪ است، تمام پروژه‌ها در مقایسه شرکت می‌کنند. ابتدا پروژه‌ها را بر مبنای هزینه اولیه مرتب می‌کنیم:

<u>E</u>	<u>C</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>D</u>	
۹,۰۰۰	۶,۰۰۰	۴,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	هزینه اولیه
۷۸۵	۷۶۱	۶۳۹	۴۱۰	۱۱۷	درآمد سالیانه

اولین مقایسه بین B و D انجام خواهد شد:

$$\begin{aligned} & \text{تفاوت هزینه اولیه} \quad 1,000 \\ & \text{تفاوت درآمد سالیانه} \quad 293 \\ & 1,000 = 293 (P/A, i\%, \%.20) \\ & \Delta ROR = \%.29 \end{aligned}$$

پروژه D حذف و پروژه B با هزینه اولیه بیشتر انتخاب می گردد. مقایسه بعدی بین B و A انجام خواهد شد:

$$\begin{aligned} & \text{تفاوت هزینه اولیه} \quad 2,000 \\ & \text{تفاوت درآمد سالیانه} \quad 229 \quad \Delta ROR = \%.10 \\ & \text{پروژه B حذف و پروژه A انتخاب می گردد. مقایسه بعدی بین C و A انجام می شود:} \\ & \text{تفاوت هزینه اولیه} \quad 2,000 \\ & \text{تفاوت درآمد سالیانه} \quad 122 \quad \Delta ROR = \%.2 \end{aligned}$$

پروژه C حذف و پروژه A با هزینه اولیه کمتر انتخاب می گردد. آخرین مقایسه بین A و E انجام می شود:

تفاوت هزینه اولیه ۵,۰۰۰

$\Delta ROR < 7.0$ تفاوت درآمد سالیانه ۱۴۶

نرخ بازگشت سرمایه تفاوت A و E کوچکتر از صفر می باشد زیرا حتی بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول در مدت عمر مفید ۲۰ سال، $20 \times 146 = 2,920$ واحد پولی از مقدار تفاوت هزینه اولیه (یعنی ۵,۰۰۰ واحد پولی) کمتر است. بنابراین پروژه A با هزینه اولیه کمتر انتخاب و در نتیجه بعنوان اقتصادی ترین پروژه شناخته می شود.

● مثال ۱۱- شرکتی خرید یک ماشین تراش را بررسی می‌کند. شرکت قادر است ماشین تراش جدیدی را به قیمت ۲۱۰,۰۰۰ واحد پولی و یا یک ماشین تراش پنج سال کار کرده را به قیمت ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری نماید. هزینه سالیانه ماشین جدید ۷۰,۰۰۰ در سال در حالیکه برای ماشین کار کرده ۸۲,۰۰۰ واحد پولی در سال می‌باشد. عمر مفید ۲۵ سال برای هر دو ماشین با ارزش اسقاطی معادل ۵٪ هزینه اولیه فرض می‌شود. اگر $MARR = ۱۵\%$ باشد، خرید کدام ماشین تراش اقتصادی‌تر است؟

حل: با اطلاعات مثال فوق امکان محاسبه نرخ بازگشت سرمایه برای هر طرح وجود ندارد چون تنها درآمد هر ماشین، ارزش اسقاطی است که قادر به رقابت با هزینه اولیه و هزینه‌های سالیانه نیست. با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی می‌توان دو طرح را از طریق نرخ بازگشت سرمایه با هم مقایسه کرد. جدول زیر تفاوت در طرح را نشان می‌دهد:

تفاوت دو طرح	ماشین جدید	ماشین کارکرده	سال
-۶۰,۰۰۰	-۲۱۰,۰۰۰	-۱۵۰,۰۰۰	۰
۱۲,۰۰۰	-۷۰,۰۰۰	-۸۲,۰۰۰	۱-۲۵
۳,۰۰۰	۱۰,۵۰۰	۷,۵۰۰	۲۵

$$\Delta NPW = 0$$

$$-60,000 + 12,000 (P/A, i\%, 25) + 3,000 (P/F, i\%, 25) = 0$$

$$\Delta ROR = 19.79\%$$

از آنجا که نرخ بازگشت سرمایه تفاوت دو طرح بیش از حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ است، ماشین تراش جدید انتخاب می شود. برای رسیدن به ΔROR در این بخش کوتاه ترین راه انتخاب شد که همان محاسبه تفاوت دو سرمایه گذاری است ولی با محاسبه ارزش فعلی هر ماشین و تفاوت ارزش های فعلی می توان دقیقاً به جواب فوق دست یافت:

$$NPW_{\text{جدید}} = -210,000 - 70,000 (P/A, i\%, 25) + 10,500 (P/F, i\%, 25)$$

$$NPW_{\text{کار کرده}} = -150,000 - 82,000 (P/A, i\%, 25) + 7,500 (P/F, i\%, 25)$$

$$PW_{\text{کار کرده}} - PW_{\text{جدید}} = 0$$

$$\begin{aligned}
 & -210,000 - (-150,000) + (-70,000 + 82,000) (P/A, i\%, 25) \\
 & + (10,500 - 7,500) (P/F, i\%, 25) = 0 \\
 & -60,000 + 12,000 (P/A, i\%, 25) + 3,000 (P/F, i\%, 25) = 0
 \end{aligned}$$

عبارت فوق دقیقاً نتیجه حاصل شده از جدول فوق بر مبنای تفاوت دو طرح است. همچنین با استفاده از روش یکنواخت سالیانه نیز قادریم به ΔROR دست یابیم:

$$\begin{aligned}
 & -60,000 (A/P, i\%, 25) + 3,000 (A/F, i\%, 25) + 12,000 = 0 \\
 & \Delta ROR = \%.19/79
 \end{aligned}$$

البته استفاده از روش یکنواخت سالیانه زمانی پیشنهاد می شود که عمر پروژه ها با هم متفاوت باشند. در آن صورت استفاده از روش ارزش فعلی پیچیده تر و روش یکنواخت سالیانه ساده تر می باشد.

- مثال ۱۲- یک شرکت تولیدی لباس بچه گانه، خرید یک ماشین خیاطی را با در اختیار داشتن اطلاعات زیر در مورد ماشین خیاطی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک بررسی می کند. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ باشد کدام ماشین خیاطی را باید خریداری نماید؟

<u>اتوماتیک</u>	<u>نیمه اتوماتیک</u>	
۱۳,۰۰۰	۸,۰۰۰	هزینه اولیه
۱,۶۰۰	۳,۵۰۰	هزینه سالیانه
۲,۰۰۰	۰	ارزش اسقاطی
۵	۱۰	عمر مفید

حل: رسم شکل فرآیند مالی این دو طرح به خواننده واگذار می شود ولی واضح است که طرح ماشین خیاطی اتوماتیک با عمر مفید ۵ سال باید دو بار تکرار شود و در حقیقت

عمر مشترک دو طرح ۱۰ سال خواهد بود.

همانطور که در جدول زیر مشاهده می شود با توجه به شکل فرآیند مالی دو طرح برای سالهای مختلف، مقدار تفاوت دو طرح محاسبه و سپس نرخ بازگشت سرمایه تفاوت دو طرح از طریق ارزش فعلی محاسبه شده است:

تفاوت	نیمه اتوماتیک (N)	اتوماتیک (O)	سال
-۵,۰۰۰	-۸,۰۰۰	-۱۳,۰۰۰	۰
۱,۹۰۰	-۳,۵۰۰	-۱,۶۰۰	۱-۱۰
-۱۱,۰۰۰	-	-۱۳,۰۰۰ + ۲,۰۰۰	۵
۲,۰۰۰	-	۲,۰۰۰	۱۰

$$\Delta NPW = ۰$$

$$-۵,۰۰۰ + ۱,۹۰۰ (P/A, i\%, ۱۰) - ۱۱,۰۰۰ (P/F, i\%, ۵) + ۲,۰۰۰ (P/F, i\%, ۱۰) = ۰$$

$$\Delta ROR = ۱۲/۷\%$$

از آنجا که تفاوت نرخ بازگشت سرمایه از حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ کمتر است، طرح چرخ خیاطی نیمه اتوماتیک انتخاب می شود.

شش پروژه با شرایط زیر و عمر نامحدود مفروض است. اگر $MARR=15\%$ باشد

با مقایسه آن ها، پروژه بهینه را مشخص نمایید.

پروژه	هزینه اولیه	درآمد سالیانه
A	۳۵۰۰۰	۶۴۷۵
B	۲۵۰۰۰	۳۷۵۰
C	۲۰۰۰۰	۴۲۰۰
D	۱۰۰۰۰	۱۳۵۰
E	۱۵۰۰۰	۲۴۰۰
F	۳۰۰۰۰	۵۵۵۰

$$P = A.i$$

کمترین
ROR

نوع پروژه	$ROR = \frac{A}{P}$	درآمد سالیانه	هزینه اولیه	پروژه
غیر اقتصادی	$ROR = \frac{1350}{1000} = 13.5\%$	1350	10000	D
اقتصادی	$ROR = \frac{2400}{15000} = 16\%$	2400	15000	E
اقتصادی	$ROR = \frac{4200}{2000} = 21\%$	4200	20000	C
اقتصادی	$ROR = \frac{3750}{25000} = 15\%$	3750	25000	B
اقتصادی	$ROR = \frac{5550}{30000} = 18.5\%$	5550	30000	F
اقتصادی	$ROR = \frac{6475}{35000} = 18.5\%$	6475	35000	A

انتخاب پروژه اقتصادی تر

– $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

– $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر

پروژه	هزینه اولیه	درآمد سالیانه
A	۳۵۰۰۰	۶۴۷۵
B	۲۵۰۰۰	۳۷۵۰
C	۲۰۰۰۰	۴۲۰۰
D	۱۰۰۰۰	۱۳۵۰
E	۱۵۰۰۰	۲۴۰۰
F	۳۰۰۰۰	۵۵۵۰

پروژه تفاضلی	$\Delta ROR = \frac{A_1 - A_2}{P_1 - P_2}$	پروژه منتخب
C-E	$\Delta ROR = \frac{4200 - 2400}{20000 - 15000} = 36\%$	$\Delta ROR > MARR$ پروژه با هزینه بیشتر (پروژه C)
B-C	$\Delta ROR = \frac{-450}{5000} < 0$	$\Delta ROR < MARR$ پروژه با هزینه کمتر (پروژه C)
F-C	$\Delta ROR = \frac{1350}{10000} = 13.5\%$	$\Delta ROR < MARR$ پروژه با هزینه کمتر (پروژه C)
A-C	$\Delta ROR = \frac{2275}{15000} = 15.17\%$	$\Delta ROR > MARR$ پروژه با هزینه بیشتر (پروژه A)

شرایط روش محاسباتی تحلیل سرمایه گذاری اضافی

- عمر پروژه ها برابر
- شکل پروژه ها همسان
- امکان محاسبه نرخ بازگشت سرمایه برای هر پروژه

اگر یک یا چند شرط از شرایط بالا را پروژه ها نداشته باشند،
از روش ترسیمی باید استفاده شود.

روش ترسیمی

روش ترسیمی

✓ محاسبه ارزش فعلی / یکنواخت درآمد (PWB یا EUAB) و هزینه (PWC یا EUAC) هر پروژه

✓ رسم نمودار

یا

- خط $NPW=0$ (نمیساز ربع اول / شیب خط = $MARR$)

- محور افقی (PWC یا EUAC) هزینه ها (ارزش فعلی شده و یا ارزش یکنواخت سالیانه شده)

- محور عمودی (PWB یا EUAB) درآمد ها (ارزش فعلی شده و یا ارزش یکنواخت سالیانه شده)

- انتقال نقاط مربوط به هر پروژه در نمودار

نکته: پروژه ای که بالای خط $NPW=0$ قرار گیرد، اقتصادی و پروژه در پایین این خط غیراقتصادی است.

✓ اتصال دو به دوی پروژه ها و محاسبه شیب خط واصل (ΔROR)

انتخاب پروژه با هزینه اولیه بیشتر

$$\Delta ROR \geq MARR$$

انتخاب پروژه با هزینه اولیه کمتر

$$\Delta ROR < MARR$$

روش ترسیمی

معرفی روش ترسیمی با تشریح مثالی ساده آغاز می شود. دو پروژه ناسازگار با عمر مفید یکسال و مشخصات زیر در دست است:

<u>سال</u>	<u>پروژه I</u>	<u>پروژه II</u>
۰	-۱۰	-۲۰
۱	+۱۵	+۲۸

اگر حداقل نرخ جذب کننده ۶٪ فرض شده باشد، کدام پروژه اقتصادی تر است؟

مقادیر منفی بیانگر هزینه و
مقادیر مثبت بیانگر درآمد است.

سال	پروژه ۱	پروژه ۲
۰	-۱۰	-۲۰
۱	۱۵	۲۸

$$PWC = 10$$

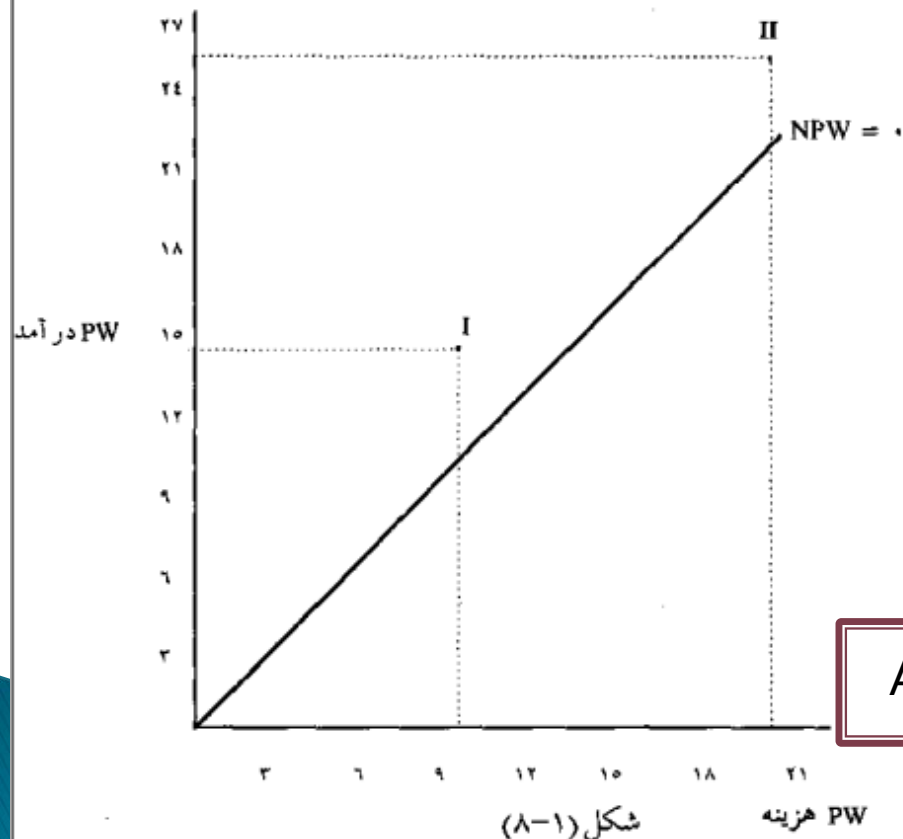
$$PWB = 15(P/F, 6\%, 1) = 14.5$$

پروژه (۱):

$$PWC = 20$$

$$PWB = 28(P/F, 6\%, 1) = 26.4$$

پروژه (۲):



$$\Delta ROR = \frac{\Delta PWB}{\Delta PWC} = \frac{26.4 - 14.5}{20 - 10} = 1.19 < MARR$$

انتخاب پروژه اقتصادی تر

A

– $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

– $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر

با توجه به اطلاعات ارائه شده، مناسب ترین طرح از لحاظ اقتصادی را تعیین نمایید. (حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪)

A	B	C	D	E	F	
۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	هزینه اولیه
۲۲۵۰	۲۷۵۰	۳۲۵۰	۲۵۰۰	۴۸۵۰	۵۵۰۰	درآمدهای سالیانه
۲۰۰۰	۲۵۰۰	۳۰۰۰	۳۵۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	ارزش اسقاطی
۸	۸	۸	۸	۸	۸	عمر مفید

A	B	C	D	E	F	
۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	هزینه اولیه
۲۲۵۰	۲۷۵۰	۳۲۵۰	۲۵۰۰	۴۸۵۰	۵۵۰۰	درآمدهای سالیانه
۲۰۰۰	۲۵۰۰	۳۰۰۰	۳۵۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	ارزش اسقاطی
			۸	۸	۸	عمر مفید

محاسبه شیب هر خط
(ΔROR)

شروع از کمترین هزینه به
سمت بیشترین هزینه به
صورت دو به دو می باشد.

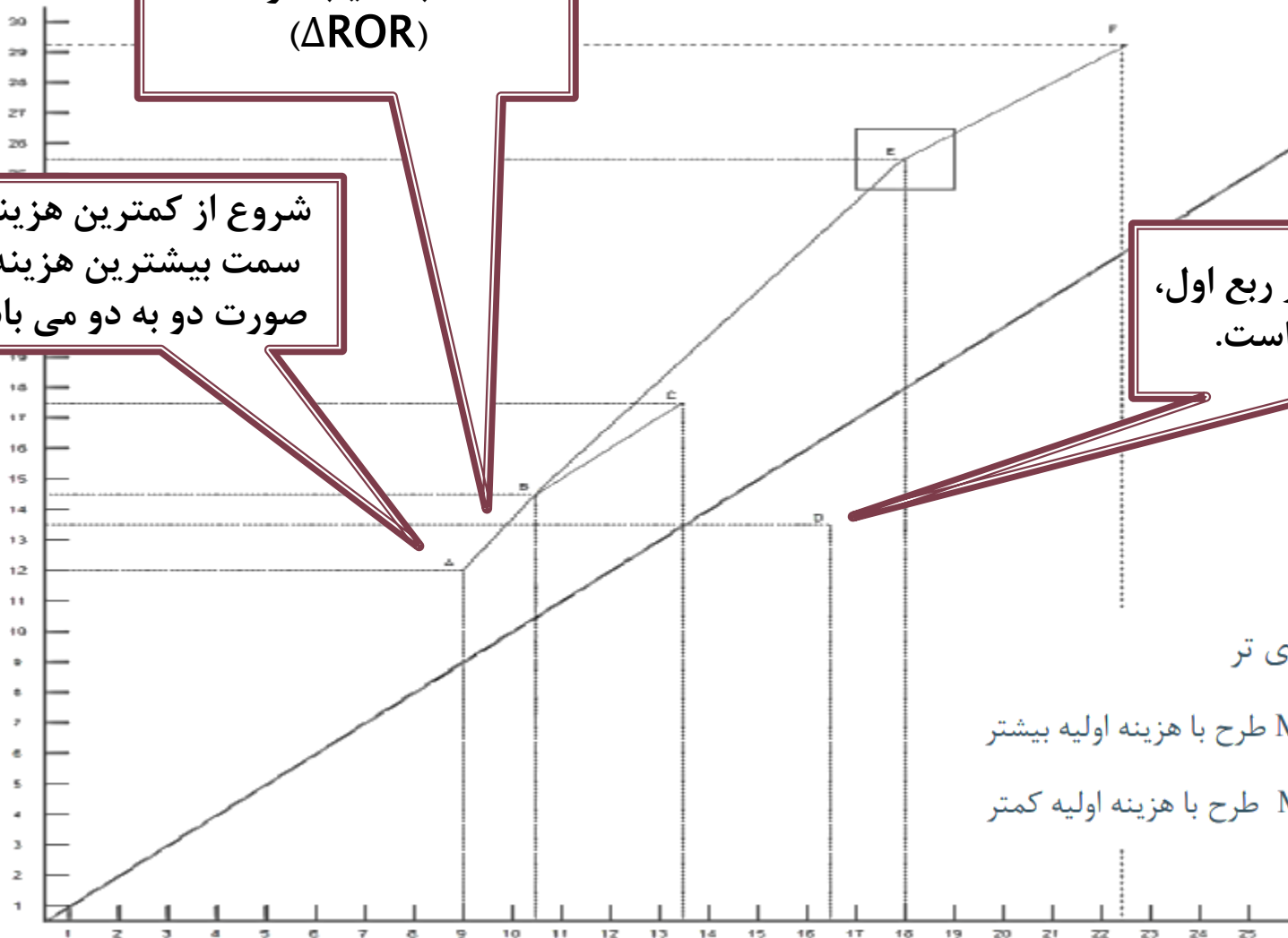
زیر منحنی نیمساز ربع اول،
غیر اقتصادی است.

$$\Delta ROR = \frac{\Delta PWB}{\Delta PWC} =$$

انتخاب پروژه اقتصادی تر

– $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

– $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر



A	B	C	D	E	F	
۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	هزینه اولیه
۲۲۵۰	۲۷۵۰	۳۲۵۰	۲۵۰۰	۴۸۵۰	۵۵۰۰	درآمدهای سالانه
۲۰۰۰	۲۵۰۰	۳۰۰۰	۳۵۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	ارزش اسقاطی
۸	۸	۸	۸	۸	۸	عمر مفید

با توجه به مقدار ترسیم شده، پروژه D غیر اقتصادی است چون از پایین خط $NPW=0$ قرار دارد. پس مقایسه بین پروژههای باقی مانده انجام می‌شود.

از طریق محاسبه هزینه سالانه (EUAC) و درآمد سالانه (EUAB) تک تک پروژهها و محاسبه شیب (ΔROR)، مقایسه دو به دو صورت گرفته و اقتصادی‌ترین طرح انتخاب می‌شود.

$EUAB$ = درآمد سالانه هر طرح

$EUAC = P(A/P, 10\%, 8) - SV(A/F, 10\%, 8)$

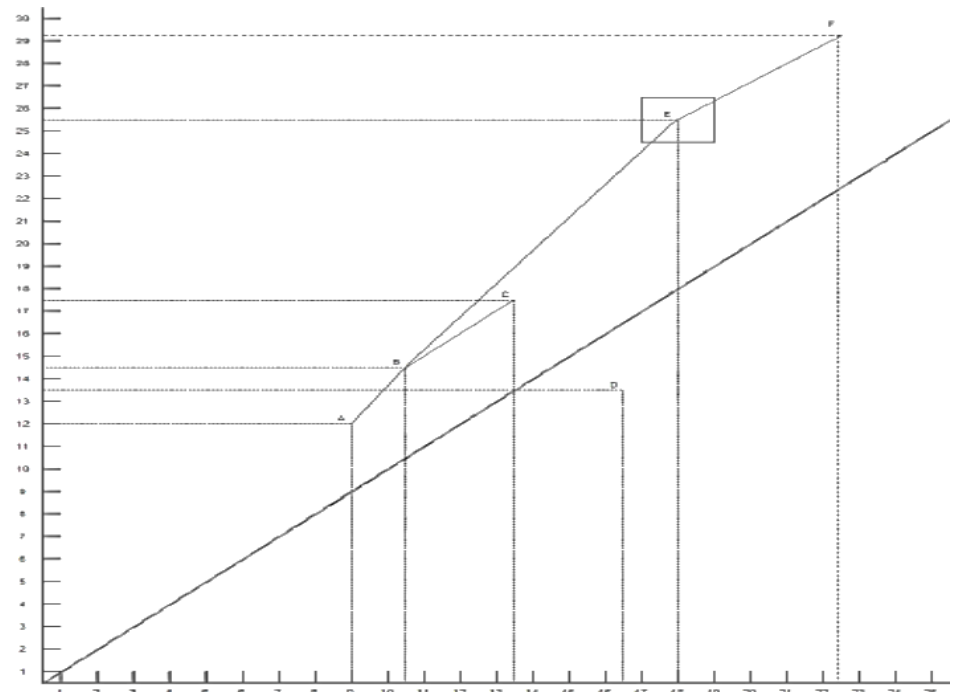
$$\Delta ROR_{AB} = \frac{(EUAB)_B - (EUAB)_A}{(EUAC)_B - (EUAC)_A} = \frac{\Delta EUAB}{\Delta EUAC} < MARR \Rightarrow \textcircled{A}$$

$$\Delta ROR_{AC} = \frac{\Delta EUAB}{\Delta EUAC} < MARR \Rightarrow \textcircled{A}$$

انتخاب پروژه اقتصادی تر

– $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

– $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر



● مثال ۸-۴ خرید یکی از دو ماشین X و Y مورد نظر است. با استفاده از روش ترسیمی تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی، اقتصادی ترین ماشین را انتخاب کنید. حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ فرض شده است.

ماشین Y	ماشین X	
۷۰۰	۲۰۰	هزینه اولیه
۱۲۰	۹۵	درآمد سالیانه
۱۵۰	۵۰	ارزش اسقاطی
۱۲	۶	عمر مفید سال

حل: از آنجا که باید ارزش فعلی هزینه‌ها و درآمدها را محاسبه کرد تا مختصات دو طرح بدست آید، باید یک دوره ۱۲ ساله را مورد بررسی قرار داد و در حقیقت ماشین X باید با عمر ۱۲ سال در مقایسه اقتصادی شرکت نماید. محاسبات ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌ها بشرح زیر است:

ماشین X

$$PW_C = 200 + (200 - 50) (P/F, \%, 10, 6) - 50 (P/F, \%, 10, 12)$$

$$PW_C = 269$$

$$PW_B = 95 (P/A, \%, 10, 12) = 647$$

$$\Delta ROR = \frac{\Delta PWB}{\Delta PWC} :$$

انتخاب پروژه اقتصادی تر

ماشین Y

$$PW_C = 700 - 150 (P/F, \%, 10, 12) = 652$$

$$PW_B = 120 (P/A, \%, 10, 12) = 818$$

- $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

- $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر

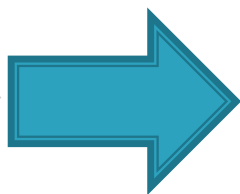
متذکر می‌شود که چون ارزش اسقاطی، پس از عمر مفید ماشین‌ها از هزینه اولیه منتج می‌شود، به عنوان کاهش دهنده هزینه اولیه، به صورت درآمد ظاهر گشته است. شکل ۸۴ موقعیت دو طرح را نشان می‌دهد:

همانطور که مشاهده می شود شیب خط XY کمتر از $10\% = MARR$ می باشد. به عبارت دیگر نرخ بازگشت سرمایه تفاوت کمتر از 10% است و توصیه می شود ماشین X با هزینه اولیه کمتر خریداری شود. اگر ارزش فعلی خالص دو طرح محاسبه شود، ($NPW_X = 378$ و $NPW_Y = 166$) ماشین X دارای ارزش فعلی خالص بیشتری است و در نتیجه دو تکنیک ارزش فعلی و تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی به نتیجه ای یکسان، یعنی انتخاب X رسیده اند.

بعد از تشریح روش تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی در مقایسه اقتصادی دو پروژه، به بررسی اقتصادی سه پروژه با استفاده از روش ترسیمی می پردازیم. اگر سه پروژه A و B و C در اختیار باشد، برای انتخاب اقتصادی ترین پروژه از طریق نرخ بازگشت سرمایه، باید بین دو پروژه A و B مقایسه بعمل آید و با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی اقتصادی ترین آنها انتخاب شود سپس اقتصادی ترین پروژه بین A و B ، با پروژه C مقایسه شود تا اقتصادی ترین پروژه بین A و B و C بدست آید.

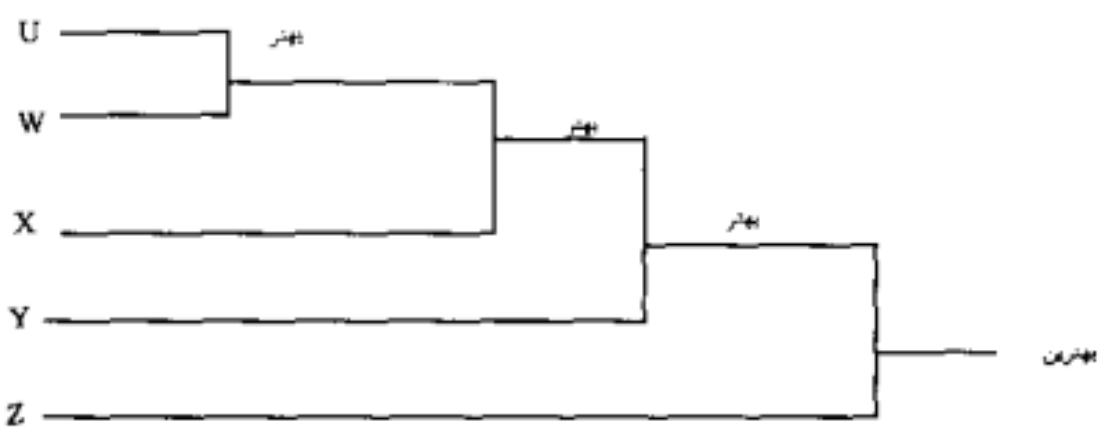
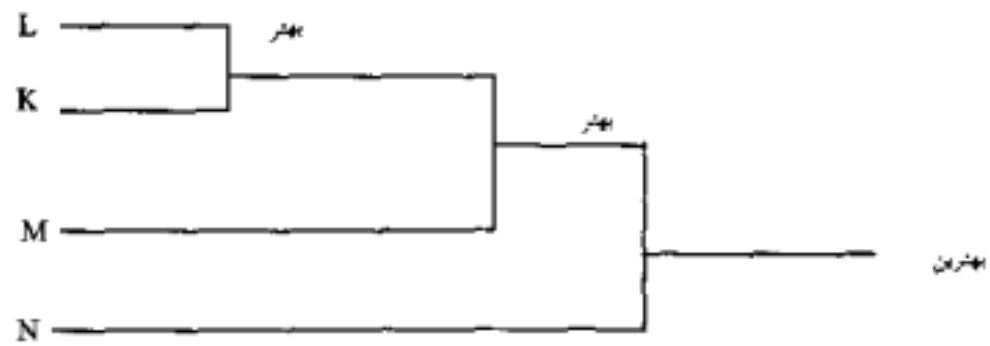
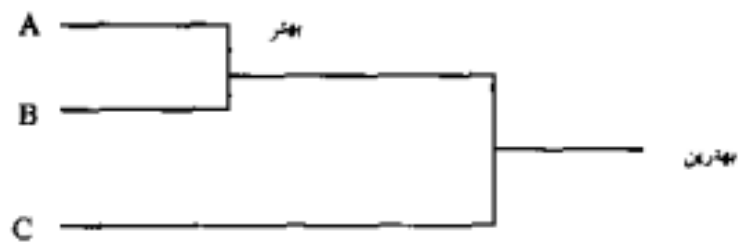
انتخاب پروژه اقتصادی تر

$$\Delta ROR = \frac{\Delta PWB}{\Delta PWC}$$



- $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

- $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر



شکل (۵-۸)

● مثال ۸۵ سه طرح A و B و C با مشخصات زیر در اختیار است. عمر مفید هر طرح ۲۰ سال و ارزش اسقاطی آنها صفر فرض می شود. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۶٪ فرض شود کدام یک از این سه طرح نامسازگار، اقتصادی ترین است؟

<u>C</u>	<u>B</u>	<u>A</u>	
۵,۰۰۰	۴,۰۰۰	۲,۰۰۰	هزینه اولیه
۷۰۰	۶۳۹	۴۱۰	درآمد سالیانه

حل: ارزش فعلی هزینه برای هر طرح برابر با هزینه اولیه آنهاست. ارزش فعلی درآمد هر طرح به سادگی قابل محاسبه می باشد:

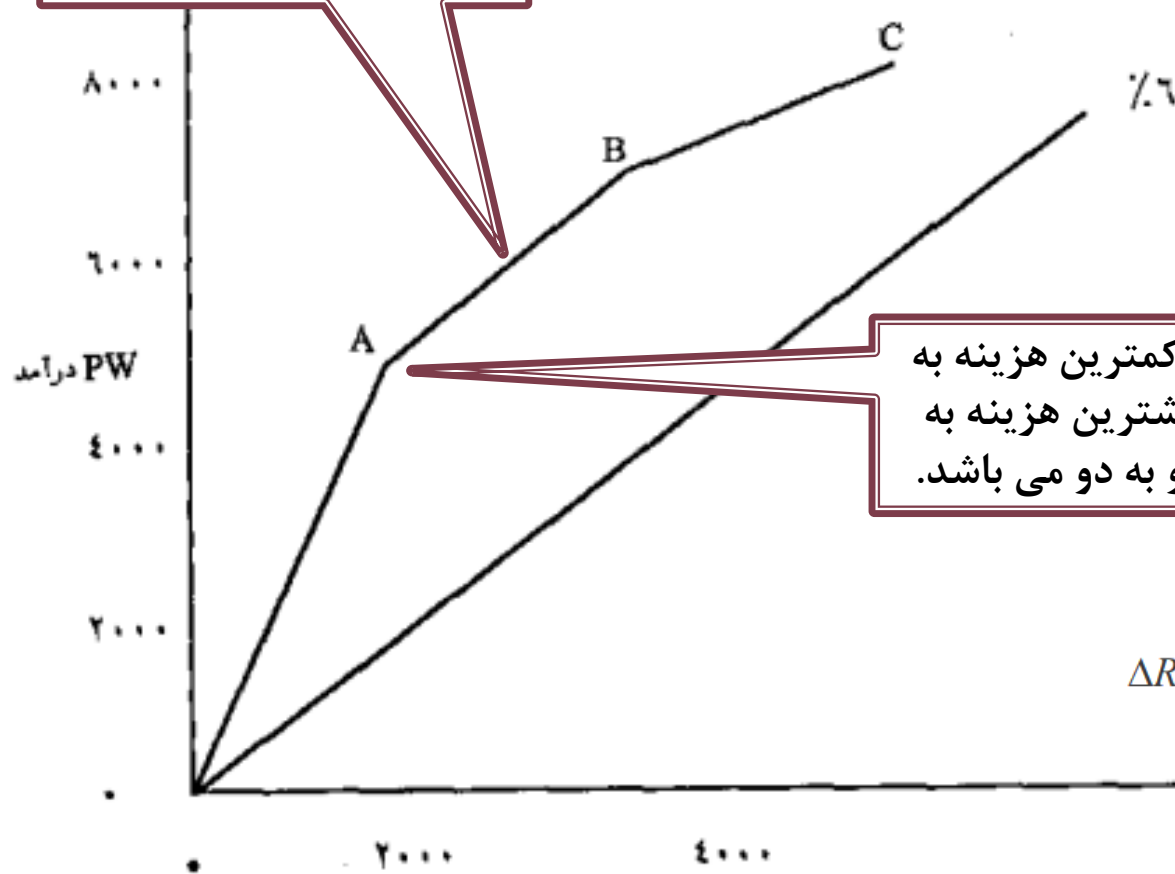
$$(PW_B)_A = 410 (P/A, 6\%, 20) = 4,703$$

$$(PW_B)_B = 639 (P/A, 6\%, 20) = 7,329$$

$$(PW_B)_C = 700 (P/A, 6\%, 20) = 8,029$$

شکل ۸-۶ موقعیت سه طرح را نشان می‌دهد:

محاسبه شیب هر خط
(ΔROR)



$$\Delta ROR = \frac{\Delta PWB}{\Delta PWC} =$$

انتخاب پروژه اقتصادی تر

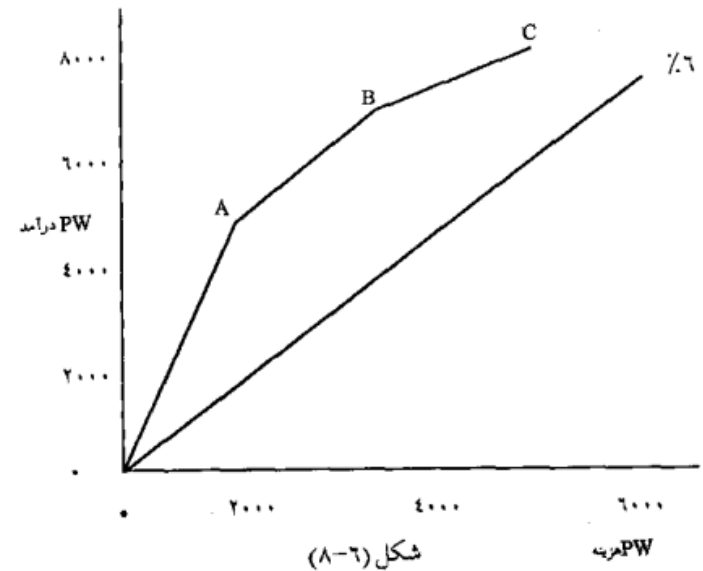
شکل (۸-۶)

– $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

– $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر

C	B	A
۵,۰۰۰	۴,۰۰۰	۲,۰۰۰
۷۰۰	۶۳۹	۴۱۰

هزینه اولیه
درآمد سالانه



انتخاب پروژه اقتصادی تر

- $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

- $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر

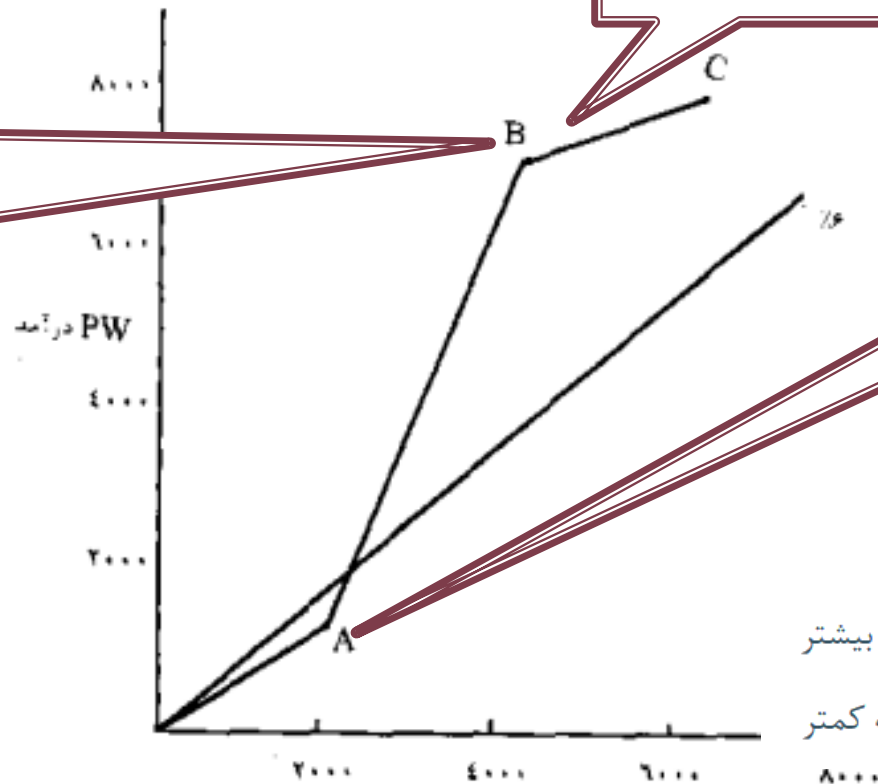
طبق شکل فوق نرخهای بازگشت سرمایه هر سه طرح از ۶٪ بیشتر و هر سه طرح کاندید جهت اقتصادی‌ترین طرح هستند. از آنجا که شیب خط AB بیش از ۶٪ است، نتیجه می‌شود که طرح B از طرح A اقتصادی‌تر است. اکنون باید A را از مقایسه خارج نمود و مقایسه را بین B و C انجام داد. شیب خط BC کمتر از ۶٪ بوده و طرحی که دارای هزینه کمتر است، یعنی B انتخاب می‌شود و در نتیجه طرح B اقتصادی‌ترین طرح محسوب می‌شود.

● مثال ۶- فرض کنید که درآمد سالیانه طرح A در مثال قبل، از ۴۱۰ به ۱۲۲ کاهش یابد. برای این تغییر موقعیت سه طرح را روی محورهای ارزش فعلی نشان دهید و اقتصادی‌ترین طرح را تعیین کنید.

حل: ارزش فعلی درآمد طرح A به طریق زیر محاسبه می شود:

$$(PW_B)_A = 122 (P/A \text{ e } \% \text{ e } 20) = 1,399$$

محاسبه شیب هر خط (ΔROR)



شروع از کمترین
هزینه به سمت
بیشترین هزینه به
صورت دو به دو می
باشد.

زیر منحنی نیمساز ربع اول،
غیر اقتصادی است.

$$\Delta ROR = \frac{\Delta PWB}{\Delta PWC} =$$

انتخاب پروژه اقتصادی تر

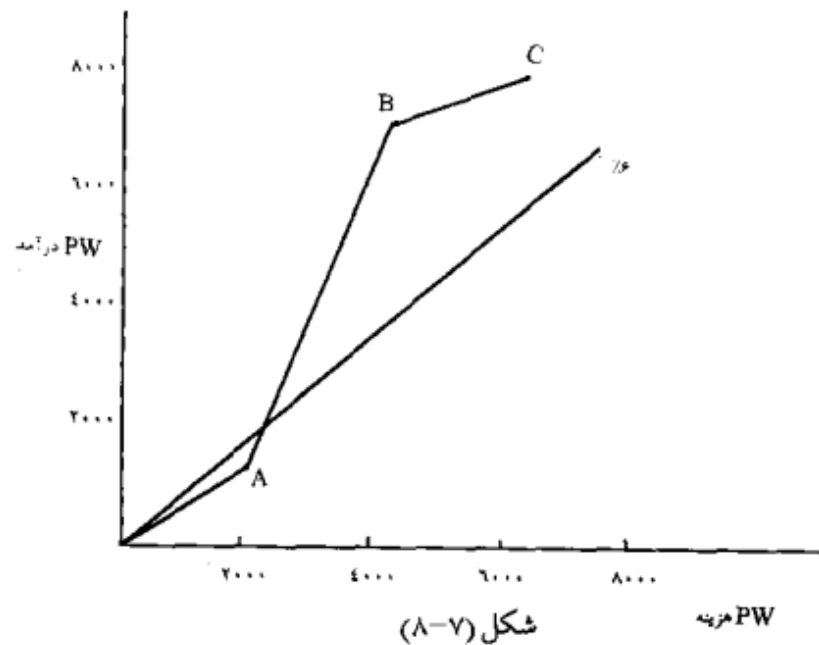
– $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

– $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر

PW هزینه شکل (A-V)

حل: ارزش فعلی درآمد طرح A به طریق زیر محاسبه می شود:

$$(PW_B)_A = 122 (P/A, 6\%, 20) = 1,399$$



شکل ۸-۷ موقعیت سه طرح را نشان می دهد. طرح A با داشتن $PW = 1,399$ واحد پولی درآمد و $PW = 2,000$ واحد پولی هزینه، در بخش پائینی خط ۶٪ یعنی با شیبی کمتر از ۶٪ قرار دارد. پس می توان نتیجه گرفت که طرح A غیراقتصادی است و باید از مقایسه خارج شود و مقایسه نهایی باید بین طرحهای B و C انجام پذیرد. خط BC دارای شیبی کمتر از ۶٪ است لذا طرحی که دارای هزینه اولیه کمتر است یعنی طرح B انتخاب و بعنوان اقتصادی ترین طرح شناخته خواهد شد.

چند نرخی بودن نرخ بازگشت سرمایه

نرخ بازگشت سرمایه در فرایند مالی زیر را به دست آورید.

سال	۰	۱	۲	۳	۴	۵
فرایند مالی	۱۹	۱۰	-۵۰	-۵۰	۲۰	۶۰

$$NPW = 19 + 10(P/F, i\%, 1) - 50(P/F, i\%, 2) - 50(P/F, i\%, 3) + 20(P/F, i\%, 4) + 60(P/F, i\%, 5)$$

i	NPW
0%	9
10%	0.2
20%	-2.6
40%	-1.2
50%	0.6

هر جا تغییر علامت داریم یعنی بین آنها صفر می شود.

$$ROR_1 = 10.1\%$$

$$ROR_2 = 47\%$$

حل معادله بالا برای بدست آوردن i با سعی و خطا بوده و می توان i های مختلفی را همچون جدول کناری بدست آورد.

مشکلات محاسبه نرخ بازگشت سرمایه

از مشکلات قابل ذکر محاسبه نرخ بازگشت سرمایه مشکل چندنرخی است و این مربوط به زمانی است که پروژه‌ای دارای بیش از یک نرخ بازگشت سرمایه باشد.

● مثال ۱۳- نرخ بازگشت سرمایه را در پروژه زیر با عمر مفید ۱۰ سال محاسبه کنید. متذکر می‌شود که در سال چهارم شرکت مربوطه مجبور به سرمایه‌گذاری در خط تولید خود می‌باشد.

<u>سال</u>	<u>فرآیند مالی</u>	<u>سال</u>	<u>فرآیند مالی</u>
۱	۲۰۰	۶	۵۰۰
۲	۱۰۰	۷	۴۰۰
۳	۵۰	۸	۳۰۰
۴	-۱,۸۰۰	۹	۲۰۰
۵	۶۰۰	۱۰	۱۰۰

حل: با استفاده از روش ارزش فعلی، معادله زیر حاصل خواهد شد:

$$NPW = 0$$

$$200 (P/F, i\%, 1) + 100 (P/F, i\%, 2) + \dots + 100 (P/F, i\%, 10) = 0$$

برای محاسبه نرخ بازگشت سرمایه با قرار دادن نرخهای ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ در معادله فوق نتایج زیر بدست آمد:

<u>i</u>	<u>NPW</u>
۱۰٪	۱۹۸
۲۰٪	۴۲
۳۰٪	-۲

بدیهی است نرخ بازگشت سرمایه بین ۲۰٪ و ۳۰٪ می باشد و قاعدتاً چنانچه در معادله فوق نرخ های بیش از ۳۰٪ مثلاً ۴۰٪ یا ۵۰٪ قرار گیرد نتایج منفی قابل انتظار خواهد بود. اما ملاحظه می شود که نتیجه ای خلاف انتظار بدست می آید:

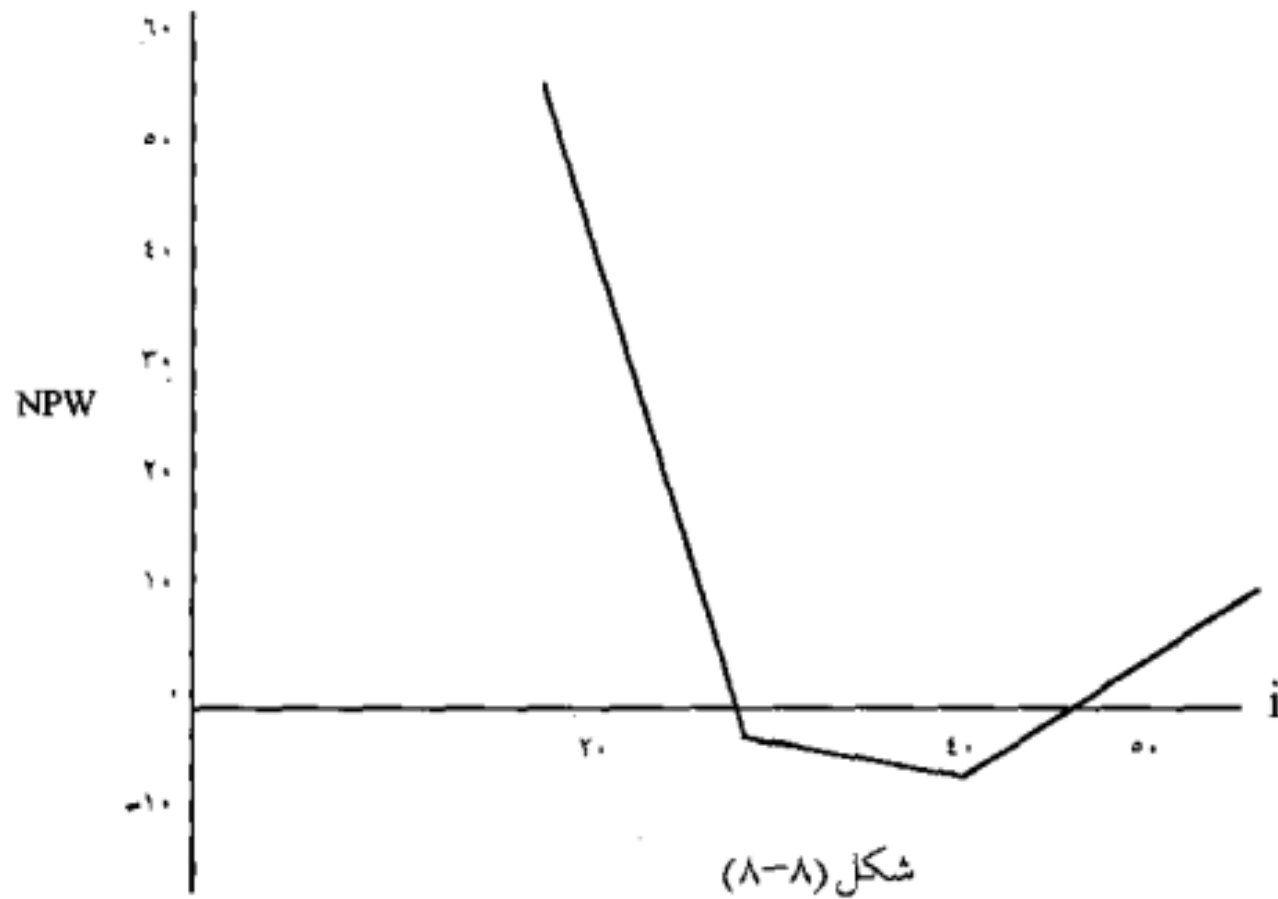
i	NPW
۴۰٪	-۸
۵۰٪	+۱

و این تغییر علامت نشان دهنده وجود یک نرخ بازگشت سرمایه بین ۴۰٪ و ۵۰٪ است. با عمل درونیابی، دو نرخ بازگشت سرمایه معین می گردد:

$$ROR_1 = ۲۹\%$$

$$ROR_2 = ۴۹\%$$

مشاهده می گردد که فرآیند مالی فوق دارای دو نرخ بازگشت می باشد و انتخاب پروژه بستگی به مقدار حداقل نرخ جذب کننده دارد. شکل زیر رسم NPW و ROR را نشان می دهد:



سوال قابل طرح این است که چه تضمینی وجود دارد که پروژه دارای بیش از دو نرخ بازگشت سرمایه نباشد؟ و بالاخره تصمیم مدیریت چگونه قابل توجیه است؟ در مثال بعد به این سوالات جواب داده خواهد شد.

● مثال ۱۴- نرخ بازگشت سرمایه را در پنج سال آینده برای شرکت تولیدکننده پرسهای هیدرولیک، طبق فرآیند مالی شرکت محاسبه نمایید. متذکر می شود شرکت در پایان سال دوم و سوم مجبور به سرمایه گذاری جدید برای توسعه خطوط تولید خود می باشد:

سال	۰	۱	۲	۳	۴	۵
فرآیند مالی	۱۹	۱۰	-۵۰	-۵۰	۲۰	۶۰

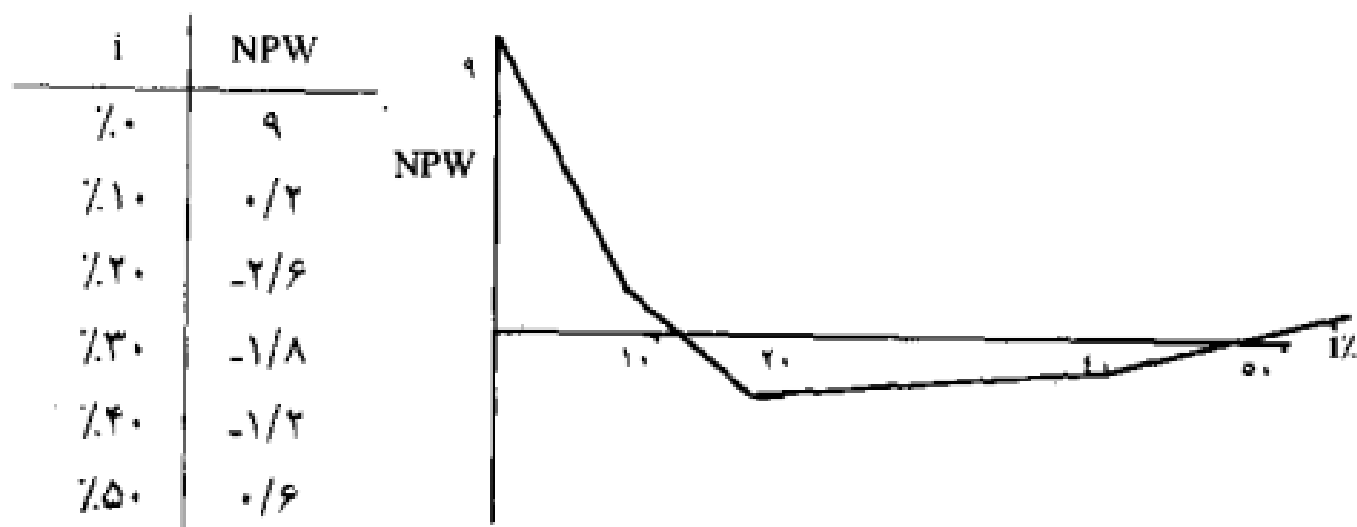
حل: محاسبه نرخ بازگشت سرمایه از طریق روش ارزش فعلی انجام می شود:

$$NPW = 0$$

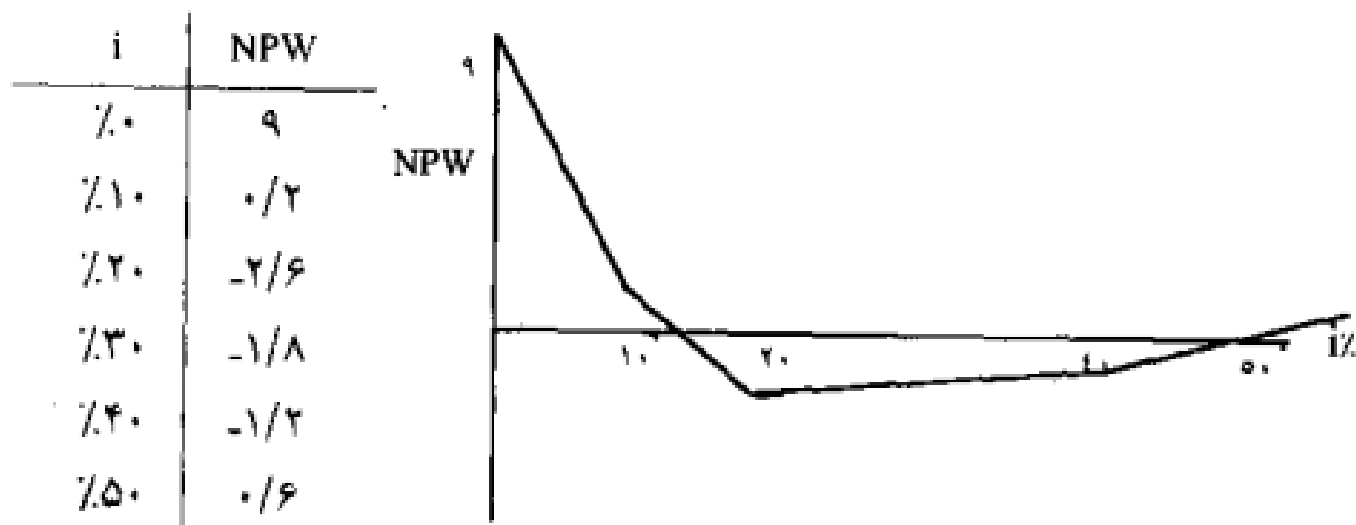
$$19 + 10 (P/F, i\%, 1) - 50 (P/F, i\%, 2) + \dots + 60 (P/F, i\%, 5) = 0$$

نرخهای مختلف ۰٪ تا ۵۰٪ در رابطه فوق قرار گرفته و نتایج به صورت زیر خلاصه

شده، روابط PW و i در شکل ۸-۹ نشان داده می شود:



شکل (۸-۹)



مشاهده می‌گردد که دو نرخ را یکی بین ٪۱۰ و ٪۲۰ و دیگری بین ٪۴۰ و ٪۵۰ می‌توان محاسبه کرد:

$$ROR_1 \approx ٪۱۰/۱$$

$$ROR_2 \approx ٪۴۷$$

این مثال مانند مثال قبل دارای دو نرخ بازگشت سرمایه می‌باشد. برای محاسبه تعداد نرخهای بازگشت سرمایه، لازم است فرآیند مالی را به صورت یک معادله ریاضی در نظر گرفت.

تبدیل فرآیند مالی به یک معادله ریاضی

فرض کنید فرآیند مالی زیر در اختیار باشد:

سال	فرآیند مالی
0	$-P$
1	A_1
2	A_2
.	.
.	.
.	.
n	A_n

با استفاده از روش NPW خواهیم داشت:

$$A_1 (1+i)^{-1} + A_2 (1+i)^{-2} + \dots + A_n (1+i)^{-n} - P = 0 \quad (۸۷)$$

اگر $X = (1+i)^{-1}$ فرض شود:

$$A_1 + A_2 X^2 + \dots + A_n X^n - P = 0 \quad (۸۸)$$

$$A_n X^n + \dots + A_2 X^2 + A_1 X - P = 0 \quad (۸۹)$$

معادله ریاضی فرایند مالی

- سهولت در تعیین تعداد نرخ های بازگشت سرمایه
- P: هزینه اولیه
- A_i : درآمدهای سال ۱ تا n

$$NPW = -P + A_1(P/F, i\%, 1) + \dots + A_n(P/F, i\%, n) = 0$$

$$-P + \frac{A_1}{(1+i)} + \frac{A_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{A_n}{(1+i)^n} = 0$$

$$X = (1+i)^{-1} \Rightarrow -P + A_1X + A_2X^2 + \dots + A_nX^n = 0$$

تغییر متغیر

معادله فوق یک معادله درجه n ام است که قانون دیسکارت می تواند در آن کاربرد داشته باشد. طبق قانون دیسکارت^۱:

«اگر یک معادله درجه n ام با ضرایب صحیح دارای m تغییر علامت باشد، تعداد ریشه های مثبت این معادله $2k - m$ خواهد بود. k یک عدد صحیح مثبت یا صفر است. ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$)»

طبق این قانون حداکثر ریشه های مثبت یک معادله m خواهد بود. طبق قانون دیسکارت ریشه های مثبت معادله m یا کمتر از m (تعداد ریشه ها بطور جفتی کاهش می یابند) است. جدول زیر قانون دیسکارت را برای تعداد ریشه های مثبت در معادلات تا درجه چهارم نشان می دهد:

تعداد تغییر علامتها m	تعداد جوابهای مثبت برای X
۰	۰
۱	۱
۲	۰ یا ۲
۳	۱ یا ۳
۴	۰ یا ۲ یا ۴

قانون دیسکارت

✓ معادله درجه n با m تغییر علامت دارای $m-2k$ ریشه مثبت است. ($k=0,1,2,\dots$)

- دارای حداکثر m ریشه مثبت است.

- تعداد ریشه ها به صورت جفتی کاهش می یابد.

m	تعداد جوابهای مثبت X
۰	۰
۱	۱
۲	۰ یا ۲
۳	۱ یا ۳
۴	۰ یا ۲ یا ۴

تعیین تعداد نرخ بازگشت سرمایه

- تعداد جواب های مثبت برای i الزاما با تعداد جواب های مثبت X برابر نیست.
- اگر جواب X بزرگ تر از یک باشد، جواب i منفی خواهد بود.

مثال

$$X = \frac{1}{(1+i)} > 1 \Rightarrow (1+i) < 1 \Rightarrow i < 0$$

i های منفی قابل قبول نیست.

- حداکثر تعداد جواب های مثبت i = تعداد جواب های مثبت و کوچک تر از یک برای X

سال	A	B	C	D	E
۰	۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	۵۰	۵۰
۱	۱۰	۱۰	۰	۴۰	-۵۰
۲	۵۰	۵۰	-۵۰	-۱۰۰	۵۰
۳	۲۰	۲۰	۰	۱۰	-۱۰
۴	۴۰	۴۰	۸۰	۱۰	-۳۰

بطور خلاصه هر فرآیند مالی از نظر تعداد نرخهای بازگشت سرمایه بررسی می شود:

فرآیند مالی A: هیچگونه تغییر علامتی را نشان نمی دهد. بنابراین در این فرآیند مالی نرخ بازگشت سرمایه وجود ندارد.

فرآیند مالی B: یک تغییر علامت از منفی به مثبت دارد و طبق جدول تعداد تغییر علامتها حداکثر یک جواب مثبت برای (i) می توان انتظار داشت.

فرآیند مالی C: یک تغییر علامت از منفی به مثبت، بدون در نظر گرفتن صفر، دارد و بنابراین حداکثر یک جواب مثبت برای (i) می توان انتظار داشت.

فرآیند مالی D: دو تغییر علامت از مثبت به منفی و از منفی به مثبت دارد و طبق جدول فوق حداکثر دو جواب مثبت برای (i) می توان انتظار داشت.

سال	A	B	C	D	E
۰	۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	۵۰	۵۰
۱	۱۰	۱۰	۰	۴۰	-۵۰
۲	۵۰	۵۰	-۵۰	-۱۰۰	۵۰
۳	۲۰	۲۰	۰	۱۰	-۱۰
۴	۴۰	۴۰	۸۰	۱۰	-۳۰

بطور خلاصه هر فرآیند مالی از نظر تعداد نرخهای بازگشت سرمایه بررسی می‌شود:

فرآیند مالی E: سه تغییر علامت از مثبت به منفی، از منفی به مثبت و از مثبت به منفی دارد و حداکثر سه جواب مثبت را می‌توان برای (i) انتظار داشت.
 مثالهای ۸۱۳ و ۸۱۴ نیز مانند فرآیند مالی D دارای دو تغییر علامت بودند و بنابراین هرکدام حداکثر دو نرخ بازگشت سرمایه مثبت داشتند.

مشکلات وجود چند نرخ بازگشت سرمایه

اگر پروژه‌ای دارای یک نرخ بازگشت سرمایه باشد هیچگونه مشکلی در تحلیل نرخ بازگشت و مقایسه آن با حداقل نرخ جذب کننده وجود ندارد. ولی چنانچه پروژه‌ای بدون نرخ بازگشت سرمایه و یا دارای چند نرخ بازگشت سرمایه باشد، ابهام در تحلیل جواب یا جوابها امری مسلم است. این تحلیل باید با دقت زیادی صورت گیرد تا نتیجه واقعی را بیان کند. اگر پروژه‌ای مثلاً دارای دو نرخ بازگشت سرمایه بود، واقعاً به هیچکدام از آن دو نرخ نمی‌توان اتکا کرد و هیچکدام نمی‌تواند معیار صحیحی برای قبول یا رد پروژه باشد. اصولاً نرخ بازگشت سرمایه جذابیت اقتصادی پروژه را بیان می‌کند و وجود چند نرخ، حالتی ابهام‌آمیز به جذابیت اقتصادی پروژه می‌دهد. به مثال (۸۱۴) باز می‌گردیم:

<u>سال</u>	<u>فرآیند مالی</u>
۰	۱۹
۱	۱۰
۲	-۵۰
۳	-۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

فرآیند مالی فوق دارای دو نرخ بازگشت سرمایه ۱/۱۰٪ و ۴۷٪ بود. پیش‌بینی می‌شود این فرآیند مالی در سال صفر و در پایان سال اول دارای درآمدهای ۱۹ و ۱۰، در سالهای دوم و سوم مجبور به سرمایه‌گذاری به میزان ۵۰ در هر سال و سال چهارم و پنجم به درآمد برسد. مفهوم واقعی نرخ ۱/۱۰٪ چیست؟ می‌دانیم که مقدار NPW با

$ROR = 10\%$ برابر با صفر خواهد شد. این مطلب را می‌توان به صورت دیگر نشان داد. فرض کنید می‌توانستیم مقدار درآمد فعلی یعنی ۱۹ را برای دو سال و مقدار درآمد سال آینده یعنی ۱۰ را برای یکسال با نرخ بازگشت سرمایه 10% بصورت سرمایه‌گذاری خارجی سرمایه‌گذاری نمائیم و مقدار ارزش آینده (F) را برای این دو سرمایه‌گذاری با (-50) یعنی سرمایه‌گذاری در سال دوم جمع نمائیم و در حقیقت یک فرآیند مالی با یک تغییر علامت تشکیل دهیم. منظور از سرمایه‌گذاری خارجی این است که شرکتی (کارخانه‌ای) در پروژه یا پروژه‌هایی خارج از شرکت (کارخانه) خود سرمایه‌گذاری کند و نرخ مشخص به عنوان نرخ بازگشت سرمایه خارجی^۱ به او پرداخت گردد. با $i = 10\%$ داریم:

$$F = 19 (F/P, 10\%, 2) = 23$$

$$F = 10 (F/P, 10\%, 1) = 11$$

و مقدار فرآیند مالی در سال دوم عبارت است از:

$$-50 + 23 + 11 = -16$$

در حقیقت با این سرمایه گذاری خارجی توانستیم از سرمایه را کد شرکت در سالهای
 صفر و یک استفاده و سرمایه را همراه با سود حاصله به فرآیند مالی بازگردانیم و قدری
 از میزان سرمایه گذاری در سال دوم (۵۰-) بکاهیم. شکل جدید فرآیند مالی مثال
 (۸۱۴) عبارت است از:

<u>سال</u>	<u>فرآیند مالی</u>
۰	۰
۱	۰
۲	-۱۶
۳	-۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

نرخ بازگشت سرمایه فرآیند مالی فوق چقدر خواهد بود؟ بدیهی است نرخ بازگشت سرمایه همان ۱۰٪ است. چنانچه ارزش فعلی با ۱۰٪ محاسبه گردد:

$$NPW = -۱۶ (P/F, ۱۰\%, ۲) - ۵۰ (P/F, ۱۰\%, ۳) + ۲۰ (P/F, ۱۰\%, ۴) + ۶۰ (P/F, ۱۰\%, ۵)$$

مقدار ارزش فعلی خالص فوق برابر صفر خواهد گردید ($NPW = 0$).

و با $i = ۴۷\%$ نیز عیناً محاسبات فوق تکرار شده و خواهیم داشت:

$$F = ۱۹ (F/P, ۴۷\%, ۲) = ۴۱/۱$$

$$F = ۱۰ (F/P, ۴۷\%, ۱) = ۱۴/۷$$

مقدار فرآیند مالی در سال دوم عبارت خواهد شد از:

$$-۵۰ + ۴۱/۱ + ۱۴/۷ = ۵/۸$$

و شکل فرآیند مالی عبارت است از:

<u>سال</u>	<u>فرآیند مالی</u>
۰	۰
۱	۰
۲	۵/۸
۳	-۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

چنانچه ۵/۸ نیز با نرخ ۴۷٪ برای مدت یکسال سرمایه گذاری خارجی گردد:

$$F = 5/8 (F/P, \%, 47, 1) = 8/5$$

و شکل نهایی فرآیند مالی عبارت است از:

سال	فرآیند مالی
۰	۰
۱	۰
۲	۰
۳	-۴۱/۵
۴	۲۰
۵	۶۰

نرخ بازگشت سرمایه در فرآیند مالی فوق همان ۴۷٪ خواهد بود و مقدار NPW با این نرخ برابر با صفر خواهد گشت:

$$NPW = -41/5 (P/F, 47\%, 3) + 20 (P/F, 47\%, 4) + 60 (P/F, 47\%, 5)$$

$$NPW = 0$$

در حقیقت با فرض اینکه نرخ بازگشت سرمایه خارجی برابر با ۱۰٪ یا ۴۷٪ باشد می توان انتظار داشت که نرخ بازگشت داخلی^۱ نیز ۱۰٪ و ۴۷٪ باشد. اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی مثلاً ۶٪ باشد نرخ بازگشت داخلی چقدر است؟ قبل از پاسخ به این سوال نرخ بازگشت سرمایه خارجی تعریف می شود.

m	تعداد جواب های مثبت i
۰	۰
۱	۰ یا ۱
۲	۰ یا ۱ یا ۲
۳	۰ یا ۱ یا ۲ یا ۳

حداکثر تعداد مورد انتظار نرخ بازگشت سرمایه = تعداد تغییر علامت ها در فرایند مالی

در فرایند مالی ارائه شده چند نرخ بازگشت سرمایه می توان انتظار داشت؟ تعداد واقعی نرخ بازگشت سرمایه را به دست آورید.

سال	۰	۱	۲	۳
فرایند مالی	-۵۰۰	۲۰۰۰	-۱۲۰۰	-۳۰۰

حداکثر تعداد نرخ بازگشت مورد انتظار = تعداد تغییر علامت ها = ۲ \Rightarrow

i	NPW	
0%	0	
5%	57.26	\longrightarrow
10%	-1930.38	\longrightarrow ROR
20%	49.67	

تعداد واقعی نرخ بازگشت سرمایه = ۲

نرخ بازگشت سرمایه خارجی

با توجه به بحث فرآیندهای مالی چندنرخه (بحث فوق) عبارت زیر را می توان بیان کرد:
هر شرکتی می تواند بخشی از درآمدهای مازاد خود را در یک مؤسسه مالی دیگر نظیر بانک، خرید سهام واحدهای صنعتی و یا در یک شرکت دیگر برای کوتاه مدت و یا بلندمدت سرمایه گذاری نماید و نرخ بازگشت سرمایه مشخصی را کسب کند. این نرخ بازگشت سرمایه که خارج از شرکت کسب می شود، نرخ بازگشت سرمایه خارجی نامیده می شود.

نرخ بازگشت سرمایه خارجی (ERR)، در مقابل نرخ بازگشت سرمایه (ROR) که تحت عنوان نرخ بازگشت سرمایه داخلی نیز مطرح می شود ظاهر می گردد. ERR می تواند بزرگتر، مساوی و یا کوچکتر از ROR باشد.

بطور خلاصه امروزه موسسات تولیدی و اقتصادی با دو نرخ بازگشت سرمایه داخلی (ROR) و خارجی (ERR) سروکار دارند. ERR می‌تواند عاملی موثر برای توجیه فرآیندهای مالی چندنرخ باشد. در حقیقت به وسیله یک ERR مناسب یک فرآیند مالی با چند تغییر علامت، به یک فرآیند مالی با یک تغییر علامت تبدیل و نرخ واقعی برگشت سرمایه به سادگی قابل محاسبه می‌گردد. به مثال قبل باز می‌گردیم، اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی برابر ۶٪ فرض شود، نرخ بازگشت سرمایه داخلی چقدر است؟

سال	فرآیند مالی
۰	۱۹
۱	۱۰
۲	-۵۰
۳	-۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

سرمایه گذاری در سال صفر (۱۹ واحد)، برای مدت دو سال و در سال اول (۱۰ واحد) برای مدت یکسال با نرخ ۶٪ انجام می گیرد. اصل و فرع در سال دوم عبارتست از:

$$۱۹ (F/P, \%, ۲) + ۱۰ (F/P, \%, ۱) = ۳۲$$

و مقدار فرآیند مالی خالص در پایان سال دوم عبارت است از:

$$-۵۰ + ۳۲ = -۱۸$$

و فرآیند مالی مسئله به صورت زیر خواهد بود:

سال	فرآیند مالی
۰	۰
۱	۰
۲	- ۱۸
۳	- ۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

با کمک ERR فرآیند مالی فوق فقط دارای یک تغییر علامت شد و می توان انتظار حداکثر یک نرخ بازگشت سرمایه را داشت:

$$\begin{aligned}
 & - 18 (P/F, i\%, 2) - 50 (P/F, i\%, 3) + 20 (P/F, i\%, 4) \\
 & + 60 (P/F, i\%, 5) = 0 \\
 & ROR = 7.8\%
 \end{aligned}$$

در یک فرایند مالی به صورت زیر، چند نرخ بازگشت سرمایه داخلی می توان انتظار داشت؟
با فرض نرخ بازگشت سرمایه خارجی برابر با ۶٪، ROR مناسب برای این فرایند را محاسبه کنید.

سال	۰	۱	۲	۳	۴	۵
فرایند مالی	۱۹	۱۰	-۵۰	-۵۰	۲۰	۶۰

تعداد نرخ بازگشت سرمایه مورد انتظار = ۲

$$19(F/P, 6\%, 2) + 10(F/P, 6\%, 1) = 32$$

$$F_2 = -50 + 32 = -18$$

سال	۰	۱	۲	۳	۴	۵
فرایند مالی	۰	۰	-۱۸	-۵۰	۲۰	۶۰

i	NPW
0%	12
5%	3.948
10%	-1.5262

$$ROR = 8.4\%$$

یک تغییر علامت داریم.
پس یک نرخ بازگشت
سرمایه داریم.

مقایسه چند پروژه تحت شرایط نامشخص بودن MARR

جرالد اسمیت در کتاب خود روشی جهت مقایسه چند پروژه ناسازگار با توجه به نامعلوم بودن حداقل نرخ جذب کننده ارائه نموده است. روش ارائه شده براساس رسم یک شبکه، اقتصادی‌ترین پروژه‌ها را تحت شرایط مختلف برای MARR تعیین می‌کند. او چند پروژه ناسازگار را با و بدون در نظر گرفتن طرح O (عدم اجرای هیچ پروژه‌ای) بررسی نموده است. طرحها ابتدا براساس هزینه اولیه بطور صعودی مرتب می‌شوند.

نرخ هر یک از طرحها به تنهایی محاسبه می شود و ستون O را تشکیل می دهد و سپس طرحها دوبرو با هم مقایسه می شوند و نرخهای بازگشت سرمایه تفاوت دو طرح محاسبه می گردد و شرایط لازم جهت رسم شبکه فراهم می شود. هدف از شبکه حرکت از پروژه با کمترین هزینه اولیه به پروژه با بیشترین هزینه اولیه می باشد. بدیهی است جهت این حرکت احتمالاً مسیرهای مختلفی طی خواهند گشت. در هر مسیر نحوه نوشتن شرایط به صورت زیر است. مثلاً اگر در مسیر AB حرکت صورت گیرد و $\Delta ROR = 25\%$ باشد نحوه نوشتن شرایط عبارت اند از:

<u>شرایط</u>	<u>طرح انتخابی</u>
$MARR > 25\%$	A
$25\% \geq MARR$	B

اگر حداقل نرخ جذب کننده بزرگتر از نرخ تفاوت دو پروژه باشد مبداء یعنی A انتخاب می شود و اگر حداقل نرخ جذب کننده کوچکتر یا مساوی نرخ تفاوت دو پروژه باشد مقصد یعنی B انتخاب می شود.

دو مثال ۸-۱۵ و ۸-۱۶ روش شبکه را تشریح می کند.

انتخاب طرح با نامشخص بودن MARR

- مرتب کردن صعودی طرح ها (هزینه اولیه)
- محاسبه نرخ بازگشت سرمایه هر طرح (ROR)
- $\Delta ROR = \frac{\Delta PWB}{\Delta PWC} =$ محاسبه نرخ بازگشت سرمایه تفاضل دو به دوی طرح ها (ΔROR)
- رسم شبکه (هدف: رسیدن از پروژه ای با کم ترین هزینه به پروژه ای با بیشترین هزینه)
- تصمیم گیری در هر مسیر
- $\Delta ROR < MARR$: انتخاب پروژه با هزینه اولیه کم تر (مبدا)
- $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر
- $\Delta ROR \geq MARR$: انتخاب پروژه با هزینه اولیه بیشتر (مقصد)
- $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر

عدم اجرای پروژه ها

- تصمیم درمورد عدم اجرای هیچ یک از پروژه ها (O یا DN)
- در صورت عدم امکان حالت (O) نیازی به محاسبه نرخ بازگشت سرمایه هر طرح (ROR) نخواهد بود.
- در عدم امکان حالت (O)، مناسب ترین گزینه، طرحی با کمترین هزینه اولیه است.

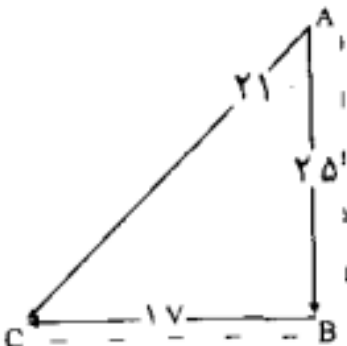
● مثال ۱۵- سه طرح نامسازگار A ، B ، C با عمر بینهایت با فرآیند مالی زیر موجودند. اقتصادی‌ترین طرح را تحت شرایط زیر تعیین کنید. مقدار حداقل نرخ جذب کننده نامعلوم است.

الف: انتخاب یکی از سه طرح (A ، B یا C) ضروری است. شرایط لازم را برای انتخاب طرحها بنویسید.

ب: طرحهای A ، B ، C همراه با طرح O (یعنی عدم اجراء طرحها) بررسی شوند. شرایط لازم را برای انتخاب طرحها بنویسید.

<u>طرحها</u>	<u>سرمایه اولیه</u>	<u>درآمد خالص سالیانه</u>
A	۲,۰۰۰	-۱۰۰
B	۳,۰۰۰	۱۵۰
C	۴,۰۰۰	۳۲۰

حل: با توجه به عمر بینهایت در هر طرح، محاسبه نرخ بازگشت سرمایه طرحها و نرخهای بازگشت سرمایه تفاوت طرحها به سادگی قابل محاسبه است. جدول زیر نتایج محاسبات را نشان می دهد.



طرحها	سرمایه اولیه	درآمد خالص سالیانه	O	A	B
A	۲,۰۰۰	-۱۰۰	-٪۵	—	—
B	۳,۰۰۰	۱۵۰	٪۵	٪۲۵	—
C	۴,۰۰۰	۳۲۰	٪۸	٪۲۱	٪۱۷

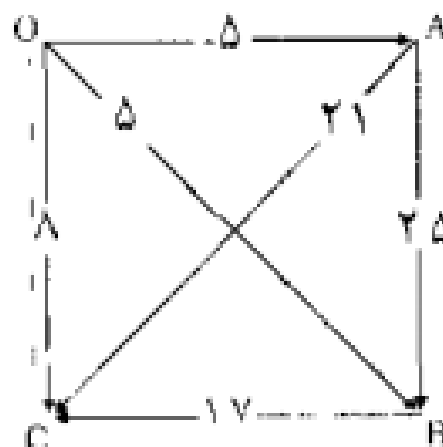
ستون O نرخ بازگشت سرمایه هر طرح را برای C و B و A نشان می دهد. این نرخها در حقیقت نرخ بازگشت سرمایه مقایسه هر طرح با طرح O یعنی انجام ندادن هر طرح می باشند. برای بخش اول مثال شبکه زیر برای سه طرح C و B و A با توجه به نظم صعودی سرمایه اولیه رسم گردیده است. هدف رسیدن از A (دارای کمترین سرمایه اولیه) به C (دارای بیشترین سرمایه اولیه) می باشد. مسیر حرکت نیز نشان داده شده است.

شرایط	طرح انتخابی
$MARR > 25\%$	A
$25\% \geq MARR > 17\%$	B
$17\% \geq MARR$	C

برای بخش دوم مثال شبکه زیر سه طرح C و B و A همراه با طرح O رسم و مسیر حرکت از O (دارای کمترین سرمایه اولیه یعنی صفر) به C (دارای بیشترین سرمایه اولیه) نشان داده شده است:



شرایط	طرح انتخابی
$MARR > 8\%$	O
$8\% \geq MARR$	C



● مثال ۸-۱۶ پنج طرح E، D، C، B و A با سرمایه‌های اولیه و درآمد خالص سالانه به صورت زیر در اختیار است. عمر طرح‌ها نامحدودند و حداقل نرخ جذب کننده نامشخص می‌باشد.

الف: انتخاب یکی از طرح‌های E، D، C، B و A ضروری است. شرایط لازم را برای انتخاب طرح‌ها بنویسید.

ب: طرح‌های فوق همراه با طرح O بررسی و شرایط لازم را برای انتخاب آنها بنویسید.

<u>طرح‌ها</u>	<u>سرمایه اولیه</u>	<u>درآمد سالانه خالص</u>
A	۸,۰۰۰	۹۲۰
B	۵,۰۰۰	۵۱۰
C	۷,۰۰۰	۸۲۰
D	۶,۰۰۰	۶۴۰
E	۴,۰۰۰	۴۰۰

حل: ابتدا طرحها براساس هزینه اولیه و به ترتیب صعودی مرتب می شوند و جدول زیر نرخهای بازگشت سرمایه هر طرح (ستون O) و مقایسه طرحها به صورت دویه دو با هم را نشان می دهد:

طرحها	سرمایه اولیه	درآمد خالص سالیانه	O	E	B	D	C
E	۴,۰۰۰	۴۰۰	۱۰	—	—	—	—
B	۵,۰۰۰	۵۱۰	۱۰/۲	۱۱	—	—	—
D	۶,۰۰۰	۶۴۰	۱۰/۷	۱۲	۱۳	—	—
C	۷,۰۰۰	۸۲۰	۱۱/۷	۱۴	۱۵/۵	۱۸	—
A	۸,۰۰۰	۹۲۰	۱۱/۵	۱۳	۱۳/۷	۱۴	۱۰

بخش اول مثال شامل یک شبکه بین پنج طرح E، D، C، B و A است. رسم شبکه به عهده دانشجویان است. اگرچه شبکه رسم نمی شود ولی از روی جدول فوق (۴ ستون آخر جدول) می توان مسیر حرکت از E به A را تعقیب کرد. بیشترین نرخ از E به C به میزان ۱۴ و سپس از C به A به میزان ۱۰ می باشد. شرایط زیر اقتصادی ترین طرحها را

تعیین کرده است:

<u>شرایط</u>	<u>طرح انتخابی</u>
$MARR > 14\%$	E
$14\% \geq MARR > 10\%$	C
$10\% \geq MARR$	A

بخش دوم مثال شامل یک شبکه بین شش طرح O، E، D، C، B و A است که شامل بررسی ۵ ستون جدول فوق است. مسیر حرکت از O به C و از C به A می باشد. شرایط زیر اقتصادی ترین طرح را تعیین کرده است:

<u>شرایط</u>	<u>طرح انتخابی</u>
$MARR > 11\%$	O
$11\% \geq MARR > 10\%$	C
$10\% \geq MARR$	A

در صورت مشخص نبودن حداقل نرخ جذب کننده و با فرض عمر مفید نامحدود در پروژه های زیر، اقتصادی ترین حالت را انتخاب کنید:

پروژه	سرمایه اولیه	درآمد سالیانه
A	۲۵۰۰۰	۱۰۰۰
B	۳۰۰۰۰	۵۷۰۰
C	۳۲۰۰۰	۵۸۰۰
D	۴۷۰۰۰	۸۸۰۰

ROR

پروژه	O	A	B	C	D
A	4%	-	-	-	-
B	19%	94%	-	-	-
C	18.12%	68%	5%	-	-
D	18.72%	35%	18.23%	20%	-

الف) امکان پذیر بودن حالت O

ب) عدم امکان پذیر بودن حالت O

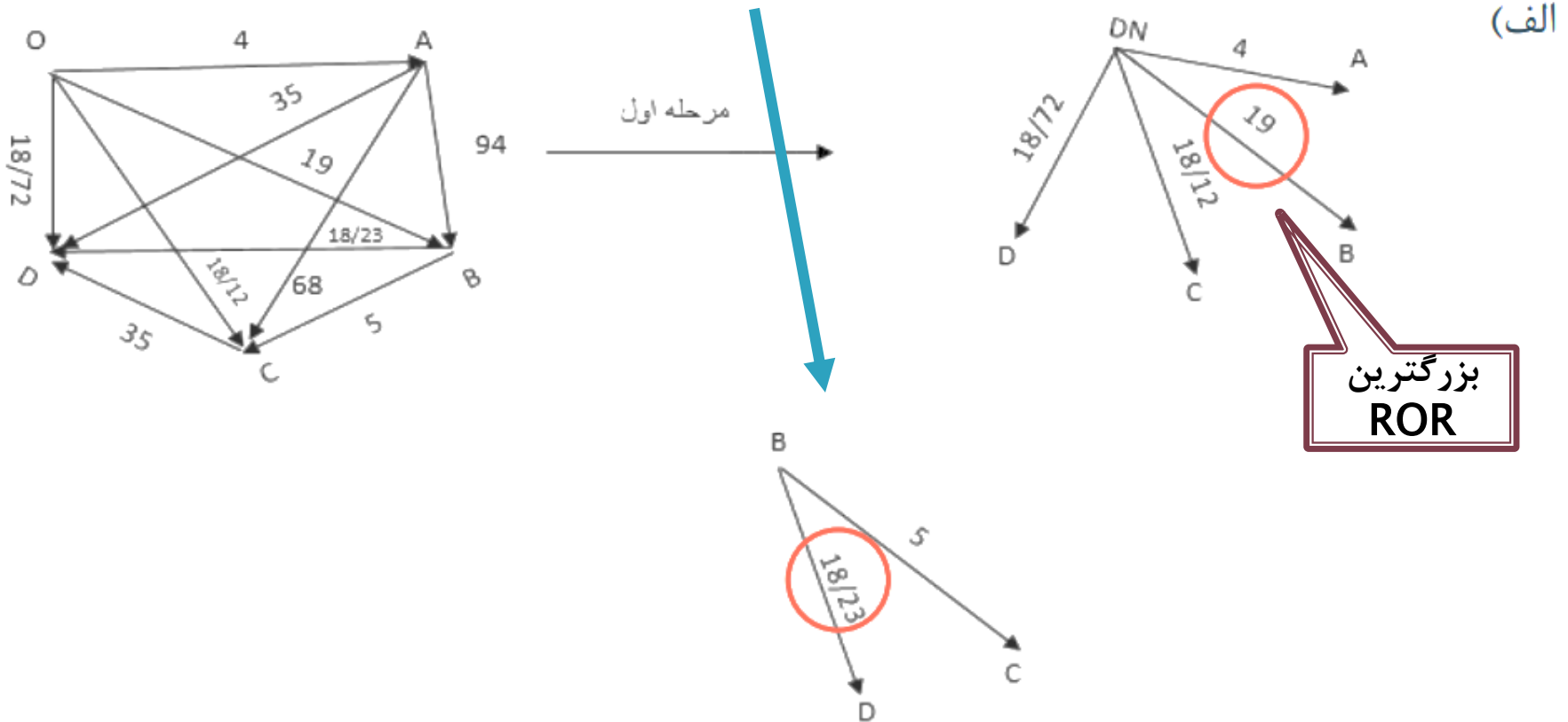
انتخاب پروژه اقتصادی تر

- $MARR \leq \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه بیشتر

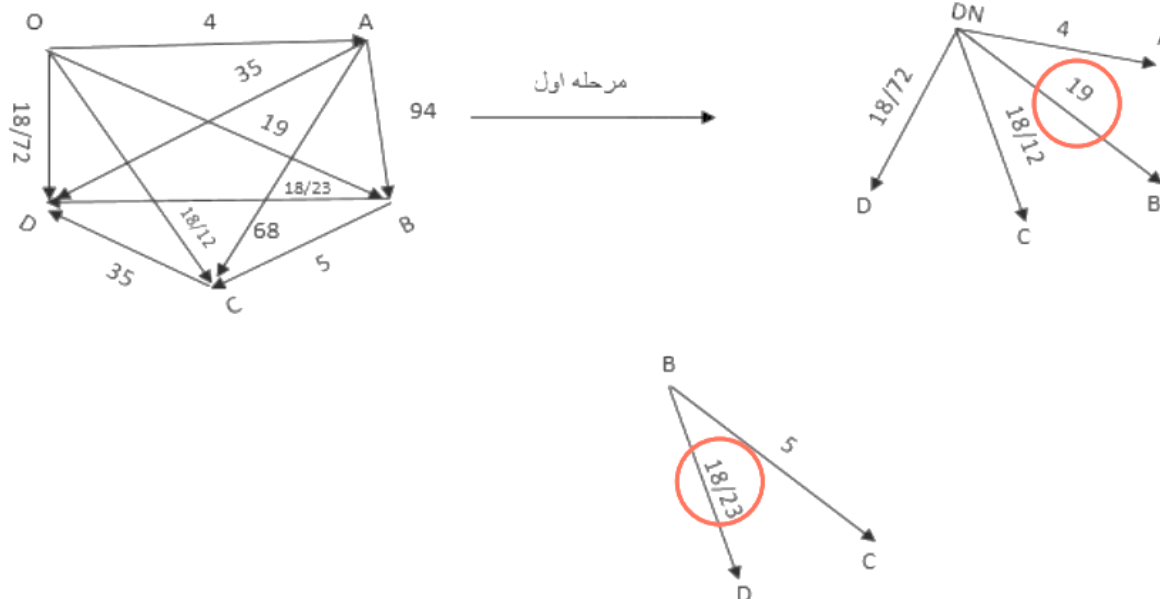
- $MARR > \Delta ROR$ طرح با هزینه اولیه کمتر

$$\Delta ROR = \frac{\Delta PWB}{\Delta PWC} =$$

پروژه	O	A	B	C	D
A	4%	-	-	-	-
B	19%	94%	-	-	-
C	18.12%	68%	5%	-	-
D	18.72%	35%	18.23%	20%	-

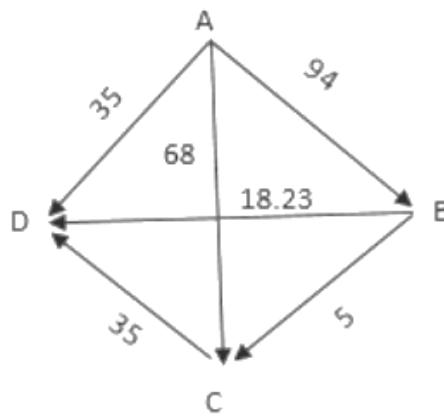


(الف)



پروژه برتر	MARR
O	$19\% < \text{MARR}$
B	$18.23\% < \text{MARR} \leq 19\%$
D	$\text{MARR} \leq 18.23\%$

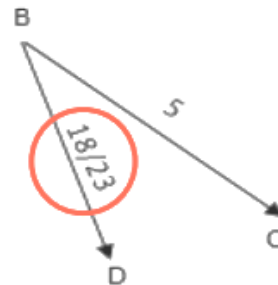
پروژه		A	B	C	D
A		-	-	-	-
B		94%	-	-	-
C		68%	5%	-	-
D		35%	18.23%	20%	-



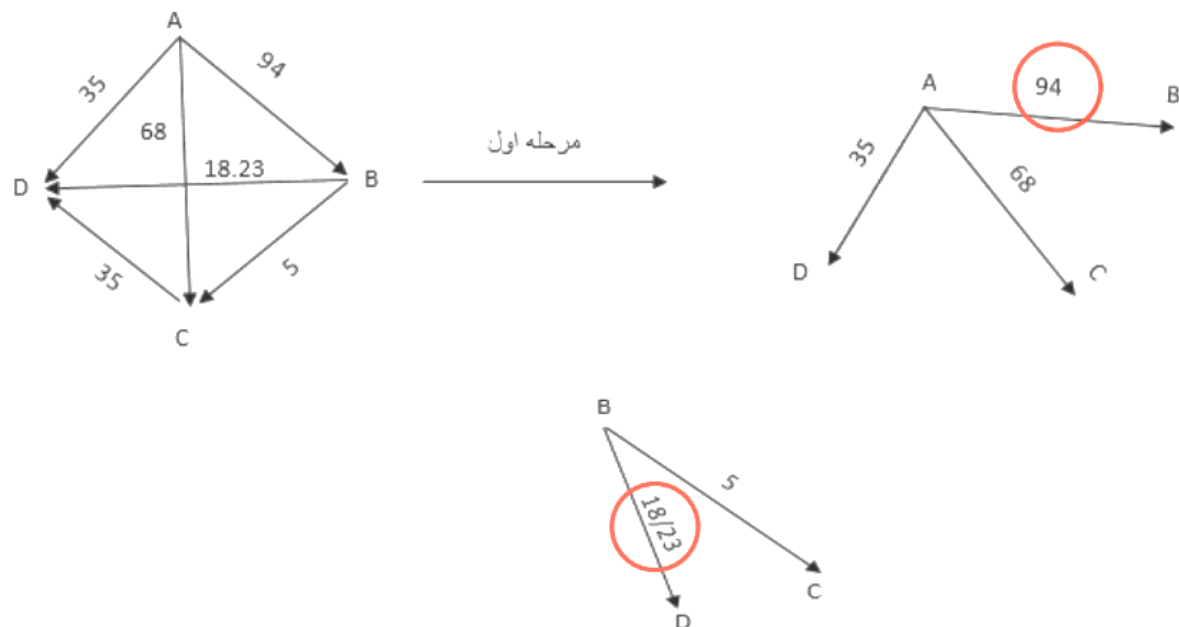
مرحله اول



بزرگترین
ROR



(ب)



(ب)

پروژه برتر	MARR
A	$94\% < \text{MARR}$
B	$18.23\% < \text{MARR} \leq 94\%$
D	$\text{MARR} \leq 18.23\%$

در یک فرایند مالی به صورت زیر، چند نرخ بازگشت سرمایه داخلی می توان انتظار داشت؟
در صورت $IRR = 5\%$ ، مقدار ROR مناسب برای این فرایند را محاسبه کنید.

سال	۰	۱	۲	۳
فرایند مالی	-۵۰۰	۲۰۰۰	-۱۲۰۰	-۳۰۰

سال	۰	۱	۲	۳
فرایند مالی	-۵۰۰	۲۰۰۰	-۱۲۰۰	-۳۰۰

سال	۰	۱	۲	۳
فرایند مالی	-۵۰۰	۲۰۰۰	-۱۲۰۰	-۳۰۰

تعداد تغییر علامت = تعداد نرخ بازگشت = ۲ \Rightarrow



سرمایه گذاری خارجی

سرمایه گذاری ۲۰۰۰ دارای سال اول به مدت یکسال

$$2000 \left(\frac{F}{P}, 5\%, 1 \right) = 2100 \Rightarrow -1200 + 2100 = 900$$

جریان مالی سال دوم

سال	۰	۱	۲	۳
فرایند مالی	-۵۰۰	۰	۹۰۰	-۳۰۰



دارای ۲ نرخ بازگشت سرمایه \Rightarrow

سرمایه گذاری خارجی ۹۰۰ واحد دارای سال دوم به مدت یکسال

سال	۰	۱	۲	۳
فرایند مالی	-۵۰۰	۲۰۰۰	-۱۲۰۰	-۳۰۰

$$900 \left(\frac{F}{P}, 5\%, 1 \right) = 945 \Rightarrow -300 + 945 = 645$$

جریان مالی سال سوم

سال	۰	۱	۲	۳
فرایند مالی	-۵۰۰	۰	۰	۶۴۵

ROR دارای یک نرخ

$$NPW = -500 + 645(P/F, i\%, 3)$$

i	NPW
25%	140.16
5%	57.151
10%	-151.41
20%	-126.73

→ ROR ⇒ b

$$\begin{matrix} & i & NPW \\ a \left[\begin{matrix} 0/5 & 57.151 \\ ROR & 0 \end{matrix} \right] c & & \\ & d \end{matrix}$$

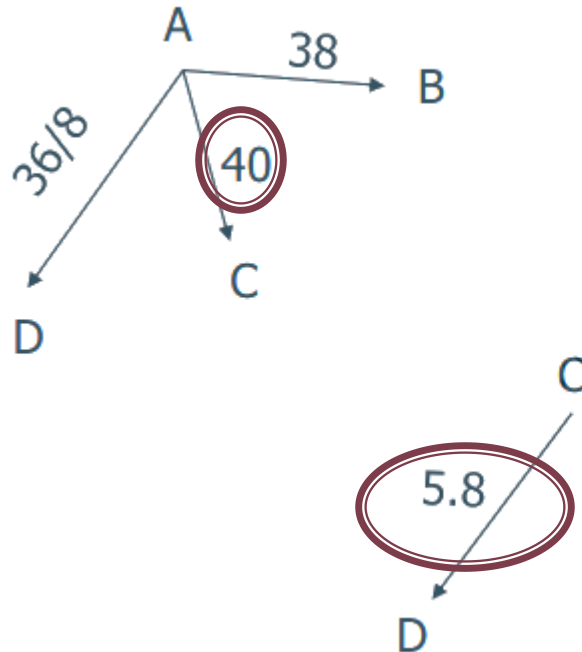
$$\frac{a}{c} = \frac{b}{d} \Rightarrow ROR = \%6.3$$

جدول زیر اطلاعات مربوط به چهار طرح را مشخص کرده است. در صورت عدم اطلاع از MARR، مسئله را در دو حالت زیر تحلیل کنید.

پروژه	O	A	B	C
A	16.3%	-	-	-
B	24.5%	38%	-	-
C	27.5%	40%	44%	-
D	22.6%	26.8%	18.7%	5.8%

الف) انجام ندادن کار جزء راه حل ها نیست.

ب) انجام ندادن کار جزء راه حل ها هست.



الف)

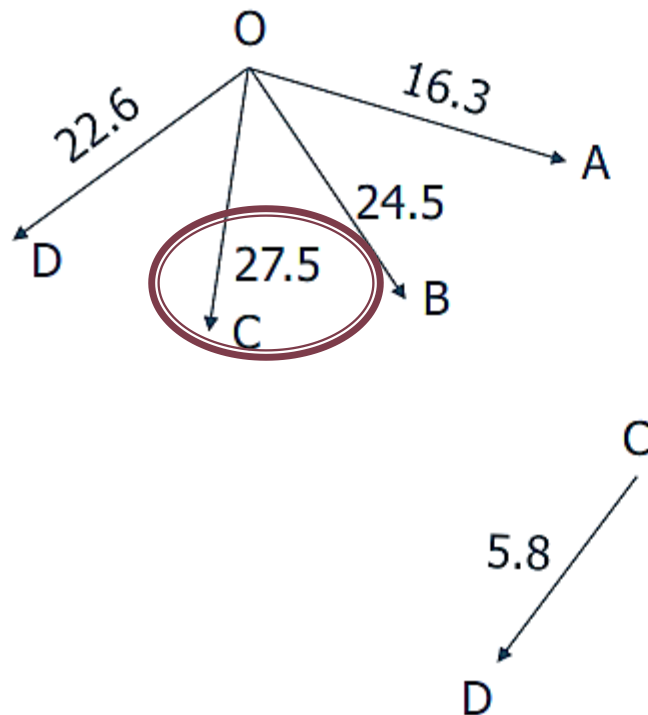
پروژه برتر	MARR
A	$40\% < \text{MARR}$
C	$5.8\% < \text{MARR} \leq 40\%$
D	$5.8\% \leq \text{MARR}$

جدول زیر اطلاعات مربوط به چهار طرح را مشخص کرده است. در صورت عدم اطلاع از MARR، مسئله را در دو حالت زیر تحلیل کنید.

پروژه	O	A	B	C
A	16.3%	-	-	-
B	24.5%	38%	-	-
C	27.5%	40%	44%	-
D	22.6%	26.8%	18.7%	5.8%

الف) انجام ندادن کار جزء راه حل ها نیست.

ب) انجام ندادن کار جزء راه حل ها هست.



(ب)

پروژه برتر	MARR
O	$27.5\% < \text{MARR}$
C	$5.8\% < \text{MARR} \leq 27.5\%$
D	$5.8\% \leq \text{MARR}$

مسائل فصل هشتم

● ۸-۱ شخصی ساختمانی را به قیمت ۶۰۰,۰۰۰ واحد پولی خرید. پس از ۱۷ سال آن را به قیمت ۲,۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی فروخت. مالیات بر این ساختمان در سال اول برابر ۸,۰۰۰ واحد پولی، در سال دوم ۹,۰۰۰ واحد پولی و هر ساله ۱,۰۰۰ واحد پولی افزایش داشت، تا ساختمان به فروش رفت. نرخ بازگشت سرمایه (ROR) را برای این مسئله تعیین نمایید.

● ۸-۲ شرکت تولیدی پلاستیک طرحی برای بازنشستگی کارمندان خود دارد. هر کارمند از بدو استخدام (پایان سال اول) به مدت ۲۵ سال همه ساله ۱,۲۰۰ واحد پولی حق بازنشستگی می‌پردازد. شرکت تضمین می‌کند که در پایان دوره ۲۵ سال، مبلغ ۷۰,۰۰۰ واحد پولی به هر کارمند بپردازد. نرخ بازگشت سرمایه برای هر کارمند چقدر است؟

● ۸-۳ در مسئله ۶-۴ خرید یکی از پرسه‌های T5 و M4 را از طریق نرخ بازگشت سرمایه تعیین نمایید.

● ۸-۴ در مسئله ۶-۸ خرید یکی از ماشینهای تراش F25 و H83 را از طریق نرخ بازگشت سرمایه تعیین نمایید.

مسائل فصل هشتم

- ۱۵-اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ باشد، با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه اقتصادی ترین طرح را انتخاب نمایید.

<u>B</u>	<u>A</u>	
۱۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	هزینه اولیه
۲,۶۰۰	۲,۳۰۰	هزینه های عملیاتی سالیانه
۳,۱۰۰	۴,۰۰۰	درآمد سالیانه
۱,۵۰۰	۲,۰۰۰	ارزش اسقاطی
۲	۳	عمر مفید

مسائل فصل هشتم

● ۶۶ یک کارخانه پرس سازی علاقمند است محل کارخانه را از یزد به یکی از شهرهای تهران، قم، اصفهان، مشهد، تبریز و یا ساوه انتقال دهد. پس از بررسیهای مربوطه در مواردی نظیر قیمت زمین، نیروی انسانی، فروش و غیره، هزینه اولیه و درآمد سالیانه برای شش شهر مذکور را محاسبه نموده و مقایسه بین آن شش شهر و شهر یزد (فعالیت در محل فعلی) را انجام می دهد. عمر مفید را ۸ سال و حداقل نرخ جذب کننده را ۱۰٪ فرض می کند. پس از مقایسه اقتصادی بین محلهای مربوطه شهر قم را انتخاب می نماید. آیا با تصمیم او موافقت می کنید؟

شهر	هزینه اولیه برحسب هزار	درآمد سالیانه برحسب هزار
تهران	۳۰۰	۵۲
قم	۵۵۰	۱۳۷
اصفهان	۴۵۰	۱۱۷
مشهد	۷۵۰	۱۶۷
تبریز	۱۵۰	۱۸
ساوه	۲۰۰	۴۹
یزد	۵۰۰	۱۴۰

مسائل فصل هشتم

● ۸.۷- مالک یک پارکینگ در شهر تهران با کمک یک مهندس ساختمان در حال تصمیم‌گیری نسبت به فروش یا نگهداری و یا ایجاد ساختمان اداری در پارکینگ مربوطه می‌باشد. ساختمان اداری می‌تواند یک تا پنج طبقه باشد. عمر مفید برای ۷ طرح زیر ۱۵ سال و ارزش اسقاطی بعد از ۱۵ سال برابر با مجموع سرمایه‌گذاری می‌گردد. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ فرض شود، کدام طرح اقتصادی‌ترین است. مجموع سرمایه‌گذاری شامل هزینه زمین، ساختمان و دیگر هزینه‌های مربوطه خواهد بود:

نام طرح	مجموع سرمایه‌گذاری	درآمد سالیانه
فروش پارکینگ	.	.
نگهداری پارکینگ	۲۰۰,۰۰۰	۲۲,۰۰۰
ساختن ساختمان یک طبقه	۴۰۰,۰۰۰	۶۰,۰۰۰
ساختن ساختمان دو طبقه	۵۵۵,۰۰۰	۷۲,۰۰۰
ساختن ساختمان سه طبقه	۷۵۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰
ساختن ساختمان چهار طبقه	۸۷۵,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰
ساختن ساختمان پنج طبقه	۱,۰۰۰,۰۰۰	۱۲۰,۰۰۰

مسائل فصل هشتم

● ۸۸ شرکت گلمهر برای بهبود وضع تولید خود به تغییر خط تولید نیاز دارد. سه پروژه A و B و C با خصوصیات زیر مطرح است. ارزش اسقاطی در پایان عمر مفید برابر با صفر است و حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ فرض می شود. با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه اقتصادی ترین پروژه را تعیین کنید.

<u>C</u>	<u>B</u>	<u>A</u>	
۲۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	هزینه اولیه
۱,۸۹۰	۱,۶۲۵	۱,۶۲۵	درآمد سالیانه
۲۰	۲۰	۱۰	عمر مفید

● ۸۹ طرحهای ناسازگار A و B و C و D با مشخصات زیر در دست است. عمر مفید کلیه طرحها با ارزش اسقاطی صفر ده سال در نظر گرفته شده است. هزینه های اولیه و درآمدهای سالیانه بر حسب هزار داده شده است.

نرخ بازگشت سرمایه هر طرح محاسبه شده است. اگر حداقل جذب کننده ۸٪ باشد کدام طرح را انتخاب می کنید؟

مسائل فصل هشتم

D	C	B	A
۸۵	۵۰	۵۰	۷۵
۱۷	۱۰	۱۲	۱۶
٪۱۵/۱	٪۱۵/۱	٪۲۰/۲	٪۱۶/۸

هزینه اولیه

درآمد سالیانه

نرخ بازگشت سرمایه

● ۸۱۰ در مسئله ۶۷ مقایسه سه پمپ X و Y و Z را از طریق نرخ بازگشت سرمایه انجام دهید.

● ۸۱۱ سه ماشین تراش T1، T2 و T3 با اطلاعات زیر در اختیار است. اطلاعات برحسب هزینه بیان شده است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ فرض شود کدام ماشین را انتخاب می‌نمائید.

T3	T2	T1
۱۲,۰۰۰	۹,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۵,۵۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰
۴۰۰	۳۰۰	۵۰۰
۱,۱۵۰	۸۵۰	۱,۰۰۰
۱۲	۴	۶

هزینه اولیه

هزینه سالیانه کارگر

هزینه سالیانه تعمیرات

و نگهداری

ارزش اسقاطی

عمر مفید

مسائل فصل هشتم

- ۸-۱۲ در فرآیند مالی زیر چند نرخ بازگشت سرمایه می توان انتظار داشت؟ چند نرخ بازگشت سرمایه واقعی می توان انتظار داشت؟ اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی ۱۵٪ فرض شود نرخ بازگشت داخلی را محاسبه نمایید.

سال	فرآیند مالی
۰	-۵۰۰
۱	۲,۰۰۰
۲	-۱,۲۰۰
۳	-۳۰۰

- ۸-۱۳ در فرآیند مالی زیر چند نرخ بازگشت سرمایه واقعی می توان انتظار داشت؟ اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی ۱۸٪ فرض شود، نرخ بازگشت سرمایه داخلی را محاسبه نمایید:

سال	فرآیند مالی
۰	-۵۰۰
۱	۲۰۰
۲	-۵۰۰
۳	۱,۲۰۰

مسائل فصل هشتم

- ۸-۱۴ در فرآیند مالی زیر چند نرخ بازگشت سرمایه واقعی می توان انتظار داشت؟ اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی ۲۰٪ فرض شود، نرخ بازگشت سرمایه داخلی چقدر است؟

<u>سال</u>	<u>فرآیند مالی</u>
۰	-۱۰۰
۱	۳۶۰
۲	-۵۷۰
۳	۳۶۰

● ۱۵- جدول زیر نرخهای بازگشت سرمایه طرحهای D و C و B و A و نرخهای بازگشت سرمایه تفاوت طرحها را برحسب درصد نشان می دهد.

	<u>O</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
A	۱۳	—	—	—
B	۱۵	۱۴	—	—
C	۱۱	۱۲	۱۵	—
D	۹	۸	۵	۱۰

الف: اگر فقط مجاز به انتخاب یکی از چهار طرح D و C و B و A باشید شرایط لازم را برای انتخاب طرحها بنویسید.

ب: اگر چهار طرح فوق همراه با طرح O بررسی شوند شرایط لازم را برای انتخاب طرحها بنویسید.