



تکنیک های اقتصاد مهندسی و کاربرد آنها



روش ارزش فعلی

حالات مختلف در روش ارزش فعلی:

- حالت اول: عمر پروژه ها با یکدیگر و افق زمانی تصمیم گیر برابر است .
- حالت دوم: عمر مفید طرحها بیشتر از افق زمانی تصمیم گیر است.
- حالت سوم: عمر مفید طرحها کمتر از افق زمانی تصمیم گیر است.
- حالت چهارم: افق زمانی تصمیم گیر معادل حداکثر مدت لازم جهت انجام یک طرح است.
- حالت پنجم: افق زمانی تصمیم گیر نامشخص است.
- حالت ششم: عمر مفید طرحها نامحدود است.



حالت ششم (عمر طرح ها نامحدود است):

❖ از این روش برای ارزیابی اقتصادی پروژه های با **عمر طولانی** که معمولاً پروژه های **عام المنفعه** هستند استفاده می شود مانند **سد ها، نیروگاه ها، فرودگاه ها، پل ها، بزرگراه ها** و غیره...

❖ در این روش برای محاسبه ارزش فعلی یک طرح از رابطه **A/P** استفاده می شود. بنابراین داریم:

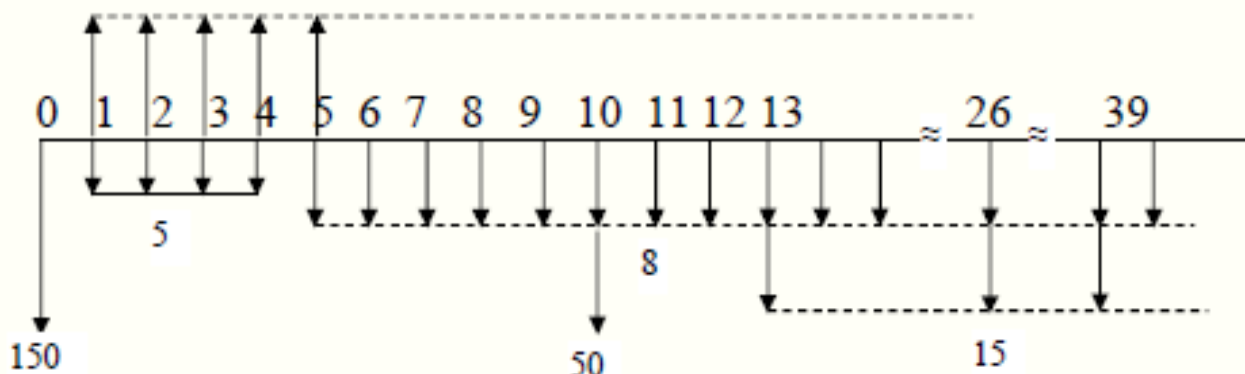
❖ (**n** به سمت بینهایت می رود که در آن عمر طرح نامحدود است)

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = Pi \Rightarrow P = A/i$$

$n \rightarrow \infty$



هزینه اولیه یک سد کوچک ۱۵۰ میلیون تومان و سرمایه گذاری جدیدی در سال دهم به مبلغ ۵۰ میلیون تومان خواهد داشت. هزینه سالیانه در چهار سال اول ۵ میلیون تومان و از سال پنجم به بعد ۸ میلیون تومان خواهد بود. برای نگهداری این سد هر ۱۳ سال یکبار هزینه کلی ۱۵ میلیون تومان انجام می شود. اگر درآمد سالیانه این پروژه ۲۰ میلیون تومان و نرخ بازگشت سرمایه نیز ۵٪ در نظر گرفته شود، آیا ایجاد این سد کوچک اقتصادی می باشد؟



ارزش فعلی هزینه‌ها بشرح زیر محاسبه می‌شوند:

$$PWC1 = 150 + 50(P/F, 5\%, 10) = 150.695$$

$$PWC2 = 5 (P/A, 5\%, 4) + (8 / 0.05) (P/F, 5\%, 4) = 14.362$$

$$PWC3 = (15 / 0.05) (A/F, 5\%, 13) = 16.94$$

$$PWC = PWC1 + PWC2 + PWC3 = 346.997$$

ارزش فعلی درآمدها عبارتند از:

$$PWB = 20/0.05 = 400$$

ارزش خالص فعلی پروژه برابر است با:

$$NPW = PWB - PWC = 400 - 346.997 = 53.003 \text{ میلیون تومان}$$

بنابراین چون $NPW > 0$ انجام این طرح اقتصادی است.



تکنیک های اقتصاد مهندسی

روش نرخ بازگشت سرمایه

نحوه تصمیم گیری:

اگر $ROR \geq MARR$ آنگاه طرح اقتصادی است

اگر $ROR < MARR$ آنگاه طرح غیر اقتصادی است

• محاسبه نرخ بازگشت سرمایه یک طرح:

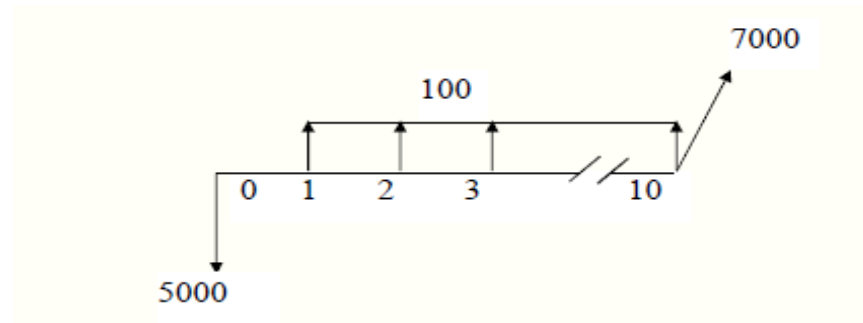
$$NPW = 0 \rightarrow PWB - PWC = 0 \rightarrow PWB = PWC$$

• و یا

$$NEUA = 0 \rightarrow EUAB - EUAC = 0 \rightarrow EUAB = EUAC$$



مثال) فرآیند مالی طرحی بصورت زیر است نرخ بازگشت سرمایه چقدر است؟



$$NPW = 0 \rightarrow -5000 + 100(P/A, i\%, 10) + 7000(P/F, i\%, 10) = 0$$

در رابطه فوق باید از روش سعی و خطا (i) برای محاسبه نرخ بازگشت سرمایه استفاده می شود.

باید مقادیر مختلف (i) در رابطه فوق قرار داده می شود تا حاصل عبارت برابر با صفر شود.

تخمین یک مقدار اولیه برای i



ترتیب با مقدار اولیه $i = 5\%$ ارزش فعلی فرآیند مالی اصلی را بدست می آوریم:

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

- با توجه به مثبت بودن ارزش فعلی، لذا باید مقدار i را بزرگتر در نظر گرفت. لذا قرار می دهیم : $i = 6\%$

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

i	NPW
5%	69.46
X	0
6%	-355.19

ROR = $i = 5.16\%$ بنابراین



محاسبه نرخ بازگشت سرمایه را با رابطه ارزش یکنواخت سالیانه :

$$NEUA = -5000(A/P, i\%, 10) + 100 + 7000(A/F, i\%, 10) = 0$$

با تخمین مقدار اولیه i و انجام درون یابی زیر نرخ بازگشت سرمایه ۵.۱۶٪ بدست می آید.

i	$NEUA$
5%	9.02
X	0
6%	-48.26



۱- به شخصی برای خرید یک ماشین دو گزینه پیشنهاد شده است:

شماره ماشین	۱	۲
هزینه اولیه	۲۱,۰۰۰,۰۰۰	۲۳,۰۰۰,۰۰۰
هزینه به جز مالیات (سالیانه)	۱,۰۰۰,۰۰۰	۵۰۰,۰۰۰
هزینه مالیات (سالانه)	۳,۰۰۰,۰۰۰	۴,۰۰۰,۰۰۰
درآمد سالیانه	۵,۰۰۰,۰۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰
ارزش اسقاطی	۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۰,۰۰۰,۰۰۰

با فرض اینکه $i^* = 4\%$ هست و عمر هر ماشین برابر ۳۰ سال باشد، با استفاده از روش نرخ بازگشت مطلوبست:

الف) خرید کدام ماشین اقتصادی است؟

ب) کدام ماشین اقتصادی تر است؟



$$P_{\text{مشی‌۱}}(r_1) = -r_1' \dots' + 1' \dots' f\left(\frac{P}{A}, r_1, r_0\right) + r_0' \dots' f\left(\frac{P}{F}, r_1, r_0\right) = 0$$

$$r_1 (5\%) \Rightarrow P_{\text{مشی‌۱}} = -1' \dots \dots'$$

$$r_1 (4\%) \Rightarrow P_{\text{مشی‌۱}} = 2452 \dots \Rightarrow r_1 = 4,7\% \Rightarrow \text{استعداد است}$$

$$P_{\text{مشی‌۲}}(r_2) = -r_2' \dots' + 1' \dots' f\left(\frac{P}{A}, r_2, r_0\right) + r_0' \dots' f\left(\frac{P}{F}, r_2, r_0\right) = 0$$

$$r_2 (7\%) \Rightarrow P_{\text{مشی‌۲}} = -17940 \dots$$

$$r_2 (4\%) \Rightarrow P_{\text{مشی‌۲}} = 11275 \dots \Rightarrow r_2 = 4,38\% \Rightarrow \text{استعداد است}$$



شماره ماشین	ماشین ۱	ماشین ۲	ماشین ۱ - ماشین ۲
۰	-۲۱۰۰۰۰۰	-۲۳۰۰۰۰۰	-۲۰۰۰۰۰۰
۱-۳۰	+۵۰۰۰۰۰	+۶۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰۰
	-۳۰۰۰۰۰	-۴۰۰۰۰۰	
	-۱۰۰۰۰۰	-۵۰۰۰۰۰	
۳۰	+۲۰۰۰۰۰	+۲۰۰۰۰۰	۰

۲) P

$$r_{\text{ماشین ۱}} - r_{\text{ماشین ۲}} = -2' \dots' + 5' \dots' f\left(\frac{P}{A}, r, c_0\right) = 0$$

$$\Rightarrow f\left(\frac{P}{A}, r, c_0\right) = 4$$

$$\left. \begin{aligned} r = 24\% \Rightarrow f\left(\frac{P}{A}, 24\%, c_0\right) &= 4,19 \\ r = 25\% \Rightarrow f\left(\frac{P}{A}, 25\%, c_0\right) &= 3,998 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{r - 25}{4 - 3,998} = \frac{24 - 25}{4,19 - 3,998}$$

$$\Rightarrow r_{\text{ماشین ۱}} = 24,94\% > i^* \Rightarrow \text{ماشین ۲ است} \quad \text{استهلاک تراست}$$



روش تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی به دو صورت قابل انجام است:

— ترسیمی

— محاسباتی

مثال) دو طرح محاسباتی، I و II با مشخصات زیر را در نظر بگیرید. با استفاده از روش ترسیمی اقتصادی ترین طرح را مشخص کنید اگر حداقل نرخ جذب کننده ۶٪ باشد.

طرح II	طرح I	
20	10	هزینه اولیه
28	15	درآمد در پایان سال اول
1	1	عمر مفید



روش ترسیمی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱. محاسبه ارزش فعلی هزینه ها (PWC) و ارزش فعلی درآمدها (PWB) برای هر طرح

۲. ترسیم نقاط (PWC, PWB) روی محور مختصات

۳. ترسیم خط نیمساز بعنوان MARR

– هر طرحی که بالای خط نیمساز باشد به خودی خود فارغ از مقایسه آن با طرحی دیگر اقتصادی می باشد.

۴. مقایسه دو طرح در روش ترسیمی:

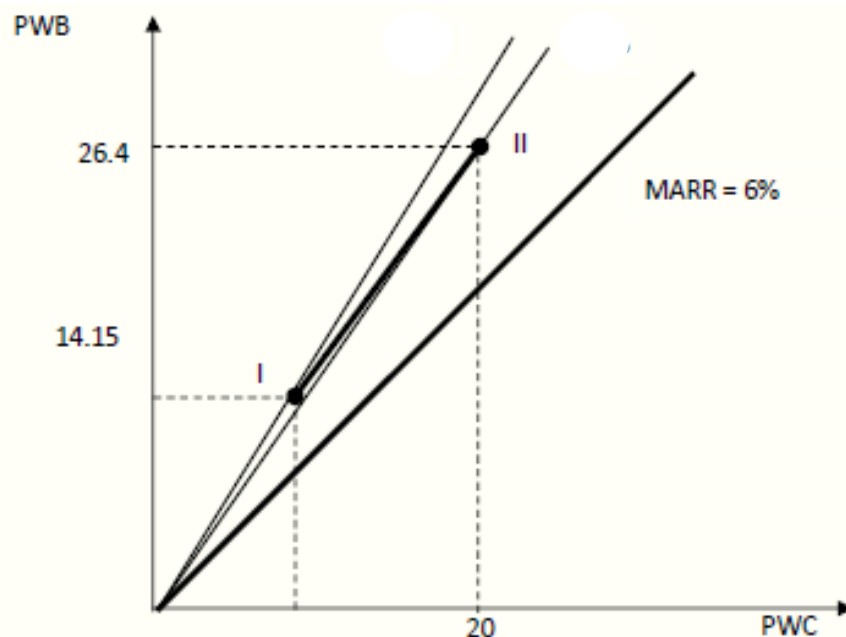
اگر ضریب زاویه خط II از خط MARR بیشتر باشد، طرح با هزینه اولیه بیشتر انتخاب خواهد شد.

اگر ضریب زاویه خط II از خط MARR کمتر باشد، طرح با هزینه اولیه کمتر انتخاب خواهد شد.



$$\text{I} \begin{cases} \text{PWC} = 10 \\ \text{PWB} = 15(\text{P/F}, 6\%, 1) = 14.15 \end{cases}$$

$$\text{II} \begin{cases} \text{PWC} = 20 \\ \text{PWB} = 28(\text{P/F}, 6\%, 1) = 26.4 \end{cases}$$



با توجه به بزرگتر بودن ضریب زاویه خط II از MARR، طرح با هزینه اولیه بیشتر یعنی طرح II اقتصادی تر می باشد.



در صورتیکه $ROR > MARR = 6\%$ ، محاسبه نرخ بازگشت سرمایه طرح تفاوت :

- اگر $\Delta ROR \geq MARR$ ، آنگاه طرح با هزینه اولیه بیشتر اقتصادی تر است.
- اگر $\Delta ROR < MARR$ ، آنگاه طرح با هزینه اولیه کمتر اقتصادی تر است.

برای بررسی اقتصادی بودن هر پروژه،

- نرخ بازگشت سرمایه طرح محاسبه و با $MARR$ مقایسه می شود.

برای مقایسه دو یا چند پروژه،

- لزوماً پروژه با بیشترین نرخ بازگشت، اقتصادیترین پروژه نمی باشد، بلکه باید با تکنیک تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی از بین پروژه های موجود اقتصادی ترین آنها را انتخاب نمود.

در صورتیکه هزینه اولیه در کلیه پروژه ها برابر باشد ،

- پروژه ای اقتصادی تر است که دارای بالاترین نرخ بازگشت سرمایه باشد.

در صورتیکه هزینه اولیه پروژه ها برابر نباشد،

- پروژه ها دو به دو با هم مقایسه می شوند. اگر نرخ بازگشت سرمایه طرح تفاوت بیش از $MARR$ بود پروژه ای که هزینه اولیه بیشتری دارد اقتصادی تر است در غیر این صورت پروژه ای که دارای هزینه اولیه کمتری است اقتصادی تر می باشد.



مثال) سه طرح زیر را با روش **ترسیمی و محاسباتی** ارزیابی نموده و **بهترین طرح** را تعیین نمائید. فرض کنید حداقل نرخ جذب کننده برابر ۶٪ باشد.

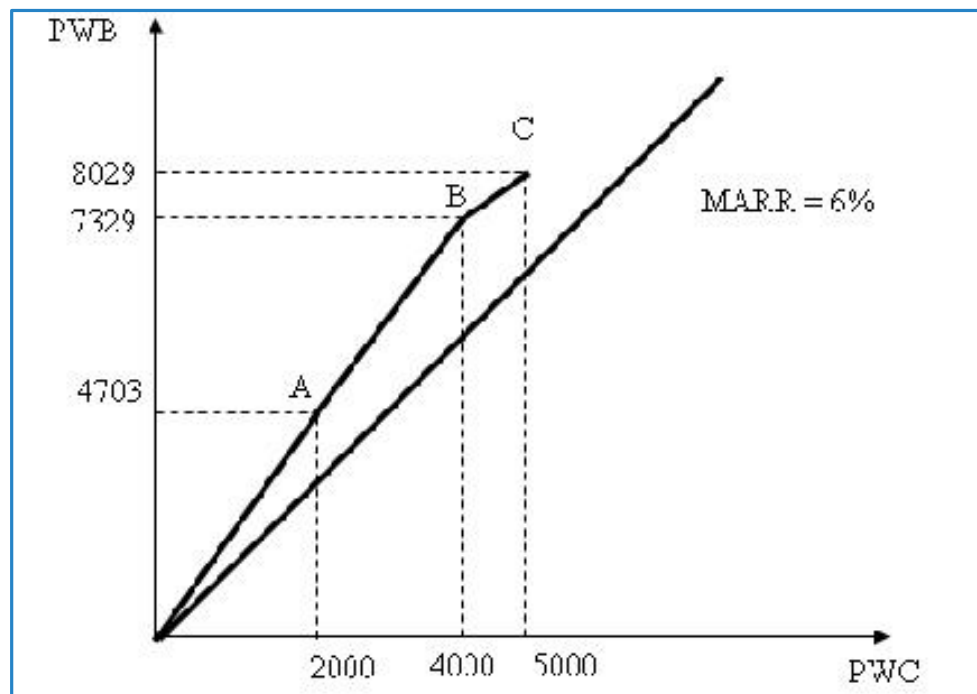
<u>طرح C</u>	<u>طرح B</u>	<u>طرح A</u>	
5000	4000	2000	هزینه اولیه
700	639	410	درآمد سالیانه
20	20	20	عمر مفید



$$A \begin{cases} PWC = 2000 \\ PWB = 410(P/A, 6\%, 20) = 4703 \end{cases}$$

$$B \begin{cases} PWC = 4000 \\ PWB = 639(P/A, 6\%, 20) = 7329 \end{cases}$$

$$C \begin{cases} PWC = 5000 \\ PWB = 700(P/A, 6\%, 20) = 8029 \end{cases}$$



مقایسه دو به دو طرحها به ترتیب افزایش هزینه اولیه:

- طرح A با مقایسه طرح صفر (عدم انجام هیچ طرح)،
طرح A اقتصادی تر است.

با مقایسه طرح A و طرح B،
طرح B اقتصادی تر است.

با مقایسه طرح B و طرح C،
طرح B اقتصادی تر است.

بنابراین طرح B اقتصادی ترین طرح می باشد.



روش محاسباتی

❖ مرتب کردن طرحها به ترتیب افزایش هزینه اولیه

❖ محاسبه نرخ بازگشت سرمایه هر طرح

❖ حذف طرحهای با نرخ بازگشت کمتر از MARR از مقایسات بعدی

❖ مقایسه دو به دو طرحها با استفاده از طرح تفاوت

❖ انتخاب بهترین طرح



$$-2000 + 410(P/A, i\%, 20) = 0 \rightarrow ROR_A = 20\%$$

برای طرح A:

$$-4000 + 639(P/A, i\%, 20) = 0 \rightarrow ROR_B = 15\%$$

برای طرح B:

$$-5000 + 700(P/A, i\%, 20) = 0 \rightarrow ROR_C = 12.8\%$$

برای طرح C:

$$\text{طرح B-A} \quad \Delta P = 2000, \quad \Delta A = 639 - 410 = 229$$

$$-2000 + 229(P/A, i\%, 20) = 0 \rightarrow ROR_{B-A} = 9.6\% > 6\%$$

$$\text{طرح C-B} \quad \Delta P = 1000, \quad \Delta A = 700 - 639 = 61$$

$$-1000 + 61(P/A, i\%, 20) = 0 \rightarrow ROR_{C-B} = 2\% < 6\%$$



نرخ بازگشت سرمایه خارجی

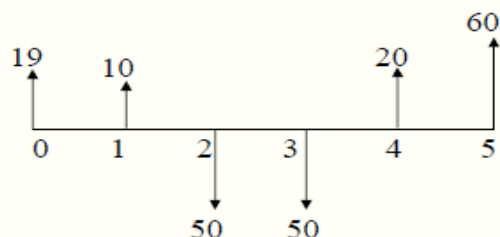
ارزش فعلی فرآیند مالی طرح به ازای بیش از یک نرخ بازگشت سرمایه، برابر با صفر خواهد شد.

- در چنین وضعیتی با هیچکدام از نرخ ها نمی توان ارزیابی طرح را انجام داد.
 - در این حالت با سرمایه گذاری خارجی پولهای اضافی در پروژه، آنرا به یک پروژه تک نرخی تبدیل می کنیم.
- این سرمایه گذاری اضافی با یک نرخ بازگشت سرمایه خارجی (ERR) انجام میشود.

ERR: External Rate of Return



نرخ بازگشت سرمایه را در فرآیند مالی زیر بدست آورید



$$NPW = 19 + 10(P/F, i\%, 1) - 50(P/F, i\%, 2) - 50(P/F, i\%, 3) + 20(P/F, i\%, 4) + 60(P/F, i\%, 5) = 0$$

<u>i</u>	<u>NPW</u>
0	9
10%	0.2
20%	-2.6
30%	-1.8
40%	-1.2
50%	0.6

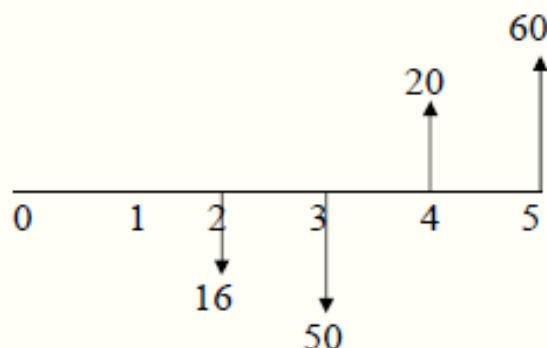
- ملاحظه می شود که دو نرخ بازگشت سرمایه در رابطه فوق صدق می کنند:
- اولین نرخ بین 10٪ و 20٪ و
 - دومین نرخ بین 40٪ و 50٪

$$ROR_I = 10.1\% \quad , \quad ROR_{II} = 47\%$$



سرمایه گذاری خارجی در طرح با نرخ 10.1%:

$$19(F/P, 10.1\%, 2) + 10(F/P, 10.1\%, 1) = 34$$



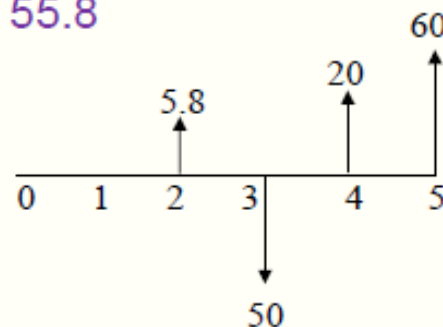
$$NPW = -16(P/F, i\%, 2) - 50(P/F, i\%, 3) + 20(P/F, i\%, 4) + 60(P/F, i\%, 5) = 0$$

نرخ بازگشت سرمایه داخلی (IRR): $i = ROR = 10.1\%$

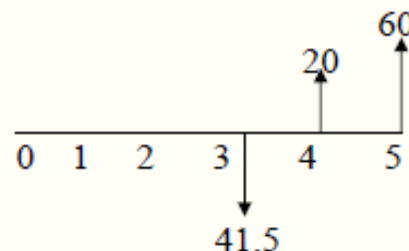


سرمایه گذاری خارجی در طرح با نرخ 47٪:

$$19(F/P, 47\%, 2) + 10(F/P, 47\%, 1) = 55.8$$



$$5.8(F/P, 47\%, 1) = 8.5$$



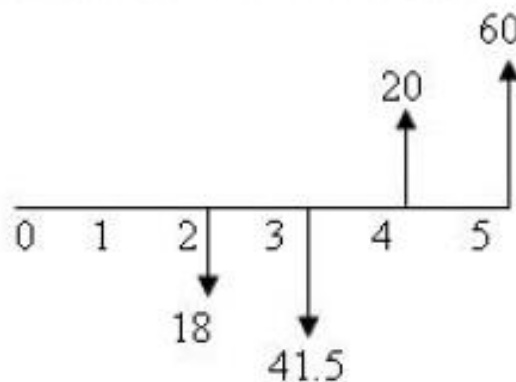
$$NPW = -41.5(P/F, i\%, 3) + 20(P/F, i\%, 4) + 60(P/F, i\%, 5) = 0$$

$$i = IRR = 47\%$$



نرخ بازگشت سرمایه خارجی برابر با 6٪

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



$$NPW = -18(P/F, i\%, 2) - 50(P/F, i\%, 3) + 20(P/F, i\%, 4) + 60(P/F, i\%, 5) = 0$$

$i = IRR = 8.4\%$



رابطه بین نرخ بازگشت سرمایه داخلی و خارجی:

اگر به ازای ERR در فرآیند اولیه $NPW = 0$ آنگاه $IRR = ERR$

اگر به ازای ERR در فرآیند اولیه $NPW > 0$ آنگاه $IRR > ERR$

اگر به ازای ERR در فرآیند اولیه $NPW < 0$ آنگاه $IRR < ERR$