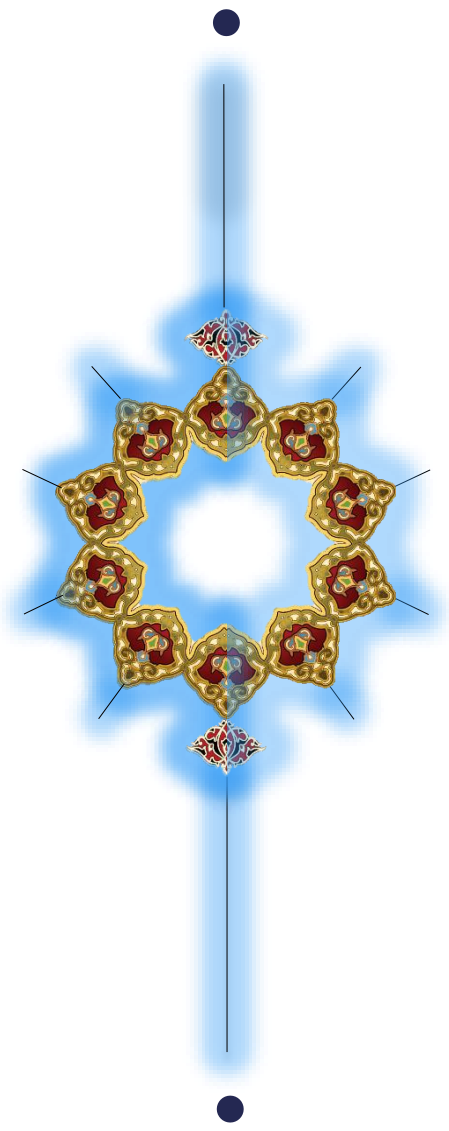


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





اقتصاد و مدیریت صنعتی

بخش دوم

اقتصاد مهندسی

روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها

مدرس: زهره قاسمی



تکنیک‌های اقتصاد مهندسی

- مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با یکدیگر
- ارزیابی اقتصادی یک طرح و یا انتخاب یک طرح از بین پروژه‌های ناسازگار
- **پروژه‌های ناسازگار:** شامل پروژه‌هایی می‌شود که با انتخاب یکی از آنها، پروژه‌های دیگر اجرا نگردند. مانند حالتیکه چند فناوری مختلف جهت تولید از نظر اقتصادی مقایسه می‌گردند و هدف انتخاب یکی از آنهاست.
- **پروژه‌های مستقل:** در این حالت پروژه و یا طرح‌های اقتصادی مستقل از یکدیگر است و ممکن است بیشتر از یکی از آنها انتخاب گردد. انتخاب این پروژه‌ها در کنار هم می‌تواند به عواملی دیگر مانند میزان بودجه مرتبط باشد.



روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها

♦ در اقتصاد مهندسی جهت ارزیابی اقتصادی طرح‌ها و مقایسه آن‌ها، از روش‌های زیر استفاده می‌گردد:

- روش ارزش خالص فعلی ((Net Present Worth (NPW))

- روش ارزش یکنواخت سالیانه

- ((Equivalent Uniform Annual Benefit (EUAB), Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC))

- روش نرخ بازگشت سرمایه ((Rate of Return)

- روش نسبت منافع به مخارج ((Benefit/Cost Ratio (B/C))

- روش ارزش آینده



روش ارزش خالص فعلی



روش ارزش خالص فعلی

- در این روش کلیه دریافت‌ها و پرداخت‌های پروژه در دوره‌های مختلف به زمان **حال** یا **مبدا** (**سال صفر**) منتقل می‌گردند. در این روش جهت ارزیابی اقتصادی یک طرح از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$NPW = PWB - PWC$$

- NPW: ارزش خالص فعلی پروژه
- PWB: ارزش فعلی **درآمدها** (**Present Worth of Benefit**)
- PWC: ارزش فعلی **هزینه‌ها** (**Present Worth of Costs**)



روش ارزش خالص فعلی

در این صورت با **دو** حالت زیر مواجه می گردیم:

✓ $NPW < 0$: پروژه غیر اقتصادی است زیرا ارزش فعلی هزینه‌ها از ارزش فعلی درآمدها بیشتر است.

✓ $NPW \geq 0$: پروژه اقتصادی است زیرا ارزش فعلی هزینه‌ها کمتر مساوی ارزش فعلی درآمدها است.

• نکته: حالت $NPW = 0$ هم پروژه اقتصادی خواهد بود زیرا سرمایه‌گذار به حداقل نرخ جذب‌کننده خود دست یافته است.



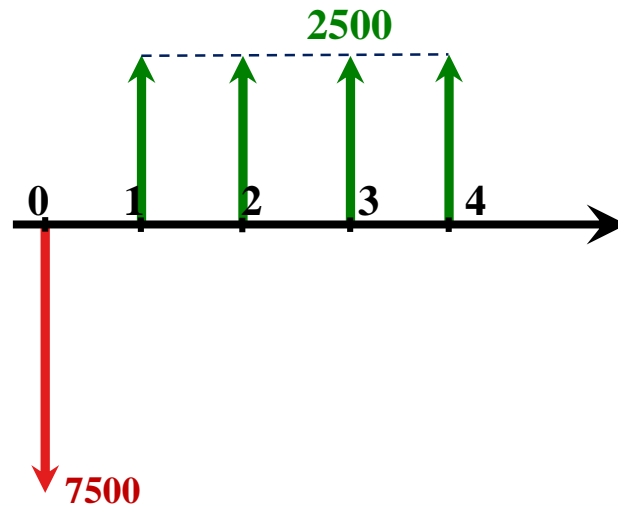
نکات روش ارزش خالص فعلی

- در حالتی که **چند پروژه** داشته باشیم، پروژه‌ای که دارای **ارزش فعلی خالص** بیشتری باشد، **اقتصادی‌ترین** خواهد بود.
- اگر فقط **هزینه‌ها** را داشته باشیم (یعنی فقط هزینه‌های مختلف پروژه‌ها در اختیار باشد)، اقتصادی‌ترین پروژه، پروژه‌ای است که دارای **کمترین ارزش فعلی هزینه‌ها** باشد.
- در این روش از حداقل نرخ جذب کننده استفاده می‌شود.
- مقایسه اقتصادی پروژه‌ها از طریق روش ارزش فعلی، بستگی به **عمر مفید** پروژه‌ها دارد. **سه حالت** برای عمر مفید پروژه‌ها وجود دارد.



حالت اول: عمر پروژه‌ها برابرند

مثال: خرید دستگاه جدید در شرکتی مد نظر است، دو دستگاه پیشنهاد شده است که هر دو دارای قیمت ۷۵۰۰ واحد پولی هستند. در حالی که دستگاه اول سالانه ۲۵۰۰ واحد پولی درآمد دارد ولی دستگاه دوم در سال اول ۴۰۰۰ واحد پولی درآمد داشته و به ترتیب هر سال ۱۰۰۰ واحد پولی از درآمد آن کاسته می‌شود. اگر عمر مفید دو دستگاه ۴ سال باشد، با نرخ بهره ۵ درصد کدام دستگاه و با چه درآمدی به صرفه است؟

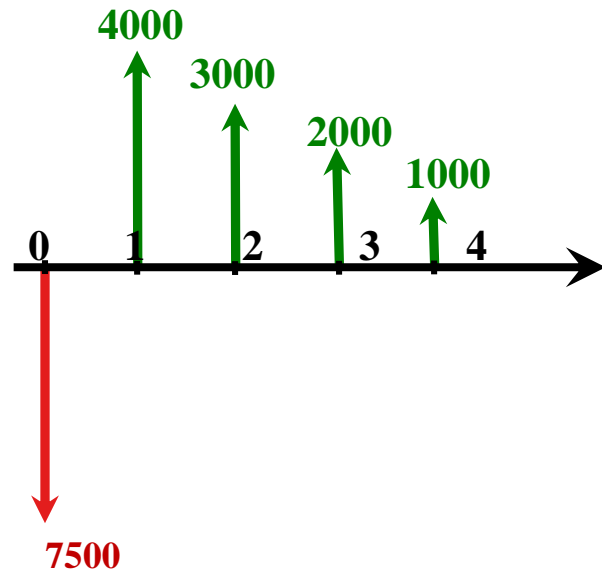


دستگاه اول:

$$NPW_1 = 2500 \times f\left(\frac{P}{A}, 5\%, 4\right) - 7500 = 2500 * 3.546 - 7500 = 1365$$



حالت اول: عمر پروژه‌ها برابرند



ادامه مثال:

دستگاه دوم:

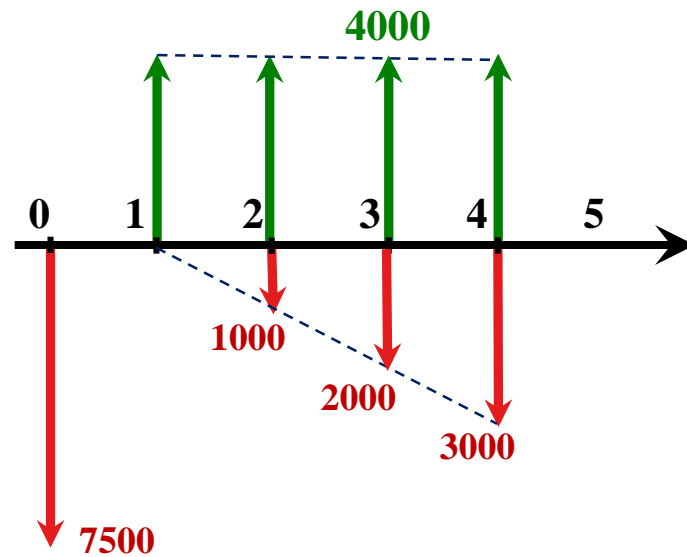
روش اول:

$$NPW_2 = 4000 \times f\left(\frac{P}{F}, 5\%, 1\right) + 3000 \times f\left(\frac{P}{F}, 5\%, 2\right) + 2000 \times f\left(\frac{P}{F}, 5\%, 3\right) + 1000 \times f\left(\frac{P}{F}, 5\%, 4\right) - 7500$$

$$NPW_2 = (4000 \times 0.952) + (3000 \times 0.907) + (2000 \times 0.864) + (1000 \times 0.824) - 7500 = 1581$$



حالت اول: عمر پروژه‌ها برابرند



ادامه مثال:

دستگاه دوم:

روش دوم:

$$NPW_2 = 4000 \times f\left(\frac{P}{A}, 5\%, 4\right) - 1000 \times f\left(\frac{P}{G}, 5\%, 4\right) - 7500 =$$

$$NPW_2 = (4000 \times 3.546) - (1000 \times 5.103) - 7500 = 1581$$

ارزش فعلی خالص دستگاه ۲ بیشتر است؛ در نتیجه گزینه بهتری است.



حالت اول: عمر پروژه‌ها برابرند

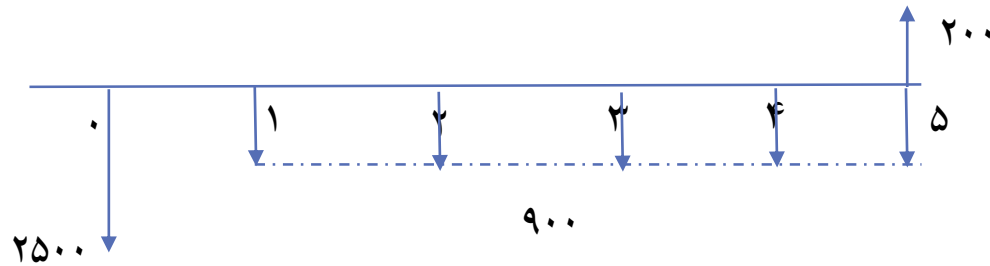
مثال: دو ماشین A و B را با اطلاعات زیر از طریق روش ارزش فعلی مقایسه نمایید.

حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ در سال در نظر گرفته می‌شود.

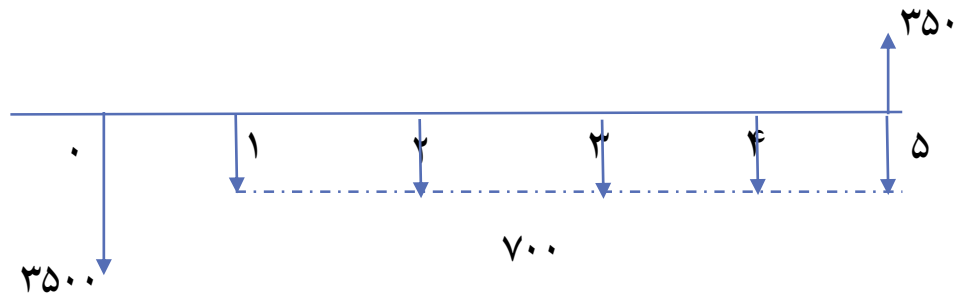
ماشین B	ماشین A	
۳۵۰۰	۲۵۰۰	هزینه اولیه
۷۰۰	۹۰۰	هزینه عملیاتی سالانه
۳۵۰	۲۰۰	ارزش اسقاطی
۵	۵	عمر مفید



حالت اول: عمر پروژه‌ها برابرند



ماشین A



ماشین B

$$PWC_A = 2500 + 900 \left(\frac{P}{A}, 10\%, 5 \right) - 200 \left(\frac{P}{F}, 10\%, 5 \right) = 5788$$

$$PWC_B = 3500 + 700 \left(\frac{P}{A}, 10\%, 5 \right) - 350 \left(\frac{P}{F}, 10\%, 5 \right) = 5936$$

ماشین A انتخاب می‌شود چون ارزش فعلی هزینه‌های آن کمتر از ماشین B است.



حالت دوم: عمر پروژه‌ها نابرابرند

دو پروژه A و B را در نظر بگیرید به طوری که:

عمر پروژه A برابر ۲ سال است.

عمر پروژه B برابر ۳ سال است.

- راه حل: جهت مقایسه این دو پروژه (با طول عمر نابرابر)، کوچکترین مضرب مشترک ($2 \times 3 = 6$) به عنوان طول عمر پروژه‌ها در نظر گرفته خواهد شد و کلیه هزینه‌ها و درآمدهای پروژه A برای سه دوره و کلیه هزینه‌ها و درآمدهای پروژه B، برای دو دوره تکرار خواهد شد. (فرض می‌شود تورم صفر است).

- **هزینه‌ها:** شامل هزینه اولیه، هزینه سالیانه

- **درآمدها:** شامل درآمد سالیانه و ارزش اسقاطی



حالت دوم: عمر پروژه‌ها نابرابرند

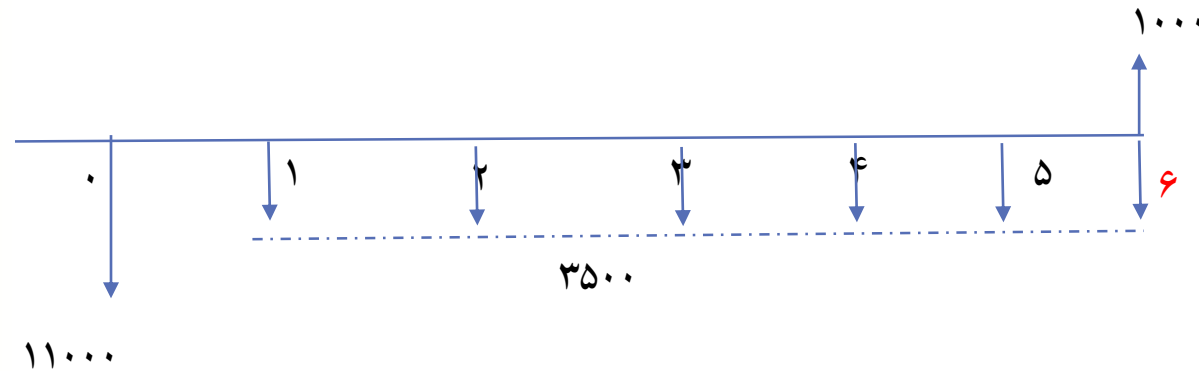
مثال: یک کارخانه تولیدی درمورد انتخاب یکی از دو ماشین A و B با مشخصات زیر در حال تصمیم‌گیری است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ در سال باشد، کدام ماشین باید انتخاب و خریداری شود؟

ماشین B	ماشین A	
۱۸۰۰۰	۱۱۰۰۰	هزینه اولیه
۳۱۰۰	۳۵۰۰	هزینه عملیاتی سالانه
۲۰۰۰	۱۰۰۰	ارزش اسقاطی
۹	۶	عمر مفید

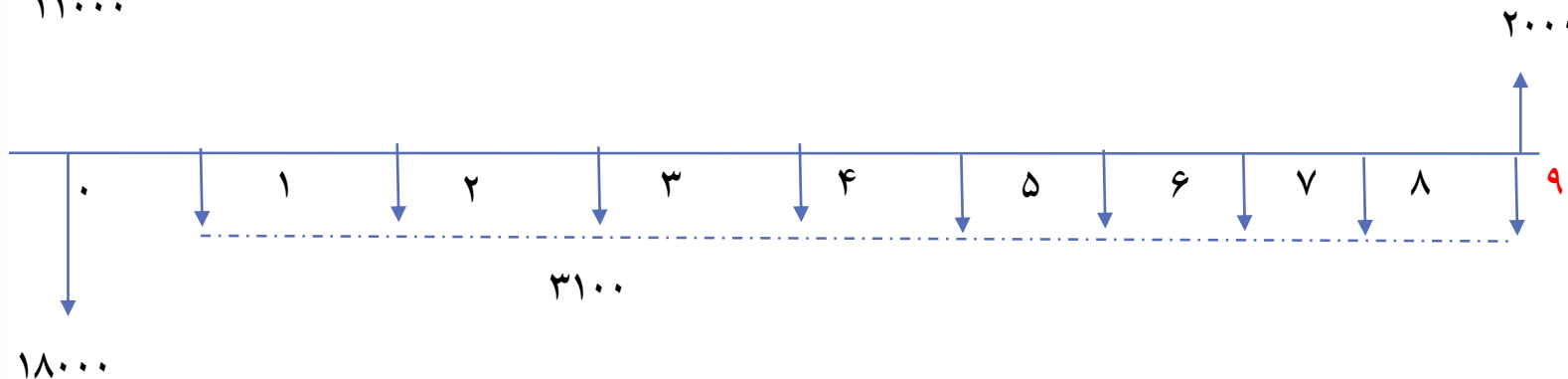


حالت دوم: عمر پروژه‌ها نابرابرند

- کوچکترین مضرب مشترک برابر ۱۸ است.

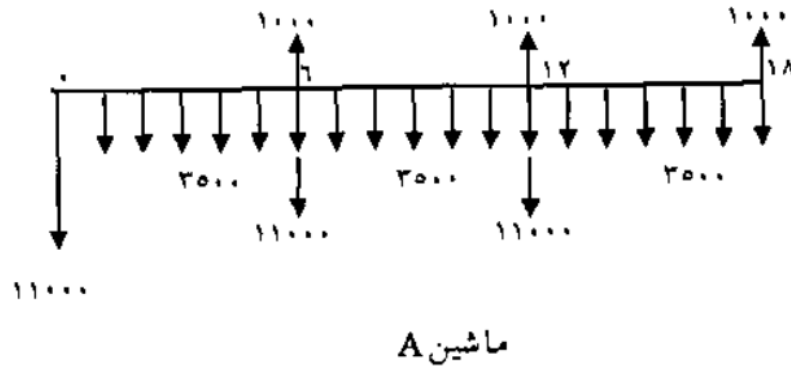


ماشین A

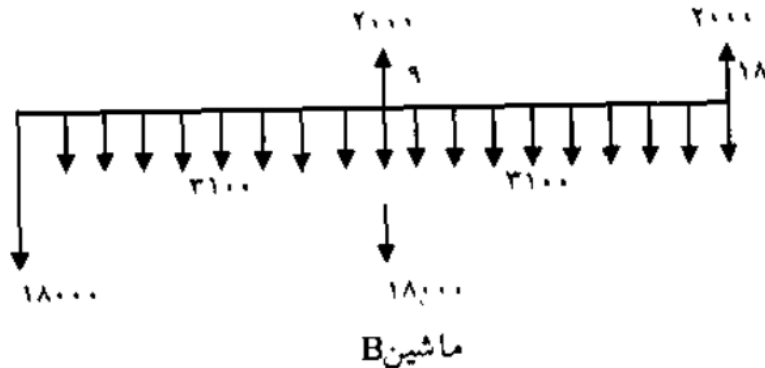


ماشین B

حالت دوم: عمر پروژه‌ها نابرابرند



$$\begin{aligned}
 PWC_A &= 11000 + 11000 \left(\frac{P}{F}, 15\%, 6 \right) \\
 &+ 11000 \left(\frac{P}{F}, 15\%, 12 \right) + 3500 \left(\frac{P}{A}, 15\%, 18 \right) \\
 &- 1000 \left(\frac{P}{F}, 15\%, 6 \right) - 1000 \left(\frac{P}{F}, 15\%, 12 \right) \\
 &- 1000 \left(\frac{P}{F}, 15\%, 18 \right) = 38559
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 PWC_B &= 18000 + 18000 \left(\frac{P}{F}, 15\%, 9 \right) \\
 &+ 3100 \left(\frac{P}{A}, 15\%, 18 \right) - 2000 \left(\frac{P}{F}, 15\%, 9 \right) \\
 &- 2000 \left(\frac{P}{F}, 15\%, 18 \right) = 41384
 \end{aligned}$$

ماشین A انتخاب می‌شود چون ارزش فعلی هزینه‌های آن کمتر از ماشین B است.



حالت سوم: عمر پروژه‌ها نامحدودند

- در تجزیه و تحلیل های دولتی شرایطی وجود دارد که یک خدمت برای دوره نامحدودی باید نگهداری شود. (مانند جاده ها، پل ها، خطوط انتقال آب و ...)

$$\lim_{n \rightarrow \infty} f(A/P, i, n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = i \quad \longrightarrow \quad A = P \times i \quad \longrightarrow \quad P = \frac{A}{i}$$

- P هزینه سرمایه‌ای یا هزینه سرمایه شده نام دارد. بدین ترتیب هزینه سرمایه‌ای مقدار پولی است که می‌بایست با نرخ بهره i درصد کنار گذاشته شود تا بتواند مخارج سالیانه (A) پروژه با عمر نامحدود را تأمین کند.
- **مثال:** چقدر باید با نرخ بهره ۵ درصد کنار گذاشته شود تا بتوان ۱۰۰۰ واحد پولی در سال برای هزینه سالیانه یک خدمت عمومی دائمی اختصاص داد.

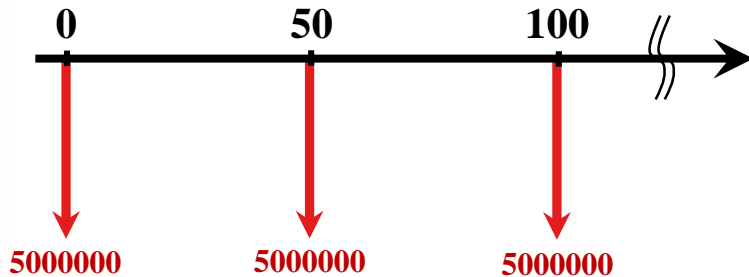
$$P = \frac{A}{i} = \frac{1000}{0.05} = 20000$$



حالت سوم: عمر پروژه‌ها نامحدودند

مثال: برای رساندن آب از ناحیه ای به یک شهر خط لوله ای طرح ریزی شده است. هزینه اولیه خط لوله ۵ میلیون واحد پولی و عمر انتظاری آن ۵۰ سال برآورد شده است. اگر قرار باشد از این لوله آب برای مدت نامحدودی استفاده شود و نرخ بهره سالانه ۱۰ درصد باشد، هزینه سرمایه ای چقدر خواهد بود؟

• روش اول:



$$P = 5000000 + \frac{5000000}{116.391} = 5042958.65$$

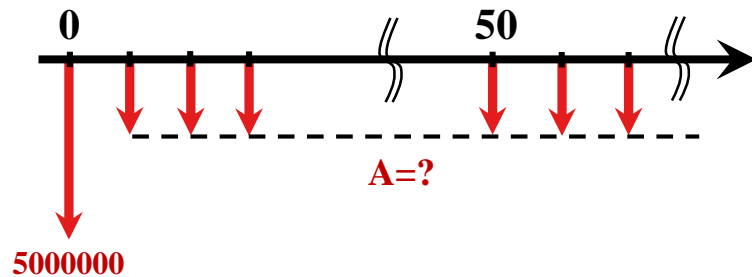
$$\text{نرخ مؤثر } 50 \text{ ساله} = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1 = \left(1 + \frac{500\%}{50}\right)^{50} - 1 = \left(1 + \frac{5}{50}\right)^{50} - 1 = 116.391$$



حالت سوم: عمر پروژه‌ها نامحدودند

• روش دوم:

سرشکن کردن هزینه سال
۵۰ ام روی ۵۰ سال قبل آن



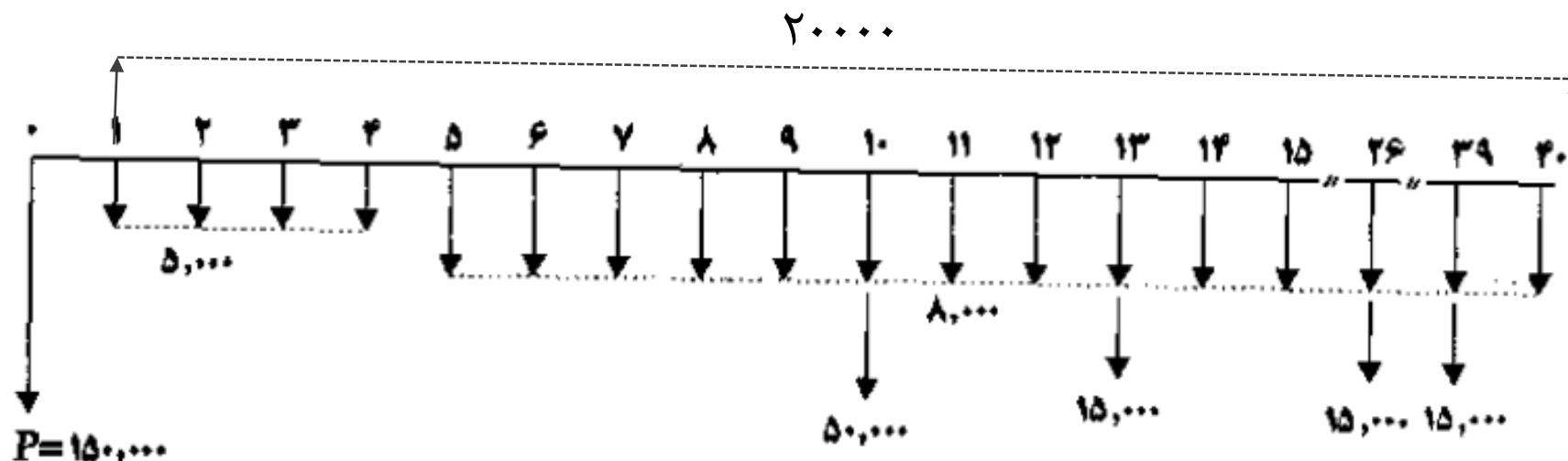
$$A = 5000000 f(A/F, 10\%, 50) = 5000000 \times 0.00086 = 4300$$

$$P = 5000000 + \frac{4300}{0.1} = 5043000$$



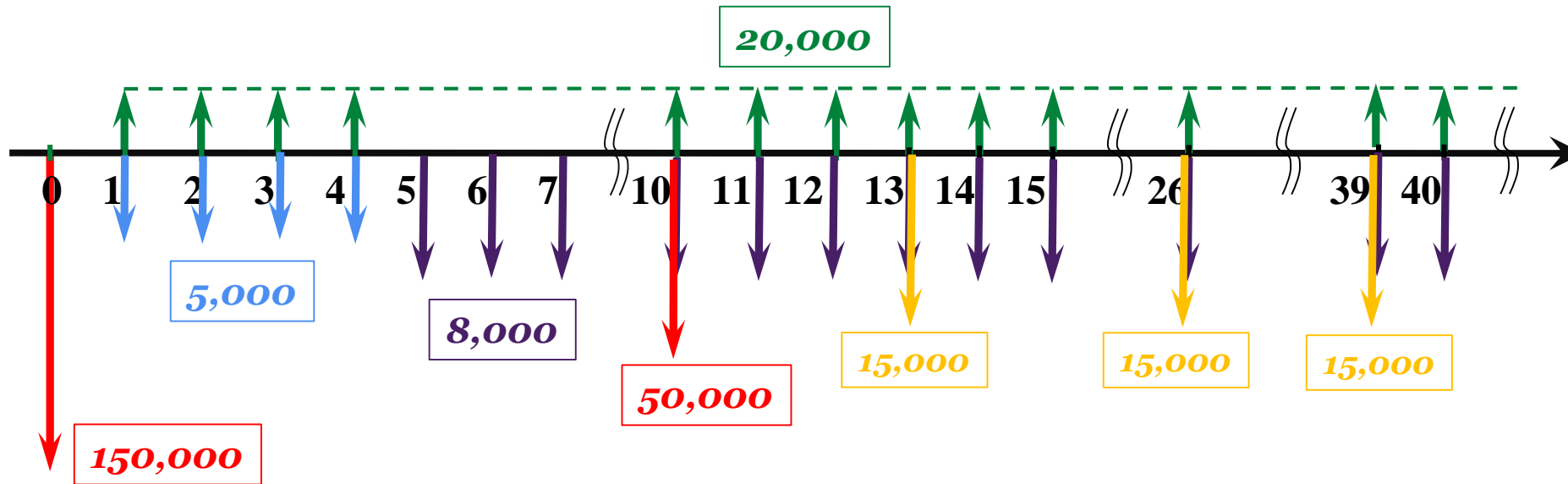
حالت سوم: عمر پروژه‌ها نامحدودند

مثال: یک سد کوچک دارای هزینه اولیه ۱۵۰.۰۰۰ واحد پولی و همچنین سرمایه گذاری جدیدی به مبلغ ۵۰.۰۰۰ واحد پولی در سال دهم خواهد داشت. هزینه سالیانه در چهار سال اول ۵.۰۰۰ واحد پولی و از سال پنجم به بعد ۸.۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. این سیستم هر ۱۳ سال یک بار نیاز به یک تعمیرات کلی دارد که مبلغ آن ۱۵۰.۰۰۰ واحد پولی پیش بینی میشود. اگر برای این پروژه نرخ بازگشت سرمایه ۵٪ را در نظر گرفته و پیش بینی شود درآمد سالیانه این پروژه ۲۰.۰۰۰ واحد پولی باشد، آیا ایجاد این سیستم آبیاری اقتصادی است؟





حالت سوم: عمر پروژه‌ها نامحدودند



$$PWB = \frac{A}{i} = \frac{20000}{0.05} = 400000$$



حالت سوم: عمر پروژه‌ها نامحدودند

$$PWC_1 = 150000 + 50000 \left(\frac{P}{F}, 5\%, 10 \right) = 180695$$

$$PWC_2 = \frac{A}{i} = \frac{15000 \left(\frac{A}{F}, 5\%, 13 \right)}{0.05} = 16940$$

$$PWC_3 = \frac{8000}{0.05} - 3000 \left(\frac{P}{A}, 5\%, 4 \right) = 149362$$

$$PWC_T = PWC_1 + PWC_2 + PWC_3 = 346997$$

$$NPW = PWB - PWC_T = 53005 > 0$$



مسائل چند گزینه‌ای

گزینه	شرح	کل سرمایه گذاری به اضافه زمین	بازده یکنواخت سالانه	ارزش نهایی در پایان
A	عاک			
B	فروشگاه میوه	۵۰۰,۰۰۰	۵۱,۰۰۰	۳۰۰,۰۰۰
C	پمپ بنزین	۹۵۰,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰	۳۰۰,۰۰۰
D	هتل کوچک	۱,۵۰۰,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰	۴۰۰,۰۰۰

مثال: شخصی با کمک یک مؤسسه‌ی مهندسی مشاور به دنبال این است که اگر قطعه زمین کوچکی با قیمت ۳۰۰.۰۰۰ واحد پولی خریداری کند، چه فعالیتی می‌تواند در آن انجام دهد. مشاورین چهار گزینه را پیشنهاد کرده‌اند. اگر حداقل نرخ جذاب ۱۰ درصد و عمر گزینه‌ها ۲۰ سال باشد، کدام سرمایه‌گذاری باید انتخاب شود؟

$$NPW_A = 0$$

$$NPW_B = -500000 + 51000 \times f(P/A, 10\%, 20) + 300000 \times f(P/F, 10\%, 20)$$

$$= -500000 + 51000 \times 8.514 + 300000 \times 0.1486 = -21206$$

$$NPW_C = -950000 + 105000 \times 8.514 + 300000 \times 0.1486 = -11450$$

$$NPW_D = -1500000 + 150000 \times 8.514 + 400000 \times 0.1486 = -163460$$

گزینه‌ی عاک
اقتصادی است.



روش جریان یکنواخت سالیانه



روش جریان یکنواخت سالیانه

- در این روش هزینه‌ها و درآمدها به پرداخت سالیانه یا دریافت سالیانه یکنواخت تبدیل می‌شوند.
- **مزیت:** در حالتی که عمر پروژه‌ها نابرابر باشند، نیازی به محاسبه عمر مشترک نیست.

Equivalent Uniform Annual Benefit (EUAB),

Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC)

- در این روش لزومی ندارد که عمرها را مساوی کنیم زیرا خودشان در محاسبات منطقاً مساوی می‌شوند.
- معیار اقتصادی بودن:
- اگر $NEUA \geq 0$ پروژه اقتصادی است و اگر $NEUA < 0$ پروژه اقتصادی نیست.



روش جریان یکنواخت سالیانه

مثال: شرکتی درصدد خریداری پنج خودرو است. قیمت اولیه هر خودرو ۵۵۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی آن پس از پنج سال ۲۵۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. هزینه بیمه، تعمیرات و ... برای همه خودروها در سال اول ۶۵۰۰ واحد پولی بوده و همه ساله ۵۰۰ واحد پولی افزایش می یابد. درآمد سالیانه حاصل از خودروها ۳۰۰۰۰ واحد پولی در سال پیش بینی می شود. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰ درصد برای شرکت باشد. آیا خرید خودروها اقتصادی است؟

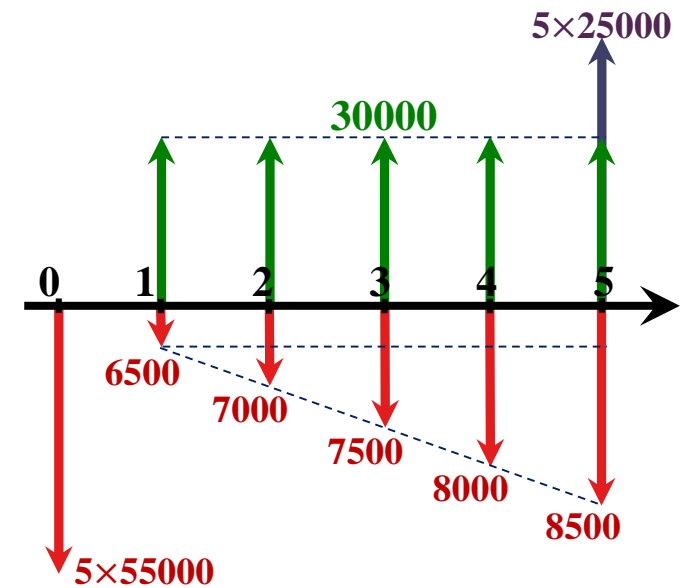
$$EUAC = 5 \times 55000 \times f(A/P, 10\%, 5) + 6500 + 500 \times f(A/G, 10\%, 5)$$

$$EUAB = 30000 + 5 \times 25000 \times f(A/F, 10\%, 5)$$

$$NEUA = EUAB - EUAC = -19475 < 0$$

↓

خرید خودروها صرفه اقتصادی ندارد.





روش جریان یکنواخت سالیانه

- مثال: دو ماشین A و B را با اطلاعات زیر از طریق روش جریان یکنواخت سالیانه مقایسه کنید.

$$\text{MARR} = 15\%$$

ماشین	هزینه اولیه	هزینه تعمیرات سالیانه	هزینه پرسنلی سالیانه	ارزش اسقاطی	عمر مفید
A	۳۵۰۰۰	۹۰۰	۱۲۰۰۰	۲۰۰۰	۶
B	۴۵۰۰۰	۴۰۰	۹۰۰۰	۲۵۰۰	۱۰

$$NEUA_A = 2000f(A/F, 15\%, 6) - 35000f(A/P, 15\%, 6) - 900 - 12000 = -21919.92$$

$$NEUA_B = 2500f(A/F, 15\%, 10) - 45000f(A/P, 15\%, 10) - 400 - 9000 = -18243.125$$

$$NEUA_A < NEUA_B$$



خرید ماشین B
اقتصادی است.



روش جریان یکنواخت سالیانه

- مثال: دو ماشین A و B را با اطلاعات زیر از طریق روش جریان یکنواخت سالیانه مقایسه کنید.

$$\text{MARR} = 18\%$$

ماشین	هزینه اولیه	هزینه عملیاتی سالیانه	هزینه تعمیرات سالیانه	هزینه هر دو سال یکبار	هزینه هر پنج سال یکبار	ارزش اسقاطی	عمر مفید
A	۴۴۰۰۰	۷۰۰۰	۲۱۰	–	۲۵۰۰	۴۰۰۰	۱۵
B	۲۳۰۰۰	۹۰۰۰	۳۵۰	۱۹۰۰	–	۳۰۰۰	۸

$$NEUA_A = 4000f(A/F, 18\%, 15) - 44000f(A/P, 18\%, 15) - 7000 - 210 - 2500f(A/F, 18\%, 5) = -16135.45$$

$$NEUA_B = 3000f(A/F, 18\%, 8) - 23000f(A/P, 18\%, 8) - 9000 - 350 - 1900f(A/F, 18\%, 2) = -15666.37$$

$\Rightarrow NEUA_A < NEUA_B$ خرید ماشین B اقتصادی است.