



دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی معدن

درس اقتصاد معدنی

دکتر محسن طاهری مقدر

زمستان ۱۳۹۴



تکنیک های ارزیابی اقتصادی

تکنیک های اقتصاد مهندسی

تکنیک های متعددی وجود دارد که می توان آنها را به دو دسته اصلی تقسیم کرد:

1. روشهای تنزیلی – Discounting Methods یا روشهای DCF

2. روشهای غیر تنزیلی Nondiscounting Methods

روشهای DCF

- ارزش یک پروژه برابر است با ارزش جریان های نقدی (یا دیگر سود های خالص) پروژه منهای سرمایه (یا هزینه های) مورد نیاز.
- به هر حال در این رابطه زمان نقش اساسی دارد.
- از روش های مختلفی مانند ارزش آینده، ارزش خالص فعلی (NPV)، نرخ بازگشت داخلی (IRR) و نسبت سود به هزینه استفاده می شود.
- در ارزیابی پروژه ها دو روش **NPV** و **IRR** متداول هستند.

تکنیک های ارزیابی اقتصادی

- روش ارزش فعلی Present Value Method ✓
- روش یکنواخت سالیانه Equivalent Uniform Annual Cost (Benefit)
- روش نرخ بازگشت سرمایه Rate of Return ✓
- روش نسبت منافع به مخارج Benefit to Cost Method
- سایر روشها:
- - روش دوره بازگشت سرمایه Payback Period ✓
- - روش ارزش آینده Future Value

۵

روش ارزش فعلی خالص

$$NPV = PVB - PVC$$

Net Present Value

NPV : ارزش خالص فعلی

Present Value of Benefits

PVB : ارزش فعلی درآمدها

Present Value of Costs

PVC : ارزش فعلی هزینه‌ها

• نحوه تصمیم‌گیری:

$$NPV < 0$$

- پروژه غیراقتصادی است اگر

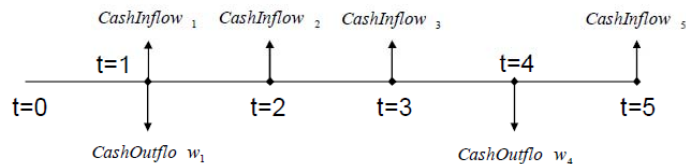
$$NPV = 0 \text{ یا } NPV > 0$$

- پروژه اقتصادی است اگر

- در صورتیکه فقط اطلاعات هزینه ای طرح را داشته باشیم، پروژه‌ای اقتصادی‌تر است که PVC آن کمتر باشد.
- مقایسه اقتصادی پروژه ها از طریق ارزش فعلی بستگی به عمر مفید طرح و افق زمانی تصمیم گیر دارد.
- افق زمانی تصمیم گیر مدت زمانی است که سرمایه گذار انتظار دارد از طرح مورد نظر استفاده نماید.

۶

ارزش فعلی خالص (NPV)



$$(PV_{CashInflows}) = \frac{CashInflow_1}{(1+r)} + \frac{CashInflow_2}{(1+r)^2} + \frac{CashInflow_3}{(1+r)^3} + \frac{CashInflow_5}{(1+r)^5}$$

$$(PV_{CashOutflows}) = \frac{CashOutflow_1}{(1+r)} + \frac{CashOutflow_4}{(1+r)^4}$$

$$NPV = PV_{CashInflows} - PV_{CashOutflows}$$

۷

روش ارزش فعلی خالص

- در این روش، جریان نقدی (درآمدها و هزینه ها) بر پایه زمان وقوع (درآمد یا هزینه) به نرخ روز تنزیل می شود. به این ترتیب در جریان نقدینگی، ارزش زمان انجام هزینه یا به دست آمدن درآمد نیز لحاظ می شود.
- روش ارزش خالص فعلی ابتدا تمامی درآمدهای آینده با یک نرخ تنزیل مناسب به معادل درآمدها در زمان شروع پروژه تبدیل و سپس سرمایه اولیه مورد نیاز پروژه از آن کسر می شود. عدد به دست آمده به عنوان شاخص NPV در مقایسه ها شناخته می شود.

$$NPV = -C_0 + \sum_{k=1}^n (P_k - C_k) \left(\frac{P}{F}, i\%, k \right) + S_v \left(\frac{P}{F}, i\%, n \right)$$

عمر طرح (above the sum)
 سرمایه اولیه (above -C₀)
 استهلاك پذير (below -C₀)
 درآمد (above P_k)
 هزینه (above C_k)
 ارزش اسقاطی سرمایه اولیه (above S_v)

ارزش فعلی خالص (NPV)

$if\ NPV > 0$ طرح دارای توجیه اقتصادی جهت پذیرش است

$if\ NPV < 0$ طرح فاقد توجیه اقتصادی جهت پذیرش است

$if\ NPV = 0$ بی تفاوتی نسبت به پذیرش و یا عدم پذیرش طرح

انواع پروژه ها

Independent Projects پروژه های مستقل

- طرحهایی که تصمیم گیری در مورد رد یا قبول یک طرح، تاثیری در رد یا قبولی طرحهای دیگر ندارد.
- مانند طراحی و تولید یک محصول جدید، مکانیزه کردن فرآیندهای دستی.
- البته در این حالت فرض بر این است که محدودیت سرمایه وجود ندارد.

Mutually Exclusive پروژه های ناسازگار

- طرحهایی که با انتخاب یک طرح برای اجرا، نیازی به انجام سایر طرحها نمی باشد.
- مانند انتخاب یک ماشین از بین چندین ماشین که همه یک محصول را تولید می کنند.

حالت اول: عمر پروژه ها با یکدیگر و افق زمانی تصمیم گیر برابر است

- این ساده ترین حالت است که در آن عمر مفید طرحها با یکدیگر برابر است و افق زمانی تصمیم گیر نیز با آن برابر می باشد.
- در این حالت ارزش فعلی خالص هر یک از طرحها محاسبه و طرحی که دارای بیشترین ارزش فعلی است انتخاب می شود.

- دو ماشین A و B را با اطلاعات زیر از طریق ارزش فعلی مقایسه نمایید. فرض کنید حداقل نرخ جذب کننده 10٪ در سال باشد و انتظار می رود 5 سال از این ماشین استفاده شود.

ماشین نوع B	ماشین نوع A	
3500	2500	هزینه اولیه
700	900	هزینه عملیاتی سالانه
350	200	ارزش اسقاطی
5	5	عمر مفید

مثال

در این مثال اطلاعات درآمد وجود ندارد و با فرض اینکه بازده هر دو ماشین یکسان باشد، لذا درآمدهایشان نیز یکسان بوده و برای مقایسه اقتصادی آنها از ارزش فعلی هزینه ها استفاده می شود.

$$PVC_A = 2500 + 900(P/A, 10\%, 5) - 200(P/F, 10\%, 5) = 5788$$

$$PVC_B = 3500 + 700(P/A, 10\%, 5) - 350(P/F, 10\%, 5) = 5936$$

بنابراین ماشین A بدلیل ارزش فعلی هزینه های کمتر انتخاب خواهد شد.

مثال

- یک کارخانه سازنده ماشین آلات، خرید یک جرثقیل سقفی را بررسی می کند. هزینه اولیه این جرثقیل ۴۸,۰۰۰ با ارزش اسقاطی ۵,۰۰۰ بعد از ۴ سال است. درآمد سالانه حاصل از این جرثقیل ۱۵,۰۰۰ واحد پولی و هزینه های تعمیرات و نگهداری سالانه ۳,۵۰۰ واحد پولی پیشنهاد شده است. اگر کارخانه در جستجوی نرخ بازگشت سرمایه ۲۰٪ در سال باشد آیا خرید این جرثقیل را توصیه می کنید؟

- حل: ارزش فعلی این جرثقیل براساس درآمد عبارت است از:

$$NPV = -48,000 - 3,500 \cdot (P/A, \%20, 4) + 15,000 \cdot (P/A, \%20, 4) + 5,000 \cdot (P/F, \%20, 4)$$

$$= -15,820$$


از آنجا که $NPV < 0$ است خرید جرثقیل توصیه نمی شود. البته باید توجه داشت که در نرخ موردانتظار کارخانه، یعنی ۲۰٪، طرح جرثقیل غیراقتصادی است ولی اگر کارخانه نرخ بازگشت سرمایه موردانتظار را کاهش دهد، جذابیت طرح از نظر اقتصادی بیشتر می شود.

مثال ۲: یک شرکت حمل و نقل مواد معدنی قرارداد حمل سالانه ۱۰۰ هزار تن سیلیس را برای مدت ۵ سال منعقد کرده است. این شرکت برای اجاره لودر استعلام های مختلفی دریافت کرده است. پایین ترین رقم ارائه شده ۱۰,۰۰۰ ریال بر تن است. چنانچه شرکت با دریافت وام بانکی با نرخ بهره ۲۵٪ موفق به خرید یک دستگاه لودر به قیمت ۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال شود با توجه به اینکه ارزش اسقاطی لودر در پایان قرارداد ۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال شود و هزینه های جاری لودر شامل حقوق راننده، ماهیانه ۱۵,۰۰۰,۰۰۰ ریال و هزینه تعمیر و نگهداری و سوخت و روغن مصرفی به ازای هر تن بارگیری ماده معدنی ۱,۲۰۰ ریال بر تن باشد، به موارد زیر پاسخ دهید.

الف) آیا خرید لودر را به شرکت توصیه می کنید؟
ب) با چه مقدار اجاره خرید یا اجاره فرقی نمی کند؟
* طرح معافیت مالیاتی دارد.

	۱۰۰,۰۰۰ تن	ظرفیت طرح
	۵ سال	مدت طرح
	۱۰,۰۰۰ ریال بر تن	۱- هزینه اجاره لودر
بهره ۲۵٪	۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۲- وام بلند مدت خرید لودر
	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	قیمت اسقاط لودر بعد از ۵ سال
	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	هزینه جاری ثابت
	۱۲۰۰ ریال بر تن	هزینه جاری متغیر

فرض:
 صرفه جویی پرداخت اجاره = سود
 هزینه های جاری - هزینه اجاره =



دانشگاه تهران
پیشرفت از یادگاری

۷- تکنیک های ارزیابی اقتصادی

درس اقتصاد معدنی
دکتر محسن طاهری مقدم

حل الف) ریال

در این پروژه درآمد داده نشده است اما در مقایسه بین دو طرح صرفه جویی پرداخت کرایه به عنوان درآمد منظور شده است.

$C_c = 2,000,000,000$ هزینه سرمایه گذاری

$P_t = 1,000,000$ هزینه ثابت

$F_c = 15,000,000 \times 12 = 180,000,000$ اجاره لودر=درآمد

$V_c = 1,200 \times 100,000 = 120,000,000$ هزینه متغیر

$C = F_c + V_c = 180,000,000 + 120,000,000 = 300,000,000$ مجموع هزینه ها

$S_v = 1,000,000,000$ قیمت اسقاط

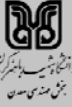
$NPV = -C_c + (P - C)(P/A, i\%, n) + S_v(P/F, i\%, n)$

با توجه به اینکه درآمدها و هزینه ها در سالهای مختلف طرح یکسان هستند، لذا می توان نوشت:

$$NPV = -2,000,000,000 + (1,000,000,000 - 300,000,000)(P/A, 25\%, 5) + 1,000,000,000(P/F, 25\%, 5) = 210,000,000$$

۰/۳۲۷۷ ۲/۶۸۹

چون NPV مثبت است خرید لودر توصیه می شود.



دانشگاه تهران
پیشرفت از یادگاری

۷- تکنیک های ارزیابی اقتصادی

درس اقتصاد معدنی
دکتر محسن طاهری مقدم

روش دیگر حل مسئله مقایسه بین مقدار دو روش اجرای پروژه به شرح زیر است:

۱- اجاره ۲- خرید

$PVC_1 = -1,000,000,000(P/A, 25\%, 5) = -2,689,000,000$

$PVC_2 = -2,000,000,000 - 300,000,000(P/A, 25\%, 5) + 1,000,000,000(P/F, 25\%, 5) = -2,479,000,000$

چون مقدار عددی PVC خرید بیشتر از مقدار عددی PVC اجاره است پس خرید اقتصادی تر است.

ب) مقدار اجاره لودر را مجهول فرض می کنیم و با مساوی قرار دادن مقدار عددی NPV خرید با مقدار عددی NPV اجاره، قیمت اجاره ای نقطه بی تفاوتی خرید یا اجاره لودر بدست می آید.

$$\begin{aligned}
 & \text{اجاره} \qquad \qquad \qquad \text{خرید} \\
 & \underbrace{\hspace{10em}} \qquad \qquad \qquad \underbrace{\hspace{10em}} \\
 & -100,000X \times (P/A, \%25,5) = -2,000,000,000 - 300,000,000(P/A, \%25,5) + 1,000,000,000(P/F, \%25,5) \\
 & X = 9,220 \text{ ریال}
 \end{aligned}$$

حالت دوم: عمر پروژه‌ها نابرابر است

- روش مقایسه چند پروژه از طریق ارزش فعلی با عمرهای نابرابر مانند حالت قبل است، با این تفاوت که پروژه‌ها با عمرهای برابر مقایسه شوند. به عبارت دیگر باید عمر مشترکی را برای دو یا چند پروژه انتخاب و ارزش فعلی پروژه‌ها را بر اساس عمر مشترک محاسبه کرد. به عنوان مثال اگر عمر پروژه A، ۲ سال و عمر پروژه B، ۳ سال باشد، عمر مشترک یا کوچکترین مضرب مشترک عمرها مینا قرار خواهد گرفت. کلیه هزینه‌ها و درآمدهای پروژه A برای سه دوره و پروژه B برای دو دوره تکرار خواهند شد. هزینه‌ها شامل هزینه اولیه و هزینه‌های سالیانه و درآمدها شامل درآمدهای سالیانه و ارزش اسقاطی هستند.

مثال

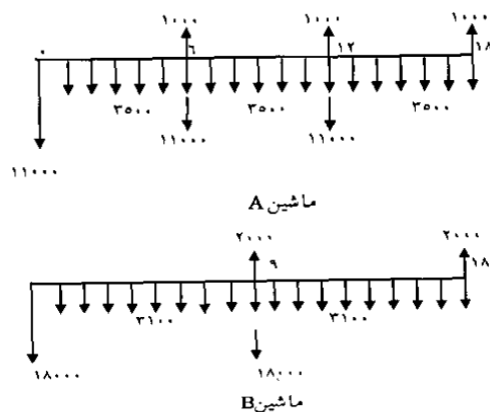
یک کارخانه تولیدی در مورد انتخاب یکی از دو ماشین A و B با مشخصات زیر در حال تصمیم‌گیری است:

نوع B	نوع A	
۱۸,۰۰۰	۱۱,۰۰۰	هزینه اولیه
۳,۱۰۰	۳,۵۰۰	هزینه عملیاتی سالانه
۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	ارزش اسقاطی
۹	۶	عمر مفید

کدام یک از دو ماشین A و B باید انتخاب و خریداری شود، اگر حداقل نرخ جذب کننده کارخانه تولیدی ۱۵٪ در سال باشد.

۲۱

حل: با توجه به متفاوت بودن عمرها باید کوچکترین مضرب مشترک آنها یعنی ۱۸ سال، عمر مشترک پروژهها قرار گیرد و همانطور که در فرآیند مالی دو ماشین در ذیل نمایش داده شده است، هزینه‌ها و ارزش اسقاطی برای سه دوره در ماشین A و دو دوره در ماشین B تکرار شده‌اند:



۲۲

$$PVC_A = 11,000 + 11,000 (P/F, \%, 15, 6) - 1,000 (P/F, \%, 15, 6) \\ + 11,000 (P/F, \%, 15, 12) - 1,000 (P/F, \%, 15, 12) \\ - 1,000 (P/F, \%, 15, 18) + 3,500 (P/A, \%, 15, 18)$$

$$PVC_A = 38,559$$

$$PVC_A = 18,000 + 18,000 (P/F, \%, 15, 9) - 2,000 (P/F, \%, 15, 9) \\ - 2,000 (P/F, \%, 15, 18) + 3,100 (P/A, \%, 15, 18)$$

$$PVC_B = 41,384$$

ارزش فعلی دو ماشین با عمر مشترک بر اساس هزینه‌ها نشان می‌دهد که $PVC_A < PVC_B$ است. ماشین A اقتصادی‌تر از ماشین B می‌باشد. بنابراین ماشین A باید خریداری گردد.

روش نرخ بازگشت سرمایه IRR

- اندازه نرخ بهره ای است که بتواند بین رقم هزینه سرمایه ای هر پروژه و درآمدهای سال های بهره برداری و هزینه های جاری اجرای آن و نهایتاً مقدار ارزش دفتری باقیمانده در پایان دوره بهره برداری تعادل ایجاد کند و با آن رقم نرخ بهره، مقدار NPV صفر شود.

- به بیان دیگر:

$$NPV=0 \Rightarrow PVB-PVC=0 \Rightarrow PVB=PVC$$

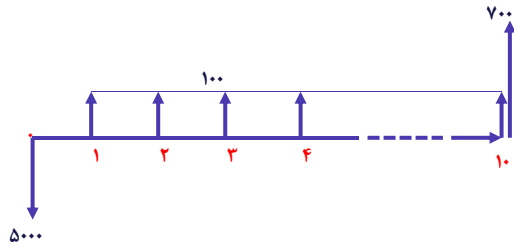
$$NPV = -C_c + \sum \frac{P_k}{(1+i)^k} + \frac{S_v}{(1+i)^n} = 0 \Rightarrow i = IRR, k=1, \dots, n$$

- نحوه تصمیم گیری

- اگر $IRR > MARR$ آنگاه طرح اقتصادی است.
- اگر $IRR < MARR$ آنگاه طرح غیر اقتصادی است.

مثال

- فرآیند مالی طرحی به شرح زیر است. نرخ بازگشت سرمایه چقدر است؟



$$NPV = 0 \Rightarrow -5,000 + 1,000 \cdot (P/A, i\%, 10) + 7,000 \cdot (P/F, i\%, 10) = 0$$

۲۵

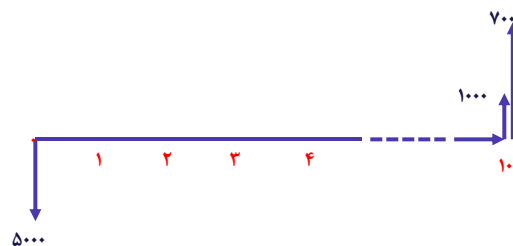
برای محاسبه نرخ بازگشت سرمایه (i) در رابطه فوق از روش سعی و خطا استفاده می شود.

– مقادیر مختلف در رابطه قرار داده می شود تا حاصل عبارت برابر با صفر شود.

– تخمین یک مقدار اولیه برای i:

- تبدیل رابطه فوق به رابطه ای با یک فاکتور

- در این مثال درآمدهای ۱۰۰ هزار تومانی در هر سال به سال دهم منتقل می شود.



26

$$NPV = -5,000 + 8,000 \cdot (P/F, \%i, 10) = 0 \Rightarrow (P/F, \%i, 10) = 0.625$$

با مراجعه به جدول فاکتورها ملاحظه می شود که $i < 5\% < i < 4.5\%$. به این ترتیب با مقدار اولیه $i = 5\%$ ارزش فرآیند مالی اصلی را بدست می آوریم:

$$NPV = -5,000 + 100 \cdot (P/A, \%5, 10) + 7,000 \cdot (P/F, \%5, 10) = 69/46$$

با توجه به مثبت بودن ارزش فعلی، باید مقدار i را بزرگتر در نظر گرفت، لذا قرار می دهیم:

$$NPV = -5,000 + 100 \cdot (P/A, \%6, 10) + 7,000 \cdot (P/F, \%6, 10) = -355/19$$

i	NPV
5%	69/46
X	0
6%	-355/19

$$IRR = i = 5.16\%$$

بنابراین:

27

روش نسبت منافع به مخارج

- نسبت منافع به مخارج بیشتر برای پروژه های دولتی استفاده می شود.
- $B/C = (\text{منافع} - \text{ضررها}) / (\text{مخارج یا هزینه ها})$
- در صورت وجود ارزش اسقاطی، مقدار آن در مخارج کسر از هزینه ها کسر می شود.
- روش ارزش فعلی:

$$(B/C) = (\text{ارزش فعلی منافع} / \text{ارزش فعلی مخارج}) = PVB / PVC$$

28

روش نسبت منافع به مخارج

- نحوه تصمیم گیری:
 - اگر $B/C \geq 1$ آنگاه پروژه اقتصادی است.
 - اگر $B/C < 1$ آنگاه پروژه اقتصادی نمی باشد.
- هزینه:
 - منابعی که مستقیماً برای ایجاد و نگهداری طرح مذکور مصرف می شود.
- منافع:
 - درآمدهایی که در اثر ایجاد طرح حاصل می شود.
- ضرر:
 - منافی که در اثر ایجاد طرح از بین رفته و مستقیماً مربوط به طرح نمی باشد.

29

روش دوره بازگشت سرمایه Payback period

- هر سرمایه گذار با توجه به شرایط ویژه خود حداقل نرخ بهره ای را مشخص می کند و محاسبات خود را بر اساس همان درصد بهره مشخص می کند و برای او در امر انتخاب بین فرصت های سرمایه گذاری، پارامتر مدت برگشت سرمایه با نرخ مورد انتظار مهم است.
- این روش در منابع مختلف از دو دیدگاه مطرح شده است. اساس این روشها تعیین n با معلوم بودن سایر پارامترهاست.

روش دوره بازگشت سرمایه Payback period دیدگاه اول

- این روش دوره بازگشت سرمایه را بدون لحاظ کردن ارزش زمانی پول و نگاه به مانده سرمایه گذاری انجام شده پایان دوره (ارزش دفتری سرمایه در سال n) محاسبه می کند.
- هدف محاسبه تعیین سنواتی است که عایدی بتواند با سرمایه گذاری اولیه برابری کند.
- این سنوات دوره بازگشت سرمایه به حساب آورده می شود و چنین عنوان می شود که طرح طی n سال آورده شده را جبران کرده است.

$$-C_c + \sum_{j=1}^{n'} (CF)_j = 0$$

- از این روش برای مقایسه طرح هایی که در ارزیابی با سایر روش ها نتایج یکسانی داشته اند.

سال	2012	2013	2014	2015	2016
ورود			4,000,000	5,000,000	5,000,000
خروجی	2,000,000	3,000,000	1,000,000	1,500,000	1,500,000
جریان نقدی	-2,000,000	-3,000,000	3,000,000	3,500,000	3,500,000
جریان نقدی تجمعی	-2,000,000	-5,000,000	-2,000,000	1,500,000	5,000,000

روش دوره بازگشت سرمایه Payback period دیدگاه دوم

- با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و برابر صفر قرار دادن ارزش خالص فعلی هر طرح، مقدار n حاصله دوره بازگشت طرح را می دهد. به این مقدار n دوره بازگشت پویا **Dynamic payback period** گفته می شود.
- **نکته:** در بسیاری از پروژه ها NPV با هیچ رقمی از مقادیر n منفی نمی شود. چرا که هر اندازه مقدار n کاهش می یابد مقدار S_V افزایش می یابد. و جبران کسری عایدات سنوات را می کند.

سال	2012	2013	2014	2015	2016
ورودی			4,000,000	5,000,000	5,000,000
خروجی	2,000,000	3,000,000	1,000,000	1,500,000	1,500,000
جریانات نقدی	-2,000,000	-3,000,000	3,000,000	3,500,000	3,500,000
جریانات نقدی تنزیل شده	-1,600,000	-1,920,000	1,536,000	1,433,600	1,146,880
جریانات نقدی تجمعی تنزیل شده	-1,600,000	-3,520,000	-1,984,000	-550,400	596,480

مثال

• دوره بازگشت سرمایه در دو طرح زیر را تعیین نمایید:

طرح B	طرح A	
3000	2000	هزینه اولیه
600	450	درآمد سالیانه
700	100	ارزش اسقاطی
6	6	عمر مفید

سال A = $2000 / 450 = 4.4$ = دوره بازگشت سرمایه طرح A

سال B = $3000 / 600 = 5$ = دوره بازگشت سرمایه طرح B

35

نکاتی درباره روش دوره بازگشت سرمایه

- روش دوره بازگشت سرمایه با روشهای تشریح شده قبلی تفاوتهایی دارد که باید مورد توجه قرار گیرند:
 - این روش، یک روش تقریبی است نه یک روش صحیح و کامل برای تحلیل اقتصادی
 - کلیه هزینه ها و درآمدها بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول مورد استفاده قرار گرفته اند.
 - پارامترهای مهم در سرمایه گذاری از قبیل ارزش اسقاطی، عمر مفید، استهلاک و مالیات مورد استفاده قرار نمی گیرند.
- با توجه به موارد مذکور، نتیجه حاصل از این روش غالباً صحیح نیست و با روشهای دیگر متفاوت است.

36