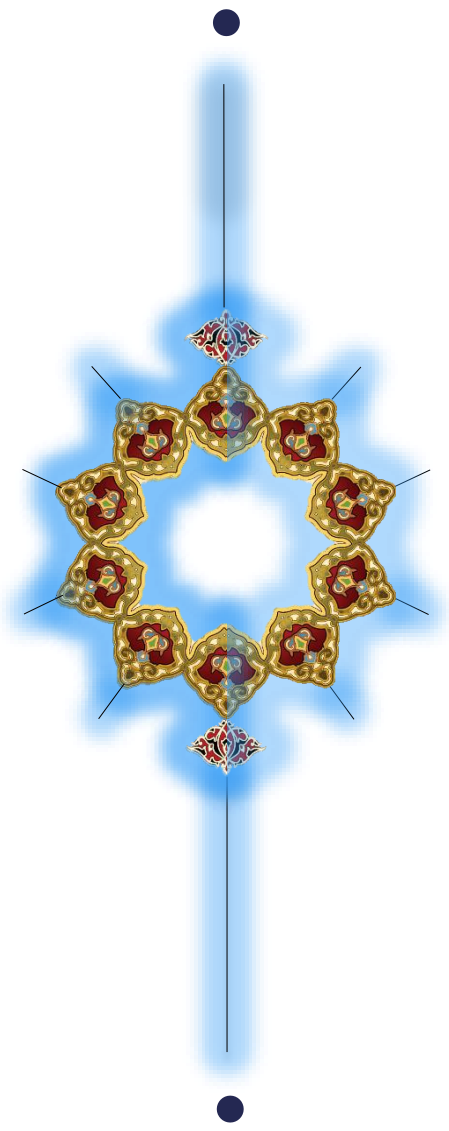


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





# اقتصاد و مدیریت صنعتی

## بخش دوم

### اقتصاد مهندسی

## روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها

مدرس: زهره قاسمی



## تحلیل نسبت سود به هزینه (منافع به مخارج)

- بیشتر پروژه‌هایی که تاکنون مورد بررسی قرار گرفت، پروژه‌های بخش خصوصی بودند که در آنها سرمایه‌گذار انتظار دارد پس از مدت معینی درآمد حاصل از سرمایه‌گذاری به وی بازگشت داده شود.
- انواع دیگری از پروژه‌ها وجود دارد که درآمد حاصل از آنها به سرمایه‌گذار نمی‌رسد.
- جاده‌ای را در نظر بگیرید که دولت تصمیم دارد به منظور کاهش بروز تصادفات با صرف هزینه‌ای به روسازی آن بپردازد.
- سرمایه‌گذار در این طرح دولت است ولی سود حاصل از این سرمایه‌گذاری متوجه مردم است.



## نسبت منافع به مخارج (Benefit-Cost Ratio)

- این روش تجزیه و تحلیل بیشتر در پروژه های دولتی بکار می رود.

- این روش تنها مختص پروژه های دولتی نیست و می توان از آن در ارزیابی اقتصادی طرح های خصوصی نیز استفاده کرد ولی کاربرد عمده آن در ارزیابی طرح های عام المنفعه است که درآمدهای حاصل از آن به دست مردم می رسد.

- اساس این روش بر این است که:

$PWB$  ارزش فعلی منفعت ها

$PWC$  ارزش فعلی هزینه ها

- « منافع برای هر کس که می خواهد باشد، باید از هزینه ها بیشتر باشد. »

شرط اقتصادی  
بودن در روش  
ارزش فعلی

$$PWB - PWC \geq 0 \Rightarrow PWB \geq PWC \Rightarrow \frac{PWB}{PWC} \geq 1$$

- نکته:  $C$  باید بزرگتر از صفر باشد. یعنی اگر  $C$  منفی باشد (پروژه سرمایه گذاری نباشد) فرمول به هم می ریزد.



## نسبت منافع به مخارج

- بطور کلی فرآیند مالی پروژه‌های دولتی از سه جریان هزینه‌ها (مخارج)، منافع و ضررها تشکیل شده است.
- اجرای یک طرح دولتی هزینه یا مخارجی برای دولت در پی دارد، در عوض منافی برای دولت و مردم به همراه دارد.
- همچنین اجرای برخی از طرح‌ها می‌تواند برای گروهی از مردم همراه با ضرر باشد.
- با توجه به توضیحات، اکنون می‌توان فرمولی برای روش تحلیل نسبت به مخارج ارائه داد:
$$\frac{B}{C} = \frac{\text{منافع} - \text{ضررها}}{\text{هزینه‌ها}}$$
- در مورد ارزش اسقاط باید توجه نمود که مقدار ارزش اسقاطی چون بخشی از هزینه‌ی اولیه خرید را جبران می‌نماید، باید از مقدار هزینه‌ها کم شود:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{منافع} - \text{ضررها}}{\text{هزینه‌ها} - \text{ارزش اسقاطی}}$$



## مثال اول

• احداث راه با  $MARR = 10\%$

عمر	افزایش درآمد سالیانه کشاورزان	ضرر سالیانه به کشاورزان	عوارض سالیانه (دریافت از مردم)	هزینه اولیه ایجاد راه
40	155.000	500	2000	1.000.000

مخارج : C

ضرر : B

ضرر : B

منافع : B

با استفاده از روش ارزش فعلی :

$$\frac{B}{C} = \frac{155000f(P/A, 10\%, 40) - (2000 + 500)f(P/A, 10\%, 40)}{1000000} = 1.49 > 1$$

طرح احداث راه اقتصادی است.

با استفاده از روش جریان یکنواخت سالیانه:

$$\frac{B}{C} = \frac{155000 - (2000 + 500)}{1000000f(A/P, 10\%, 40)} = 1.49 > 1$$

طرح احداث راه اقتصادی است.





## مثال دوم

• احداث بزرگراه با  $MARR = 10\%$  و عمر ۲۰ سال:

مخرج	هزینه اولیه ۱,۰۰۰,۰۰۰ واحد پول به عنوان هزینه ایجاد
منافع	درآمد سالیانه ۱۵۰,۰۰۰ واحد پول تحت عنوان عبور
مخرج	هزینه سالیانه ۵۰,۰۰۰ واحد پول تحت عنوان لایروبی کانالها در بزرگراه
ضرر	ضرر سالیانه ۳۰,۰۰۰ واحد پول برای کشاورزان به دلیل تبدیل زمین کشاورزی به بزرگراه
منافع	درآمد سالیانه ۱۰۰,۰۰۰ واحد پول برای کشاورزان به دلیل ارتباط نزدیکتر به شهر و فروش محصولات کشاورزی

با استفاده از روش جریان یکنواخت سالیانه:

$$\frac{B}{C} = \frac{EUAB}{EUAC} = \frac{100000 + 150000 - 30000}{1000000 \left( \frac{A}{P}, 10\%, 20 \right) + 50000} = 1.3135 \geq 1$$

طرح احداث راه اقتصادی است.



## مثال سوم

- در یک شهر در سال‌های اخیر چند تصادف رخ داده است و تخمین زده می‌شود که چراغ راهنمایی می‌تواند مزایایی معادل ۵۵۰۰۰ دلار در کاهش از دست دادن اموال و صدمات جبران ناپذیر در هر سال به همراه داشته باشد که این مزایا سالانه منافع : B
- ۲۵۰۰ دلار افزایش می‌یابد. از معایب چراغ راهنمایی می‌توان به هزینه سوخت و تاخیر زمانی اشاره کرد که بالغ بر ۲۴۰۰۰ ضرر : B
- دلار در سال تخمین زده می‌شود که هر سال ۲۰۰۰ دلار افزایش می‌یابد. هزینه نصب چراغ راهنمایی ۱۲۰۰۰۰ دلار مخارج : C
- تخمین زده می‌شود که تعمیر و نگهداری و برق آن در سال اول ۶۰۰۰ دلار است و در یک افق زمانی ۱۰ ساله، سالانه مخارج : C
- ۳۰۰ دلار افزایش می‌یابد. پیش‌بینی می‌شود که در پایان دوره عمر، تقاطع باید دوباره طراحی شود و چراغ راهنمایی برداشته شود و به ارزش اسقاطی ۴۰۰۰ دلار به یک جامعه کوچک فروخته شود. نرخ تنزیل ۷ درصد است. آیا نصب چراغ ارزش اسقاطی : C
- راهنمایی توجیه اقتصادی دارد؟





## حل در اکسل

EOY	Costs	SV	Ben	Disben	PW Costs	PW SV	PW Ben	PW Disben
0	\$120,000		\$0	\$0	\$120,000		\$0	\$0
1	\$6,000		\$55,000	\$24,000	\$5,607		\$51,402	\$22,430
2	\$6,300		\$57,500	\$26,000	\$5,503		\$50,223	\$22,709
3	\$6,600		\$60,000	\$28,000	\$5,388		\$48,978	\$22,856
4	\$6,900		\$62,500	\$30,000	\$5,264		\$47,681	\$22,887
5	\$7,200		\$65,000	\$32,000	\$5,134		\$46,344	\$22,816
6	\$7,500		\$67,500	\$34,000	\$4,998		\$44,978	\$22,656
7	\$7,800		\$70,000	\$36,000	\$4,857		\$43,592	\$22,419 =PV(0.07,A9,-E9)
8	\$8,100		\$72,500	\$38,000	\$4,714		\$42,196	\$22,116 =PV(0.07,A10,-D10)
9	\$8,400		\$75,000	\$40,000	\$4,569		\$40,795	\$21,757 =PV(0.07,A11,-B11)
10	\$8,700	\$4,000	\$77,500	\$42,000	\$4,423	\$2,033	\$39,397	\$21,351 =PV(0.07,A12,-C12)
PRESENT WORTH					\$170,456	\$2,033	\$455,586	\$223,997
B/C=					1.375		B-C=	\$63,166

Costs and Benefits for Traffic Light

Note that  $\frac{B}{C} > 1$  and  $B - C > \$0$ . Therefore, the project is worthwhile.



## مقایسه چند طرح با استفاده از $B/C$

- شیوه مقایسه بین یک یا چند گزینه با استفاده از روش نسبت منافع به مخارج مانند روش نرخ بازده است. یعنی اینکه در روش نسبت منافع به مخارج هم مانند روش نرخ بازده نمی‌توان گفت از بین دو طرح با نسبت منافع به مخارج ۰/۵ و دیگری با نسبت منافع به مخارج ۰/۲ کدامیک انتخاب می‌شود.
- بنابراین با استفاده از مفهوم سرمایه‌گذاری اضافی که در جلسه پیش توضیح داده شد طرح برتر را انتخاب می‌کنیم.
- اگر دو یا چند پروژه با هم مقایسه شوند، نسبت منافع به مخارج تفاوت دو پروژه یعنی  $\frac{\Delta B}{\Delta C}$  محاسبه می‌شود.
- برای محاسبه  $\frac{\Delta B}{\Delta C}$  می‌توان از روش ارزش فعلی یا جریان یکنواخت سالیانه استفاده کرد.

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{\Delta PW_B}{\Delta PW_C} \quad \frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{\Delta EUAB}{\Delta EUAC}$$



## مقایسه چند طرح با استفاده از $B/C$

- اگر عمر مفید گزینه‌ها در یک مسئله متفاوت باشد، استفاده از جریان یکنواخت معادل برای نسبت منافع به مخارج، محاسبات کمتری را در پی خواهد داشت.
- اگر پروژه‌ها مستقل از هم باشند، تمام پروژه‌هایی که دارای  $\frac{\Delta B}{\Delta C} \geq 1$  باشند؛ انتخاب می‌شوند.
- دقت شود پروژه‌ای که دارای مقدار عددی  $B/C$  بزرگتر باشد، نسبت به سایر پروژه‌ها لزوماً اقتصادی‌ترین طرح نمی‌باشد، بلکه باید به مقدار  $\frac{\Delta B}{\Delta C}$  توجه نمود.



# مقایسه چند پروژه به روش نسبت منافع به مخارج

در مقایسه چند پروژه به روش نسبت منافع به مخارج، لزوماً پروژه ای که دارای بیشترین نسبت منافع به مخارج است، بهترین آنها **نخواهد بود**.

♦ روش محاسباتی در مقایسه چند پروژه

- گام ۱) محاسبه نسبت منافع به مخارج هریک از پروژه‌ها
- گام ۲) حذف پروژه‌هایی که نسبت منافع به مخارج آنها کوچکتر از یک است.
- گام ۳) مرتب سازی پروژه‌های باقیمانده به صورت صعودی بر اساس هزینه‌های اولیه.
- گام ۴) انتخاب دو پروژه با کمترین سرمایه‌گذاری اولیه و محاسبه  $\frac{\Delta B}{\Delta C}$  از روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی.
- گام ۵) انتخاب پروژه با سرمایه اولیه (هزینه اولیه) بیشتر (حذف پروژه با هزینه اولیه کمتر) اگر  $\frac{\Delta B}{\Delta C} \geq 1$  باشد؛ یا انتخاب پروژه با سرمایه اولیه کمتر (حذف پروژه با هزینه اولیه بیشتر) اگر  $\frac{\Delta B}{\Delta C} < 1$  باشد و بازگشت به گام ۴.



## مثال چهارم)

- شرکتی خرید یکی از دو ماشین X و Y را بررسی میکند. اطلاعات دو ماشین به شرح زیر است. اگر حداق نرخ جاذب ۱۰٪ فرض شود، شرکت باید کدام ماشین را خریداری کند؟

Y	X	
۷۰۰,۰۰۰	۲۰۰,۰۰۰	سرمایه اولیه
۱۲۰,۰۰۰	۹۵,۰۰۰	درآمد سالیانه
۱۵۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰	ارزش اسقاطی
۱۲	۶	عمر مفید

ابتدا باید نسبت منافع به مخارج هریک از ماشین ها را محاسبه کرد و در صورتیکه که نسبت منافع به مخارج کوچکتر از یک است، آن گزینه حذف گردد.





## مثال چهارم)

ماشین X

$$EUAB = 95,000$$

$$EUAC = 200,000 (A/P, \%, 10, 6) - 50,000 (A/F, \%, 10, 6) \\ = 40,000$$

$$B/C = \frac{95,000}{40,000} = 2/38$$

ماشین Y

$$EUAB = 120,000$$

$$EUAC = 700,000 (A/P, \%, 10, 12) - 150,000 (A/F, \%, 10, 12) \\ = 96,000$$

$$B/C = \frac{120,000}{96,000} = 1/25$$

• از آنجا که عمر مفید این دو ماشین متفاوت است چنانچه نسبت منافع به مخارج بر اساس روش ارزش فعلی محاسبه شود، عمر مشترک ۱۲ سال را باید مبنا قرار داد. به همین جهت نسبت منافع به مخارج را می توان بر اساس روش یکنواخت سالیانه تشکیل داد:





## مثال چهارم)

هر دو طرح با توجه به اینکه دارای نسبت منافع به مخارج بیش از یک هستند، اقتصادی‌اند. برای انتخاب اقتصادی‌ترین طرح نسبت تفاوت را باید تشکیل داد:

$$Y - X: \frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{120,000 - 95,000}{96,000 - 40,000} = 0.45$$

از آنجا که نسبت منافع به مخارج سرمایه‌گذاری اضافی کمتر از یک می‌باشد، ماشین X با هزینه اولیه کمتر اقتصادی‌تر است.



## مثال پنجم

• مثال: احداث یک ساختمان در محل مناسب با  $MARR = 10\%$

با استفاده از روش ارزش فعلی :

محل	C	A	B	D
هزینه اولیه	۱۹۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۲۷۵۰۰۰	۳۵۰۰۰۰
درآمد سالیانه	۱۹۵۰۰	۲۲۰۰۰	۳۵۰۰۰	۴۲۰۰۰
عمر (سال)	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰

$$x = f(P/A, 10\%, 30)$$

انتخاب محل B اقتصادی تر است.

مدافع	عاک	عاک	A	B
مبارز	C	A	B	D
$\Delta B$	$19500x$	$22000x$	$13000x$	$7000x$
$\Delta C$	۱۹۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۷۵۰۰۰	۷۵۰۰۰
$\frac{\Delta B}{\Delta C}$	۰,۹۷	۱,۰۴	۱,۶۴	۰,۸۸



## مثال ششم)

شهری در حال بررسی پروژه‌های پیشنهادی بهبود ایمنی بزرگراه برای شروع در سال آینده است. آنها احساس خوبی نسبت به هزینه‌های اولیه و تعمیر و نگهداری دارند و بسیاری از مطالعات منتشر شده برای تعیین تخمین‌هایی از مزایای کاهش تصادفات جزئی، متوسط، جدی، شدید، بحرانی و کشنده را مطالعه کرده‌اند. مزایا و هزینه‌های هر پروژه در جدول (اسلاید بعد) نشان داده شده است. توجه داشته باشید که لیست پروژه‌های پیشنهادی به ترتیب افزایش هزینه‌های دولتی است. بهترین پروژه را بر اساس رویکرد B/C تعیین کنید.

### لیست پروژه‌های پیشنهادی:

افزایش فاصله دید (Increase Sight Distance)، چراغ‌های چشمک زن (Flashing Beacons)، دوربین‌های سرعت (Speed Cameras)، نوارهای رامبل/خطوط خواب (Rumble Strips-Sleeper lines)، رنگ جاده (Road Paint)، سطح اصطکاک بالا (High Friction Surface)



## مثال ششم و حل

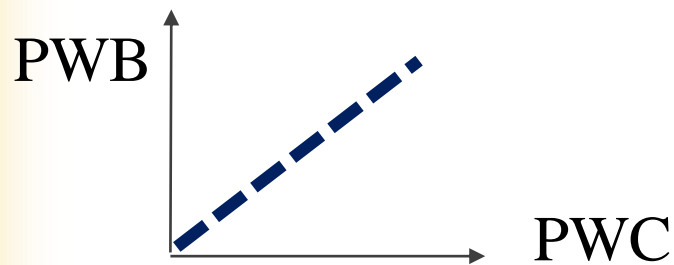
Proj #		Proposed Project	PW Net Public Benefits (B)	PW Net Gov't Costs (C)	$\Delta B/\Delta C$	$\Delta B/\Delta C$	Pair-Wise Winner
0	Do Nothing		\$0	\$0	\$38,000/\$13,600	2.79	1
1	Increase Sight Distance		\$38,000	\$13,600			
1	Increase Sight Distance		\$38,000	\$13,600	\$4,000/\$1,300	3.08	2
2	Flashing Beacons		\$42,000	\$14,900			
2	Flashing Beacons		\$42,000	\$14,900	\$36,000/\$20,100	1.79	3
3	Speed Cameras		\$78,000	\$35,000			
3	Speed Cameras		\$78,000	\$35,000	\$15,000/\$18,000	0.83	3
4	Rumble Strips		\$93,000	\$53,000			
3	Speed Cameras		\$78,000	\$35,000	\$27,000/\$25,000	1.08	5
5	Chevrons (Road Paint)		\$105,000	\$60,000			
5	Chevrons (Road Paint)		\$105,000	\$60,000	\$11,000/\$12,500	0.88	5
6	High Friction Surface		\$116,000	\$72,500			



## روش ترسیمی

- نموداری که در روش ترسیمی استفاده می‌گردد، در محور عمودی خود ارزش فعلی درآمدها یا ارزش یکنواخت درآمدها (PWB یا EUAB) را نمایش می‌دهد و در محور افقی ارزش فعلی هزینه‌ها یا ارزش یکنواخت هزینه‌ها (PWC یا EUAC) را نمایش می‌دهد.

- اگر محور عمودی را  $y$  و محور افقی را  $x$  بنامیم، خط  $y = x$  در نمودار یاد شده (خط با زاویه ۴۵) مختصات طرح‌هایی را نشان خواهد داد که ارزش فعلی یا یکنواخت درآمدهای آنها با ارزش فعلی یا یکنواخت هزینه‌هایشان برابر است



- (یعنی  $NPW = 0, NEUA = 0$ ).





## روش ترسیمی

- بدین ترتیب، اگر طرحی ارزش فعلی یا یکنواخت درآمدهایش بیشتر از ارزش فعلی یا یکنواخت هزینه‌هایش بود در بالای این خط قرار خواهد گرفت و اگر عکس این حالت برقرار باشد، آنگاه طرح در زیر این خط قرار خواهد گرفت. بدین ترتیب می‌توان اقتصادی بودن یا نبودن یک پروژه را با این روش مشخص نمود. یا به عبارتی دیگر، طرح‌هایی که در بالای خط  $y = x$  قرار می‌گیرند، مقدار  $\frac{B}{C} > 1$  و طرح‌هایی که زیر خط  $y = x$  قرار می‌گیرند دارای  $\frac{B}{C} < 1$  خواهند بود.





## روش ترسیمی

- در مقایسه دو یا چند پروژه به روش ترسیمی به صورت زیر عمل می‌کنیم:
- **گام اول:** روش مقایسه درآمدها و هزینه‌ها را مشخص کرده (ارزش فعلی یا ارزش یکنواخت)، سپس محور عمودی را به درآمدها و محور افقی را به هزینه‌ها نسبت می‌دهیم (فرض کنید محور عمودی PWB و محور افقی PWC) و خط  $y = x$  را با زاویه ۴۵ رسم می‌نماییم.
- **گام دوم:** ارزش (فعلی یا یکنواخت) درآمدها و هزینه‌ها را برای هر طرح محاسبه و مختصات بدست آمده را روی نمودار مشخص می‌نماییم.



## روش ترسیمی

- **گام سوم:** طرح‌هایی که زیر خط  $y = x$  قرار گرفته‌اند، غیر اقتصادی‌اند پس می‌توان آنها را از ادامه بررسی‌ها حذف نمود.
- **گام چهارم:** به ترتیب از دو پروژه کوچکتر شروع نموده و خط واصل آنها را رسم می‌نماییم. اگر شیب خط بیشتر از یک شد (زاویه با محور افقی بیش از ۴۵ درجه شد)، پروژه با هزینه اولیه بیشتر و اگر شیب خط کمتر از یک شد، پروژه با هزینه اولیه کمتر انتخاب می‌گردد، سپس از بین پروژه‌های باقیمانده، باز هم دو پروژه کوچکتر انتخاب شده و رویه تا انتخاب پروژه نهایی ادامه یابد.



## مثال

مثال:  $MARR = 6\%$

سال	A	B	C	D
۰	-۱۰	-۲۰	-۱۵	-۱۵
۱	۱۵	۲۸	۱۰/۶	۱۵

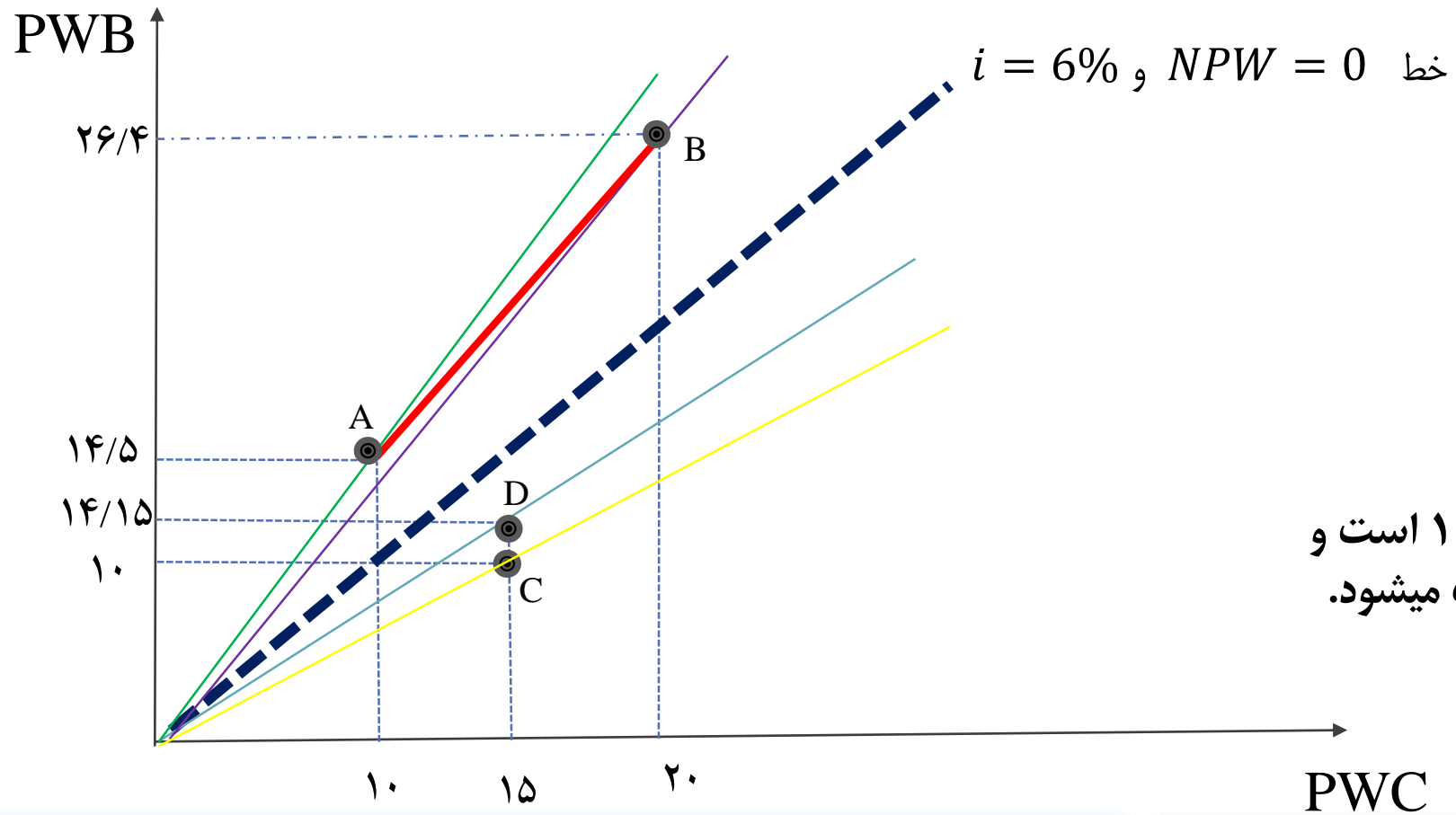
$$\begin{cases} PWB_A = 15 \left( \frac{P}{F}, 6\%, 1 \right) = 14.5 \\ PWC_A = 10 \end{cases}$$

$$\begin{cases} PWB_B = 28 \left( \frac{P}{F}, 6\%, 1 \right) = 26.4 \\ PWC_B = 20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} PWB_C = 10.6 \left( \frac{P}{F}, 6\%, 1 \right) = 10 \\ PWC_C = 15 \end{cases}$$

$$\begin{cases} PWB_D = 15 \left( \frac{P}{F}, 6\%, 1 \right) = 14.15 \\ PWC_D = 15 \end{cases}$$

## مثال

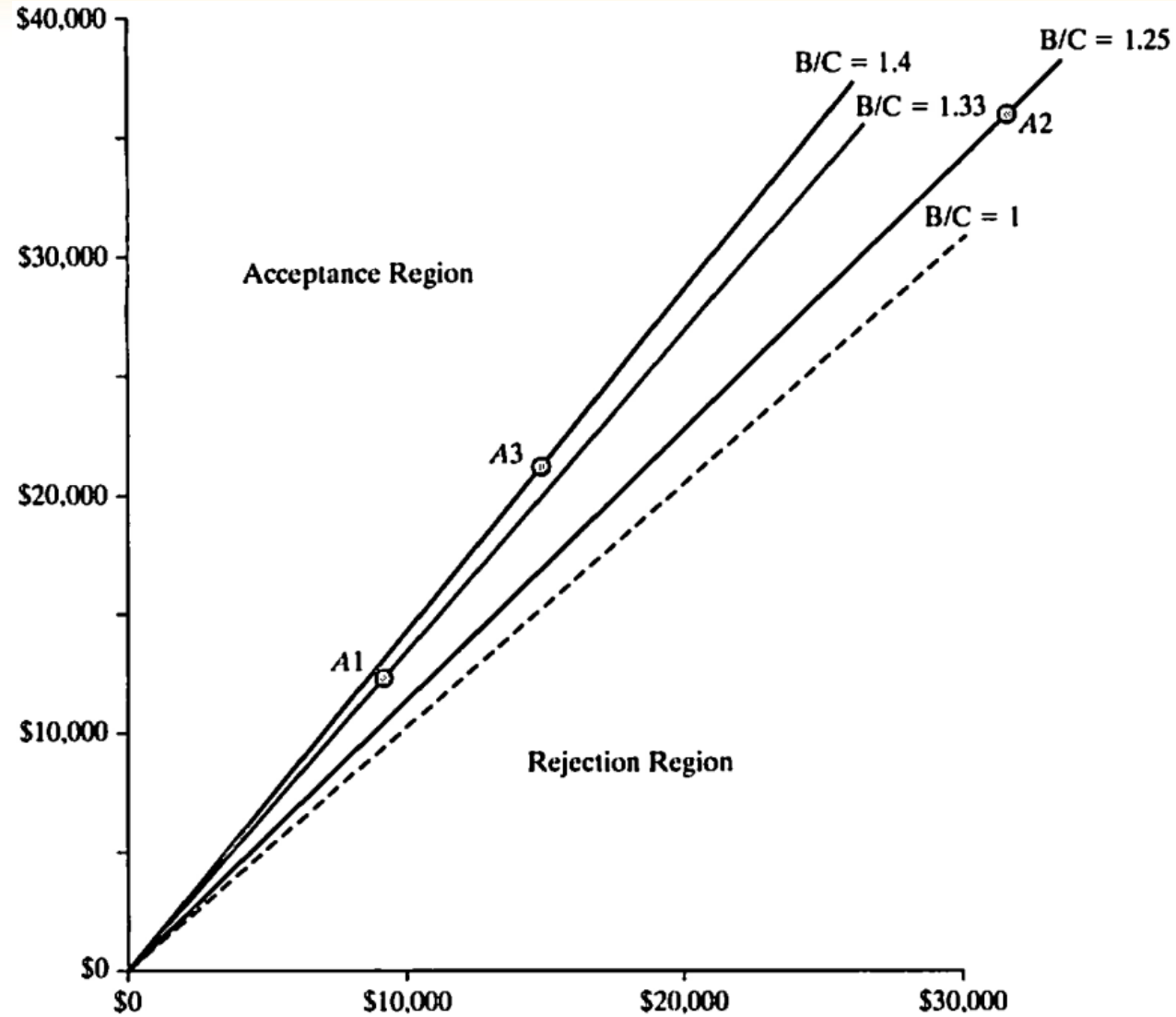




## مثال

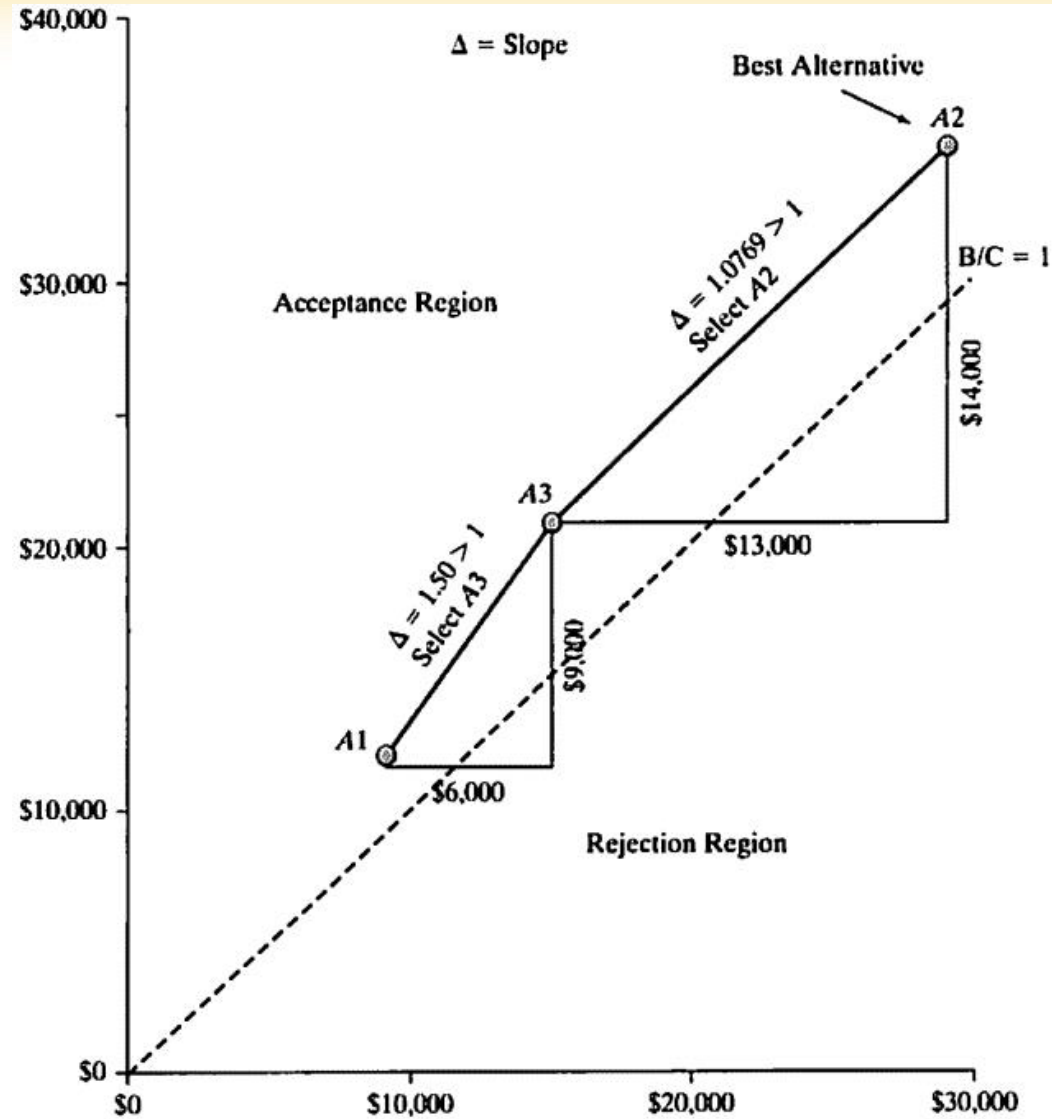
• با توجه به نمودار از آنجاییکه طرح‌های D و C زیر نمودار با شیب یک (خط  $y = x$ ) قرار گرفته‌اند، غیر اقتصادی بوده و از گردونه رقابت حذف می‌گردند. در ادامه روند، دو پروژه B و A را با هم مقایسه می‌کنیم. مشاهده می‌گردد شیب خط واصل آنها از یک بیشتر است، بنابراین B با هزینه اولیه بیشتر انتخاب می‌گردد.

$$• m_{AB} = \frac{26.4 - 14.5}{20 - 10} = 1.19 > 1$$



مثال دیگر در رابطه با  
روش ترسیمی:





ادامه مثال: