

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 هفتم

روش یکنواخت سالیانه

روش ارزش یکنواخت سالیانه

- تبدیل درآمدها و هزینه ها به دریافت یا پرداخت یکنواخت سالیانه
- دریافت یکنواخت سالیانه (EUAB)
- پرداخت یکنواخت سالیانه (EUAC)
- خالص یکنواخت سالیانه (NEUA)

$$NEUA = EUAB - EUAC$$

- Equivalent Uniform Annual Benefit
- Equivalent Uniform Annual Cost
- Net Equivalent Uniform Annual

اقتصادی بودن یک پروژه

✓ $NEUA \geq 0$ پروژه اقتصادی

✓ $NEUA < 0$ پروژه غیراقتصادی

در این فصل دومین تکنیک اقتصاد مهندسی تحت عنوان «روش یکنواخت سالیانه» ارائه می‌شود. در این روش درآمدها و هزینه‌ها به دریافت یا پرداخت سالیانه یکنواخت تبدیل می‌شوند. این تکنیک با توجه به اطلاعات طرح تحت نام «هزینه یکنواخت سالیانه»^۱ و یا تحت نام «درآمد یکنواخت سالیانه»^۲ شناخته می‌شود. یکی از مزایای این روش، برخلاف روش ارزش فعلی، این است که عمر پروژه‌ها تغییری در محاسبات نمی‌دهد و در حقیقت نیازی به تعیین عمر مشترک برای زمانی که پروژه‌ها دارای عمرهای نابرابرند نیست. مثلاً اگر دو طرح A و B را با عمرهای ۲ و ۳ سال مقایسه نمایم، مقدار هزینه یکنواخت سالیانه طرح A برای عمر دو سال و مقدار هزینه یکنواخت سالیانه طرح B برای عمر سه سال، تفاوتی با زمانی که عمرها دارای عمر مشترک ۶ سال هستند ندارد و مقدار هزینه سالیانه در دوره اول یا دوره‌های بعد یکسان است. به همین جهت زمانی که عمر پروژه‌ها نابرابر است روش یکنواخت سالیانه سریعتر و آسانتر از روش ارزش فعلی خواهد بود. در صورت موجود نبودن دریافت در یک فرآیند مالی مقدار هزینه یکنواخت سالیانه را می‌توان از سه طریق زیر بدست آورد:

مقایسه چند پروژه اقتصادی

✓ اقتصادی ترین پروژه = پروژه ای با بزرگترین NEUA

✓ اگر تنها هزینه ها در اختیار بوده یا درآمدها برابر باشد:

○ مبنای مقایسه، یکنواخت سالیانه هزینه ها است.

○ پروژه ای با کمترین هزینه یکنواخت سالیانه (EUAC)

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

✓ مقایسه پروژه ها بر اساس طول عمر:

○ با طول عمر برابر

○ با طول عمر نابرابر (مناسب ترین روش، روش یکنواخت سالیانه است)

طریقه اول محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه

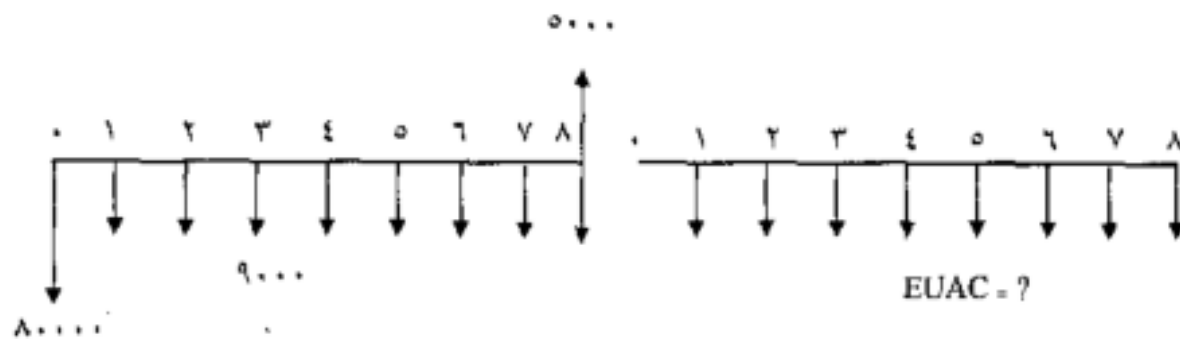
فرض کنید هزینه اولیه طرحی (P)، پس از عمر مفید (n) سال دارای ارزش اسقاطی (SV) باشد. در روش اول محاسبه EUAC که ساده‌ترین روش است، مقدار P را با

استفاده از فاکتور A/P به هزینه یکنواخت سالیانه و مقدار SV را با استفاده از فاکتور A/F به درآمد یکنواخت سالیانه تبدیل می‌نمائیم، سپس مقدار SV را با علامت منفی با هزینه یکنواخت سالیانه جمع می‌نمائیم. رابطه زیر روش اول محاسبه EUAC را نشان می‌دهد:

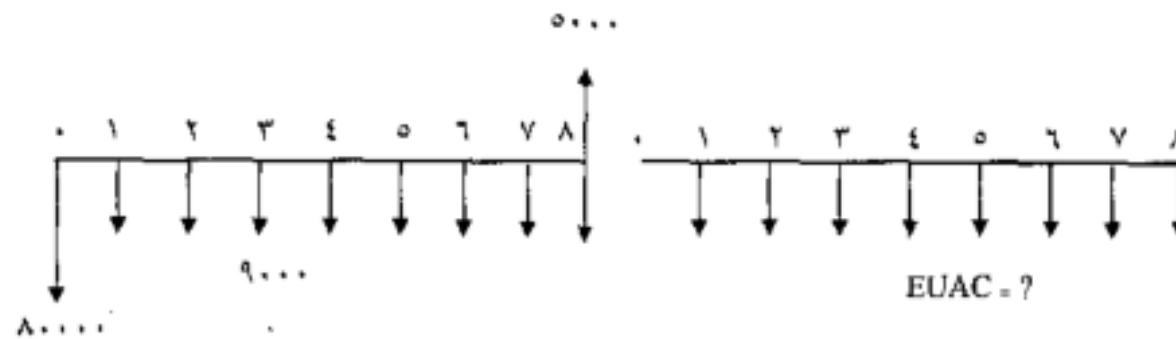
$$EUAC = P (A/P, i\%, n) - SV (A/F, i\%, n) \quad (V-1)$$

● مثال ۷-۱. هزینه اولیه یک ماشین ۸۰,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی آن پس از ۸ سال برابر با ۵,۰۰۰ واحد پولی پیش‌بینی شده است. هزینه عملیاتی این ماشین در سال برابر است با ۹,۰۰۰ واحد پولی. اگر حداقل نرخ جذب کننده را ۶٪ فرض کنیم مقدار هزینه سالیانه یکتواخت (EUAC) را محاسبه کنید.

حل: فرآیند مالی مسئله عبارت‌اند از:



حل: فرآیند مالی مسئله عبارت‌اند از:



طبق فرآیند مالی مسئله خواهیم داشت:

$$EUAC = A_1 + A_2$$

A_1 عبارت است از هزینه یکنواخت سالیانه محاسبه شده از رابطه $(P-A)$ و A_2 هزینه عملیاتی سالیانه که برابر است با ۹,۰۰۰ واحد پولی.

$$A_1 = 80,000 (A/P, \%, 8) - 5,000 (A/F, \%, 8)$$

$$A_1 = 12,380$$

$$EUAC = 12,380 + 9,000 = 21,380$$

اگر هزینه اولیه طرحی ۲۰۰۰۰۰ و ارزش اسقاطی آن ۲۰۰۰۰ و درآمد سالیانه آن نیز ۱۰۰۰۰ باشد با فرض نرخ بهره ۵ درصد و عمر مفید ۱۰ سال، ارزش یکنواخت آن را حساب کنید.

$$EUAB = 10000$$

$$EUAC = 200000(A/P, 5\%, 10) - 20000(A/F, 5\%, 10) = 24312$$

$$NEUA = 10000 - 24312 = -14312$$

طریقه دوم محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه

در این طریق ابتدا ارزش فعلی ارزش اسقاطی را محاسبه کرده، از هزینه اولیه تفریق می‌کنیم و سپس ارزش فعلی حاصل را به هزینه یکنواخت سالیانه تبدیل می‌نمائیم. رابطه (۷-۲) روش دوم محاسبه EUAC را نشان می‌دهد:

$$EUAC = [P - SV (P/F, i\%, n)] (A/P, i\%, n) \quad (7-2)$$

● مثال ۷-۲- با استفاده از رابطه (۷-۲) مقدار EUAC را در مثال ۷-۱ بدست آورید:

$$EUAC = [80,000 - 5,000 (P/F, 6\%, 8)] (A/P, 6\%, 8) + 9,000 \quad \text{حل:}$$

$$EUAC = 21,380$$

طریقه سوم محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه

در این روش ابتدا اختلاف ارزش اسقاطی و هزینه اولیه را تعیین نموده، در فاکتور A/P ضرب می‌نمائیم و سپس حاصلضرب ارزش اسقاطی در حداقل نرخ جذب‌کننده را به آن اضافه می‌نمائیم. رابطه (۷-۳) روش سوم محاسبه EUAC را نشان می‌دهد:

$$EUAC = (P - SV) (A/P, i\%, n) + SV (i) \quad (7-3)$$

رابطه ۷-۳ را می‌توان بصورت زیر تفکیک کرد:

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

● مثال ۷-۳- با استفاده از رابطه (۷-۳) مقدار EUAC را در مثال ۷-۱ بدست آورید.

حل: $EUAC = (80,000 - 5,000) (A/P, 6\%, 8) + 5,000 (0/06) + 9,000$

$$EUAC = 21,380$$

طریقه سوم محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه

اگر به جای $(A/P, i\%, n)$ مقدار فاکتور را که عبارت است از $\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$ قرار دهیم و با $SV(i)$ جمع نمائیم خواهیم داشت:

$$-SV \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + SV(i) =$$

$$-SV \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} - i \right] = -SV \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = -SV(A/F, i\%, n)$$

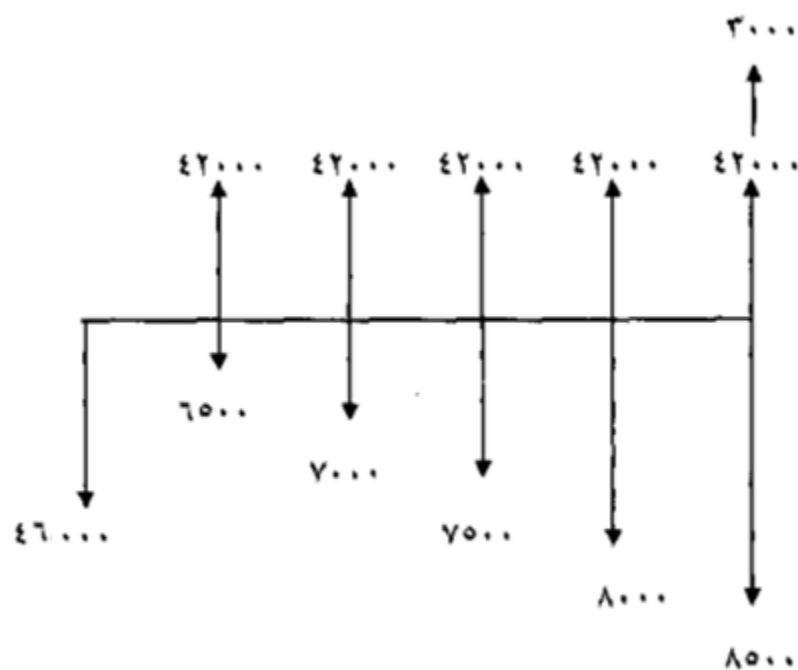
بنابراین رابطه EUAC را می توان بصورت زیر نوشت:

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

که رابطه فوق چیزی جز رابطه (۷-۱) نیست.

● مثال ۷-۴. یک شرکت پخش کننده دارو برای توزیع داروها در سراسر شهر خرید ۵ وانت را بررسی می‌کند. قیمت اولیه هر وانت ۴۶,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی پس از ۵ سال ۳,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. هزینه‌های بیمه، تعمیرات، بنزین و غیره در سال اول ۶,۵۰۰ واحد پولی و همه ساله ۵۰۰ واحد پولی افزایش می‌یابد. درآمد سالیانه حاصل از وانتها ۴۲,۰۰۰ واحد پولی در سال پیش‌بینی می‌شود. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ مورد نظر شرکت باشد آیا خرید وانت‌ها اقتصادی است؟

حل: فرآیند مالی این مثال عبارت است از:



از آنجا که درآمد سالیانه معلوم است، باید بین درآمد سالیانه و هزینه سالیانه مقایسه بعمل آید و «خالص یکنواخت سالیانه» محاسبه گردد.
مقدار درآمد سالیانه عبارت است از:

$$EUAB = 42,000$$

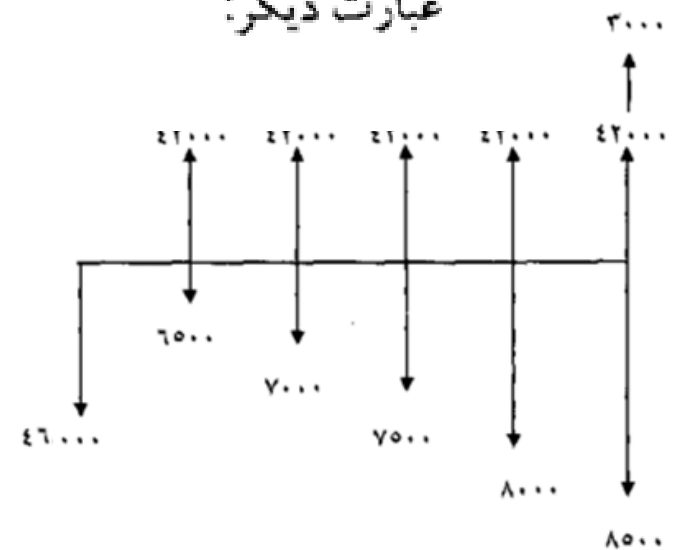
مقدار هزینه سالیانه طبق رابطه زیر بدست می آید:

$$EUAC = + 5 (46,000) (A/P, \%, 10, 5) - 5 (3,000) (A/F, \%, 10, 5) \\ + 6,500 + 500 (A/G, \%, 10, 5)$$

$$EUAC = + 65,625$$

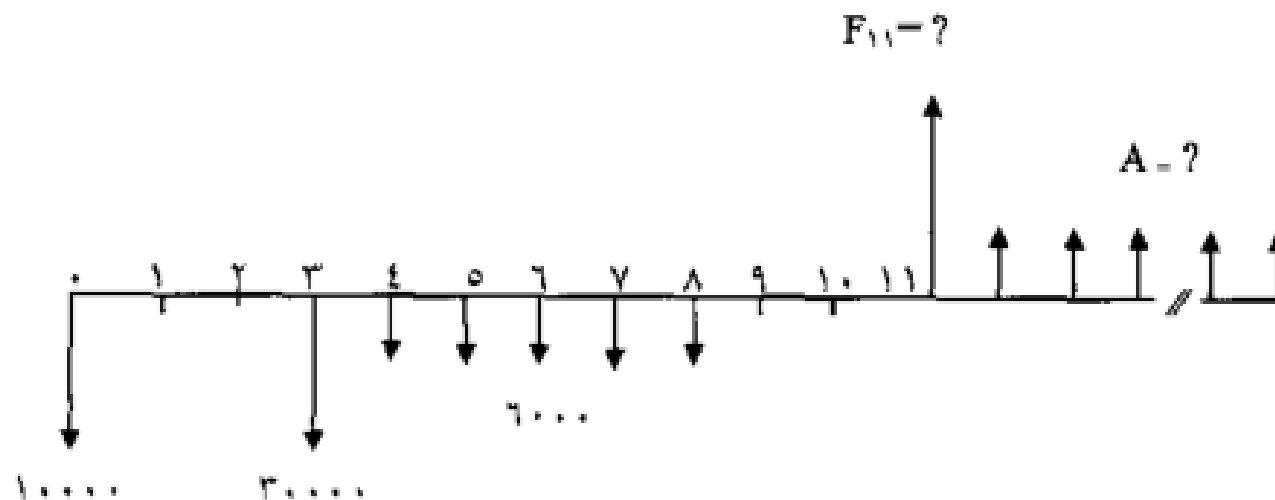
از آنجا که هزینه سالیانه، بیش از درآمد سالیانه است خرید وانت ها توصیه نمی شود به عبارت دیگر:

$$NEUA = 42,000 - 65,625 = -23,625$$

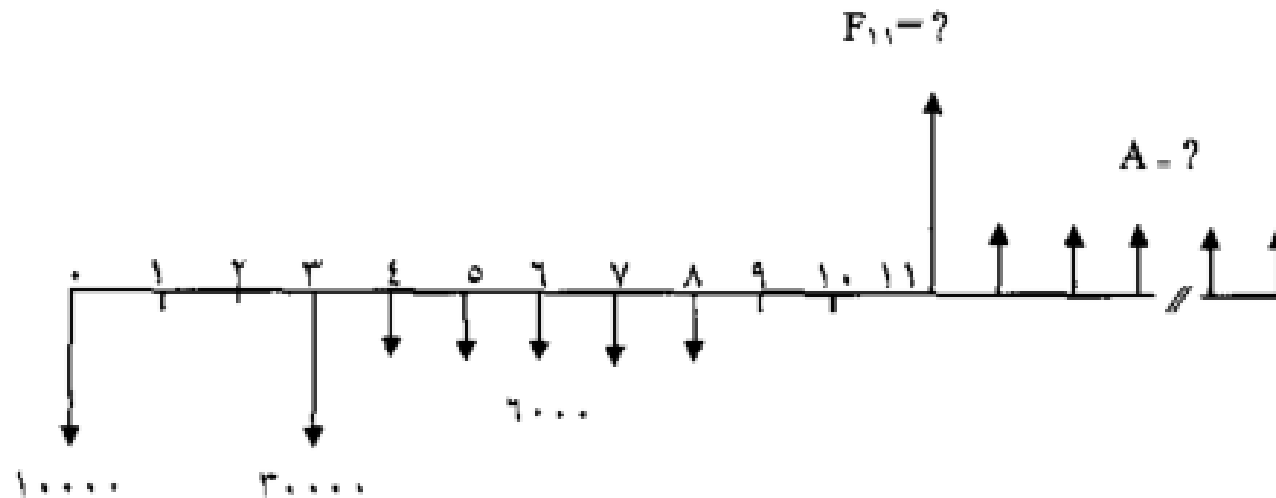


● مثال ۷-۵- شخصی ۱۰,۰۰۰ واحد پولی را اکنون، ۳۰,۰۰۰ واحد پولی سه سال دیگر و ۶,۰۰۰ واحد پولی را از سال چهارم تا هشتم در بانکی پس انداز می کند. درآمد یکنواخت سالیانه حاصل از این سرمایه گذاری از سال دوازدهم تا مدت نامحدود چقدر خواهد بود، اگر نرخ بهره سالیانه بانک ۸٪ در سال باشد.

حل: فرآیند مالی این مثال عبارت است از:



حل: فرآیند مالی این مثال عبارت است از:



ابتدا ارزش آینده سرمایه‌گذاری‌ها در پایان سال یازدهم محاسبه می‌شود:

$$F_{11} = 10,000 (F/P, \%, 8, 11) + 30,000 (F/P, \%, 8, 8) \\ + 6,000 (F/A, \%, 8, 5) (F/P, \%, 8, 3)$$

$$F_{11} = 123,190$$

F_{11} در حقیقت برای درآمد یکنواخت سالیانه P محسوب می‌شود:

$$EUAB \approx P_i = 123,190 (0/08) = 9,860$$

مقایسه چند پروژه از طریق هزینه یکنواخت سالیانه

همانطور که اشاره شد اگر پروژه‌ها دارای عمرهای نابرابر باشند بسادگی می‌توان از روش EUAC استفاده و اقتصادی‌ترین پروژه را انتخاب نمود. روش مقایسه چند پروژه، با استفاده از تکنیک هزینه سالیانه مانند تکنیک ارزش فعلی است. پروژه‌ای که دارای کمترین هزینه سالیانه باشد اقتصادی‌ترین پروژه خواهد بود.

● مثال ۶-۷. دو پمپ توربینی A و B را با مشخصات زیر در اختیار داریم. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ فرض شود خرید کدام را توصیه می‌کنید؟

B	A	
۳۶,۰۰۰	۲۶,۰۰۰	هزینه اولیه
۳۰۰	۸۰۰	هزینه تعمیرات سالیانه
۹,۶۰۰	۱۱,۰۰۰	هزینه پرستلی سالیانه
۳,۰۰۰	۲,۰۰۰	ارزش اسقاطی
۱۰	۶	عمر مفید

حل: هزینه سالیانه دو پمپ را محاسبه و پمپی که کمترین هزینه یکنواخت سالیانه را دارا باشد انتخاب می‌نمائیم:

$$EUAC_A = 26,000 (A/P, \%, 15, 6) - 2,000 (A/F, \%, 15, 6) + 11,000 + 800$$

$$EUAC_A = 18,442$$

$$EUAC_B = 36,000 (A/P, \%, 15, 10) - 3,000 (A/F, \%, 15, 10) + 9,600 + 300$$

$$EUAC_B = 16,925$$

از آنجا که $EUAC_B < EUAC_A$ می‌باشد طرح B یا خرید پمپ B توصیه می‌شود.

● مثال ۷-۷. دو طرح I و II تشریح شده در مثال ۴-۶ را از طریق EUAC مقایسه نمائید.

● مثال ۴-۶. یک شرکت قطعات الکترونیکی برای حمل و نقل قطعات، دو طرح را بررسی می‌کند. طرح (I) شامل خرید دو لیفت‌تراک و تعدادی پالت و طرح (II) شامل یک نقاله مکانیکی است. اطلاعات مربوط به دو طرح در جدول زیر نشان داده شده است:

طرح I		طرح II	
یک لیفت‌تراک (L)	پالتها (P)	نقاله مکانیکی (C)	
۴۵,۰۰۰	۲۸,۰۰۰	۱۷۵,۰۰۰	هزینه اولیه
۶,۰۰۰	۳۰۰	۲,۵۰۰	هزینه عملیاتی سالیانه
۵,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	ارزش اسقاطی
۸	۱۲	۲۴	عمر مفید

اگر حداقل نرخ جذب کننده شرکت ۱۵٪ در سال باشد کدام طرح باید انتخاب شود؟

هزینه یکنواخت سالیانه طرح I شامل هزینه یکنواخت سالیانه پالتها و هزینه یکنواخت سالیانه لیفت‌تراکها خواهد بود:

$$\text{حل: } EUAC_P = 28,000 (A/P, \%, 15, 12) - 2,000 (A/F, \%, 15, 12) + 300$$

$$EUAC_P = 5,396$$

$$EUAC_L = 2 (45,000) (A/P, \%, 15, 8) - 2 (5,000) (A/F, \%, 15, 8) + 2(6,000)$$

$$EUAC_L = 31,328$$

$$EUAC_I = 5,396 + 31,328$$

$$EUAC_I = 36,724$$

$$EUAC_{II} = 175,000 (A/P, \%, 15, 24) - 10,000 (A/F, \%, 15, 24) + 2,500$$

$$EUAC_{II} = 29,646$$

از آنجا که $EUAC_{II} < EUAC_I$ است طرح II توصیه می شود. نتیجه بدست آمده از طریق روش هزینه یکنواخت سالیانه دقیقاً برابر با نتیجه حاصله از روش ارزش فعلی است. مقدار هزینه سالیانه دو طرح را می توانستیم از حاصل ضرب ارزش فعلی بدست آمده (در مثال ۶-۴) در فاکتور $(A/P, \%, 15, 24)$ نیز بدست آوریم:

$$EUAC_I = 236,280 / 54 (A/P, \%, 15, 24) = 36,724$$

$$EUAC_{II} = 190,735 / 5 (A/P, \%, 15, 24) = 29,646$$

از روش EUAC می توان در مقایسه اقتصادی پروژه هایی که دارای عمر نامحدود هستند استفاده کرد و این روش مانند روش ارزش فعلی، تکنیکی قوی در انتخاب این گونه طرحها محسوب می شود.

● مثال ۷-۸- شهرداری اهواز بررسی اقتصادی دو پل بتونی و فلزی را بر روی رودخانه کارون آغاز نموده و انتخاب یکی از دو پل ضروری است. هزینه اولیه پل بتونی ۳۰/۸ میلیون واحد پولی، هزینه تعمیرات سالیانه ۱۵,۰۰۰ واحد پولی و هزینه بازرسی و کنترل ۵۰,۰۰۰ واحد پولی برای هر ده سال یکبار است. پل فلزی دارای هزینه اولیه ۲۲/۳ میلیون، هزینه تعمیرات سالیانه ۸,۰۰۰ واحد پولی، هزینه رنگرزی هر سه سال یکبار ۱۰,۰۰۰ واحد پولی و هزینه بازرسی و کنترل هر ده سال یکبار ۴۵,۰۰۰ واحد پولی است. عمر پلها نامحدود و حداقل نرخ جذب کننده ۶٪ قرض می شود. با استفاده از روش EUAC اقتصادی ترین طرح را تعیین نمایید.

حل: هزینه سالیانه طرح پل بتونی عبارت است از:

$$A_1 = 30,800,000 (0/0.6) = 1,848,000$$

$$A_2 = 15,000$$

$$A_3 = 50,000 (A/F, \%, 6, 10) = 3,794$$

$$EUAC = A_1 + A_2 + A_3 = 1,866,797$$

هزینه سالیانه طرح پل فلزی عبارت است از:

$$A_1 = 22,300,000 (0/6) = 1,338,000$$

$$A_2 = 8,000$$

$$A_3 = 10,000 (A/F, \%, 6, 3) = 3,141$$

$$A_4 = 45,000 (A/F, \%, 6, 10) = 3,414$$

$$EUAC = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 1,352,555$$

پل فلزی اقتصادی تر است.

● ۷-۱- دو ماشین A و B را از طریق EUAC با نرخ ۲۰٪ مقایسه نمائید:

ماشین B	ماشین A	
۲۵,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	هزینه اولیه
۴۰۰	۱,۶۰۰	هزینه عملیاتی سالانه
۶,۰۰۰	۳,۰۰۰	ارزش اسقاطی
۱۰	۷	عمر مفید

اگر روش ارزش فعلی را به عنوان تکنیک مقایسه بین دو طرح بکار می بردید، عمر مشترک چند سال بود؟

● ۷-۲. دو ماشین X و Y را با حداقل نرخ جذب کننده ۱۸٪ از طریق EUAC مقایسه نمائید.

ماشین Y	ماشین X	
۲۳,۰۰۰	۴۴,۰۰۰	هزینه اولیه
۹,۰۰۰	۷,۰۰۰	هزینه عملیاتی سالانه
۳۵۰	۲۱۰	هزینه تعمیرات سالانه
۱,۹۰۰	—	هزینه هر دو سال یکبار
—	۲,۵۰۰	هزینه هر پنج سال یکبار
۳,۰۰۰	۴,۰۰۰	ارزش اسقاطی
۸	۱۵	عمر مفید

مسائل فصل هفتم

- ۷-۳- دو طرح I و II را با حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ از طریق EUAC مقایسه نمائید. طرح II شامل دو ماشین A و B است:

طرح II		طرح I	
ماشین B	ماشین A		
۵,۰۰۰	۳۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	هزینه اولیه
۲۰۰	۱۰۰	۵۰۰	هزینه عملیاتی سالانه
-۲۰۰	۵,۰۰۰	۱,۰۰۰	ارزش اسقاطی
۲۰	۴۰	۴۰	عمر مفید

- ۷-۴- در مسئله شماره ۶-۷، مقایسه بین خرید سه پمپ را از طریق EUAC با حداقل نرخ جذب کننده ۲۰٪ انجام دهید.

- ۷-۵- در مسئله شماره ۶-۸، مقایسه بین خرید دو ماشین تراش را از طریق EUAC با حداقل نرخ ۱۸٪ انجام دهید.

مسائل فصل هفتم

● ۷-۶. در مسئله شماره ۱۰-۶، مقایسه دو پل بتونی و فلزی را از طریق EUAC با نرخ ۸٪ انجام دهید.

● ۷-۷. هزینه اولیه طرحی ۱۴,۰۰۰ واحد پولی است. این طرح ۵,۵۰۰ واحد پولی شش سال بعد، و ۵,۰۰۰ واحد پولی از سال هفتم به بعد هزینه دارد. اگر درآمد سالیانه این طرح ۹,۰۰۰ در سال باشد و حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ فرض شود آیا طرح اقتصادی است.

● ۷-۸. هزینه اولیه سدّی ۲۰ میلیون واحد پولی است. هزینه تعمیرات سالیانه این سد ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی، و هر پنج سال یکبار دارای هزینه‌ای معادل ۳۵۰,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد. اگر عمر سدّ نامحدود فرض شود و درآمد سالیانه مورد انتظار برابر با ۱,۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی باشد، آیا ایجاد این سد با نرخ سالیانه ۵٪ اقتصادی است؟

● ۷-۹ در مسئله شماره ۶-۱۱، مقایسه اقتصادی یک پارک تفریحی را از طریق EUAC انجام دهید.

● ۷-۱۰ در مسئله شماره ۶-۱۲، مقایسه دو طرح ایجاد تاتر شهر را از طریق EUAC با حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ انجام دهید.