پنجمین کنفرانس سیستمهای فازی ایران
هفدهم الی نوزدهم شهریورماه ۱۳۸۳

ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی با پارامترهای فازی

حسین مهرنو[۱]، عزیز اله معماریانی[۲]
دانشکدهٔ مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین
Mehrno20@yahoo.com

چکیده

آنچه در این مقاله مورد بحث قرار می گیرد ارزیابی اقتصادی پروژه ها خصوصاً پروژه های دولتی با استفاده از روش آنالیز نسبت منافع به مخارج در محیط فازی است. جهت این کار اول بحث مختصری در خصوص تئوری مجموعه های فازی آورده می شود، سپس مدل کلی روش نسبت منافع به مخارج در حالت قطعی مورد بررسی قرار می گیرد و فرمولبندی روش فوق برای طرحهایی با پارامترهای فازی ارائه می گردد. دو الگوریتم و یک مدل برنامه ریزی خطی که مورد بحث قرار می گیرند جهت ارزیابی طرحهای سازگار و ناسازگار کاربرد دارند.

فهرست علائم

در این مقاله از عملگرهای (+) و (-) و (×) و (÷) استفاده شده است که به ترتیب نشان دهندهٔ عملگرهای جمع، تفریق، ضرب و تقسیم اعداد فازی می باشند. در ضمن از علامت (~) استفاده شده که این علامت روی هر عدد یا پارامتری قرار بگیرد بیانگر فرم فازی آن عدد یا پارامتر است.

واژه‌های کلیدی: روش نسبت منافع به مخارج – رتبه بندی اعداد فازی -پروژه های ناسازگار -پروژه های سازگار

۱- مقدمه

از آنجا که منابع در دسترس از جمله نیروی انسانی و سرمایه جهت اجرای طرحها و پروژه ها محدود است همواره باید ملاک‌ها و معیارهایی جهت ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها و فرصت‌های سرمایه‌گذاری در اختیار باشد تا به بهترین نحو موجود استفاده نمود، بطوریکه بتوان با حداقل منابع و امکانات بیشترین سود را کسب کرد. تکنیکهای مختلفی جهت تجزیه و تحلیل پروژه ها موجود است که می توان به روش ارزش فعل (present worth method)، معادل هزینهٔ یکنواخت سالیانه (Equivalent uniform annual cost method)، نرخ برگشت سرمای (Rate of return) نسبت منافع به مخارج (Benefit- cost ratio)، و ... اشاره کرد که معمولاً جهت ارزیابی طرحهای مختلف از یکی از روشهای فوق متناسب با طبیعت و خصوصیات پروژه استفاده خواهد شد. از بین تکنیکهای ذکر شده روش نسبت منافع به مخارج مناسبترین روش برای ارزیابی اقتصادی پروژه های دولتی است.

---

[۱]- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی قزوین

۲- دانشیار ، گروه مهندسی صنایع ،دانشگاه بوعلی سینا همدان

در پروژه های خصوصی پارامترهای طرح از جمله هزینهٔ اولیه، درآمد سالیانه، هزینه های سالیانه و ... از محدوده و تعریف مشخصی برخوردار است، در حالیکه در پروژه های دولتی این پارامترها به راحتی قابل اندازه گیری نیستند مثلاً: رفاه عمومی، بهبود سطح فرهنگ جامعه، حفظ محیط زیست و ... حتی بعضی از پارامترها که کیفی هستند برای به حساب آوردن و تبدیل آنها، روشهای مخصوصی مورد نیاز است. پس با توجه به نادقیق بودن بیشتر پارامترها یا کیفی بودن آنها منطقی تر است که مسئله در محیط فازی(Fuzzy Environment) مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. به عبارت دیگر پارامترها در قالب اعداد فازی(Fuzzy Numbers) ارائه می گردد و مدل فازی مسئله ساخته می شود و با استفاده از روشهای رتبه بندی اعداد فازی(Ranking Fuzzy numbers) تبدیلهای لازم صورت گرفته و ارزیابی نهایی بین پروژه ها صورت می گیرد. در این مقاله برای یک بررسی همه جانبه در خصوص موارد فوق ابتدا مباحثی در خصوص تئوری مجموعه های فازی(Fuzzy sets theory) [۱] آورده شده است و اعداد فازی نیز بصورت مختصر تعریف شده اند [۲] جهت مقایسهٔ اعدادی فازی نیاز به رتبه بندی اعداد فازی با استفاده از مجموعه های ماکزیمم و مینیمم [۳] است. برای اینکه بتوانیم روش نسبت منافع به مخارج را در محیط فازی بررسی کنیم باید مدل کلاسیک روش فوق را مورد بحث قرار دهیم، در این خصوص نیز دو مدل رایج روش نسبت منافع به مخارج یعنی مدل ساده و تعدیل شده [۴] ارائه گردیده است.

سرانجام با استفاده از مفاهیم فوق روش نسبت منافع به مخارج در محیط فازی در قالب دو الگوریتم و یک مدل برنامه ریزی خطی فازی جهت ارزیابی طرحهای سازگار و ناسازگار بسط داده شده است. پارامترهای طرحها بصورت فازی بوده و عموماً در قالب هزینه، درآمد، سرمایهٔ در دسترس، عمر مفید و نرخ بازگشت مطرح شده اند.

۲- بررسی مدل نسبت منافع به مخارج در محیط فازی

جهت بررسی مدل نسبت منافع به مخارج در محیط فازی به نظر می رسد مفاهیم اولیه در خصوص تئوری مجموعه های فازی، اعداد فازی، رتبه بندی اعداد فازی و مدل کلاسیک روش نسبت منافع به مخارج ضروری باشد اما با توجه به گستردگی موضوع هر کدام از موارد فوق، تنها به بررسی رتبه بندی اعداد فازی و مدل کلاسیک روش نسبت منافع به مخارج اکتفا می شود .

۲-۱- رتبه بندی اعداد فازی

روشهای مختلفی برای رتبه بندی اعداد فازی وجود دارد وپرداختن به روشهای فوق و بررسی آنها از حوصلهٔ این مقاله خارج است اما با توجه به کاربرد رتبه‌بندی اعداد فازی در مقاله، مجبور به استفاده از حداقل یکی از روش‌های فوق هستیم. روش رتبه‌بندی اعدا فازی که در این مقاله مورد استفاده قرار می‌گیرد روش رتبه بندی اعداد فازی با استفاده از مجموعه های ماکزیمم و مینیمم است. رابطه ای که در این روش استفاده می شود، بدون توجه به شرح جزئیات به صورت زیر می باشد :

$$R(A_i) = K\,[(d_i - x_1)/(x_2 - x_1 - b_i + d_i) + (1 - k)[1 - (x_2 - x_1 + a_i - c_i)] \quad i = 1,2,\ldots,n \quad \text{و} \quad 0 \le K \le 1 \qquad (1)$$

در رابطهٔ (۱)، $R(A_i)$ ارزش رتبه بندی عدد A_i است که عدد A_i یک عدد فازی ذوزنقه ای بوده و به صورت n و ... و ۲ و ۱ $= i$ مشخص می شود. $A_i = (C_i, a_i, b_i, d_i)$

K شاخص خوشبینانهٔ مدیر یا تصمیم گیرنده است، اگر $K = 1$ باشد نشان دهندهٔاین است که مدیر بسیار خوشبین است و اگر $K = 0$ باشد نشان دهندهٔ نهایت دید بدبینانهٔ مدیر است. در رابطهٔ فوق برای X_1 و X_2 داریم :

$$x_1 = \min\{c_1, c_2, \ldots, c_n\} \qquad \text{و} \qquad x_2 = \max\{d_1, d_2, \ldots, d_n\}$$

۲-۲- مدل نسبت منافع به مخارج در شرایط قطعی

نسبت منافع به مخارج که به صورت BC(i) نشان داده می شود، معمولاً در قالب نسبت ارزش فعلی درآمد به ارزش فعلی هزینه ها تعریف می گردد، (می توان نسبت معادل یکنواخت سالیانه درآمد به هزینه ها را نیز در نظر گرفت). فرض می

کنیم که B و E به ترتیب ارزش فعلی تمام درآمدها و هزینه های ایجاد شده به وسیلهٔ یک فرصت سرمایه گذاری با توجه به نرخ برگشت معلوم (i) باشد.

پس خواهیم داشت :

$$B = \sum_{t=1}^{n} b_t (1+i)^{-t} \qquad (۲)$$

$$E = \sum_{t=0}^{n} c_t (1+i)^{-t} \qquad (۳)$$

b_t = کل درآمدهای بدست آمده در پریود t

C_t = تمام هزینه هایی که در پریود t مصرف شده است.

i : نرخ برگشت یا حداقل نرخ قابل قبول

n = عمر طرح یا مدت سرمایه گذاری

با توجه به توضیحات بالا نسبت منافع به مخارج به صورت زیر ساده می شود.

$$BC(i) = \frac{B}{E} \qquad (۴)$$

برای درک بیشتر مفاهیم نسبت منافع به مخارج فاکتور هزینه ها یعنی E را به دو بخش تقسیم می کنیم. یک بخش در قالب هزینهٔ سرمایهٔ اولیه و بخش دوم به صورت معادل هزینهٔ سالیانه که در هر پریود اتفاق می افتد تعریف می کنیم.

فرض می کنیم که سرمایهٔ اولیه در طول m پریود اول هزینه می شود و هزینه های سالیانه در پریودهای بعدی صورت می گیرد. پس برای هر بخش هزینه خواهیم داشت :

$$I = \sum_{t=0}^{m} c_t (1+i)^{-t} \qquad (۵)$$

$$C = \sum_{t=m+1}^{n} c_t (1+i)^{-t} \qquad (۶)$$

و بنابراین تعریف می کنیم : E = I + C با تقسیم بندی هزینه به دو بخش و تعاریف فوق نسبت منافع به مخارج به صورت زیر که نسبت منافع به مخارج مجموع نامیده می شود خواهد بود.

$$R_A = \frac{B}{I+C} \quad , \quad I+C>0 \qquad (۷)$$

بعضی از صاحب نظران در این زمینه تعریف دیگری از رابطهٔ (۷) دارند. آنها فقط سرمایه اولیه را به عنوان هزینه در مخرج رابطه تعریف می کنند و هزینه سالیانه را از درآمدها کم کرده و صورت رابطه را به عنوان درآمد خالص در نظر می گیرند. رابطهٔ تعدیل شدهٔ فوق به نام نسبت منافع به مخارج خالص شده معروف است و به صورت زیر خواهد بود.

$$R_A = \frac{B-C}{I} \qquad I>0 \qquad (۸)$$

مزیت رابطهٔ (۸) این است که شاخصی جهت به دست آوردن سود خالص مورد انتظار به ازای هر واحد پولی سرمایه گذاری شده را ارائه می دهد.

دو رابطهٔ (۷) و (۸) هر چند که از نظر عددی نتایج متفاوتی ارائه می دهند اما همواره تصمیم نهایی یکسانی را خواهند داد. یعنی اگر با استفاده از یکی از روابط فوق تصمیم در مورد یک طرح اجرای آن باشد رابطهٔ دیگری نیز همین تصمیم را خواهد داد و برعکس. تصمیم گیری با استفاده از این روش را می توان چنین شرح داد :

وقتی تنها ارزیابی یک طرح مطرح است اگر Bc(i) بزرگتر یا مساوی ۱ باشد طرح قابل قبول در غیر اینصورت رد می شود. اگر دو طرح مورد مطالعه باشند باید اختلاف منافع دو طرح را به اختلاف هزینهٔ دو طرح تقسیم کرد، که در غیر اینصورت طرح کوچکتر انتخاب می شود. طرح بزرگتر و کوچکتر تنها توسط سرمایه اولیه تعیین می شود. اگر چند طرح نیز مورد بررسی

باشد در هر مرحله دو طرح را مقایسه می کنیم و طرح انتخاب شده را با طرح بعدی می سنجیم و همین روال را ادامه می دهیم تا یک طرح باقی بماند که در واقع اقتصادی ترین طرح است.

۳-۲- مدل نسبت منافع به مخارج فازی

پارامترهایی که در نظر گرفته ایم همگی به صورت فازی می باشند که شامل : هزینهٔ اولیه، درآمد سالیانه، هزینهٔ سالیانه، سرمایه در دسترس، عمر مفید و نرخ برگشت است. اعداد فازی مورد استفاده به فرم اعداد فازی ذوزنقه ای می باشند.

تعریف پارامترهای مدل به شرح زیر می باشد :

FP = سرمایه گذاری اولیه فازی

FE = هزینه سالیانه فازی

FB = درآمد سالیانه فازی

FT = کل سرمایه در دسترس فازی

n= عمر مفید

$\tilde{i}$ = نرخ بهرهٔ فازی

$\tilde{1}$ = عدد یک غیر فازی (1,1,1,1) = $\tilde{1}$

FU = فاکتور تبدیل یک سری یکنواخت به ارزش فعلی در حال فازی

FCR = فاکتور پوشش سرمایه یا فاکتور تبدیل ارزش فعلی به معادل یکنواخت سالیانه

FEUAC = هزینهٔ معادل یکنواختی سالیانهٔ فازی.

$$FCR = \frac{\left[(\tilde{1}(+)\tilde{i})^{n}(-)\tilde{1}\right]}{\left[\tilde{i}(\times)(\tilde{1}(+)\tilde{i})^{n}\right]} \qquad FU = \frac{\left[(\tilde{i}(\times)(\tilde{1}(+)\tilde{i})^{n}\right]}{\left[(\tilde{1}(+)(\tilde{i}))^{n}(-)\tilde{1}\right]}$$

$$FEUAC = (FP(0)FCR) + FE$$

حال پارامترها را به صورت اعداد فازی ذوزنقه ای نمایش داده و عملیات لازم را انجام می دهیم :

$FP=(P_c , P_a , P_b , P_d)$ $FE=(e_c , e_a , e_b , e_d)$

$FB=(b_c , b_a , b_b , b_d)$ $FT=(t_c , t_a , t_b , t_d)$

$\tilde{i}=(i_c , i_a , i_b , i_d)$ $FU=(u_c , u_a , u_b , u_d)$ $FCR=(v_c , v_a , v_b , v_d)$

$$U_c = \frac{\left[\left(1+i_c\right)^{n_c}-1\right]}{\left[i_d\left(1+i_d\right)^{n_d}\right]} \qquad U_a = \frac{\left[\left(1+i_a\right)^{n_a}-1\right]}{\left[i_b\left(1+i_b\right)^{n_b}\right]}$$

$$U_b = \frac{\left[\left(1+i_b\right)^{n_b}-1\right]}{\left[i_a\left(1+i_a\right)^{n_a}\right]} \qquad U_d = \frac{\left[\left(1+i_d\right)^{n_d}-1\right]}{\left[i_c\left(1+i_c\right)^{n_c}\right]}$$

$$V_c = \frac{[i_b(1+i_b)^{n_b}]}{[(1+i_a)^{n_a}-1]} \qquad V_a = \frac{[i_a(1+i_a)^{n_a}]}{[i_b(1+i_b)^{n_b}-1]}$$

$$V_b = \frac{[i_b(1+i_b)^{n_b}]}{[(1+i_a)^{n_a}-1]} \qquad V_d = \frac{[i_d(1+id)^{nd}]}{[(1+i_c)^{c}-1]}$$

$FEUAC=(P_cV_c + e_c , P_av_a +e_a , P_bv_b +e_b , P_dv_d +e_d)$

۲-۴- ارزیابی طرحها با استفاده از مدل B/C فازی

در این بخش دو الگوریتم و یک مدل برنامه ریزی خطی ارائه می شود که اولین لگوریتم و مدل برنامه ریزی خطی برای ارزیابی طرحهای سازگار و دومین الگوریتم برای ارزیابی طرحهای ناسازگار می باشد.

۲-۵- الگوریتم ارزیابی طرحهای سازگار

برای ارزیابی طرحهای سازگار با استفاده از این الگوریتم قدمهای زیر را به ترتیب باید اجرا کرد.

درآمد و هزینهٔ معادل سالیانهٔ هر طرح (FEUAC , FB) را مشخص کنید.

نسبت درآمد معادل سالیانه هر طرح را به هزینهٔ معادل سالیانهٔ هر طرح تقسیم نموده و آنرا به عنوان معیار B/C در نظر بگیرید. یعنی :

$$B/C = \frac{FB}{FEUAC} \qquad (۹)$$

نسبتهای B/C هر طرح که بزرگتر یا مساوی $\tilde{1}$ باشد آن طرح را به عنوان طرح قابل قبول جهت مقایسات بعدی در نظر بگیرید. یعنی برای طرحهایی که $B/C \geq \tilde{1}$ باشد طرح قابل قبول است.

از بین طرحهای قابل قبول انتخاب شده در قدم ۳ تمام ترکیبات قابل قبول را با توجه به سطح بودجهٔ در دسترس (FT) مشخص کنید.

برای هر یک از ترکیبات انتخاب شده در قدم ۴ میانگین وزنی را با استفاده از رابطهٔ زیر بدست آورد.

$$WM = \sum_{j=1}^{m}\left[(FB_j(\div)FEUAC_j)(\times)(FP_j(\div)FT)\right] \qquad (۱۰)$$

بطوریکه FB_j و $FEUAC_j$ و FP_j به ترتیب درآمد معادل سالیانه، هزینهٔ معادل سالیانه و هزینهٔ اولیهٔ طرح j ام است و m تعداد طرحها در یک ترکیب می باشد.

ترکیبی از طرحها را که دارای بیشترین میانگین وزنی باشد بعنوان بهترین انتخاب از بین کل طرحها در نظر بگیرید.

۲-۶- مدل برنامه ریزی خطی فازی(Fuzzy Linear Programming)

در مدلهای برنامه ریزی ریاضی در محیط فازی ممکن است هر کدام از پارامترها از جمله c_j و a_{ij} و b_i بـــــه تنهایی یا تـرکیبی از آنها به صورت فازی ظاهر شوند که در هـر یک از حالتهای فوق مدل برنامه ریزی ریاضی فرم خاصی به خود می گیرد. مدلی که در این تحقیق مدنظر است به صورتی است که تمام پارامترهای مدل فازی هستد. در اینجا مدل را به شکل عمومی نشان داده و روشهای حل آنرا که نوعی تبدیل کردن به حالت قطعی است بررسی می کنیم.

مدل کلی برنامه ریزی خطی در شرایطی که تمام پارامترها فازی باشند به صورت زیر خواهد بود :

$$\max z = \tilde{C}x \qquad (۱۱)$$

$$\tilde{A}X \leq \tilde{b}$$

St :

$$X \geq 0$$

جهت حل مدل برنامه ریزی خطی فازی فوق آقای فولر [۵] یک مدل برنامه ریزی خطی در حالت قطعی بصورت زیر برای جایگزینی با مدل بالا پیشنهاد می کند.

$$\text{Maxz}= \sum_{j=1}^{m} d_i x_j$$

$$\text{St}: \quad \sum_{j=1}^{m} f_{ij} X_j \le g_i \qquad i = ۱ \text{ و } ۲ \text{ و } \dots \text{ و } n$$

where (۱۲)

$$d_j = \frac{1}{}[C_{j,1} + C_{j,3} + (\frac{1}{2})(C_{j,2} + C_{j,4})]$$

$$f_{ij} = \frac{1}{3}[a_{ij,} + a_{ij,} + (\frac{1}{2})(a_{ij,2} + a_{ij,4})]$$

$$g_i = \frac{1}{3}[b_{j,1} + b_{i,3} + (\frac{1}{2})(b_{i,2} + b_{i,4})]$$

۷-۲- الگوریتم ارزیابی طرحهای ناسازگار

جهت ارزیابی طرحهای ناسازگار با استفاده از الگوریتم فوق مراحل زیر به ترتیب باید انجام پذیرد.

هزینهٔ سرمایه گذاری اولیه (FP)، عمر مفید (N) و جریان نقدی سالیانه (FCF) هر طرح را مشخص کنید.

ارزش فعلی خالص هر طرح را بدون در نظر گرفتن هزینهٔ اولیه محاسبه نمائید. از حاصلضرب جریان نقدی سالیانه در فاکتور تبدیل به ارزش فعلی (FU) بدست می آید. (NPW)

پروژه ها را براساس هزینهٔ اولیه (FP) از کوچک به بزرگ مرتب کنید.

نسبت ارزش فعلی خالص را به هزینهٔ هر طرح محاسبه کنید یعنی: NPW (÷)FP و برای هر طرح اگر ۱ > NPW (÷)FP باشد طرح را از مقایسات بعدی حذف کنید.

از کوچکترین طرح براساس هزینهٔ اولیه شروع کرده و در هر مرحله دو طرح را در نظر بگیرید. بطوریکه برای هر دو طرح در نظر گرفته شده منافع اضافی یعنی ΔNPW و هزینهٔ اضافی یعنی ΔFP را بدست آورید.

نسبت منافع اضافی به هزینهٔ اضافی یعنی $\Delta NPW(\div)\Delta FP = \frac{\Delta B}{\Delta C}$ را محاسبه کنید.

اگر $\frac{\Delta B}{\Delta C} > \tilde{1}$ باشد طرحی انتخاب می شود که هزینهٔ اولیهٔ بزرگتر دارد و اگر $\frac{\Delta B}{\Delta C} < \tilde{1}$ باشد پروژه با هزینهٔ اولیهٔ کمتر انتخاب می شود. با استفاده از این مرحله در هر بار یک طرح حذف و یک طرح انتخاب می شود و طرح انتخاب شده با طرح بعدی مقایسه می‌شود.

قدمهای (۶) و (۷) را تا زمانیکه تنها یک طرح باقی می ماند ادامه دهید که در این شرایط اقتصادی ترین طرح بدست آمده است.

۳- نتیجه گیری

آنچه در این مقاله ارائه گردید مدل نسبتاً ساده ای از روش نسبت منافع به مخارج برای ارزیابی طرحهای سازگار و ناسازگار بود. از الگوریتمها و روابط ارائه شده می توان نتیجه گیری کرد که بررسی روش نسبت منافع به مخارج در محیط فازی به سادگی قابل بکارگیری بوده و نتایج قابل قبولی از آن قابل استخراج است.

در مطالعات آتی در این زمینه می توان شرایط پیچیده تری از جمله : اعمال نرخ تورم و مایعات، داشتن تک پرداختها یا دریافتها در طول عمر مفید و یا در نظر گرفتن اسقاطی و اقلام دیگری از هزینه و درآمد را منظور کرد.

منابع

[1] Lai, Y,J.and Hwang, c,1. "Fuzzy Mathematical Programming, Methods and Applications", Springer – Verlag, (1992).
[2] Gonzalez, A. "A Study of Ranking Function Approach Through Mean Values", Fuzzy Sets and Systems, Vol.17 (1985), PP. 113-129.
[3] Chen, S, H. "Ranking Fuzzy Numbers with Maximizing and Minimizing Set", Fuzzy Sets and Systems, Vol.17 (1985), PP.113-129.
[4] Chen, S, Park. "Probabilistic Benefit – Cost Analysis", The Engineering Economist Vol. 29, Number 2 ,pp.80-97