برنامه ریزی و تصمیم گیری تحت عدم قطعیت و دینامیک در پروژه های EPC (کلید در دست) با استفاده از تئوری فازی

پرنا ایمان نژاد[۱]، علی کریم پور[۲]
[۱]دانشکده آموزشهای الکترونیکی- دانشگاه شیراز، parna.imannezhad@gmail.com
[۲]دانشکده مهندسی برق-دانشگاه فردوسی، karimpor@um.ac.ir
گروه پژوهشی اقتصاد انرژی الکتریکی شرق

چکیده- در حال حاضر در اجرای پروژه های صنعتی مدل قرارداد EPC (Engineering- Procurment- Construction) تبدیل به یکی از مسیرهای اصلی قراردادها و روندهای توسعه گردیده است. قرارداد مهندسی EPC بدین معنی می باشد که یک پیمانکار عمومی همه پروسه ها و جوانب پروژه شامل طراحی ، تأمین کالا و تجهیزات، نصب و راه اندازی تا مرحله بهره برداری از پروژه را انجام دهد. در سال های اخیر پروژه های EPC با چالشهای بزرگی مواجه بوده است و این صنعت همچنان در حال حرکت به سمت عدم رضایت می باشد. از جمله مشکلات این صنعت رقابتی شدن و حاشیه سود کم ، طولانی شدن پروژه نسبت به زمان بندی اولیه و افزایش هزینه ها نسبت به بودجه اولیه می باشد. در این تحقیق به ارائه روشی جهت حل برخی از این چالشها، مدل سازی و برنامه ریزی بهینه پروژه های EPC با هدف کاهش هزینه ها پرداخته خواهد شد و جهت دست یافتن به این هدف از مفهوم زنجیره تأمین، زنجیره بحرانی، تئوری فازی و تئوری امکان استفاده خواهد شد.

کلید واژه- پروژه های EPC- تصمیم گیری تحت عدم قطعیت- زنجیره تامین دینامیک- مدل سازی فازی

۱- مقدمه

در سال های اخیر پروژه های EPC با چالشهای بزرگی مواجه بوده است و این صنعت همچنان در حال حرکت به سمت عدم رضایت می باشد. از جمله مشکلات این صنعت رقابتی شدن و حاشیه سود کم ، طولانی شدن پروژه نسبت به زمان بندی اولیه و افزایش هزینه ها نسبت به بودجه اولیه می باشد. تحقیقات انجام شده توسط مؤسسه ای در انگلیس نشان می دهد که حاشیه سود پروژه های EPC در این کشور ۲-۱٪ می باشد . مؤسسه صنعت ساخت آمریکا (CII) اعلام کرده است که $\frac{1}{3}$ از پروژه های EPC در این کشور کنترل هزینه و زمان را از دست می دهند و در نهایت با شکایت و نارضایتی به پایان می رسند . این آمار در کشور انگلیس ۵۲٪ از پروژه های ساخت این کشور را شامل می شود [۱].

نیازها و چالشهای سالهای اخیر، مدیران را مجبور به ایجاد روشهای جدید برای حل مسائل مدیریتی نموده است، روشهایی با انعطاف پذیری بالا که بتواند با شرایط واقعی پروژه ها تطبیق داشته و به فرد یا ارگان تصمیم گیر در تصمیم گیری بهتر و حل مسائل کمک نماید.

۱-۱- چالشهای پروژه های EPC

از جمله چالشهای بزرگ پروژه های EPC وابستگی شدید و پیچیده فعالیتهای داخلی به یکدیگر، وجود تداخل بین فازهای مختلف پروژه شامل طراحی، بازرگانی و نصب، وجود گروههای مختلف با اهداف و مهارتهای متفاوت در کنار یکدیگر (مانند کارفرما، مشاور، گروه طراحی، گروه بازرگانی، گروه نصب، تأمین کنندگان کالا، گروه مالی و بانکداری، استراتژی های حکومتی و ...) خاصیت توزیع شده و تکه تکه شدن فعالیتها، وجود عدم قطعیت ها و عدم توانایی در پیش بینی خروجی مطلوب، دینامیک سیستم و ... می باشد. بسیاری از بنگاههای اقتصادی بزرگ پروژه محور EPC برای مدیریت پروژه های خود از ماتریس های سازمانی بسیار پیچیده استفاده می کنند و همین پیچیدگی یکی از عوامل افزایش زمان و هزینه در این پروژه ها می باشد. تحقیقات زیادی درخصوص جوانب مختلف بهبود پروژه های EPC انجام شده است که هر یک بر بهبود جنبه خاصی از چالشهای پروژه تمرکز داشته است، در این تحقیق بر بهبود پروسه های کاری، اهمیت زمان و تصمیم گیری بهینه تحت عدم قطعیت و دینامیک در پروژه های EPC پرداخته خواهد شد.

۲- استفاده از مفهوم زنجیره تأمین و زنجیره بحرانی در پروژه های EPC

زنجیره تأمین سیستمی متشکل از سازمانها، افراد، فعالیتها، اطلاعات، دانش، منابع و تکنولوژیهایی می باشند که برای تولید یک محصول خاص در کنار یکدیگر قرار می گیرند.

مدیریت زنجیره های تأمین شامل کلیه فعالیتهای استراتژیکی میباشد که جهت بهبود کارایی زنجیره تأمین انجام می شود و دارای دو جزء اصلی است. جزء اول: مدیریت روابط بین اجزای زنجیره تأمین و جزء دوم: مدیریت سیستم گردش اطلاعات در زنجیره تأمین میباشد.

توسعه تئوری زنجیره تأمین در سالهای اخیر به خصوص در سازمانهای پروژه محور به علت عدم کارآمدی ساختارهای سلسله مراتبی و افزایش هزینه های مربوط به استفاده از روش اداری ایجاد شده است.

دو نوع عدم قطعیت در پروژه های EPC وجود دارد :

(۱) عدم قطعیت درخصوص زمان انجام فعالیتها

(۲) عدم قطعیت در منابع مورد نیاز در پروژه

هر فعالیتی قسمتی از زمان را به خود اختصاص می دهد که پیش بینی این زمان در ابتدای پروژه با توجه به تعاریف و چالشهای مطرح شده، همواره با عدم قطعیت همراه می باشد.

از دست دادن زمان در پروژه های EPC می تواند هزینه های جبران ناپذیری را به پروژه تحمیل نماید. بنابراین در سازمان های بزرگ پروژه محور که معمولاً ده ها پروژه به صورت همزمان در حال اجرا می باشد مدیریت زمان بسیار با اهمیت می باشد.

درخصوص منابع مورد نیاز در پروژه ها، در این تحقیق فرض بر آن است که:

(۱) سازمان EPC از یک بخش مرکزی تشکیل شده است که نظارت بر زمان، هزینه و کیفیت کار را برعهده دارد و کلیه فعالیتهای تخصصی پروژه از جمله طراحی، بازرگانی، نصب، تولید در گروههای مستقل از یکدیگر در حال انجام می‌باشد. بنابراین عدم قطعیت در منابع، مربوط به بخش مرکزی نمی شود بلکه مربوط به گروههای مستقل می باشد که هر کدام انجام بخشی از فعالیتها تخصصی پروژه را برعهده دارند. عدم قطعیت در منابع هر یک از گروههای مستقل به صورت عدم قطعیت زمانی در بخش مرکزی خود را نشان می دهد.

(۲) در خصوص تأمین مالی پروژه، فرض بر این است که یک بانک مجازی در بخش مرکزی سازمان وجود دارد که وظیفه تأمین مالی کلیه پروژه ها را برعهده دارد. لذا یکی از تصمیمات کلیدی که توسط بخش مرکزی سازمان اتخاذ می گردد، تصمیم گیری درخصوص زمان تخصیص منابع مالی می باشد.

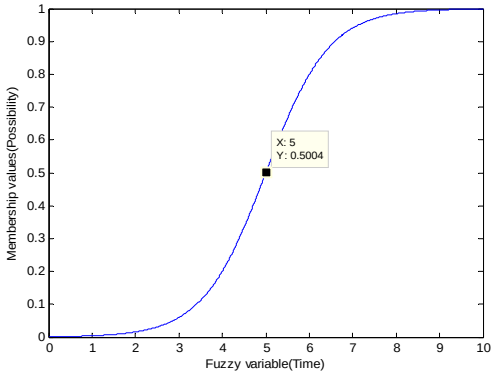
بنابراین با توجه به فرضیات فوق، عدم قطعیت منابع مورد نیاز پروژه تبدیل به عدم قطعیتهای زمانی (زمان انجام فعالیتهای مربوط به روابط بین عوامل پروژه) میگردد.

۳- استفاده از مفهوم تئوری فازی و تئوری امکان در پروژه های EPC

در این قسمت با توجه به مطالب ارائه شده تا کنون استفاده از مفهوم تئوری فازی و تئوری امکان جهت برنامه ریزی و تصمیم گیری تحت عدم قطعیت در پروژه های EPC پیشنهاد می گردد. از آنجایی که تصمیم گیری در پروژه های EPC تحت شرایط دینامیک انجام میشود، تابع تعلقی که برای بیان عدم قطعیت پارامترهای فازی (زمان انجام فعالیت ها) استفاده میشود مشابه تابع تعلق S شکل پیشنهاد شده توسط وسنت میباشد [۴] (با توجه به شرایط دینامیک پروژه های EPC تابع تعلق انعطاف پذیر استفاده میشود) با این تفاوت که در این تحقیق μ به عنوان درجه امکان قید مورد نظر، تعریف می شود و به صورت رابطه (۱) تعیین میگردد.

$$\mu(x)=\begin{cases}0 & x<x^a\\ 0.001 & x=x^a\\ 1-\dfrac{B}{1+Ce^{\alpha x}} & x^a<x<x^b\\ 0.999 & x=x^b\\ 1 & x>x^b\end{cases} \qquad (۱)$$

نمودار مربوط به تابع تعلق رابطه (۱) به ازای α=۱۳/۸۱ و تغییر پارامتر فازی بین ۰ تا ۱۰ در شکل (۱) نشان داده شده است . نقطه (۰/۵ و ۵) به این معنی می باشد که هنگامی که α=۱۳/۸۱ می باشد امکان انجام فعالیت مورد نظر تا روز ۵ ام، ۰/۵ یا به صورت معادل ۵۰٪ می باشد. (در رابطه (۱) در شرایطی که نقطه عطف منحنی در وسط بازه تغییرات پارامتر فازی قرار میگیرد α=۱۳/۸۱ میباشد [۴].)



شکل (۱): تابع تعلق S شکل به ازای α=13.81

پس از مدل سازی مناسب روابط بین اعضای پروژه و تعیین پارامترهای فازی سیستم، تصمیم گیری مناسب در خصوص زمان انجام هر یک از فعالیت ها در هر لحظه با توجه به نحوه پیشرفت زنجیره های تأمین، عدم قطعیت های موجود، اطلاعات دینامیک و زبانی افراد کارشناس و استراتژی فرد تصمیم گیر انجام میشود.

۴-تصمیم گیری تحت عدم قطعیت و دینامیک

مدل جدیدی که در این قسمت برای تصمیم گیری تحت عدم قطعیت پیشنهاد می شود مدل Dynamic Fuzzy Linear Programming (DFLP) میباشد که به صورت زیر فرموله میشود:

$$Max \quad \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$
$$Subject\ to: \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le \tilde{b}_i \qquad (۲)$$
$$\tilde{b}_i\big|_{\mu_i,\alpha_i} = b_i^a + \left(\frac{b_i^b - b_i^a}{\alpha_i}\right) Ln \frac{1}{C_i}\left(\frac{B_i}{\mu_i} - 1\right)$$

در این مدل $\tilde{b}_i$ تابعی از μ_i , α_i است. به این صورت که $\tilde{b}_i$ پارامتری فازی میباشد که ماهیتاً دارای عدم قطعیت و دینامیک (عدم قطعیت زمانی) میباشد، عدم قطعیت $\tilde{b}_i$ به علت اطلاعات اولیه غیر دقیق در خصوص منابع مسئله و ماهیت دینامیک آن به علت شرایط محیطی و امکانات پروژه و استراتژی فرد تصمیم گیر می باشد که دائماً درحال تغییر است. α_i به عنوان پارامتری برای ورود اطلاعات ذهنی و لحظه ای فرد کارشناس بکار برده میشود که می تواند در تصمیم گیری و استراتژی نهایی تاثیرگذار باشد. در واقع α_i عددی مثبت و حقیقی میباشد که با توجه به شرایط محیط و تجارب فرد کارشناس تعیین می گردد و این پارامتر، تصمیم گیری فازی را انعطاف پذیر و دینامیک می نماید [۲].

$$B_i = 0.999\,(1+C_i) \qquad \frac{B_i}{1+C_i e^{\alpha}} = 0.001 \qquad (۳)$$

با بکار بردن معادلات (۳) به ازای مقادیر α_i, B_i , C_i و μ_i مسئله برنامه ریزی خطی فازی دینامیک فرموله میشود و همه ضرایب آن پارامتریزه خواهند شد.

بهترین مقدار برای تابع هدف به ازای مقادیر مشابه $\mu_i = \mu$ بدست می آید[۵.] مانند روش خطی سازی پیشنهاد شده توسط وسنت به منظور پیشگری از حل مسئله برنامه ریزی غیر خطی، مقادیر μ_i در بازه های کوچک و مشخص گسسته میگردد و پاسخ مسئله برنامه ریزی خطی به ازای آن مقادیر بدست می آید. این پاسخ در واقع رفتار تابع هدف مسئله را به ازای مقادیر مختلف μ_i نشان میدهد[۶].

از طرف دیگر آبراهام و لازارویک در سال ۲۰۰۳ روش Max-Min را برای بدست آوردن پاسخ بهینه در مسائل برنامه ریزی خطی با منابع فازی بکار بردند. در روش مذکور دو نوع تابع تعلق خطی تعریف می شود یکی برای μ_i ها (درجه امکان قید) و دیگری برای μ_0 (درجه رضایت تابع هدف) و پاسخ نهایی برای متغیرهای تصمیم گیری با هدف ماکسیمم کردن مینیمم μ_i ها و μ_0 بدست می آید[۳].

در این حالت افزایش مقادیر μ_i (درجه امکان قیدها) موجب بزرگ شدن بازه های زمانی انجام فعالیتها و در نتیجه موجب کاهش امکان مانور پارامترهای تابع هدف جهت افزایش مقدار تابع هدف میگردد لذا μ_0 (درجه رضایت تابع هدف) کاهش میابد و برعکس کاهش μ_i ها موجب کوچک شدن بازه زمانی انجام فعالیتها، افزایش مقدار تابع هدف و در نتیجه افزایش μ_0 خواهد شد. در واقع پاسخ بهینه نهایی با ایجاد مصالحه بین μ_0 و μ_i ها که منجر به یافتن μ مناسب میگردد بدست می آید.

در مدل برنامه ریزی خطی فازی دینامیک (DFLP) از روش Max-Min با بکار بردن تابع تعلق S شکل استفاده میشود و منحنی مقدار تابع هدف به ازای تغییرات μ_i و μ_0 رسم میشود.

منحنی مقدار تابع هدف به ازای μ_i نزولی (افزایش μ_i موجب کاهش تابع هدف میگردد) و به ازای μ_0 صعودی

(افزایش μ_0 موجب افزایش تابع هدف میگردد) خواهد بود از آنجایی که هدف از ایجاد مصالحه بین مقادیر μ_0 و μ_i ها، افزایش تابع هدف میباشد نقطه تقاطع دو منحنی، μ بهینه را مشخص خواهد کرد و این μ مقادیر متغیرهای تصمیم گیری در نتیجه مقدار تابع هدف را تعیین خواهد کرد.

۵- مدل مورد مطالعه

در این قسمت به حل یک نمونه مسئله واقعی مدل سازی در یک پروژه EPC احداث پست فشار قوی میپردازیم. فرض میشود هدف افزایش سودآوری پروژه باشد. با توجه به اینکه هر یک از گروه های تخصصی وظیفه کنترل هزینه های مربوط به خود را بر عهده دارند وظیفه فرد تصمیم گیر در بخش مرکزی سازمان ایجاد روابط صحیح بین اعضای پروژه (گروه های تخصصی) و کنترل زمان انجام فعالیتهای مربوط به این روابط با هدف افزایش سود و کاهش هزینه ها میباشد. هزینه احداث پستهای فشار قوی معمولا بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلیارد ریال میباشد که حدود ۸۰٪ از این هزینه ها مربوط به بخش تامین کالا است. از آنجایی که فرض میشود این هزینه ها توسط بانک مجازی سازمان تامین میگردد خروج به موقع نقدینگی از این بانک با توجه ارزش روزانه پول (سود پول در بانک) حائز اهمیت میباشد و لازم است در تابع هدف لحاظ گردد.

با توجه به اینکه انباشت نقدینگی در بانک موجب تعلق سود بیشتر به پروژه میشود فرد تصمیم گیر به طور طبیعی علاقه مند است خروج نقدینگی از بانک را به تاخیر بیاندازد به تاخیر افتادن خروج نقدینگی متناسب با تاخیر در سفارش کالاها و بالتبع تاخیر در اتمام پروژه میشود. طبق قراردادهای EPC تاخیر در اتمام پروژه موجب اعمال هزینه جریمه تاخیر به پروژه میشود لذا لازم است نوعی مصالحه بین زمان خروج نقدینگی و زمان پایان پروژه ایجاد شود.

از جمله هزینه های بزرگ دیگری که به علت عدم هماهنگی بین اعضای پروژه به پروژه تحمیل میشود هزینه های ناشی از کارگاه اجرایی (نصب) میباشد. پس از تجهیز کارگاه پروژه چنانچه ورودی های مورد نیاز کارگاه (طرح و کالا) به موقع به دست گروه نصب نرسد موجب توقف فعالیت اجرا و اعمال هزینه های ثابت کارگاه به پروژه میشود بنابراین تعیین زمان مناسب جهت تجهیز کارگاه پروژه با توجه به روند پیش بینی روند پیشرفت زنجیره های تامین پروژه از اهمیت بسزایی برخوردار میباشد و لازم است در تابع هدف پروژه لحاظ گردد.

۵-۱- پارامترها و متغیرهای مورد استفاده در مدل

در جدول (۱) پارامترها و متغیرهای مورد استفاده در مدل کنترلی پروژه های EPC احداث پستهای فشار قوی آورده شده است.

۵-۲- فرموله سازی مسئله

تابع هدف: با توجه به مدل ارائه شده و پارامترها و متغیرهای معرفی شده، تابع هدف مسئله بصورت زیر فرموله میشود:

$$MaxZ = P_l \sum_{i=1}^{3} k_i t_i - uP_{penalty}(T_6 - T) - P_c(T_6 - T_5 - d_C)$$

قیدهای مسئله:

۱- قیدهای مربوط شروع عملیات نصب:

$$T_i \geq t_i + \tilde{d}_{pi} \quad i = 1,2,3 \qquad (۵)$$

۲-قیدهای مربوط به اولویت بندی فعالیتها:

$$T_1 \geq T_5 \qquad T_3 \geq T_5 \qquad (۶)$$
$$T_2 \geq T_1 + \tilde{d}_{c1} \qquad T_6 \geq T_4 + d_{c4}$$
$$T_4 \geq T_2 + \tilde{d}_{c2} \qquad T_4 \geq T_3 + \tilde{d}_{c3}$$

۳-قیدهای مربوط به شروع سفارش کالا(تامین مالی):

$$t_i \geq \tilde{d}_{ei} \qquad i = 1,2,3 \qquad (۷)$$

۴-قیدهای مربوط به تعیین متغیر باینری مدل (محاسبه هزینه تاخیر یا عدم محاسبه هزینه تاخیر)

$$u \leq \frac{T_6}{T} \qquad u \geq \frac{T_6 - T}{10T} \qquad (۸)$$

۵-۳- مقادیر پارامترهای فازی مدل پیاده سازی شده در یک پروژه احداث پستهای فشار قوی

مقادیر پارامترهای فازی و ضرایب موثر در مدل سازی یک نمونه پروژه احداث پستهای فشار قوی در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۲: مقادیر ضرایب موثر در محاسبه شاخص سودآوری

جریمه تاخیر در اتمام پروژه (ریال)	$P_{penalty}$=۱۲۲,۹۶۵,۴۹۰
هزینه ثابت (تجهیز کارگاه) (ریال)	P_c=۴,۰۰۰,۰۰۰
ارزش پول در سازمان	P_I=%۲۵/۳۶۵
مدت زمان پروژه	T=۳۶۵
قیمت آیتم سازه (ریال)	k_1=۵,۲۵۷,۸۴۴,۰۰۰
قیمت آیتم تجهیزات HV (ریال)	k_2=۴۴,۰۳۳ ,۹۵۱,۰۰۰
قیمت آیتم تجهیزات LV (ریال)	k_3=۲۴,۴۸۷,۴۹۸,۰۰۰

جدول ۱: پارامترها و متغیرهای مورد استفاده در مدل

شاخص سودآوری پروژه	Z	بازه زمانی نصب تجهیزات LV	d_{c3}
جریمه روزانه تاخیر در اتمام پروژه طبق قرارداد	Ppenalty	بازه زمانی تست و راه اندازی	d_{c4}
هزینه ثابت (تجهیز کارگاه) گروه نصب به صورت روزانه	P_c	بازه زمانی انجام عملیات نصب در حالت نامی	d_C
سود پول در بانک مجازی صورت روزانه (ارزش پول)	P_l	زمان تامین مالی (سفارش) سازه	t_1
قیمت هر یک از کالاهای پروژه مطابق با جداول قیمت	K_i i=1,2,3	زمان تامین مالی (سفارش) تجهیزات HV	t_2
مدت زمان پروژه طبق قرارداد	T	زمان تامین مالی (سفارش) تجهیزات LV	t_3
بازه زمانی طراحی سازه	d_{e1}	زمان شروع نصب سازه	T_1
بازه زمانی طراحی تجهیزات HV	d_{e2}	زمان شروع نصب تجهیزات HV	T_2
بازه زمانی طراحی تجهیزات LV	d_{e3}	زمان شروع نصب تجهیزات LV	T_3
بازه زمانی ساخت و تحویل سازه	d_{p1}	زمان شروع تست و راه اندازی	T_4
بازه زمانی ساخت و تحویل تجهیزات HV	d_{p2}	زمان شروع نصب و تجهیز کارگاه	T_5
بازه زمانی ساخت و تحویل تجهیزات LV	d_{p3}	زمان پایان پروژه	T_6
بازه زمانی نصب سازه	d_{c1}	متغیر باینری	u
بازه زمانی نصب تجهیزات HV	d_{c2}		

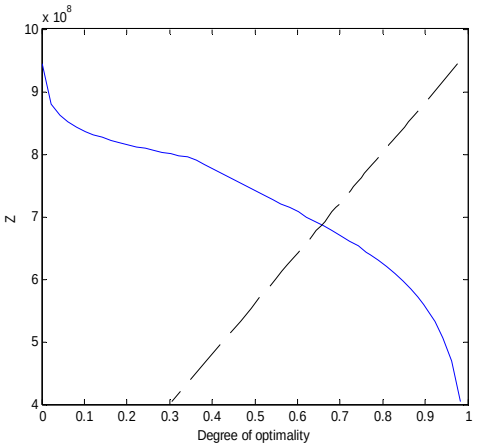
جدول۳ :مقادیر پارامترهای فازی پروژه

پارامتر فازی	پارامتر دینامیک	مدت زمان(روز)
d_{e1}	α_1	۱۷۵-۱۴۵
$d_{e۲}$	α_2	۱۲۰-۹۰
d_{e3}	α_3	۱۸۵-۱۶۰
d_{p1}	α_4	۹۰-۶۰
d_{p2}	α_5	۱۶۵-۱۲۰
d_{p3}	α_6	۱۲۰-۱۰۵
d_{c1}	α_7	۴۵-۳۰
d_{c2}	α_8	۲۰-۱۰
d_{c3}	α_9	۴۵-۳۰
d_{c4}	α_{10}	۴۵-۳۰

۶- تحلیل خروجی های حاصله

در این قسمت به تحلیل خروجی های حاصله از مدل شبیه سازی شده به کمک نرم افزار MATLAB و GAMS انجام شده است، پرداخته میشود .

در ابتدا حالتی در نظر گرفته می شود که در ابتدای پروژه فرد تصمیم گیر قصد دارد با توجه به جداول ۲ و۳ برنامه ریزی مناسبی برای پروژه انجام دهد و شاخص سود آوری پروژه در بخش مرکزی را تخمین بزند. فرض می شود α_i=۱۳/۸۱ (i = ۱ ,۲,... ,۹) می باشد (شرایط نرمال). شکل (۲) نمودار تابع هدف پروژه به ازای μ_0 (درجه رضایت تابع هدف) و $\mu=\mu_i$ (درجه امکان قیدها) نشان میدهد. نقطه تقاطع این دو منحنی μ بهینه پروژه را تعیین میکند و این μ مقادیر متغیرهای تصمیم گیری، تابع هدف و پارامترهای فازی سیستم را تعیین می نماید. مقادیر مربوطه در جداول ۴ و ۵ آورده شده است. مقادیر درج شده در این جداول علاوه بر اینکه به فرد تصمیم گیر جهت برنامه ریزی مناسب پروژه (کنترل بهینه زمان و هزینه) کمک می کند، اطلاع رسانی آن به گروه های تخصصی (عوامل پروژه) کمک میکند تا بتوانند برنامه ریزی مناسبی جهت انجام فعالیتهای داخلی و هماهنگی با سایر اجزای پروژه داشته باشند.



شکل ۲: نمودارتغییرات تابع هدف نسبت به μ_0 و μ_i به ازای α_i=13.81

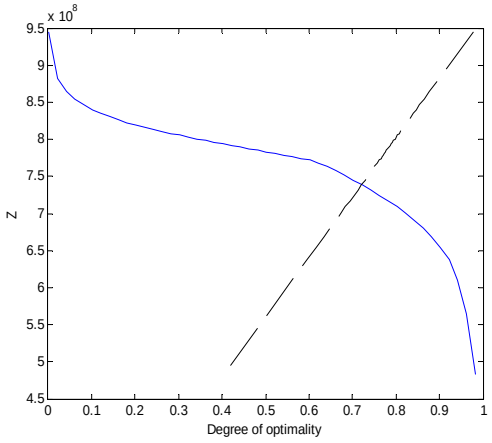
جدول ۴: مقادیر تابع هدف و متغیرهای تصمیم گیری به ازای μ=۰/۶۵

i	T_i	t_i	زنجیره تامین
۱	۲۳۵	۱۵۸	سازه
۲	۲۹۹	۱۵۴	تجهیزات HV
۳	۲۹۳	۱۸۰	تجهیزات LV
۴	۳۳۷	-	شروع تست و راه اندازی
۵	۲۳۵	-	شروع نصب
۶	۳۷۵	-	پایان پروژه
شاخص سودآوری (ریال) :		z=۶۸۷۰۰۰۰۰۰	

جدول ۵: پارامترهای فازی پروژه (حالت اول)

i	d_{ci}	d_{pi}	d_{ei}	زنجیره تامین
۱	۳۸	۷۶	۱۵۹	سازه
۲	۱۵	۱۴۵	۱۰۶	تجهیزات HV
۳	۳۸	۱۱۴	۱۷۱	تجهیزات LV
۴	۳۸	-	-	تست و راه اندازی

در مرحله بعد فرض می شود بعد از گذشت ۲ ماه از شروع پروژه در روز ۶۰ام در زنجیره تامین سازه شرایط جدیدی حاصل شده است. به عنوان مثال کارشناس بازرگانی اعلام میکند با توجه به شرایط مناسب سازندگان کالای مورد نظر و مطابق مذاکرات انجام شده امکان تحویل سریعتر سازه های پروژه وجود دارد لذا مقدار پارامتر α_4 از ۱۳/۸۱ به ۵ تغییر مییابد. خروجی های حاصل از این تغییر در شکل (۳) و جداول ۶ و۷ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده میشود در به شرایط دینامیکی بهتر خروجی های بهتری نیز حاصل میگردد.



شکل ۳: نمودارتغییرات تابع هدف نسبت به μ_0 و μ_i به ازای α_4=5 و سایر μ_i=13.81

جدول ۶: مقادیر تابع هدف و متغیرهای تصمیم گیری به ازای μ=۰/۷۳

i	T_i	t_i	زنجیره تامین
۱	۲۲۶	۱۶۴	سازه
۲	۲۹۰	۱۴۵	تجهیزات HV
۳	۲۸۵	۱۷۱	تجهیزات LV
۴	۳۲۹	-	شروع تست و راه اندازی
۵	۲۲۶	-	شروع نصب
۶	۳۶۸	-	پایان پروژه
شاخص سودآوری (ریال) :		z=۷۳۹۰۳۰۰۰۰	

جدول ۷: پارامترهای فازی پروژه (حالت دوم)

i	d_{ci}	d_{pi}	d_{ei}	زنجیره تامین
۱	۳۸	۶۱	۱۵۹	سازه
۲	۱۵	۱۴۵	۱۰۷	تجهیزات HV
۳	۳۸	۱۱۳	۱۷۱	تجهیزات LV
۴	۳۸	-	-	تست و راه اندازی

۷- نتیجه گیری:

خروجی های حاصله از این تحقیق اهمیت تصمیم گیری بهینه جهت برنامه ریزی مناسب پروژه های EPC را نشان میدهد. شبیه سازی کامل کلیه فعالیتها در این پروژه ها (به خصوص در سازمانهای پروژه محور بزرگ که معمولا چندین پروژه به صورت همزمان در حال اجرا میباشد) با استفاده از تئوری فازی و تحلیل دائم شاخصهای پروژه میتواند تاثیر بسزایی در تصمیم گیری های کلیدی پروژه داشته باشد.

منابع:

[1] N.Jiahua, K T Yeo, "Management of procurement uncertainties in EPC projects", IEEE, pp.803-808, 2000.
[2] P.Nejad, A.Karimpor, "A new approach on planning and decision making in engineering and construction industry", CEIT, pp.764-771, 2011.
[3] Lazarevic, Abraham, "Hybrid fuzzy-linear programming approach for multi criteria decision making problems", Intelligent systems and applications 11, pp.1-18, 2003
[4] Pandian Vasant, "Fuzzy decision making of profit in production planning using S-curve membership function", Computer & Industial Engineering 51, Elsevier, pp.715-725, 2006
[5] Carlsson C,Korhonen PA, "Parametric approach to fuzzy linear programming" , Fuzzy sets and systems. 20,pp.17-30, 1986
[6] Pandian M. Vasant, "Possibilistic optimization in planning decision of construction industry", Journal of Production Economics 111, Elsevier, 664-675, 2007