



## استفاده از روش تصمیم گیری چند هدفه فازی برای ارائه مدل ارزیابی ریسک پروژه (حفاری چاه نفت آذر)

محمد رضا ایمانی مقدم (نویسنده مسؤول)

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران

Email: Rezaimani2010@gmail.com

محمد خلیل زاده

استاد یار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۶ \* تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۸

### چکیده

مدیریت ریسک پروژه در پروژه ها، نشان دهنده اهمیت رتبه بندی و اولویت بندی ریسک برای تمرکز بیشتر بر مدیریت فعالیت هایی که ریسک بالاتری دارند، است؛ به عبارت دیگر، فعالیت ها براساس ریسک انجام آن ها اولویت بندی و ارزیابی می گردند. در این پژوهش، سعی بر آن شده است که برای ارزیابی ریسک احتمالی پروژه، از یک مدل برنامه ریزی فازی با اهداف چندگانه استفاده شود. در این گونه مدل ها جهت بهینه شدن، چند هدف به طور همزمان مورد توجه قرار می گیرند. امکان دارد مقیاس سنجش برای هر هدف با مقیاس سنجش برای اهداف دیگر تفاوت داشته باشد. در مدل مورد مطالعه دو هدف دنبال می شود اولی مینم کردن هزینه مورد انتظار حاصل از ریسک های مختلف و دومی مینم کردن زمان مورد انتظار از ریسک های احتمالی است. روش پیشنهادی برای یک مطالعه موردی در پروژه حفاری چاه نفت آذر در منطقه ایلام به کارگرفته شده است که در آن با استفاده از تصمیم گیری چندهدفه و روش L-P متریک به حل مدل مربوطه پرداختیم. در روش L-P متریک با استفاده از توابع سازگار انحرافات موجود در جواب ها را نسبت به جواب ایده آل به حداقل رسانده و مدل دوهدفه موجود به یک مدل تک هدفه تبدیل کرده و حل نمودیم.

**کلمات کلیدی:** ارزیابی ریسک، تصمیم گیری چند هدفه، تئوری فازی، جواب های مؤثر.

## ۱- مقدمه

ریسک، پتانسیلی است که می‌تواند در روند اجرایی پروژه و دستیابی به اهداف آن مشکلاتی ایجاد نماید. ریسک از اجزای ذاتی تمام پروژه‌هاست و امکان ندارد بتوان آن را به‌طور کامل حذف کرد. اگرچه با مدیریت مؤثر ریسک، می‌توان به کاهش تأثیر آن در دستیابی به اهداف پروژه کمک کرد. ولی احتمال دارد ریسک، حداقل در یکی از ابعاد پروژه از قبیل محدوده، زمان، هزینه و یا کیفیت، روی دهد. (Olfat, Khosravan, & Jalali, 2010)

کشورهای درحال توسعه مانند ایران برای دستیابی به رشد، نیازمند سرمایه‌گذاری‌هایی در بخش‌های زیربنایی هستند. که این بخش‌ها علاوه بر رفع نیازهای اساسی، تأثیر زیادی بر سرعت بخشیدن به توسعه اقتصادی دارند. این کشورها برای رسیدن به این هدف، با محدودیت‌ها و عدم اطمینان‌های زیادی از جمله مهارت‌های فنی یا کیفیت مدیریت و... مواجه هستند. از این‌رو برای کاهش یا غلبه بر این محدودیت و عدم اطمینان‌ها، به ناچار بخش‌های خصوصی داخلی و خارجی را در پروژه‌ها و یا خدمات زیر بنایی به کار می‌گیرند.

با توجه به ماهیت نامطمئن پروژه‌ها، این واقعیت که بسیاری از پروژه‌ها در دستیابی به اهداف، منابع، هزینه، محدوده و زمان مورد انتظار شکست می‌خورند، انکارناپذیر است. وجود ریسک در پروژه و عدم قطعیت آن موجب کاهش دقت در تخمین مناسب هدف‌ها شده‌است و کارایی پروژه را می‌کاهد. بنابراین باید در فرایند مدیریت پروژه به مدیریت ریسک توجه ویژه شود. یافته‌ها نشان می‌دهد که از تمامی پروژه‌های نرم‌افزاری فقط ۳۰٪ از آن‌ها قبل از تکمیل شدن اسمی‌شان باشکست مواجه شده و پایان یافته‌اند. در حالی که بیش از نیمی از پروژه‌های اجرا شده با هزینه‌ای دو برابر بیشتر از هزینه‌ی پیش‌بینی شده به اتمام رسیده‌اند. پس برای مدیریت پروژه‌های موفق باید برنامه‌ای برای پاسخگویی و کنترل ریسک داشته باشیم.

تاکنون استانداردهای گوناگونی برای مدیریت پروژه مانند 'PMBOK'، Professional Methodologies ISO10006، PRINCE 2 و... ارائه شده است که معروف‌ترین و گسترده‌ترین استاندارد از بین آن‌ها، پیکره دانش مدیریت<sup>۱</sup> است. بر اساس این استاندارد فرایند مدیریت ریسک دارای ۶ مرحله زیر می‌باشد: ۱- برنامه‌ریزی مدیریت ریسک ۲- شناسایی ریسک ۳- تحلیل کیفی ریسک ۴- تحلیل کمی ریسک ۵- پاسخگویی به ریسک ۶- کنترل و پیگیری ریسک. از طرف دیگر استاندارد پیکره مدیریت دانش برای هدایت موفق پروژه‌ها، ۹ حوزه دانش از جمله حوزه‌های اصلی مدیریت محدوده پروژه، مدیریت زمان پروژه، مدیریت هزینه پروژه و مدیریت کیفیت پروژه را شامل می‌شود. مدیریت ریسک پروژه با شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک، موجب می‌شود، درک ریسک آسان‌تر شده و مدیریت کردن آن مؤثرتر شود. (SabzehParvar, 2007)

در این پژوهش سعی بر این است که در قالب یک مدل بهینه‌سازی دو هدفه فازی خسارت‌های ریسک را کمینه نمود و با این کار بتوان برنامه‌ریزی صحیح و واقع بینانه‌ای نسبت به ریسک‌های موجود داشت و کمترین خسارت ممکن را متحمل شد. Morris & Hough در سال ۱۹۸۷ با بررسی کردن ۳۵۰۰ پروژه در تمام دنیا به افزایش بین ۱۰ تا ۲۰۰ درصدی در زمان و هزینه در پروژه اشاره کردند. (Boehm (Morris & Hough, 1987) در سال ۱۹۹۱ دو فرآیند برای مدیریت ریسک در پروژه‌ها، مورد بررسی قرارداد: ۱- ارزیابی ریسک که شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی شامل آن می‌شد. ۲- کنترل ریسک که برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، دقت ریسک، پیگیری و اقدامات اصلاحی شامل آن می‌شد. (Williams (Boehm, 1991) در سال ۱۹۹۵ در تحقیقی به پژوهش‌های بسیاری اشاره کرده‌است که در آن‌ها افزایش در هزینه و زمان گزارش شده‌است. Baccarini & Archer (Williams, 1995) در سال ۲۰۰۱ با استفاده از فرایند درجه‌بندی ریسک پروژه برای رتبه‌بندی ریسک پروژه‌های مرتبط با دپارتمان خدمات قرارداد و مدیریت که بنگاهی دولتی در استرالیا می‌بود، به توصیف روانشناسی رتبه‌بندی ریسک پرداختند. (Ghosh & Jintanapakanont (Baccarini & Archer, 2001) در سال ۲۰۰۴ در تحقیقی که روی یک پروژه مترو در تایلند انجام دادند از رویکرد تحلیل عاملی برای شناسایی و ارزیابی عوامل ریسک بحرانی بهره جستند و ۹ دسته کلی برای ۵۹ عامل ریسک شناسایی شده معرفی نمودند. (Ghosh & Jintanapakanont, 2004)

<sup>1</sup> Project Management Body of Knowledge

<sup>2</sup> PMBOK

Zeng & Smith در سال ۲۰۰۷ نیز در پژوهشی با استفاده از رویکرد فازی به تصمیم‌گیری و ارزیابی ساختار ریسک پروژه پرداختند. (Zeng & Smith, 2007) Yijian, Rufu, Dalilin, & Hongan در سال ۲۰۰۸ مدل رویکرد فازی برای ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک پروژه‌های ساختمانی ارائه نمودند. (Yijian et al., 2008) در سال ۲۰۰۸ دو منبع اصلی ریسک در دو سطح کلان (شرکت) و خرد (پروژه) که در یک پروژه ساخت بزرگراه موثر می‌بود و تأثیری که هر یک بر روی ریسک‌ها دارند، ارزیابی کردند و مدلی برای ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک در پروژه‌ها که از فرآیند تحلیلی سلسله‌مراتبی<sup>۳</sup> آن استفاده شده‌است، معرفی نمودند. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده آن‌است که ریسک سیاسی و ریسک مالی به ترتیب بیشترین وزن در سطح کلان و ریسک‌های تکنولوژی‌های در حال ظهور و منابع بیشترین وزن در سطح خرد را دارا بودند. (Zayed, Amer, & Jiayin, 2008) JafarNezhad & YousefiZenouz در سال ۲۰۰۹ با شناسایی ریسک‌هایی که امکان داشت آن‌ها در یک پروژه حفاری چاه نفت رخ‌دهند و استفاده از رویکرد فازی به سنجش و رتبه‌بندی آن‌ها پرداختند. مدل مورد استفاده آن‌ها برای شناسایی و تحلیل کردن ریسک‌ها مبتنی بر مدل استاندارد دانش مدیریت پروژه بوده‌است. (JafarNezhad & YousefiZenouz, 2009) JabalAmeli, Rezai, & Chanibakhsh در سال ۲۰۱۰ راه کارهای گوناگون تصمیم‌گیری چند معیاره را به منظور بهره‌بردن از آن‌ها در مسئله رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه و به عنوان راه کارهای کمی، بررسی نمودند و یادآور می‌شدند که این راه کارها قابلیت کاربردی فراوان‌تری در مسئله رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه دارند. (Salehi Sadaghiani, JabalAmeli, Rezai, & Chanibakhsh, 2010) در سال ۲۰۱۰ در مدلی که برای رتبه‌بندی فعالیت‌ها ارائه داد، از دو معیار هزینه و زمان استفاده کرد و به دلیل قطعی نبودن مدت زمان و هزینه انجام فعالیت‌ها، این دو معیار را به صورت فازی در نظر گرفت. در این پژوهش معیار زمان به صورت درجه بحرانی بودن به‌دست‌آمده از شبکه CPM فازی در این شرایط، لحاظ شده‌بود و از آن‌جایی که در هر پروژه با توجه به اهداف و شرایط آن پروژه، میزان اهمیت هزینه و زمان متفاوت است، به این دو معیار وزن تخصیص داده و با استفاده از روش تاپسیس<sup>۴</sup> فازی فعالیت‌ها بر اساس ریسک انجام آن‌ها رتبه‌بندی شدند. (Salehi Sadaghiani, 2010) Olfat, Khosravan, & Jalali در سال ۲۰۱۰ در تحقیقشان، ریسک‌های احتمالی پروژه در مطالعه موردی پروژه‌های ساخت تقاطع غیرهم‌سطح در استان بوشهر بر اساس استاندارد پیکره مدیریت دانش شناسایی کردند، سپس برای اولویت‌بندی این ریسک‌ها، از روش‌های تاپسیس فازی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده کردند. (Olfat, Khosravan, & Jalali, 2010) Krane, Rolstadås, & Olsson در سال ۲۰۱۰ نیز در پژوهش خود ریسک‌های موجود در ۷ پروژه بزرگ را طبقه‌بندی کرده و اشاره کردند که مهم‌ترین ریسک‌هایی که در این پروژه‌ها باید مورد توجه قرارگیرند کدامیک بوده‌است. (Krane, Rolstadås, & Olsson, 2010)

Tuncel & Alpan در سال ۲۰۱۰ از شبکه پتری<sup>۵</sup> برای ارزیابی و مدیریت ریسک در شبکه‌های زنجیره تأمین استفاده نمود. (Tuncel & Alpan, 2010) Ebrahimnezhad, Mousavi, & Seyrafiyanpuor در سال ۲۰۱۰ از رویکرد فازی با اهداف چندگانه برای شناسایی و ارزیابی ریسک در پروژه‌ها استفاده نمودند. آن‌ها در پژوهش خود از روش‌های لینمپ و تاپسیس فازی استفاده کرده‌اند. (Ebrahimnezhad, Mousavi, & Seyrafiyanpuor, 2010) Nito-Morote & Ruz-Vila در سال ۲۰۱۱ روش جدیدی مربوط به مقابله با ریسک‌ها در موقعیت پیچیده برای تجزیه و تحلیل ریسک پروژه ساخت و ساز ارائه نمودند که اطلاعات برای ارزیابی ریسک‌ها ناقص یا غیرقابل حصول می‌بود. روش سلسله‌مراتبی برای ارزیابی وزن ریسک‌ها با استفاده از دو فاصله، مقایسه شده‌است. این روش برای به حداقل رساندن تفاوت بین ارزش اولویت‌هایی است که به‌طور مستقیم از اعضای گروه ارزیابی به‌دست‌آمده و ارزش آن ایده‌آل بود. (Nito-Morote & Ruz-Vila, 2011) Ansarinejad, Amalnick, Ghadamyari, Ansarinejad, & Hatami-Shirkouhi در سال ۲۰۱۱ در یک کارخانه تولید یخچال

<sup>3</sup>Analytic Hierarchy Process (AHP)<sup>4</sup>Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)<sup>5</sup>petri

با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، پیاده‌سازی برنامه‌ریزی منابع انسانی<sup>۶</sup> را مورد بررسی قرار دادند و از عوامل موفقیت به پنج دسته به‌عنوان عوامل حیاتی موفقیت اشاره نموده‌اند. (Ansarinejad et al., 2011)

KarimiAzari et al. در سال ۲۰۱۱ آذر اظهار می‌داشتند که محققان عوامل بسیاری را به‌عنوان موانع رسیدن به یک مدل ارزیابی ریسک متصور شده‌اند. از جمله این موارد درگیری چند نفر در روند انتخاب ریسک و داده‌های مبهم و نامشخص می‌بود. بنابراین آن‌ها از روش تاپسیس فازی به‌عنوان یک فرآیند منطقی، سیستماتیک و در حال توسعه استفاده کردند. معیارهای تصمیم‌گیری با استفاده از روش تکنیک گروه اسمی (NGT)<sup>۷</sup> مشخص می‌شود. روش تاپسیس فازی روش موفقیت‌آمیز و روشی از میان روش‌های ارزیابی ریسک بوده‌است. (KarimiAzari et al., 2011)

Kazemzadeh & Sharifi Mousavi در سال ۲۰۱۱ برای تعیین میزان ریسک زمانی و تخمین انحراف از برنامه زمان-بندی پروژه به ارائه یک متدولوژی ارزیابی ریسک فازی پروژه پرداختند و مورد مطالعاتی مدل ارائه شده قسمتی از یک پروژه بهسازی خط مربوط به اداره کل خط و ابنیه راه آهن جمهوری اسلامی ایران بود. (Kazemzadeh & Sharifi Mousavi, 2011)

Sayyadi & Azar در سال ۲۰۱۱ به منظور تجمیع و جمع‌آوری نظر خبرگان از تصمیم‌گیری گروهی و میانگین وزن‌ها و از روش تخصیص خطی به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه جهت تعیین رتبه ریسک‌ها استفاده نمودند. شاخص-های رتبه‌بندی شامل دو دسته اولیه و ثانویه بودند. شاخص اولیه بر اساس احتمال و میزان اثرگذاری ریسک‌ها بر اهداف اصلی پروژه (زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد) با وزن‌دهی‌های متفاوت انجام پذیرفت و دسته دوم شاخص‌ها به اثرات اجتماعی-اقتصادی، زیست محیطی، نزدیکی زمان وقوع ریسک، نبود اطمینان تخمین ریسک، میزان مواجهه با ریسک و میزان مدیریت-پذیری ریسک تقسیم شده بود. ریسک‌ها با استفاده از روش تخصیص خطی و با توجه به شاخص‌های گوناگون بهتر ارزیابی شده-بودند و در نتیجه به‌صورت حقیقی رتبه‌بندی شدند. بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده، شرایط حقوقی و عوامل اقتصادی، به‌ترتیب کمترین و بیشترین رتبه را در ریسک به خود اختصاص دادند. (Sayyadi & Azar, 2011) Khatami Firoozabadi & Vafadar Nikjoo در سال ۲۰۱۳ در پژوهش خود به نتایجی رسیدند که بیانگر این بود که دسته‌های ریسک بیرونی، فنی، مدیریت پروژه و سازمانی به ترتیب با اهمیت‌ترین دسته‌های ریسک هستند. (Khatami Firoozabadi & Vafadar Nikjoo, 2013)

Amiri در سال ۲۰۱۳ در مقاله خود برای رتبه‌بندی فعالیت‌ها از دو معیار هزینه و زمان استفاده کرد. از آنجا که در هر پروژه با توجه به اهداف و شرایط آن پروژه میزان اهمیت هزینه و زمان متفاوت است، به این دو معیار وزن اختصاص داده و سپس با استفاده از روش تاپسیس فازی فعالیت‌ها را بر اساس ریسک انجام آن‌ها رتبه‌بندی کرده‌است. (Amiri, 2010) Yusefi, Naseri, & Nill Tabataba در سال ۲۰۱۴ در پژوهش خود، از یک مدل برنامه‌ریزی خطی صفرویک با اهداف چندگانه برای ارزیابی ریسک‌های احتمالی پروژه، استفاده کردند. (Yusefi, Naseri, & Nill Tabataba, 2014)

## ۲- مواد و روشها

منطق فازی، یک منطق چند ارزشی است که با آن امکان درجه‌بندی مقادیر برای کار با ارزش‌های مورد استفاده در یک سیستم، فراهم می‌شود. بنابراین منطق فازی بر خلاف منطق کریسپ<sup>۸</sup> (منطق دوازده‌گانه) روش مناسب‌تری برای رویارویی با مسائل گوناگون در دنیای واقعی است. هنگامی که از منطق کریسپ استفاده می‌شود که در سیستم فقط از فاکتور ۱۰۰ استفاده شود، درحالی که در منطق فازی این امکان فراهم می‌شود که بتوان برای فاکتورهای خود، مقادیری بین ۱۰ تا ۱۰۰ اختیار شود. منطق فازی و تئوری مجموعه‌های فازی برای اولین بار پرفسور لطفی‌عسگرزاده که به زاده معروف می‌باشد در سال ۱۹۶۵ در رساله‌ای به نام "مجموعه‌های فازی-اطلاعات کنترل" معرفی نمود. (EmamJome & Ghasemkhani, 2010)

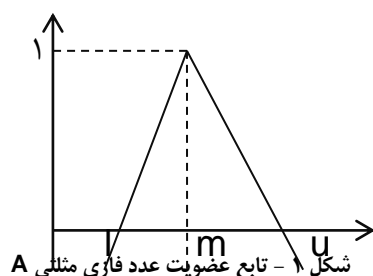
<sup>۶</sup> Enterprise Resource Planning (ERP)

<sup>۷</sup> Nominal Group Technique

<sup>۸</sup> Crisp

در مسائل تصمیم‌گیری، ارزیابی‌هایی که توسط متخصصان و گروه خبرگان انجام می‌شود به صورت عبارات کلامی که منطبق بر تجارب این اشخاص است، می‌باشند. این ارزیابی‌های گفتاری، مبهم و تجزیه و تحلیل آن‌ها دشوار است. از این رو از نظریه مجموعه‌های فازی برای اندازه‌گیری مفاهیم مبهم و گنگ که مرتبط به قضاوت‌های ذهنی انسان هستند، کمک می‌گیرند. یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای از اعضا با درجه‌های عضویت که عددی حقیقی از بازه [۰،۱] است، تشکیل می‌شود. در میان اعداد فازی متداول‌ترین آنها عدد فازی مثلثی<sup>۹</sup> که به صورت  $A = (l, m, u)$  است و در آن  $l \leq m \leq u$  می‌باشد. (Khatami Firoozabadi & Vafadar Nikjoo, 2013)

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x < l, x > u \\ \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \leq x \leq u \end{cases}$$



عملگرهای ریاضی در زبان فازی به صورت زیر می‌باشند:

$$M_1 + M_2 = (l_1+l_2, m_1+m_2, u_1+u_2)$$

$$M_1 \times M_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$$

$$M^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$$

تصمیم‌گیری چند هدفه<sup>۱۰</sup>

مدل تصمیم‌گیری چند هدفه به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{opt: } F(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)\} \quad (۱)$$

$$\begin{aligned} &\geq \\ \text{s.t. } &g_i(x) = 0, \quad i=1,2,\dots,k \\ &\leq \\ &X \in E^n \end{aligned}$$

امکان دارد مقیاس سنجش هر هدف با مقیاس سنجش برای بقیه اهداف تفاوت داشته و به سادگی نتوان آن‌ها را به عنوان مثال جمع کرد. در این گونه مدل‌های طراحی، منظور از بهینه کردن همان تابع کلی مطلوبیت مورد نظر برای تصمیم‌گیرنده است.

برای حل کردن این گونه مسائل، دو رویکرد اساسی می‌توان در نظر گرفت:

(۱) رویکردی که بر مبنای ادغام کردن تمام k تابع هدف در هم‌دیگر و تبدیل کردن آن به یک تابع هدف.

(۲) اولویت‌بندی کردن k تابع هدف و حل کردن مسئله با توجه به این اولویت‌ها

<sup>9</sup> Triangular Fuzzy Number (TFN)

<sup>10</sup> Multiple Objective Decision Making (MODM)

اولین رویکرد، در حقیقت ساختن یک تابع مطلوبیت و تبدیل کردن مسئله چند هدفه به یک مسئله با یک تابع هدف است. می-تواند فرآیند ساخت مطلوبیت بسیار ساده یا بسیار پیچیده باشد؛ زیرا تابع مطلوبیت باید توان منعکس کردن رفتار و سلیقه‌های تصمیم‌گیرنده را درست مثل خود آن داشته باشد و باتوجه به خواسته‌ها و شرایط هر تصمیم‌گیرنده، باید برای هر مسئله تصمیم‌گیری، یک نوع خاص از تابع مطلوبیت ساخت.

بیشترین تفاوت روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چند هدفه بستگی به زمان و نوع اطلاعاتی که DM به ما می‌دهد دارد، به طوری که تمامی این اطلاعات به منظور تخمین زدن تابع مطلوبیت است. روش L-P یکی از پر کاربردترین روش‌های حل مسائل L-P است. این روش به اطلاعات خاصی از DM درباره‌ی مطلوبیت‌های او در مورد توابع اهداف و دراصل به برآورد تابع محدودیت یا تابع ارزشی DM که معمولاً فرآیند پیچیده و زمان‌بری است، نیاز ندارد. در روش L-P متریک برای DM مزاحمتی وجود ندارد و به سادگی می‌توان با عوض کردن مقادیر  $p$  و یا تغییر وزن‌های توابع هدف، جواب بهینه پارائویی را به دست آورده و DM در پایان حل از بین جواب‌ها تولید شده باتوجه به مطلوبیت خود به انتخاب یک جواب مطلوب پردازد. در ضمن به این نکته اشاره شود که در بین روش‌های حل تصمیم‌گیری چندهدفه روش‌های L-P متریک محاسبات پیچیده و وقت‌گیری ندارد. (Asgharpoor, 1997)

هدف این مجموعه روش‌ها این است که انحراف توابع هدف موجود از یک مدل چند هدفه نسبت به یک راه‌حل ایده‌آل را حداقل کند، به طوری که تمامی اهداف را هم‌زمان بهینه کند. البته این راه‌حل بهینه به صورتی است که در آن داریم:

$$F(x^*) = \{f_1(x_1^*), f_2(x_2^*), \dots, f_n(x_n^*)\} \quad (2)$$

$F(X^*)$  در فضای بهینه هدف‌ها نشان‌دهنده بهینه اهداف بوده، به طریقی که  $X_j^*$  هر  $f(x)$  را می‌تواند بهینه کند، ولی چنین راه‌حلی هم‌مانند  $X^*$  به دلیل این که در بین اهداف تعارضاتی وجود دارد غیرمعمول می‌باشد و از این رو تدوین دیگری از این نقطه ایده‌آل و غیره قابل دسترس این می‌باشد که هر تابع هدف به‌طور مجزا و به ازای  $x \in S$  بهینه شود یعنی جواب ایده‌آل در این تدوین تعدیل شده از حل  $k$  مسئله یک هدف به صورت زیر حاصل شود:

$$f_j(x), j=1,2,\dots,k \quad (3)$$

$$\text{s.t. } g_i(x) \leq 0, i=1,2,\dots,m$$

مختصات این معرفی به صورت  $\{f_1(x_1^*), f_2(x_2^*), \dots, f_n(x_n^*)\}$  بوده و  $X_j^*$  و نیز هدف  $j$  ام را بهینه خواهد کرد. در حالتی که  $X_1, X_2, \dots, X_k$  با هم برابر شوند، آن‌گاه راه‌حل ایده‌آلی برای یک برنامه‌ریزی چندهدفه حاصل می‌شود.

فاصله متریک برای سنجش نزدیکی یک راه‌حل موجود نسبت به راه‌حل ایده‌آل در روش‌های L-P مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سنجش از انحراف به شکل یک تابع سازگار به صورت زیر می‌باشد:

$$L-P = \left\{ \sum_{j=1}^k \gamma_j [f_j(x_j^*) - f_j(x)]^p \right\}^{1/p} \quad (4)$$

هدف‌ها به شکل بیشینه مورد نظر هستند،  $x_j^*$  راه‌حل ایده‌آل را در بهینه‌سازی هدف  $j$  ام نشان می‌دهد.  $x$  یک راه‌حل مفروض را بیان کرده و  $\gamma_j$  درجه اهمیت یا همان وزن را برای هدف  $j$  ام با  $\gamma_j$  نشان می‌دهد.

تابع سازگار L-P برای اینکه انحرافات از ایده‌آل را حداقل کند، باید کمینه گردد.  $1 \leq P \leq \infty$  پارامتر مشخص‌کننده خانواده L-P را بیان می‌کند. ارزش  $P$  نشان درجه تاکید به انحرافات موجود را مشخص می‌کند. به صورتی که هر چه ارزش  $P$  بزرگتر باشد، تاکید بیشتری بر انحرافات دارد، و اگر  $P = \infty$  شود، این مفهوم را دارد که بزرگ‌ترین انحراف از انحرافات موجود برای بهینه‌سازی مدنظر است.

معمولاً ارزش‌های  $P = \infty$  و  $P = 1$  و  $P = 2$  در محاسبات به کار می‌گیرند، ارزش  $P$  در هر صورت وابسته به معیارهای ذهنی تصمیم‌گیرنده می‌باشد.

به دلیل اینکه ارزش متریک L-P می‌تواند تحت تأثیر مقیاس اندازه‌گیری از اهداف موجود قرار گیرد، برای حل این مشکل، می-توان فرمول زیر مورد استفاده قرارداد:

$$L - P = \left\{ \sum_{j=1}^k \gamma_j \left[ \frac{f_j(x_j^*) - f_j(x_j)}{f_j(x_j^*)} \right]^p \right\}^{1/p} \sum_{j=1}^n \gamma_j = 1 \quad (\delta)$$

با فرض وجود بردار  $\gamma$ ، راه حل حاصل شده از کمینه کردن  $L - P$  معروف به یک راه حل سازگاری می باشد. مجموعه راه حل - های  $X^P$  به ازای  $1 \leq P \leq \infty$  در صورت  $\gamma_j > 0$ ، تشکیل دهنده ی راه حل های مؤثر می باشند. مجموعه سازگار برای خطی بودن یک مسئله، به واسطه  $X^1, X^\infty$  به طور کامل مشخص خواهد شد؛ به خصوص در حالتی که دو هدف موجود بوده و به ازای  $\gamma_j > 0$  مجموعه سازگار برای راه حل های مؤثر از بین نقاط واقع شده تشکیل شود. (Asgharpoor, 1997)

مدل ارائه شده بر مبنای فرضیات زیر می باشد:

- (۱) ریسک های ارائه شده می تواند فرصت و یا تهدیدی برای پروژه به شمار بروند.
  - (۲) هر ریسک داری احتمال وقوعی که عددی معلوم بین صفر و یک است می باشد.
  - (۳) هر ریسک داری اثری روی اهداف پروژه است، اگر ریسک فرصتی برای پروژه باشد، در مدل اثر را به صورت منفی و اگر تهدیدی باشد، اثر آن را مثبت مدنظر می گیریم.
  - (۴) هر کدام از ریسک ها دارای ارزش مورد انتظار است که با حاصل ضرب احتمال وقوع در اثر ریسک به دست می آید. یکی از ابزارهای تعیین هزینه و زمان واقعی تکمیل پروژه ارزش مورد انتظار می باشد. (Yusefi, Naseri, & Nill Tabataba, 2014)
- پارامترهای مدل:

$n$ : تعداد ریسک های پروژه

$i$ : اندیس تأثیر ریسک

$i = 1, 2, \dots, n$

$a_i$ : میزان اثر هزینه  $i$  ام

$a'_i$ : میزان اثر زمانی ریسک  $i$  ام

$p_i$ : احتمال وقوع ریسک  $i$  ام

$c_i$ : ارزش مورد انتظار هزینه ریسک  $i$  ام که برابر است با:  $p_i a_i$

$c'_i$ : ارزش مورد انتظار زمان ریسک  $i$  ام برابر است با:  $p_i a'_i$

$b$ : کل ارزش مورد انتظار هزینه به شکلی که:

$$b = \sum c_i = \sum p_i a_i \quad (۶)$$

$b'$ : کل ارزش مورد انتظار زمان به شکلی که:

$$(۷) b' = \sum c'_i = \sum p_i a'_i$$

متغیر های تصمیم:

در این مدل، ریسک ها به عنوان متغیر تصمیم به صورت صفویک در نظر گرفته شده است و با  $X_i$  به صورت زیر نمایش می دهیم:

$X_i$  برابر یک اگر ریسک  $i$  رخ دهد و صفر در غیر این صورت

در مدل ارائه شده فرض بر این است که هنگام برنامه ریزی جهت در نظر گرفتن زمان و هزینه مشخص برای اتمام پروژه، ریسک - های احتمالی و ضرر هزینه ای و زمانی که امکان دارد به پروژه تحمیل شود در نظر گرفته شده است. مدل مورد بحث در حین اجرای پروژه و در اصل بعد از وقوع احتمالی هریک از ریسک های پروژه این توانایی را به مدیر پروژه می دهد که تاثیر گذاری این - گونه ریسک های غیرقابل اجتناب را بر هزینه و زمان پروژه ارزیابی کند. در صورت فراتر رفتن این مقادیر از مقدار از پیش تعیین شده نیاز به تجدید نظر در زمان و هزینه می باشد.

بعد از حل مدل، ریسک هایی که در صورت وقوع، منجر به بیشتر شدن هزینه و زمان پروژه از زمان و هزینه مورد انتظار نمی شود و حتی زمان و هزینه مورد انتظار در کمترین مقدار آن قرار خواهد گرفت، به متغیرهایی با مقدار یک نسبت داده می شوند. واضح

است که به طور طبیعی برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی جهت جلوگیری از وقوع این گونه ریسک‌ها در درجه اهمیت کمتری قرار دارد. بنابراین مدیران پروژه، نگران اتفاق افتادن چنین ریسک‌هایی در عمل نمی‌باشند و در صورت وقوع آن‌ها نیازی به بازنگری در زمان و هزینه از پیش تعیین شده برای پروژه ندارند. متغیرهای صفر نشان‌دهنده‌ی متغیرهایی هستند که در درجه اول جهت عدم وقوع تعریف می‌شوند. به عبارت دیگر در صورت وقوع این ریسک‌ها هزینه و زمان نسبت به هزینه و زمان مورد انتظار بیشتر شده و یا باعث از بین رفتن بهیمنگی زمان و هزینه مورد انتظار پروژه می‌شوند. بنابراین مدیران پروژه باید با برنامه‌ریزی دقیق پاسخی مناسب به این نوع ریسک‌ها بدهند. بعد از حل مدل، مجموعه متغیرهایی که برابر یک می‌شوند، گویای بهترین ترکیب از ریسک‌هایی است که علاوه بر قرار دادن هزینه و زمان پروژه در مقداری پایین‌تر از حد پیش‌بینی شده، موجب بهیمنه شدن زمان و هزینه مورد انتظار ریسک‌های حاصل از اجرای پروژه نیز می‌گردد. از این رو مدل ارائه شده به اولویت‌گذاری و رتبه‌بندی ریسک‌های گوناگون از لحاظ تأثیرگذاری آن‌ها روی زمان و هزینه مورد انتظار در صورت وقوع می‌پردازد. (Yusefi, Naseri, & Nill, 2014)

Tabataba, 2014)

توابع اهداف:

در مدل مورد بحث دو تابع هدف وجود دارد: زمان و هزینه. هدف این مدل حداقل کردن این دو تابع می‌باشد. اولین تابع هدف مینیم کردن هزینه‌ای ارزش مورد انتظار است که با رابطه (۸) مدل‌سازی می‌شود:

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (8)$$

تابع دومین هدف عبارت است از به حداقل رساندن زمان پروژه یا به عبارتی کمینه کردن ارزش زمانی مورد انتظار ریسک‌هایی که به وقوع می‌پیوندند که به صورت رابطه (۹) مدل‌سازی می‌گردد:

$$\min f'(x) = \sum_{i=1}^n c'_i x_i \quad (9)$$

محدودیت‌ها:

همان‌طور که قبلاً گفته شد، ارزش مورد انتظار یک پروژه، یکی از ابزارهایی است که با آن هزینه و زمان واقعی تکمیل پروژه را تعیین می‌کنند. از این رو در مدل مورد نظر، هزینه و زمان ریسک‌های پروژه باید از هزینه و زمان مورد انتظار کمتر شوند. این مدل دارای دو محدودیت است، به صورتی که اولین محدودیت زمان پروژه را نشان می‌دهد. برقراری این محدودیت ضامن این است که اثر زمانی ریسک‌های وقوع یافته کوچک‌تر یا مساوی کل ارزش زمانی مورد انتظار برای وقوع ریسک می‌باشد. این محدودیت به صورت رابطه (۱۰) مدل‌سازی می‌شود:

$$\sum_{i=1}^n a'_i x_i \leq b' \quad (10)$$

همین‌طور برای محدودیت دوم که نشان‌دهنده هزینه پروژه است، برقراری این محدودیت تضمین می‌کند که ارزش اثر هزینه‌ای ریسک‌های وقوع یافته از کل ارزش هزینه‌ای مورد انتظار پروژه بیشتر نشود و به صورت رابطه (۱۱) مدل‌سازی شده است:

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \leq b \quad (11)$$

مدل نهایی:

با توجه به موارد گفته شده، مدل نهایی در حالت غیر فازی به صورت رابطه (۱۲) می‌شود:

$$\min \{ \sum_{i=1}^n p_i a_i, \sum_{i=1}^n p_i a'_i \} \quad (12)$$

$$s. t. : \sum_{i=1}^n a_i x_i \leq \sum_{i=1}^n p_i a_i$$

حالت فازی مدل ارائه شده:

فرضیات مدل در حالت فازی همان فرضیات مدل ارائه‌شده در حالت کلاسیک می‌باشد که در آن هزینه و زمان به صورت فازی می‌باشد و امکان، جایگزین احتمال در آن می‌شود.

پارامترهای مدل در حالت فازی:

n: تعداد ریسک‌های پروژه



$i$  : اندیس تأثیر ریسک

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$\tilde{a}_i$  : میزان اثر هزینه  $i$  ام به صورت فازی

$\tilde{a}'_i$  : میزان اثر زمانی ریسک  $i$  ام به صورت فازی

$\pi_i$  : امکان وقوع ریسک  $i$  ام

$\tilde{C}_i$  : ارزش مورد انتظار هزینه ریسک  $i$  ام که برابر است با:  $\pi_i \tilde{a}_i$

$\tilde{C}'_i$  : ارزش مورد انتظار زمان ریسک  $i$  ام برابر است با:  $\pi_i \tilde{a}'_i$

$\tilde{b}$  : کل ارزش مورد انتظار هزینه به شکلی که :

$$\tilde{b} = \sum_{i=1}^n \tilde{c}_i = \sum_{i=1}^n \pi_i \tilde{a}_i \quad (۱۳)$$

$\tilde{b}'$  : کل ارزش مورد انتظار زمان به شکلی که :

$$\tilde{b}' = \sum_{i=1}^n \tilde{c}'_i = \sum_{i=1}^n \pi_i \tilde{a}'_i \quad (۱۴)$$

متغیر تصمیم در حالت فازی :

در حالت فازی همانند حالت کلاسیک ریسکها به عنوان متغیر تصمیم صفرویک در نظر گرفته شده است و آنرا با  $x_i$  نشان داده می شوند به طوری که :

$$x_i = 1 \text{ if even risk or } 0 \text{ else} \quad (۱۵)$$

در این حالت تمامی فرضیات همانند فرضیات در حالت کلاسیک می باشند.

توابع اهداف مدل ارائه شده در حالت فازی :

این مدل نیز دارای دوهدف است، که یکی زمان و دیگری هزینه که از اهداف پروژه می باشند، و تابع را در حالت فازی مینیمم خواهد کرد. توابع اهداف همانند مدل کلاسیک بوده اما با این تفاوت که ضرایب تابع هدف که همان هزینه و زمان می باشد، فازی هستند. تابع هدف اول که مربوط به مینیمم کردن هزینه پروژه می باشد به صورت زیر است:

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^n \tilde{c}_i x_i \quad (۱۶)$$

تابع هدف دوم، عبارت است از مینیمم سازی زمان پروژه که به صورت زیر می باشد :

$$\min f'(x) = \sum_{i=1}^n \tilde{c}'_i x_i \quad (۱۷)$$

محدودیتها در حالت فازی :

این مدل نیز دارای دو محدودیت می باشد. محدودیت های اول و دوم همانند حالت کلاسیک بوده و دارای همان شرایط گفته شده در قبل ولی در فضای فازی می باشند. محدودیت اول مربوط به زمان پروژه به صورت فازی می باشد:

$$\sum_{i=1}^n \tilde{a}_i x_i \leq \tilde{b} \quad (۱۸)$$

محدودیت بعدی نشان دهنده هزینه پروژه می باشد:

$$\sum_{i=1}^n \tilde{a}'_i x_i \leq \tilde{b}' \quad (۱۹)$$

مدل نهایی:

با توجه به مطالب مطرح شده، مدل نهایی در محیط فازی به صورت زیر می باشد:

$$\min \{ \sum_{i=1}^n \pi_i \tilde{a}_i, \sum_{i=1}^n \pi_i \tilde{a}'_i \} \quad (۲۰)$$

$$s. t. : \sum_{i=1}^n \tilde{a}_i x_i \leq \sum_{i=1}^n \pi_i \tilde{a}_i \quad (۲۱)$$

ارائه یک مثال عددی:

پروژه کوچکی مد نظر بگیرید که دارای سه ریسک می باشد، پس با توجه به مدل مقدار  $\pi$  برابر ۳ می باشد و مقادیر باقی پارامترها در جدول (۱) آورده شده است که در آن  $\pi_i$ ،  $\alpha_i$  و  $\alpha'_i$  ورودی های مساله و  $C_i$  و  $C'_i$  همان پارامترهای تعریف شده در مدل ارائه شده می باشد. تمامی اعداد مربوط به زمان و هزینه، به دلیل عدم قطعیت آن ها، عدد مثلثی فازی می باشد.

جدول شماره (۱): مثال عددی

ارزش مورد انتظار		میزان اثر		امکان	ریسک
زمان (روز) $c_i'$	هزینه (\$) $c_i$	زمان (روز) $a_i'$	هزینه (\$) $a_i$	وقوع $\pi_i$	
(۱۱/۲۵، ۱۰/۵، ۹/۷۵)	(۹۷۵۰، ۹۰۰۰، ۸۲۵۰)	(۱۵، ۱۴، ۱۳)	(۱۱۰۰۰، ۱۲۰۰۰، ۱۳۰۰۰)	۰.۷۵	۱
(-۶/۶، -۶، -۵/۴)	(-۱۱۴۰۰، -۱۰۸۰۰، -۱۰۲۰۰)	(-۱۱، -۱۰، -۹)	(-۱۹۰۰۰، -۱۸۰۰۰، -۱۷۰۰۰)	۰.۶	۲
(۷/۲، ۶/۸، ۶/۴)	(۱۶۰۰۰، ۱۵۶۰۰، ۱۵۲۰۰)	(۱۶، ۱۸، ۱۷)	(۴۰۰۰۰، ۳۹۰۰۰، ۳۸۰۰۰)	۰.۴	۳
(۹/۵۵، ۱۱/۳، ۱۳/۰۵)	(۱۵۵۵۰، ۱۳۸۰۰، ۱۲۰۵۰)		جمع ارزش مورد انتظار ریسک		

با توجه به خصوصیات ریسک‌ها، مدل دو هدفه فازی زیر برای این ریسک‌ها ارائه شده‌است، که هر کدام از هدف‌های زمان و هزینه دارای سه تابع مینیمم‌سازی می‌باشد:

$$\begin{aligned} \text{Min} f_1(x) &= 9.75x_1 - 6.6x_2 + 6.4x_3 \\ \text{Min} f_1^*(x) &= 8250x_1 - 11400x_2 + 15200x_3 \\ \text{S.t.} &: 13x_1 - 11x_2 + 16x_3 \leq 9.55 \\ & 11000x_1 - 19000x_2 + 38000x_3 \leq 12050 \\ & x_1, x_2, x_3 = 0 \text{ یا } 1 \\ \text{Min} f_2(x) &= 10.5x_1 - 6x_2 + 6.8x_3 \\ \text{Min} f_2^*(x) &= 9000x_1 - 10800x_2 + 15600x_3 \\ \text{S.t.} &: 14x_1 - 10x_2 + 17x_3 \leq 11.3 \\ & 12000x_1 - 18000x_2 + 39000x_3 \leq 13800 \\ & x_1, x_2, x_3 = 0 \text{ یا } 1 \\ \text{Min} f_3(x) &= 11.25x_1 - 5.4x_2 + 7.2x_3 \\ \text{Min} f_3^*(x) &= 9750x_1 - 10200x_2 + 16000x_3 \\ \text{S.t.} &: 15x_1 - 9x_2 + 18x_3 \leq 13.05 \\ & 13000x_1 - 17000x_2 + 40000x_3 \leq 15550 \\ & x_1, x_2, x_3 = 0 \text{ یا } 1 \end{aligned}$$

مطالعه موردی:

در این پژوهش، پروژه حفاری چاه نفت در میدین نفتی آذر در ایلام مورد بررسی قرار گرفته‌است. در اجرای این پروژه ۱۰ ریسک گوناگون شناسایی شده‌است که از این ده ریسک دو ریسک ایجاد فرصت می‌کند که در ردیف ۹ و ۱۰ قرار دارند و در ادامه بقیه ریسک‌ها در صورت وقوع از نظر هزینه و زمان اثر منفی روی پروژه می‌گذارند و پروژه را از اهداف خود دور می‌کنند. اطلاعات مربوط به ریسک‌های حفاری چاه نفت در جدول (۲) آورده شده‌است که در آن با توجه به این که هزینه و زمان قطعی نمی‌باشند، به صورت عدد فازی مثلثی در نظر گرفته شده‌اند.

جدول شماره (۲): ریسک‌های پروژه حفاری چاه نفت آذر در ایلام، امکان وقوع آن‌ها و آثار آن‌ها بر اهداف پروژه

ردیف	ریسک	امکان وقوع $\pi_i$	میزان اثر	ارزش مورد انتظار
			(هزینه $a_i$ ) * \$۱۰۰۰ (زمان $a_i'$ ) به روز	(هزینه $c_i$ ) * \$۱۰۰۰ (زمان $c_i'$ ) به روز

انتخاب نادرست روش اجرای پروژه	۰/۲	(۲۹۰۰۰، ۳۰۰۰۰، ۳۱۰۰۰)	(۱۳۰۴۰، ۱۳۱۴۰، ۱۳۲۴۰)	(۵۸۰۰، ۶۰۰۰، ۶۲۰۰)	(۲۶۰۸، ۲۶۲۸، ۲۶۴۸)
مداخله کارفرما	۰/۳	(۳۵۰۰، ۴۵۰۰، ۵۵۰۰)	(۳۸۴۲، ۳۹۴۲، ۴۰۴۲)	(۱۰۵۰، ۱۳۵۰، ۱۶۵۰)	(۱۱۵۲/۳، ۱۱۸۲/۳، ۱۲۱۲/۳)
عدم پیش‌بینی درست زمان برای اجرای پروژه	۰/۸	(-۱۰۰۰، ۰، ۱۰۰۰)	(۱۳۰۴۰، ۱۳۱۴۰، ۱۳۲۴۰)	(-۸۰۰، ۰، ۸۰۰)	(۱۰۴۳۲، ۱۰۵۱۲، ۱۰۵۹۲)
روش اجرای مناقصه و گزینش پیمانکار در کمترین زمان	۰/۵	(۵۰۰۰، ۶۰۰۰، ۷۰۰۰)	(۶۴۷۰، ۶۵۷۰، ۶۶۷۰)	(۲۵۰۰، ۳۰۰۰، ۳۵۰۰)	(۳۲۳۵، ۳۲۸۵، ۳۳۳۵)
عدم توانایی مالی پیمانکار	۰/۲	(۶۵۰۰، ۷۵۰۰، ۸۵۰۰)	(۶۴۷۰، ۶۵۷۰، ۶۶۷۰)	(۱۳۰۰، ۱۵۰۰، ۱۷۰۰)	(۱۲۹۴، ۱۳۱۴، ۱۳۳۴)
عدم بازدهی مناسب نیروی انسانی	۰/۴	(۱۴۰۰۰، ۱۵۰۰۰، ۱۶۰۰۰)	(۶۴۷۰، ۶۵۷۰، ۶۶۷۰)	(۵۶۰۰، ۶۰۰۰، ۶۴۰۰)	(۲۵۸۸، ۲۶۲۸، ۲۶۶۸)
عدم کفایت تجربه پیمانکار	۰/۱	(۲۹۰۰۰، ۳۰۰۰۰، ۳۱۰۰۰)	(۱۳۰۴۰، ۱۳۱۴۰، ۱۳۲۴۰)	(۲۹۰۰، ۳۰۰۰، ۳۱۰۰)	(۱۳۰۴، ۱۳۱۴، ۱۳۲۴)
وجود تورم اقتصادی و افزایش قیمت‌ها	۰/۹	(۱۴۰۰۰، ۱۵۰۰۰، ۱۶۰۰۰)	(۱۲۱۴، ۱۳۱۴، ۱۴۱۴)	(۱۲۶۰۰، ۱۴۴۰۰، ۱۳۵۰۰)	(۱۰۹۲/۶، ۱۱۸۲/۶، ۱۲۷۲/۶)
روش مناسب مورد استفاده برای اجرای پروژه	۰/۸	(-۴۰۰۰، -۳۰۰۰، -۲۰۰۰)	(-۱۴۱۴، -۱۳۱۴، -۱۲۱۴)	(-۳۲۰۰، -۲۴۰۰، -۱۶۰۰)	(-۱۱۳۱/۲، -۱۰۵۱/۲، -۹۷۱/۲)
استفاده از افراد متخصص با مهارت بالا	۰/۶	(-۱۴۰۰۰، -۱۵۰۰۰)	(-۶۶۷۰، -۶۵۷۰، -۶۴۷۰)	(-۹۶۰۰، -۹۰۰۰، -۸۴۰۰)	(-۴۰۰۲، -۳۹۴۲، -۳۸۸۲)
جمع ارزش مورد انتظار ریسک‌ها و فرصت‌ها				(۱۸۱۵۰، ۲۳۹۵۰، ۲۷۷۵۰)	(۱۹۵۳۲/۷، ۱۹۵۸۲/۷) (۱۸۵۷۲/۷)

مدل سازی:

در این مرحله، مدل سازی بر اساس بهینه سازی هم زمان دو هدف مدنظر پروژه که مینیمم سازی مجموع ارزش مورد انتظار زمان و هزینه های حاصل از وقوع احتمالی ریسک های شناسایی شده است، می باشد. مدل مورد نظر همانند مدل ارائه شده در مثال عددی با داده های فازی مدل سازی می شود.

حل مدل:

برای حل مدل ارائه شده از روش L-P متریک استفاده می شود که در آن  $P=1$  قرار داده می شود. برای حل مدل و بدست آوردن جواب بهینه، هر قسمت به طور مجزا حل می شود و با استفاده از این جواب‌ها و مقادیر مختلف  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  تابع هدف L-P بهینه می گردد. در این مقاله برای حل توابع اهداف از نرم افزار گمز<sup>۱۱</sup> استفاده شده است.

بهینه‌سازی توابع هدف مربوط به هزینه:

مینیمم‌سازی بهینه مدل ارائه شده که در آن ارزش مورد انتظار هزینه پروژه به صورت فازی در نظر گرفته شده است در جدول زیر آورده شده است:

جدول شماره (۳): جواب بهینه ارزش مورد انتظار هزینه پروژه

$f_1(x)$	$x_1, x_{10}=1$	-۱۰۰۰۰
$f_2(x)$	$x_1, x_{10}=1$	-۱۱۴۰۰
$f_3(x)$	$x_1, x_{10}=1$	-۱۳۶۰۰
$Z^* = (-۱۳۶۰۰، -۱۱۴۰۰، -۱۰۰۰۰)$		

بهینه سازی توابع هدف مربوط به زمان:

جواب بهینه مینیمم‌سازی توابع ارزش مورد انتظار برای زمان پروژه به صورت زیر می باشد:

جدول شماره (۴): جواب بهینه ارزش مورد انتظار زمان پروژه

$f_1(x)$	$x_1, x_{10}=1$	-۴۸۵۲/۲
$f_2(x)$	$x_1, x_{10}=11$	-۴۹۹۳/۲
$f_3(x)$	$x_1, x_{10}=1$	-۵۱۳۳/۲
$Z^* = (-۵۱۳۳/۲، -۴۹۹۳/۲، -۴۸۵۲/۲)$		

حال با استفاده از روش L-P متریک و نرم افزار گمز، مدل دو هدفه مورد نظر را با مقادیر مختلف  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  حل می نماییم. بهینه‌سازی هم‌زمان ارزش مورد انتظار زمان و هزینه با استفاده از روش L-P:

با توجه به روش ارائه شده در این مقاله که همان روش L-P می‌باشد و با استفاده از فرمول روش مورد نظر به‌ازای مقادیر مختلف  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  و  $P=1$  داریم:

$$\begin{aligned} & \max \{ \gamma_1 [(-10000-f_1(x))/-10000] + \gamma_2 [(-4853.2-f_1'(x))/-4853.2] \} \\ \text{s.t.:} & 31000x_1 + 5500x_2 + 1000x_3 + 7000x_4 + 8500x_5 + 16000x_6 + 31000x_7 + 16000x_8 \\ & - 2000x_9 - 14000x_{10} \leq 27750 \\ & 13240x_1 + 4042x_2 + 13240x_3 + 6670x_4 + 6670x_5 + 6670x_6 + 13240x_7 + 1414x_8 - 1214x_9 \\ & - 6470x_{10} \leq 19532.7 \\ & x_1, x_2, \dots, x_{10} = 0 \text{ یا } 1 \\ & \max \{ \gamma_1 [(-11400-f_2(x))/-11400] + \gamma_2 [(-4993.2-f_2'(x))/-4993.2] \} \\ \text{s.t.:} & 30000x_1 + 4500x_2 + 0x_3 + 6000x_4 + 7500x_5 + 15000x_6 + 30000x_7 + 15000x_8 \\ & - 3000x_9 - 15000x_{10} \leq 22950 \\ & 13140x_1 + 3942x_2 + 13140x_3 + 6570x_4 + 6570x_5 + 6570x_6 + 13140x_7 + 1314x_8 - 1314x_9 \\ & - 6570x_{10} \leq 19052.7 \\ & x_1, x_2, \dots, x_{10} = 0 \text{ یا } 1 \\ & \max \{ \gamma_1 [(-13600-f_3(x))/-13600] + \gamma_2 [(-5133.2-f_3'(x))/-5133.2] \} \\ \text{s.t.:} & 29000x_1 + 3500x_2 - 1000x_3 + 5000x_4 + 6500x_5 + 14000x_6 + 29000x_7 + 14000x_8 \\ & - 4000x_9 - 16000x_{10} \leq 18150 \\ & 13040x_1 + 3842x_2 + 13040x_3 + 6470x_4 + 6470x_5 + 6470x_6 + 13040x_7 + 1214x_8 - 1414x_9 \\ & - 6670x_{10} \leq 18572.7 \\ & x_1, x_2, \dots, x_{10} = 0 \text{ یا } 1 \end{aligned}$$

در این قسمت با توجه به این که مقیاس اندازه‌گیری متفاوت بوده و همچنین هدف به حداقل رساندن انحرافات توابع هدف نسبت به جواب بهینه می‌باشد، مدل ارائه شده به‌صورت بالا، که در آن با توجه به مقادیر مختلف  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  راه‌حل‌های موثری بدست می‌آید، که در جدول شماره پنج به‌ازای چهار بردار مختلف مقادیر  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$ ، جواب‌ها را می‌توان مطالعه نمود. جدول شماره (۵): نتایج بدست آمده از مدل

نتایج بدست آمده از مدل متناسب با وزن اهداف $(\gamma_1, \gamma_2)$	اهداف	هزینه $(a_i) * 1000 \$$	زمان $(a_i)$ به روز
$(0.5, 0.5)$	$x_2 = x_3 = x_8 = 0$	$(12850, 14850, 16850)$	$(12676.9, 12876.9, 13076.9)$
$(0.9, 0.1)$	$x_2 = x_3 = x_8 = 0$	$(12850, 14850, 16850)$	$(12676.9, 12876.9, 13076.9)$
$(0.4, 0.6)$	$x_2 = x_3 = x_8 = 0$	$(12850, 14850, 16850)$	$(12676.9, 12876.9, 13076.9)$
$(0.8, 0.2)$	$x_2 = x_3 = x_8 = 0$	$(12850, 14850, 16850)$	$(12676.9, 12876.9, 13076.9)$

### ۳- بحث و نتایج

باتوجه به نتایج بدست‌آمده برای  $\gamma(0.5, 0.5)$ ،  $x_2 = x_3 = x_8 = 1$ ،  $x_1 = x_4 = x_5 = x_6 = x_7 = x_9 = x_{10} = 0$ ، حاصل شده‌است. در اصل باتوجه به حل بالا ریسک‌های پروژه به طور غیرمستقیم رتبه‌بندی می‌شود. به این طریق که متغیرهایی که برابر با یک شده‌اند، متغیرهایی می‌باشند که در اولویت دوم قراردارند، در واقع به این معنی است که ریسک‌های مورد نظر حتی در صورت وقوع، هزینه و زمان پروژه را از هزینه و زمان مورد انتظار در برنامه پیش‌بینی شده‌ی پروژه بیشتر نمی‌کند و حتی زمان و هزینه

مورد انتظار در کمترین میزان آن نگه می‌دارد. در مورد متغیرهای صفر می‌توان گفت در اولویت اول می‌باشند و در صورت وقوع باعث افزایش هزینه یا زمان از هزینه یا زمان مورد انتظار در برنامه پروژه می‌شود و یا سبب می‌گردد بهیچ‌گونه زمان یا هزینه مورد انتظار از بین برود. با توجه به مطالب بالا باید با برنامه‌ریزی دقیق پاسخ مناسبی برای ریسک‌ها توسط تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان پروژه صورت پذیرد.

باتوجه به مساله، ترکیب وقوع ریسک‌ها بهترین راه‌حل می‌باشد زیرا در عین حال که زمان و هزینه وقوع ریسک از زمان و هزینه ارزش مورد انتظار بالاتر نمی‌رود، سبب می‌شود که زمان و هزینه مورد انتظار ریسک‌های حاصل از اجرای پروژه بهینه گردد. در مورد ریسک‌های اول، چهارم، پنجم، ششم، هفتم، نهم و دهم باتوجه به حل مدل و این که متغیرهای مربوط به آن‌ها برابر صفر می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت این ریسک‌ها در صورت وقوع، سبب می‌گردد یکی از اتفاق‌های فراتر رفتن زمان و هزینه از ارزش مورد انتظار و یا خروج زمان و هزینه از بهیچ‌گونه رخ دهد. در مورد ریسک‌های دوم، سوم و هشتم باتوجه به این که  $X_2=X_3=X_8=1$ ، می‌توان نتیجه گرفت این ریسک‌ها دارای بهترین ترکیب از نظر هزینه و زمان برای وقوع می‌باشند و در صورت اتفاق این سه ریسک و واقع نشدن دیگر ریسک‌ها، به صورت یقین می‌توان گفت بهترین حالت ممکن از نظر زمان و هزینه رخ می‌دهد. در صورت رخ ندادن هر یک از این سه ریسک می‌توان گفت یا زمان و هزینه از حد مجاز مورد انتظار خارج می‌شود یا این دو معیار در حالت بهینه خود نخواهند بود. این تحلیل برای بقیه مقادیر گوناگون  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  نیز می‌توان به کار برد.

برای مدیریت ریسک‌های تهدید، پنج نوع استراتژی وجود دارد که عبارتند از اجتناب، انتقال، کاهش احتمال، کاهش خسارت و پذیرش. در مورد ریسک‌های فرصت نیز چهار نوع استراتژی موجود است که شامل بهره‌برداری، شراکت، افزایش و پذیرش در برخورد با ریسک‌ها با اثرات مثبت می‌باشد (SabzehParvar, 2007).

در مورد ده ریسک موجود در پروژه، با توجه به نتایج حاصل شده در بالا و نظر خبرگان در مورد ریسک اول که انتخاب نادرست روش اجرای پروژه می‌باشد، از استراتژی اجتناب استفاده می‌شود که با تجزیه و تحلیل علت و معلول و نظر کارشناسان خبره می‌توان روش درست اجرای پروژه را بدست آورد. در مورد ریسک روش اجرای مناقصه و گزینش پیمانکار در کمترین زمان که ریسک چهارم می‌باشد، می‌توان با برنامه‌ریزی مجدد در روش اجرای مناقصه به کاهش احتمال ریسک پرداخت. در مورد ریسک عدم توانایی مالی پیمانکار باتوجه به این که می‌توان با انتقال قسمتی از پروژه به پیمانکار جدید اثرات منفی این ریسک را کاهش داد، قسمتی یا تمام پروژه را به پیمانکار جدید واگذار می‌کنیم که از استراتژی انتقال ریسک باتوجه به نظر خبرگان استفاده می‌شود. در ریسک عدم بازدهی مناسب نیروی انسانی با آموزش دوباره‌ی اعضای پروژه و کارکنان آن و با بکارگیری کارشناسان خبره در آموزش آن‌ها، می‌توان از ریسک موجود پرهیز کرد. برای ریسک شماره هفت یعنی ریسک عدم کفایت تجربه پیمانکار نیز مشابه عدم توانایی مالی اقدام می‌شود و پروژه به پیمانکار جدید سپرده می‌شود. برای روش مناسب اجرای پروژه که فرصتی برای پروژه می‌باشد نیز باتوجه به نظر خبرگان از استراتژی بهره‌برداری استفاده کرده و از ریسک بهره‌برداری می‌نماییم. ریسک آخر که استفاده از افراد متخصص با مهارت بالا می‌باشد که جزء فرصت‌های پروژه می‌باشد با ایجاد بسترهای مناسب برای استفاده از این افراد، احتمال وقوع این ریسک را افزایش می‌دهیم.

در مورد سه ریسک دوم، سوم و هشتم که به ترتیب مداخله کارفرما، عدم پیش‌بینی درست زمان برای اجرای پروژه و وجود تورم اقتصادی و افزایش قیمت‌هاست، باتوجه به این که وقوع این ریسک‌ها در زمان و هزینه پروژه تاثیر منفی نمی‌گذارد از استراتژی پذیرش استفاده می‌نماییم.

در سایر مقالاتی که تاکنون در بحث ارزیابی ریسک، نگارش شده‌است و مدل‌های ارائه شده، در اکثریت مقاله‌ها سعی بر آن شده که بر اساس روش‌های گوناگون مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تاپسیس، رویکرد فازی و... ریسک‌ها را رتبه‌بندی کرده و با توجه به رتبه هر ریسک برنامه‌ریزی‌های مورد نیاز برای پاسخ‌گویی به ریسک مورد نظر انجام صورت گیرد، به گونه‌ای که در این مدل‌ها به اهداف پروژه توجهی نمی‌شود، اما در مقاله پیش رو سعی بر این بوده که متناسب با اهمیت هر یک از اهداف پروژه و وزن‌دهی به هر یک و با بهره‌گرفتن از مدل تصمیم‌گیری چند هدفه، ریسک‌ها را متناسب با اثر آن‌ها روی هر یک از اهداف پروژه،

مورد ارزیابی قرارداد و شرایطی را برای اشخاص تصمیم‌گیرنده پروژه فراهم آورد که توانایی رسیدن به راه‌حل‌های گوناگون و مؤثری را برای پاسخ‌گویی به ریسک‌ها داشته که با اجرای هر کدام به‌هینگی پروژه برقرار باشد.

در این پژوهش ارزیابی ریسک‌های موجود در پروژه حفاری چاه نفت آذر در ایلام به کمک یک مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک دو هدفه با ضرایب فازی مدل‌سازی شده است. در مدل پیشنهادی دو هدف موجود است که عبارتند از مینیمم کردن مجموع ارزش زمانی و ارزش و هزینه‌ای مورد انتظار ریسک‌های موجود. برای حل مدل دو هدفه با توجه به این‌که ورودی هزینه و زمان آن فازی بوده از روش L-P متریک با در نظر گرفتن  $P=1$  استفاده شده است و مجموعه جواب‌های پاراتویی به ازای مقادیر گوناگون وزن‌های توابع هدف حاصل شده است.

برای ادامه تحقیق پیش رو، می‌توان پیشنهاد داد که از روش‌ها و تکنیک‌های دیگر حل مسائل تصمیم‌گیری چند هدفه استفاده کرد. به علاوه می‌توان در تحقیقات آینده توابع اهداف را نیز به صورت فازی در نظر گرفت.

#### ۴- منابع

1. Amiri, M. (2010). Provide a way to rank risk project activities using CPM network and fuzzy TOPSIS. *Journal of Industrial Management Perspective*, 169-183.
2. Ansarinejad, A., Amalnick, M. S., Ghadamyari, M., Ansarinejad, S., & Hatami-Shirkouhi, L. (2011). Evaluating the critical success factors in ERP implementing using fuzzy AHP approach. *International Journal of Academic Research*, 65-80.
3. Asgharpoor, M. (1997). *Multi Criteria Decision Making*. Tehran: Tehran University.
4. Baccarini, D., & Archer, R. (2001). The risk ranking of projects: a methodology. *International Journal of Project Management*, 139-145.
5. Boehm, B. W. (1991). *Software risk management: principles and practices*. Software, IEEE, 32-41.
6. Ebrahimnezhad, S., Mousavi, S., & Seyrafiyanpuor, H. (2010). Risk identification and assessment for build-operate-transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model. *Expert systems with applications*, 575-586.
7. EmamJome, S., & Ghasemkhani, V. (2010). Fuzzy Logic and its important applications in everyday life. *Web Magazin*, 83-88.
8. Ghosh, S., & Jintanapakanont, J. (2004). Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: a factor analysis approach. *International Journal of Project Management*, 633-648.
9. JabalAmeli, M., Rezai, S., & Chanibakhsh, A. (200). Project Risk Ranking using multi-criteria decision models. *Journal of Industrial management*, 125-135.
10. JafarNezhad, A., & YousefiZenouz, R. (2009). A fuzzy model of ranking risks at petropars company's excavation of oil well projects. *Journal of industrial management*, 21-38.
11. KarimiAzari, A., Mousavi, N., Mousavi, S. F., & Hosseini, S. (2011). Risk assessment model selection in construction industry. *Expert Systems with Applications*, 9105-9111.
12. Kazemzadeh, A., & Sharifi Mousavi, S. (2011). Developing a fuzzy risk assessment model to assess the schedule risks in construction projects (Case: Track renewal project in Iran railway administration). *Expert Systems with Applications*, 109-133.
13. Khatami Firoozabadi, S., & Vafadar Nikjoo, A. (2013). Determining risk category with respect casual relationships between them in fuzzy. *Institute for Humanities and Cultural Studies Portable Comprehensive Human Sciences, Management research in Iran*, 49-65.
14. Krane, H. P., Rolstadås, A., & Olsson, N. O. (2010). Categorizing risks in seven large projects—Which risks do the projects focus on? *Project Management Journal*, 81-86.
15. Morris, P., & Hough, G. (1987). *The Anatomy of Major Projects: A Study of the Reality of Project Management*. New York: Wiley.

16. Nito-Morote, A., & Ruz-Vila, F. (2011). A fuzzy approach to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*, 220-231.
17. Olfat, L., Khosravan, F., & Jalali, R. (2010). Identification and ranking of project risk based on the PMBOK standard by fuzzy approach. *Journal of Industrial Management Studies*, 147-163.
18. SabzehParvar, M. (2007). *Project Management*. Tehran: Terme .
19. Salehi Sadaghiani, J. (2010). Provide a method for ranking risks of project activities based on CPM networks using fuzzy and fuzzy TOPSIS methods. *Journal of Industrial Management*, 69-82.
20. Sayyadi, A. R., & Azar, A. (2011). Assessing and Ranking Risk in Tunneling Project using Linear Allocation. *Journal Industrial Management*, 28-38.
21. Tuncel, G., & Alpan, G. (2010). Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. *Computer in Industry*, 250-259.
22. Williams, T. (1995). A classified bibliography of recent research relating to project risk management. *European Journal of Operation Research*, 18-38.
23. Yijian, S., Rufu, H., Dalilin, C., & Hongan, L. (2008). Fuzzy Set - Based Risk Evaluation Model for Real Estate Projects. *Tsinghua Science and Technology*, 158-164.
24. Yusefi, O., Naseri, P., & Nill Tabataba, S. (2014). Project risk assessment models using multi-objective approach to decision making(dam Assaluyeh). *Journal of Industrial Engineering*, 128-135.
25. Zayed, T., Amer, M., & Jiayin, P. (2008). Assessing risk and uncertainty inherent in chines highway projects using AHP. *International Journal of Project Management*, 408-419.
26. Zeng, J., & Smith, N. (2007). Application of Fuzzy Based Decision Making Methodology to Construction Project Risk Assessment. *International Journal of Project Risk Assessment* , 589-600.

