

تلفیق مدیریت ریسک و سیستم استنتاج فازی جهت برآورد زمان انجام پروژه‌ها در پالایشگاه‌های گاز (مطالعه‌ی موردی: پروژه‌ی احداث مجتمع پردیس خانگیران)

Original Article

عباس نادرپور (دانشجوی دکتری)

دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

مسعود مفید (استاد)

دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

جواد مجروحی سرد رود* (استادیار)

دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

امروزه ضرورت مدیریت زمان در پروژه‌های حوزه‌ی ساخت برکسی پوشیده نیست. در صنایع دارای فرایندهای پیچیده، نظیر پالایشگاه‌های گاز، با توجه به محدودیت‌ها و ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های فراوان، اهمیت موضوع مضاعف می‌شود. لزوم تولید بی‌وقفه در پالایشگاه‌ها، ضرورت‌های عملیاتی و تقسیم‌بندی سایت براساس مخاطرات HSE به نواحی با قابلیت عملکرد متفاوت، عدم قطعیت‌های فراوانی را نیز به زمان‌بندی پروژه تحمیل می‌کند. لذا استفاده از مدل‌های مطمئن‌تر جهت کنترل و تعامل با عدم قطعیت‌ها باید در دستور کار قرار گیرد. لذا در نوشتار حاضر، به ارائه‌ی مدلی نوین مبتنی بر تلفیق مدیریت ریسک و سیستم استنتاج فازی جهت برآورد دقیق و همه‌جانبه‌ی زمان انجام پروژه‌ها در پالایشگاه‌های گاز پرداخته و در این راستا، نتایج حاصل از استقرار مدل مذکور در یک مطالعه‌ی موردی بررسی شده است.

abas.naderpour@gmail.com
mofid@sharif.edu
j.majrouhi@gmail.com

واژگان کلیدی: مدیریت زمان، برآورد زمان، عدم قطعیت، ریسک، سیستم استنتاج فازی.

۱. مقدمه

برای تدوین برنامه‌ی زمان‌بندی پروژه‌ها، دو رویکرد عمده وجود دارد. در رویکرد اول، که شامل اولین تلاش‌ها برای دست‌یابی به برنامه‌ی زمان‌بندی پروژه‌هاست، تمامی پارامترهای مسئله به صورت قطعی در نظر گرفته می‌شوند. روش زنجیره‌ی بحرانی فعالیت‌ها (CPM)^۱ که هنوز هم به‌طور گسترده در پروژه‌ها استفاده می‌شود، از مصادیق بارز رویکرد قطعی در زمان‌بندی پروژه‌هاست. رویکرد قطعی برای پروژه‌هایی که پیچیدگی آن‌ها کم است و عدم قطعیت ناچیز دارند و با استفاده از معادلات ریاضی قابل مدل‌سازی و تحلیل هستند، استفاده می‌شود.^[۱] لیکن برای پروژه‌هایی که میزان پیچیدگی آن‌ها کمی بیشتر بوده است و عدم قطعیت^۲ نسبتاً زیادی نیز دارند، دیگر نمی‌توان با رویکرد قطعی به زمان‌بندی دقیق دست یافت. لذا در پژوهش حاضر، رویکرد دوم که ملحوظ کردن عدم قطعیت در برآورد زمان انجام فعالیت‌ها و تدوین زمان‌بندی پروژه است، مطرح شده است. عدم قطعیت‌های فعالیت‌های پروژه به ۲ دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: دسته‌ی اول، عدم قطعیت‌های تصادفی^۳ هستند که توسط مدیریت ریسک کنترل می‌شوند و دسته‌ی

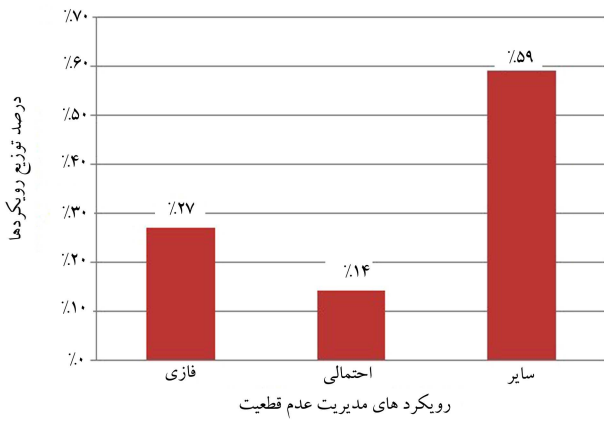
دوم، عدم قطعیت‌های غیرتصادفی^۴ هستند که باید توسط روش‌های مبتنی بر سیستم استنتاج فازی^۵ مدیریت شوند. در سیستم‌های مذکور امکان استفاده از روش‌های ابتکاری مدرن، مانند: هوش مصنوعی^۶ و شبکه‌ی عصبی^۷ وجود دارد. در شبکه‌های عصبی به دلیل قابلیت یادگیری سیستم، عدم قطعیت به مرور کاهش و قابلیت تحلیل مؤثر سیستم افزایش می‌یابد، لذا برای سیستم‌های با پیچیدگی بالا و عدم قطعیت زیاد که اطلاعات کافی و دقیقی نیز در دسترس نیست، رویکرد استدلال تقریبی فازی^۸ مطرح می‌شود. ورودی سیستم فازی می‌تواند اطلاعات نادقیق باشد و پردازش‌های سیستم نیز با بهره‌گیری از استدلال تقریبی انجام می‌شوند.^[۲]

بنابراین برای دست‌یابی به یک برنامه‌ی زمان‌بندی دقیق و همه‌جانبه، باید هر دو جنبه‌ی عدم قطعیت با یکدیگر تلفیق شوند و چنانچه در برآورد زمان^۹ انجام فعالیت‌های پروژه به‌گونه‌ی عمل شود که نتایج حاصل از مدیریت ریسک با خروجی حاصل از پردازش سیستم‌های خبره‌ی فازی تلفیق شود، هدف پژوهش تحقق یافته است. در ادامه، ضمن مروری کوتاه بر مفاهیم سیستم استنتاج فازی و مدیریت ریسک به بیان روش پژوهش و نتایج حاصل از آن پرداخته و در خاتمه، نتایج حاصل از استقرار مدل مذکور در پروژه‌ی احداث مجتمع پردیس خانگیران بررسی شده است.

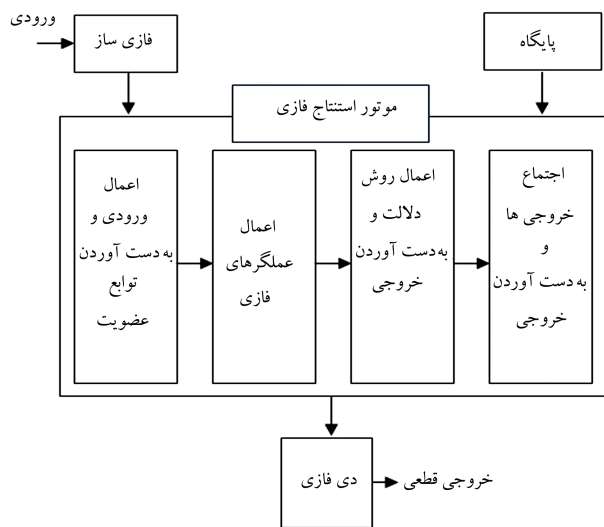
* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۵/۱۰/۱، اصلاحیه ۱۳۹۶/۲/۲۵، پذیرش ۱۳۹۶/۳/۲۳

DOI:10.24200/J30.2018.1871.1992



شکل ۱. نمودار توزیع رویکردهای مدیریت عدم قطعیت.



شکل ۲. دیاگرام سیستم استنتاج فازی [۷].

جدول ۱. قواعد استنتاج فازی مثال موردی.

If A is A _۲ and B is B _۱ and C is C _۲ then O is O _۲	قاعده ۱
if A is A _۳ and B is B _۲ and C is C _۳ then O is O _۳	قاعده ۲
if A is A _۱ and B is B _۳ then O is O _۱	قاعده ۳

سال ۱۹۷۵، برای کنترل ترکیب یک موتور بخار و بویلر با استفاده از ترکیب قواعد کنترل زبانی در تجربیات عملگرهای انسانی، از وجود سیستم استنتاج فازی استفاده شده است. در سال ۱۹۷۸ نیز نخستین کنترل کننده فازی برای کنترل یک فرایند صنعتی کامل، یعنی کوره سیمان، به کار برده شده است.^[۱] از آن پس بود که کنترل کننده های فازی در بسیاری از دستگاه ها و فرایندهای صنعتی، مانند مترو و رباتیک و بسیاری از مسائلی که به تصمیم گیری نیاز داشت، به کار برده شد. در شکل ۲، دیاگرام سیستم استنتاج فازی و اجزاء آن (۱. فازی سازی، ۲. ایجاد پایگاه قواعد، ۳. آنالیز با موتور استنتاج فازی و تحلیل) مشاهده می شود. در شکل های ۳ الی ۵ و جدول ۱ به بیان تصویری یک سیستم استنتاج فازی پرداخته شده است، که در آن مراحل: ورودی و فازی سازی، پایگاه قواعد، آنالیز، استنتاج و خروجی مشاهده می شوند.

۲. پیشینه مدیریت عدم قطعیت در زمان بندی پروژه

با توجه به نوظهور بودن مفاهیم مرتبط با عدم قطعیت، دهه ۱۹۸۰ را می توان به عنوان نقطه شروعی برای مدیریت عدم قطعیت در برآورد زمان انجام پروژه ها در نظر گرفت. نویسندگان نوشتار حاضر، برای تدوین پیشینه موضوع، یک جستجوی سیستماتیک در ۶ پایگاه داده بر خط Taylor & Francis, ASCE, Elsevier, John Wiley, Springer و Hindawi انجام داده اند. سؤال اصلی مورد استفاده در پژوهش حاضر این است که تاکنون چه روش هایی برای مدیریت عدم قطعیت در برآورد پروژه های حوزه ساخت استفاده شده است. بازه زمانی پژوهش حاضر از ابتدای سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ را در بر می گیرد. در جستجوی اولیه با ترکیب کلمات کلیدی ذکر شده، تعداد ۹۲۳۶ نوشتار از ۶ پایگاه داده برخط مذکور پیدا شد، که از بین آن ها ۲۴۲ نوشتار پس از بررسی های دقیق و همه جانبه مورد انتخاب نهایی قرار گرفتند. در تهیه نوشتارهای مذکور، نویسندگان ۳۵ کشور مشارکت داشتند. همچنین در تقسیم بندی های انجام شده، ۲۷٪ نوشتارها با رویکرد فازی، ۱۴٪ با رویکرد احتمالی و ریسک و ۵۹٪ با رویکردهای متفرقه و مدل های ریاضی، نظیر روش های ریاضیاتی، الگوریتم های ابتکاری و فرایندکاری، الگوریتم ژنتیک، شبکه های عصبی، برنامه ریزی خطی، زنجیره مارکف و شبیه سازی مونت کارلو بودند (شکل ۱). زمینه های کاربردی مدیریت عدم قطعیت در برآورد زمان نیز شامل مواردی چون برآورد برنامه زمانی نصب جرثقیل، برآورد زمان انجام عملیات خاکی در پروژه های راه سازی، برآورد زمان احداث بزرگراه ها، برنامه زمانی بندی کارخانجات در ترکیه، محاسبه بافرهای مدیریت زمان، برآورد زمان احداث بزرگراهی با روش BOT، ساخت مدل های سازی فازی بوده است. در اینجا، نتایج پژوهش مذکور خلاصه شده است:

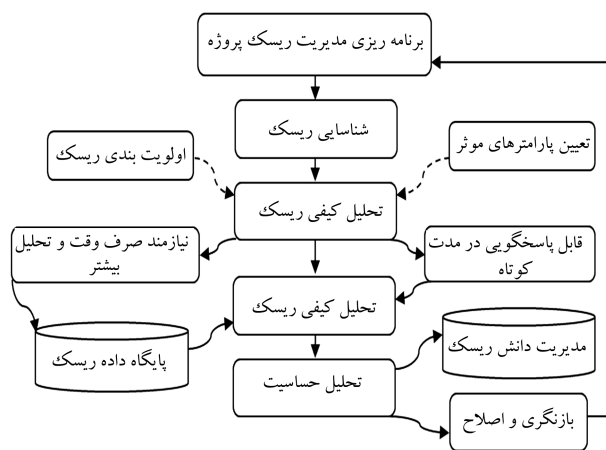
۱. در حدود ۴۴٪ از کل پژوهش های پیشین، از تئوری امکان برای مدیریت عدم قطعیت در زمان بندی پروژه های حوزه ساخت استفاده کرده اند، که ۶۱٪ آن ها از منطق فازی به عنوان ابزار راهبردی استفاده کرده اند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که منطق فازی تاکنون پرکاربردترین شیوه در این خصوص بوده است. نکته قابل توجه این است که تمامی پروژه های ذکر شده، به صورت تئوری و در حد بیان مسئله و ارائه مدل پیشنهادی بوده اند و هیچگاه وارد مرحله کاربردی و آنالیز و محاسبات نشده اند.

۲. حدود ۵۶٪ از کل مطالعات پیشین از تئوری احتمالات برای مدیریت عدم قطعیت در زمان بندی پروژه های حوزه ساخت و ۲۵٪ آن ها از مدیریت ریسک به عنوان ابزار راهبردی استفاده کرده اند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مدیریت ریسک تاکنون پرکاربردترین شیوه در این خصوص بوده است.

۳. برای مدیریت همه جانبه عدم قطعیت ها در برآورد زمان اجرای پروژه نیاز به رویکردی احساس می شود که به تلفیق یکپارچه عدم قطعیت های غیرتصادفی و عدم قطعیت های تصادفی بپردازد. لذا پژوهش حاضر با این رویکرد ادامه یافته است.

۳. سیستم استنتاج فازی

سیستم استنتاج فازی، فرایندی سیستماتیک برای تبدیل یک پایگاه دانش به یک نگاشت غیرخطی را فراهم می آورد.^[۲] به همین علت، از سیستم های مبتنی بر دانش (سیستم های فازی) در کاربردهای مهندسی و تصمیم گیری استفاده می شود. در



شکل ۶. نمودار مدیریت ریسک در پروژه.

شبیه‌سازی با تولید اعداد تصادفی به ازاء هر کدام از اجزاء احتمالی، نتیجه‌ی نهایی کل مجموعه محاسبه و یادداشت می‌شود. با تکرار دوره‌های شبیه‌سازی به تعداد زیاد، نتایج به دست آمده به واقعیت نزدیک‌تر می‌شوند. به نحوی که می‌توان نتیجه‌ی کلی را به صورت تابعی از درجه‌ی اطمینان بیان کرد و آن را به کل سیستم تعمیم داد.

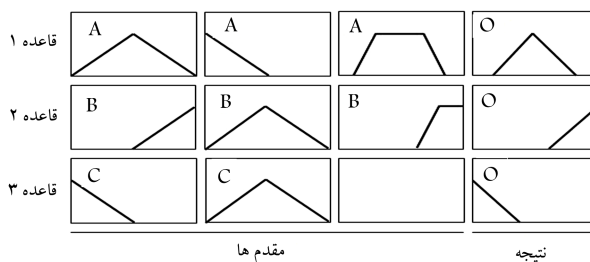
۵. تشریح مدل پیشنهادی پژوهش

فرضیه‌ی پژوهش حاضر این است که تلفیق مدیریت ریسک و سیستم استنتاج فازی موجب بهینه‌سازی در واقعی‌تر شدن برآورد زمان انجام فعالیت‌های پروژه می‌شود. پژوهش حاضر از نوع مطالعات علمی - کاربردی توسعه‌یابی با رویکرد راهبردی است. اولین گام در تدوین برنامه‌ی زمان‌بندی توانایی تشخیص این موضوع است که هر کدام از عدم قطعیت‌های مؤثر در انجام فعالیت‌های پروژه در کدام یک از دو گروه اصلی عدم قطعیت‌های تصادفی و غیرتصادفی قرار می‌گیرند. در این خصوص تلاش‌های زیادی انجام شده است، که مؤثرترین شیوه، روش فلوچارتی است که در پژوهشی در سال ۲۰۰۹^[۶] ارائه شده است. فلوچارت مذکور با اصلاحاتی در جهت هر چه کاربردی‌تر شدن، در شکل ۷ مشاهده می‌شود.

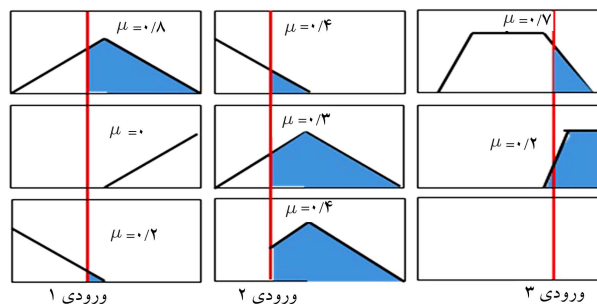
در ادامه، ابتدا با توزیع پرسش‌نامه، عدم قطعیت‌های غیرتصادفی مؤثر در انجام فعالیت‌ها، شناسایی و متغیرهای کلامی مرتبط به اعداد فازی تبدیل می‌شوند. سپس اعداد مذکور که ورودی‌های سیستم خبره هستند، به جعبه ابزار ویرایشگر قوانین موجود در نرم‌افزار متلب^{۱۳} وارد می‌شوند و پس از انجام پردازش، خروجی حاصل به عنوان برآورد زمان انجام فعالیت‌های پروژه با رویکرد عدم قطعیت‌های غیرتصادفی لحاظ می‌شود. از طرف دیگر، با استقرار مدیریت ریسک، ریسک‌های پروژه در ابعاد مختلف شناسایی شده، تحلیل کیفی و کمی ریسک‌ها صورت گرفته و ضمن اولویت‌بندی ریسک‌ها و اندازه‌گیری قدرت و تأثیر هر یک از آنها، هر کدام از ریسک‌ها به صورت فعالیت احتمالی در برنامه‌ی زمان‌بندی پروژه اعمال شده است.

نمودار مراحل مدل پیشنهادی پژوهش در شکل ۸ ارائه شده است.

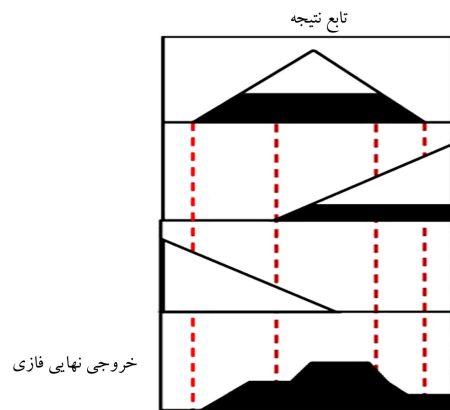
در ادامه، براساس نتایج مراحل قبل، برنامه‌ی زمان‌بندی تدوین می‌شود که برآورد زمان انجام فعالیت‌های آن بر مبنای نتایج حاصل از عدم قطعیت فازی صورت گرفته و توزیع احتمالی ناشی از ریسک نیز به فعالیت‌ها تخصیص داده شده است. به منظور آنالیز زمان‌بندی مذکور از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل ریسک^{۱۴} و بر مبنای روش مونت‌کارلو آنالیز صورت گرفته و نتایج حاصل بررسی و تحلیل حساسیت شده است.



شکل ۳. مرحله‌ی ورودی و فازی‌سازی مثال موردی.



شکل ۴. دیاگرام استنتاج فازی مثال موردی.



شکل ۵. تابع نتیجه و خروجی استنتاج فازی.

۴. مدیریت ریسک

مدیریت ریسک پروژه، شامل: فرایندهای شناسایی، تحلیل کیفی، تحلیل کمی، پاسخ به ریسک و نظارت و کنترل می‌شود.^[۵] هدف مدیریت ریسک، افزایش احتمال و اثر وقایع مثبت و کاهش احتمال و اثر وقایع نامطلوب در پروژه است. فرایند مدیریت ریسک مطابق دیاگرام شکل ۶ است. طبق بررسی‌های انجام شده در پژوهش حاضر، برای تحلیل کیفی ریسک پروژه‌های حوزه‌ی ساخت، روش تجزیه و تحلیل آثار و حالات شکست (FMEA)^{۱۵} به دلیل در نظر گرفتن احتمال شناسایی ریسک، دقت و صحت بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد.

در روش مدیریت ریسک، شاخص عدد اولویت ریسک (RPN)^{۱۱} بیانگر اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه است. همچنین مناسب‌ترین روش برای تحلیل کمی ریسک پروژه‌های ساخت، روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو^{۱۲} است که ویژگی منحصر به فردی در تولید یکنواخت اعداد تصادفی دارد و به عنوان مقبول‌ترین تابع تولید اعداد تصادفی شناخته شده است. روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو، اندرکنش اجزاء تصادفی یک مدل بهم و تأثیر اجزاء بر کل پدیده را مدل می‌کند. بدین ترتیب که در هر دوره‌ی

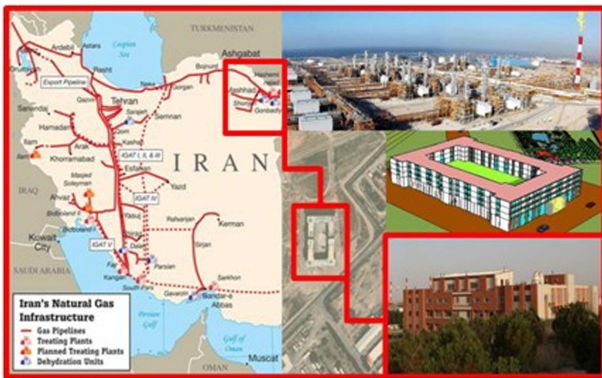
۶. بررسی پروژه‌ی احداث مجتمع پردیس خانگیران

مجتمع پردیس خانگیران به منظور تأمین محل استراحت کارکنان یک پالایشگاه گاز در منطقه‌ی خانگیران احداث شده است (شکل ۹). آغاز به‌کار پروژه در سال ۱۳۸۵ بوده و برای ساخت پروژه، ۳ مرتبه پیمان‌سپاری انجام شده است. زمان ورود تیم پژوهش به پروژه ذکر شده، پس از خاتمه‌ی کار پیمانکار دوم بوده است. زمانی که کارفرما مشغول تهیه‌ی اسناد مناقصه‌ی جدید بود، ۵۴۰ روز زمان برای انجام پروژه توسط پیمانکار جدید (سوم) در نظر گرفته شده بود.

تیم پژوهش با استقرار مدیریت ریسک در پروژه به بررسی مشکلات در ۲ پیمان قبل و شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه پرداخت که در گام اول به منظور اجتناب از بروز ریسک‌های عمده‌ی مربوط به پیمان‌های گذشته، موجب تغییراتی در کتابچه‌ی پیمان شد و برخی از ریسک‌ها حذف و به کارفرما منتقل شدند. این اقدام شامل خروج آیتم خرید اقلام سنگین پروژه از کتابچه‌ی پیمان بود، که به دلیل نوسان شدید قیمت ارز، در آن مقطع زمانی جزء تهدیدهای پروژه محسوب می‌شد. همچنین با جایگزینی تکنولوژی جدید و استفاده از مصالح نازک‌کاری پیش‌ساخته، تلاش‌هایی جهت کاهش زمان انجام فعالیت‌ها صورت پذیرفت. لذا مناقصه‌ی سوم بر مبنای راهبرد جدید حاصل از مدل پیشنهادی پژوهش حاضر برگزار شد. طبق بررسی انجام‌گرفته توسط تیم پژوهش براساس مدل پیشنهادی زمان انجام پروژه به ۴۵۳ روز اصلاح شد. بدین معنی که حدود ۲۲٪ از برآورد صورت‌گرفته توسط کارفرما کاهش یافت و هزینه‌ی پروژه نیز ۶۸ میلیارد ریال برآورد شد.

۱.۶. تعیین عدم قطعیت غیرتصادفی فعالیت‌ها

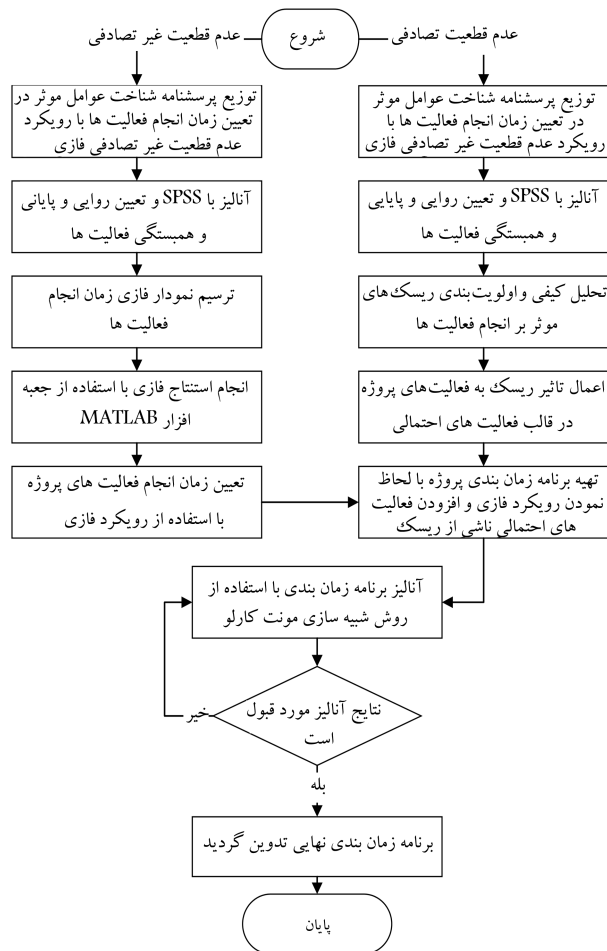
برای تعیین عدم قطعیت غیرتصادفی فعالیت‌ها، در ابتدا پرسش‌نامه‌ی درخصوص مشخص کردن عوامل مؤثر در اجرای هر یک از فعالیت‌های اصلی پروژه تهیه شد. برنامه‌ی زمان‌بندی پروژه‌ی مذکور، شامل ۶۷ فعالیت اصلی است. هر پرسش‌نامه شامل یک‌سری سؤالات عمومی و یک‌سری سؤالات تخصصی است. سؤالات پرسش‌نامه براساس طیف لیکرت طراحی و از ۵ بازه‌ی ارزشی تشکیل شده است، که به منظور تعیین متغیرهای توصیفی در این فرایند آماری استفاده می‌شوند. پرسش‌نامه‌های مذکور میان متخصصان مختلف، متشکل از ۳۰ شرکت پیمانکاری، دو شرکت مشاوره و عوامل نظارت کارفرما که در انجام حدود ۷۰ پروژه مشارکت داشته‌اند، توزیع شده است. به صورت نمونه، سؤالات تخصصی پرسش‌نامه‌ی که در ابتدا برای انجام فعالیت بتن‌ریزی طراحی شده است، در شکل ۱۰ ارائه شده است.



شکل ۹. نمایی از پروژه‌ی احداث مجتمع پردیس خانگیران.



شکل ۷. فلوچارت تشخیص نوع عدم قطعیت‌های پروژه.



شکل ۸. نمودار مراحل مدل پیشنهادی پژوهش.

جدول ۴. نتایج محاسبات قابل قبول روایی سازه‌ی پرسشنامه.

مقدار شاخص کیزر - می - ال کین (KMO)	۰٫۶۳۵
نتایج آزمون باتلر و جزئیات	df = ۳
Sig.	۰٫۰۰۰

جدول ۵. نتایج محاسبه‌های قابل قبول روایی سازه‌ی پرسشنامه.

همبستگی	S1105	S1104	S1101
ضریب پیرسون	۰٫۵۷۲**	۰٫۸۹۰**	۱
Sig.(۲-tailed)	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۰	
N	۲۸	۲۸	۲۸
ضریب پیرسون	۰٫۵۱۷**	۱	۰٫۸۹۰**
Sig.(۲-tailed)	۰٫۰۰۰۵		۰٫۰۰۰۰
N	۲۸	۲۸	۲۸
ضریب پیرسون	۱	۰٫۵۱۷**	۰٫۵۷۲**
Sig.(۲-tailed)		۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۱
N	۲۸	۲۸	۲۸

** همبستگی متغیرها در شرایط (۲-tailed) level ۰٫۰۱

فعالیت توسط ضریب پیرسون^{۲۰} اندازه‌گیری شد؛ در پایان نیز روایی سازه‌ی^{۲۱} پرسش‌نامه نیز با انجام «تحلیل عامل اکتشافی»^{۲۲} بررسی نهایی شد و شاخص KMO^{۲۳} عدد مورد قبول ۰٫۶۳۵ به دست آمد. همچنین نتیجه‌ی آزمون بارنلت^{۲۴} (عدد ۴۹٫۵۳۴) که در سطح خطای کوچک تر از ۰٫۰۱ معنی‌دار است، نشان‌دهنده‌ی مطلوب بودن نتایج به دست آمده است (جدول ۴).

بنابراین مشخص شد عوامل انتخاب‌شده در تعیین زمان این فعالیت، ضمن اینکه همبستگی^{۲۵} خوبی با یکدیگر دارند، روایی سازه خوب است و آن چیزی را که برای سنجش آن طراحی شده‌اند، به خوبی می‌سنجند (جدول ۵). در ادامه، با تعریف توابع فازی، نمودارهای فازی عوامل مؤثر در زمان انجام فعالیت بر مبنای بخش دوم پرسش‌نامه ترسیم و با وضع قواعد «اگر... آنگاه...» در سیستم Rule Base به انجام آنالیزهای مربوط پرداخته شده است،^[۷] که درخصوص فعالیت بتن‌ریزی با توجه به وجود ۳ عامل ۵ حالت براساس طیف لیکرت^{۲۶} در مجموع ۱۲۵ قاعده وجود خواهد داشت که پس از آنالیز توسط جعبه ابزار فازی نرم‌افزار متلب، مدت زمان ۸٫۵ روز برای ۲۰۰ مترمکعب بتن‌ریزی به دست آمد. سیستم استنتاج فازی مورد استفاده در این روش از نوع استنتاج فازی با روش مددانی است، که در مازول فازی نرم‌افزار متلب وجود دارد. شکل‌های ۱۱ تا ۱۷ بیانگر موضوع هستند.

۲.۶. افزودن عدم قطعیت‌های تصادفی به فعالیت‌ها

هدف از انجام این مرحله تعیین ریسک‌های پروژه و تبدیل آن‌ها به فعالیت‌های احتمالی جهت اعمال در برنامه‌ی زمان‌بندی پروژه است. برای تحلیل کیفی ریسک‌های پروژه از روش FMEA استفاده شده است، که در آن شاخص RPN بیانگر اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه است. به منظور انجام این کار هم پرسش‌نامه‌های ریسک بین عوامل مختلف پروژه توزیع شد و هم از نتایج مطالعات پیشین انجام‌شده در این خصوص در جامعه‌های آماری مشابه،^[۸-۱۵] استفاده و پس از بررسی تیم خبره، نتایج

میزان تاثیر هر یک از عوامل ذیل در تعیین زمان فعالیت بتن‌ریزی چیست؟

S1101	روش تهیه بتن (چینگ پلات، خرید و حمل با میکسر، تهیه کارگاهی با میکسر ظرفیت ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۳۰۰۰ لیتری)	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
S1102	همکاری دستگاه نظارت در خصوص صدور مجوز بتن‌ریزی (محدودیت یا عدم محدودیت جهت صدور پرمیت)	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
S1103	همکاری آزمایشگاه بتن در خصوص ارسال عوامل اخذ نمونه بتن	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
S1104	درجه دمای محیط (خیلی سرد، سرد، معتدل، گرم، خیلی گرم)	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
S1105	قوانین و ضوابط HSE مربوط به نفوذ گاز H ₂ S (منطقه آزاد، فنس عملیاتی، ناحیه با خطر انتشار بالا و ...)	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
S1106	شکل هندسی سازه‌ی بی که در خصوص آن بتن‌ریزی انجام می‌پذیرد.	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
S1107	نوع سیمان به کار رفته در بتن و استفاده یا عدم استفاده از روان‌کننده‌ها	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

شکل ۱۰. پرسش‌نامه‌ی مربوط به تعیین زمان انجام فعالیت بتن‌ریزی

جدول ۲. نتایج بررسی اولیه‌ی پایایی فعالیت پرسشنامه‌ی بتن‌ریزی.

پایایی متغیرهای جزئی	آلفای کرونباخ در صورت حذف متغیر جزئی
S1101	۰٫۶۱۳
S1102	-۰٫۲۰۰
S1103	۰٫۱۱۴
S1104	۰٫۷۹۸
S1105	۰٫۲۴۲
S1106	-۰٫۱۰۵
S1107	۰٫۱۸۶

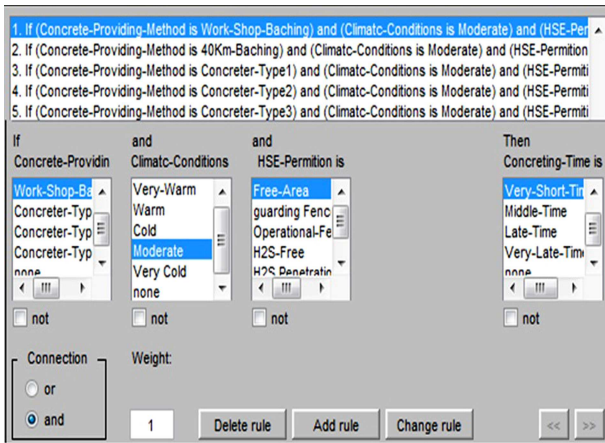
جدول ۳. نتایج محاسبات شناخت میزان وزن هر عامل.

شماره‌ی عامل	سهم هر عامل در تعیین مجموعه‌ی واریانس گویه‌ها	درصد واریانس نهایی	درصد تجمعی
۱	۲٫۳۳۵	۷۷٫۸۳۰	۷۷٫۸۳۰
۲	۱٫۵۵۸	۱۸٫۵۹۵	۹۶٫۴۲۵
۳	۱٫۱۰۷	۳٫۵۷۵	۱۰۰٫۰۰۰

سیس به منظور سنجش پایایی^{۱۵} پرسش‌نامه، داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار SPSS^{۱۶} آنالیز و تحلیل شدند، که بر این اساس شاخص پایایی (آلفای کرونباخ)^{۱۷} عدد ۰٫۳۸۸ به دست آمد. به دلیل اینکه شاخص محاسبه‌شده کمتر از ۰٫۷ بود، اطلاعات متغیرهای توصیفی بررسی شدند که مشخص شد موارد ۲، ۳، ۶ و ۷ تأثیر زیادی در تعیین زمان انجام فعالیت بتن‌ریزی ندارند (جدول ۲).

لذا با حذف موارد ذکرشده، شاخص پایایی مجدداً محاسبه شد که عدد مطلوب ۰٫۸۵۴ به دست آمد. همچنین جهت شناخت سهم هر عامل در تعیین مجموعه‌ی واریانس تمام گویه‌ها، محاسبات مرتبط انجام شد، که براساس معیار کیزر^{۱۸}، فقط عامل‌هایی انتخاب می‌شوند که مقدار ویژه‌ی آن‌ها بالاتر از ۱ است. با توجه به اینکه هر ۳ عامل، مقدار ویژه‌ی بالاتر از ۱ داشتند، پروسه نهایی شد و ۳ عامل مذکور قابل تقلیل به عامل‌های کمتر نبودند (جدول ۳).

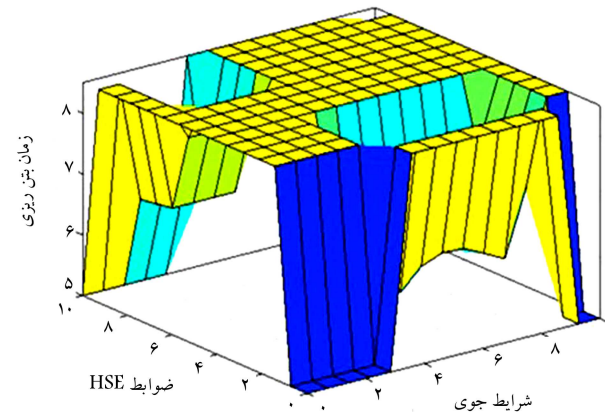
در ادامه، پرسش‌نامه‌ی اصلاح‌شده توسط تیم خبره‌ی متشکل از ۸ نفر از کارشناسان باتجربه ارزیابی و روایی محتوایی (قضاوتی)^{۱۹} پرسش‌نامه تأیید شد. سپس با انجام آنالیزهای آماری، همبستگی بین عوامل مؤثر در تعیین زمان انجام



شکل ۱۵. ویرایش قوانین فازی پژوهش در نرم افزار متلب.

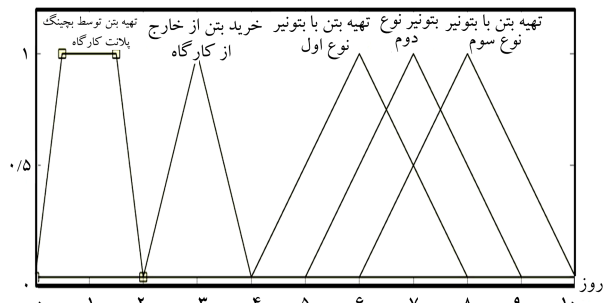


شکل ۱۶. زمان انجام فعالیت با رویکرد عدم قطعیت غیرتصادفی.



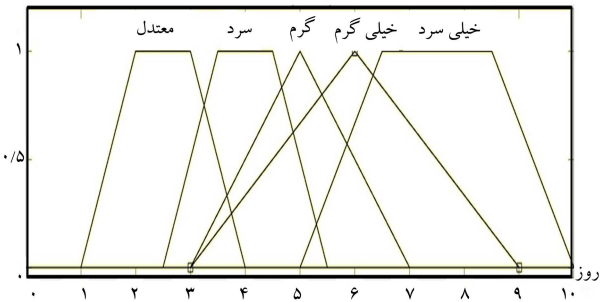
شکل ۱۷. گرافیک خروجی آنالیز زمان فعالیت با رویکرد فازی.

به صورت تعریف فعالیت‌های احتمالی (ریسک) در برنامه‌ی زمان‌بندی اعمال شد. جدول ۶، برخی از ریسک‌های حاصل از مطالعات پیشین در جوامع آماری مشابه (صنایع نفت و گاز ایران) را به نمایش گذاشته است. برای تخصیص ریسک‌های شناسایی شده به فعالیت‌های پروژه، ضمن تعریف توزیع احتمالی برای فعالیت‌های پروژه، یک سری فعالیت‌های احتمالی و انشعاب‌های احتمالی برای فعالیت‌ها در پروژه تعریف می‌شود. به طور نمونه در برنامه‌ی زمان‌بندی پروژه برای فعالیت نامچینی، ضمن افزودن توزیع احتمالی انجام آن به زمان حاصل



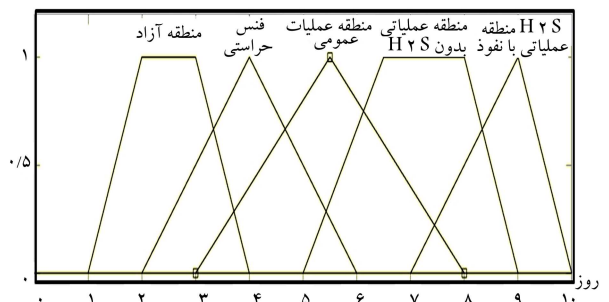
نمودارهای توابع عضویت فازی جهت تعیین زمان لازم برای تهیه 200 m^3 بتن با رویکرد روش تهیه بتن (day)

شکل ۱۱. نمودار فازی روش تهیه‌ی بتن در تعیین زمان بتن ریزی.



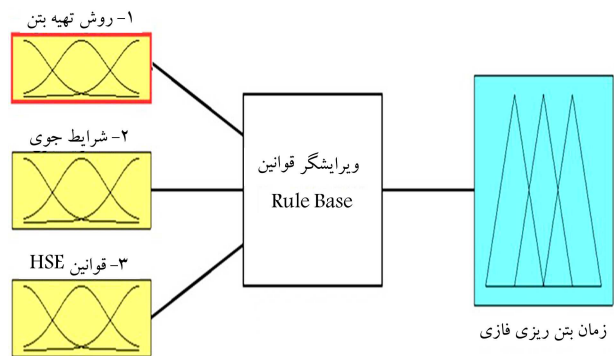
نمودارهای توابع عضویت فازی جهت تعیین زمان لازم برای تهیه 200 m^3 بتن با رویکرد تأثیر شرایط جوی (day)

شکل ۱۲. نمودار فازی تأثیر شرایط جوی در تعیین زمان بتن ریزی.



نمودارهای توابع عضویت فازی جهت تعیین زمان لازم برای تهیه 200 m^3 بتن با رویکرد تأثیر ضوابط HSE (day)

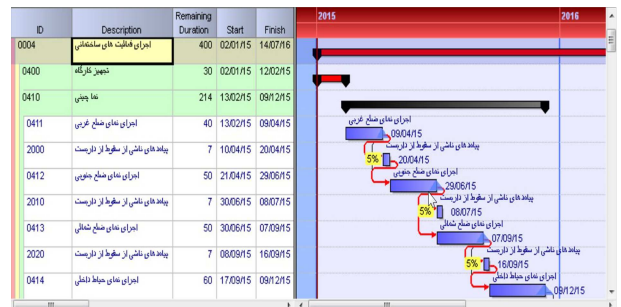
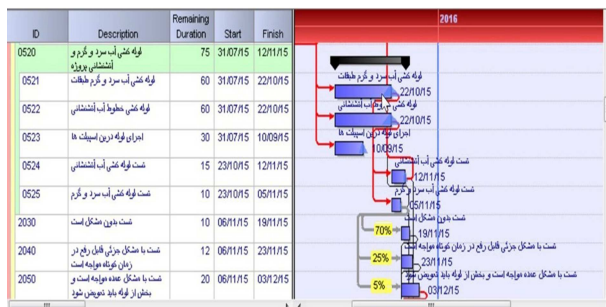
شکل ۱۳. نمودار فازی تأثیر ضوابط HSE در زمان بتن ریزی.



شکل ۱۴. نمودار مراحل انجام آنالیز فازی زمان در نرم افزار متلب.

جدول ۶. فهرست برخی از ریسک‌های حاصل از مطالعات پیشین در جوامع آماری مشابه به همراه شاخص اولویت ریسک (RPN).

ردیف	شرح ریسک	شاخص اولویت (RPN)	ردیف	شرح دیسک	شاخص اولویت (RPN)
۱	خطر سقوط جرثقیل	۶۰۰	۲۶	جوشکاری - آسیب به چشم	۱۲۰
۲	سقوط از داربست	۵۷۰	۲۷	حریق - آسیب به افراد	۱۲۰
۳	سقوط افراد در جوشکاری اسکلت	۵۶۵	۲۸	برخورد لوله های زیرزمینی، گاز و برق	۱۲۰
۴	سقوط افراد از بازوهای سقف	۵۲۴	۲۹	جوشکاری	۱۱۰
۵	سقوط اشیاء	۴۲۴	۳۰	بتن ریزی	۱۱۰
۶	ریزش ساختمان مجاور و ترانشه گود	۳۹۲	۳۱	برشکاری	۱۰۵
۷	برخورد با ماشین آلات و وسایل نقلیه	۳۹۴	۳۲	کار با جرثقیل	۱۰۴
۸	برخورد با ابزار آلات	۳۸۹	۳۳	داربست بندی	۱۰۲
۹	مرگ و سوختگی ناشی از برق	۳۸۳	۳۴	کار با ادوات برقی	۱۰۱
۱۰	گیر کردن و قرار گرفتن بین اشیاء	۳۷۹	۳۵	رانندگی - برخورد با وسیله نقلیه	۱۰۰
۱۱	انفجار	۳۷۳	۳۶	عدم شناسایی فرایندهای اجرایی پروژه	۱۰۰
۱۲	مسمومیت ناشی از مواد شیمیایی	۲۸۸	۳۷	کمبود نیروی کاری ماهر منطقه محروم	۱۰۰
۱۳	تحریم سیاسی و اقتصادی	۲۸۰	۳۸	کمبود نیروی کارشناسی منطقه محروم	۱۰۰
۱۴	آسیب رسیدن به کالا و تجهیزات	۲۸۰	۳۹	بولت گذاری	۹۸
۱۵	نوسانات قیمت فولاد و میلگرد	۲۵۲	۴۰	بیماری ناشی از حیوانات موزی و اهلی	۹۶
۱۶	قیمت نامتعارف پیمانکار در مناقصات	۲۱۶	۴۱	کار با تراکتور	۹۴
۱۷	عدم وجود زیرساخت های لازم	۲۱۰	۴۲	تعمیر ماشین آلات	۹۴
۱۸	آسیب ناشی از کار با سطوح فلزی	۲۱۰	۴۳	کار با میکسر	۹۲
۱۹	سقوط اجسام	۲۰۰	۴۴	انبارداری	۹۱
۲۰	نوسان قیمت سیمان	۱۵۰	۴۵	کار با بچینگ پلانت	۸۶
۲۱	عدم جذب سرمایه گذار خارجی	۱۴۴	۴۶	گودبرداری	۸۵
۲۲	عملیات سوراخ کاری	۱۲۶	۴۷	قالب بندی	۸۴
۲۳	سقوط در گودال	۱۲۰	۴۸	نصب اسکلت فلزی	۸۴
۲۴	ریزش بدنه حفاری	۱۲۰	۴۹	عدم تامین نقدینگی پیمانکاران داخلی	۸۰
۲۵	حریق - آسیب به تجهیزات	۱۲۰	۵۰	آرماتوربندی	۷۸



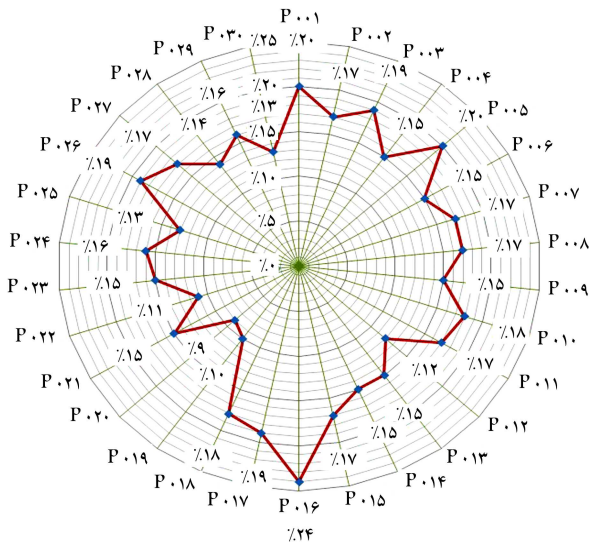
شکل ۱۹. نمونه‌یی از تعریف فعالیت‌های احتمالی در برنامه‌ی زمان‌بندی به منظور تخصیص ریسک.

شکل ۱۸. نمونه‌یی از تعریف فعالیت‌های احتمالی در برنامه‌ی زمان‌بندی به منظور تخصیص ریسک.

۳.۶. آنالیز مدل پیشنهادی در مطالعه‌ی موردی

در ادامه، برنامه‌ی زمان‌بندی توسط نرم‌افزار تجزیه و تحلیل ریسک براساس روش مونت کارلو، آنالیز زمانی و تحلیل حساسیت شد و نتیجه گرفته شد که برای دست‌یابی به ضریب اطمینان ۹۵٪، باید زمان پروژه ۴۵۳ روز در نظر گرفته شود. لذا بر این اساس زمان‌بندی جدیدی برای پروژه تدوین شد که ضمیمه‌ی اسناد مناقصه‌ی جدید

از آنالیز عدم قطعیت غیرتصادفی، یک فعالیت احتمالی با عنوان «پیامدهای سقوط از ارتفاع» با احتمال انجام ۵٪ به منظور مدیریت ریسک تخصیص یافته است (شکل ۱۸). همچنین برای فعالیت «آزمون لوله‌کشی آب سرد و گرم» نیز ۳ انشعاب احتمالی، شامل: بدون مشکل بودن آزمون با احتمال ۷۰٪، وجود مشکل جزئی قابل رفع با احتمال ۲۵٪ و تعویض بخشی با مشکل مسیر لوله‌کشی با احتمال ۵٪ در نظر گرفته شده است (شکل ۱۹).



میزان افزایش دقت در برآورد پروژه های جامعه آماری تحقیق

شکل ۲۲. میزان افزایش دقت در برآورد زمان پروژه های مطالعاتی.

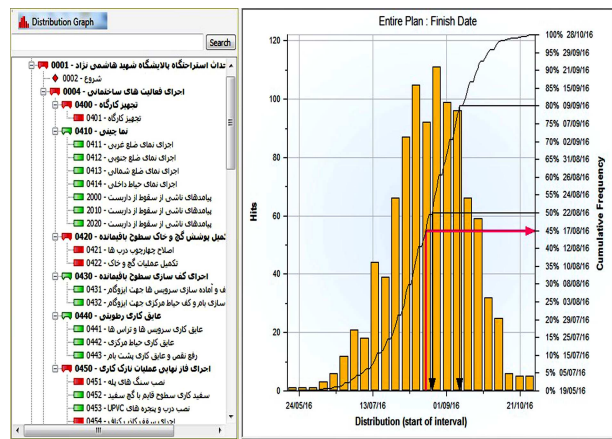
۷. دستاوردهای پژوهش

پژوهش حاضر با توجه به نگاه جدیدی که به مدیریت عدم قطعیت ها در برآورد زمانی پروژه داشت، دستاوردهای فراوانی داشت. یکی از مهم ترین دستاوردهای پژوهش حاضر، فراهم آوردن یک بانک اطلاعاتی از زمان انجام فعالیت های پروژه های حوزه ی ساخت در شرایط عدم قطعیت در سایت موردنظر است. نتایج حاصل از بررسی ۳۰ پروژه از جامعه ی آماری پژوهش در شکل ۲۲ مشاهده می شود.

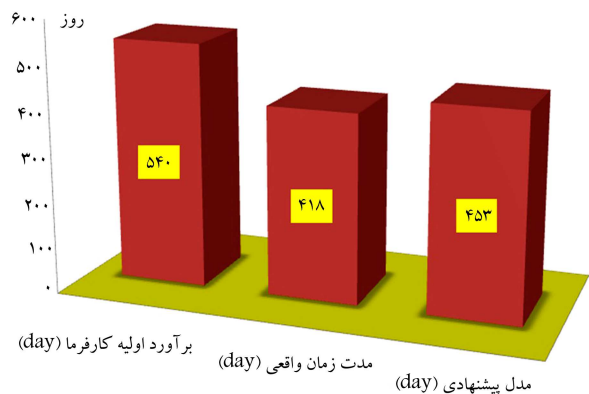
نتایج مندرج در شکل ۲۲ نشان می دهد که مدل پیشنهادی همواره در جهت بهینه سازی زمان انجام پروژه ها گام بر می دارد. لذا می توان گفت مهم ترین دستاورد پژوهش حاضر، ایجاد بانک اطلاعاتی از زمان انجام فعالیت های پروژه های حوزه ی ساخت در شرایط عدم قطعیت های تصادفی و غیرتصادفی بر مبنای مراحل انجام مدل پژوهش است، که با اصلاحات مرتبط، قابل تعمیم به سایر طرح های صنعتی و غیرصنعتی است.

۸. نتیجه گیری

با توجه به قابلیت اعتماد بسیار پایین برنامه ریزی توأم با قطعیت و کنترل پروژه براساس این رویکرد، باید استفاده از مدل های مطمئن تر جهت کنترل و تعامل با عدم قطعیت ها در دستور کار قرار گیرد. نوشتار حاضر، مدلی نوین مبتنی بر تلفیق مدیریت ریسک و سیستم های خبری فازی جهت برآورد همه جانبه ی زمان انجام پروژه ها بر مبنای مدیریت عدم قطعیت های تصادفی و غیرتصادفی در پالایشگاه های گاز ایران، که صنعت پیچیده یی دارد، را بررسی کرد و اثر بخشی آن را به اثبات رساند. دستاورد پژوهش حاضر، ایجاد بانک اطلاعاتی از زمان انجام فعالیت های پروژه های حوزه ی ساخت در شرایط عدم قطعیت در پالایشگاه های گاز براساس مدل پیشنهادی است، که جهت برآورد واقعی تر زمان انجام پروژه های مذکور استفاده می شود. به این ترتیب مدل پیشنهادی ضمن دستیابی به اهداف از قبل پیش بینی شده، با توجه به وجود محدودیت های فراوان انجام پروژه در این گونه سایت ها به کاهش مشکلات حقوقی با پیمانکاران طرف قرارداد و چالش های مدیریتی با مجمع شرکت مادر و نهادهای نظارتی کمک شایانی می کند.



شکل ۲۰. خروجی گرافیکی آنالیز برنامه ی زمان بندی بر مبنای مدل پیشنهادی پژوهش.



شکل ۲۱. مقایسه ی زمان انجام پروژه در حالت های مختلف.

شد و مبنای کنترل زمانی پروژه قرار گرفت. در شکل ۲۰، نتایج آنالیز به همراه شماتیکی از زمان اتمام پروژه بر مبنای تحلیل حساسیت و با حالت های احتمالی مختلف و فعالیت های با ریسک های عمده ی ناشی از آنالیز (High Risk) با رنگ قرمز و ریسک های جزئی (Low Risk) با رنگ سبز نشان داده شده است.

۴.۶. بررسی اثربخشی مدل پیشنهادی پژوهش

تحويل موقت پروژه ی احداث مجتمع پردیس خانگیان در ابتدای خرداد ۱۳۹۴ محقق شد و در مدت زمان ۴۱۸ روز و حدود ۲۹٪ زودتر از برآورد اولیه ی ۵۴۰ روزه ی کارفرما به اتمام رسید، که حاکی از اثربخشی مدل پیشنهادی است (شکل ۲۱). این تذکر لازم است که پروژه ی حاضر در شرایطی به تحويل موقت و بهره برداری رسید که تسویه ی حساب دو پیمان قبلی که برای احداث پروژه ی حاضر منعقد شده بودند، به دلیل مشکلات حقوقی هنوز به پایان نرسیده بود و عوامل کارفرما را از بابت شرکت در جلسات متعدد حل اختلاف، تهیه ی گزارش های توجیهی به مجمع شرکت مادر و پاسخ گویی به نهادهای نظارتی دچار صرف وقت قابل توجهی کرده بود. لیکن پیمان سوم که براساس مدل پیشنهادی پژوهش، با مدیریت عدم قطعیت های تصادفی و غیرتصادفی و برآورد واقع بینانه تدوین شده بود، به راحتی به اهداف خود دست یافت و از عوامل پروژه نیز تقدیر شد. لذا مدل پیشنهادی پژوهش با مدیریت عدم قطعیت ها، پروژه ی بحران زده ی حاضر را به سر منزل مقصود رساند.

پانوشته‌ها

1. critical path method
2. uncertainty
3. stochastic
4. Non-stochastic
5. fuzzy inference systems
6. artificial intelligence
7. neural network
8. fuzzy
9. time estimating
10. failure mode and effects analysis
11. risk priority number
12. Monte Carlo
13. Matlab
14. risk analysis
15. reliability
16. statistical package for the social sciences
17. Cronbach's Alpha
18. Kaiser criterion
19. judgemental validity
20. Pearson coefficient
21. construct validity
22. factor analysis
23. Kaiser-Mayer-Olkin
24. Bartlett test
25. correlation
26. Likert scale

منابع (References)

1. Schatteman, D., Herroelen, W., Van de Vonder, S. and et al. "A methodology for integrated risk management and proactive scheduling of construction projects", *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, pp. 885-893 (2008).
2. Lorterapong, P. and Moselhi, O. "Project-network analysis using fuzzy sets theory", *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, **122**(4), pp. 308-318 (1996).
3. Shih, H.M. and Sekiguchi, T. "Fuzzy inference-based multiple criteria FMS scheduling", *International Journal of Production Research*, **37**(10), pp. 2315-2333 (1999).
4. Kadkhoda Zadeh, h. and Moravati, A. "Sponcer selecting by FIS", *Journal of Production and Operation Management*, **7**(2), pp. (2013).
5. Roghanian, E. and Mojjibian, F. "Using fuzzy FMEA and fuzzy logic in project risk management", *Iranian Journal of Management Studies (IJMS)*, **8**(3), pp. 373-395 (2015).
6. Philiphs, H., Bogus, S.M., and Timothy, J.R. "An approach to classifying uncertainties in construction schedules", *Construction Reaserch Congress* (2009).
7. Hendrickson, C., Martinelli, D. and Rehak, D. "Hierarchical rule-based activity duration estimatio", *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, **113**(288), pp. 288-301 (1987).
8. Ghasemi, Sh., Yavari, K., Mahmoudvand, R. and et al. "Presenting a new method for scrutiny the Insurable Risk in gas refineries by FMEA", *Journal of Economic Policy*, **13**(7), pp. 1-26 (2015).
9. Najafi, P., Hajia, H. and Shahhosseini, V. "Risk quantification in complex and fast projects and impact on the timely completion of the project", *International Conferene of Management Tools and Techniques*, Iran (2015).
10. Bordbar, A. and Sayebani, M. "Identification and allocation of risks in construction projects", *First National Conference on Construction Project Management*, Iran (2013).
11. Amanat Yazdi, L. and Moharram Nejad, N. "Risk management of fire in oil storage tanks", *Journal of Environmental Studies*, **39**(2), pp. 61-72 (2013).
12. Ardshir, A., Mohajeri, M., and Amiri, M. "Safety assessment in construction projects based on analytic hierarchy process and grey fuzzy methods", *Journal of Iran Occupational Health*, **11**(2), pp. 87-98 (2014).
13. Soltani, R., Ebrahim Zadeh, M. and Halvani, G.H. "Risk assessment in Shiraz refinery by FMEA method", *Journal of Iran Occupational Medicine*, **3**(2), pp. 16-23 (2011).
14. Alam Tabriz, A. and Hamze, H. "Project risk assessment by new hybrid method of incorporation PMBOK and FMEA", *Journal of Industrial Management Studies*, pp. 1-19 (2012).
15. Mahdavi Parsa, A. and Jalaei, F. "Risk management in Iranian construction projects", *6th International Conference of Project Management*, Iran (2010).