



طراحی مدل نقشه شناختی فازی عوامل تأثیرگذار بر هزینه-زمان-کیفیت در پروژه‌های نفت و گاز مطالعه موردی: پالایشگاه ۱۵ شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی

محمد فرهنگ • دانشگاه پیام نور عسویه و مدیر HSE فاز-۱ پارس جنوبی

میثم جعفری اسکندری* • دانشگاه پیام نور تهران

چکیده

اطلاعات مقاله

* دریافت:

۱۳۹۴/۴/۳۱

* ارسال برای داوری:

۱۳۹۴/۵/۱۷

* پذیرش:

۱۳۹۴/۶/۲۲

واژگان کلیدی

نقشه شناختی فازی
پروژه‌های نفت و گاز
کنترل هزینه-زمان
کیفیت پروژه

لازمه‌ی موفقیت هر پروژه، دستیابی هم‌زمان به هر سه عامل زمان، هزینه و کیفیت معین است و خارج شدن هر یک از سه عامل مذکور از حدود تعیین شده، می‌تواند به انجام پروژه‌های ناموفق منجر شود. برای انجام به‌موقع و با هزینه پیش‌بینی شده و با کیفیت مطلوب طرح و اجتناب از ضرر و زیان‌های ناشی از تأخیرات و افزایش هزینه‌ها، راهی جز تحلیل و بررسی و شناخت این عوامل و برخورد مناسب با آن‌ها و بالاخره مدیریت آن‌ها وجود ندارد. در این تحقیق، با مدل‌سازی عوامل مؤثر در هزینه، کیفیت و زمان در پروژه‌ها با استفاده از نقشه‌های شناختی فازی (FCMs)، به رتبه‌بندی عوامل با در نظرگیری اندرکنش بین آنان پرداخته شده است. براساس نتایج تحلیل استاتیک FCM مبتنی بر اطلاعات مطالعه پالایشگاه ۱۵ شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی، "برنامه‌ریزی کاری غیر واقع‌بینانه و محیط کاری پرفشار" تأثیرپذیرترین دلایل در میان عوامل مؤثر بر هزینه-زمان-کیفیت و "در دسترس نبودن مصالح و ابزار کار و نقشه و اطلاعات" تأثیرگذارترین عامل بر سایر عوامل مؤثر بر هزینه-زمان-کیفیت می‌باشد. به‌عبارت دیگر، در دسترس بودن مصالح موردنیاز و ابزار کار و نقشه و اطلاعات صحیح و قابل قبول منجر به بهینه‌سازی عوامل سه‌گانه هزینه-زمان-کیفیت می‌گردد.

*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (meisam_jafari@pnu.ac.ir)

اتمام به موقع هر پروژه یا طرح، با کیفیت مطلوب و با هزینه پیش‌بینی شده از جمله معیارهای اصلی موفقیت آن محسوب می‌شود. عدم اتمام به موقع و با هزینه پیش‌بینی شده‌ی طرح یا پروژه، باعث برآورده نشدن خواسته‌های کارفرما و اهداف طرح یا پروژه می‌گردد. افزایش زمان و هزینه‌ی اتمام پروژه باعث وارد آمدن خسارات عدم‌النفع به بهره‌بردار می‌گردد. در بسیاری از موارد حتی تأخیرات بیش از حد به وجود آمده در پروژه یا طرح، باعث از توجیه افتادن اقتصادی و فنی پروژه می‌شود. با افزایش مدت اتمام پروژه، هزینه‌های بالاسری افزایش می‌یابد. تورم ایجاد شده در بازار، هزینه‌های انجام فعالیت‌های انجام نشده را بیش‌تر می‌کند. احتمال انجام پروژه‌های مشابه توسط رقبای از دست دادن بازار و از توجیه افتادن پروژه در بازار جدید زیاد می‌شود. تکنولوژی‌های جدید وارد بازار شده و احتمال یافت نشدن مصالح و تجهیزات مورد نیاز طرح و یا عدم توجیه استفاده از آن‌ها بالا می‌رود. به عبارات دیگر، ضرر و زیان ناشی از عدم اتمام به موقع پروژه، هزینه‌های هنگفتی بر پروژه یا طرح تحمیل می‌نماید. گاهی این هزینه‌ها آن قدر زیاد می‌شود که طرح یا پروژه دیگر توجیه‌پذیر نخواهد شد. عواملی مانند تغییر مقادیر کار، ضعف پیمانکار، عدم پرداخت به موقع مطالبات پیمانکار و... باعث افزایش زمان و هزینه و پایین آمدن کیفیت انجام پروژه می‌شود. بررسی، شناسایی و ارائه راهکارهایی برای رفع علل نامبرده عواید قابل توجهی را برای اقتصاد کشور به دنبال خواهد داشت. از این رو، با توجه به اینکه تاکنون تحقیق جامعی در این خصوص و همچنین عوامل مؤثر در هزینه، کیفیت و زمان پروژه‌ها انجام نشده و

با توجه به اهمیت این موضوع در وضعیت اقتصادی کشور و همچنین مردم، در این مقاله ضمن شناسایی، تحلیل و جمع‌بندی دلایل مربوطه از دیدگاه عوامل مختلف درگیر در این طرح‌ها (به تفکیک کارفرما، مشاور و پیمانکار) راهکارهایی برای بهبود این وضعیت ارائه خواهد گردید.

۱- پیشینه تحقیق

تاریخچه مدیریت پروژه در دنیای جدید به سال‌های ابتدایی دهه ۱۹۰۰ میلادی باز می‌گردد جایی که هنری گانت با توسعه نمودار میله‌ای ابداعی خود آغازگر حرکت پُرشتاب بعدی طی دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ میلادی ابتدا در پروژه‌های نظامی و هوا فضای آمریکا و سپس در انگلستان گردید. هرچند نام پرآوازه هنری گانت^۱ به‌عنوان پدر تکنیک‌های برنامه‌ریزی و کنترل پروژه در تاریخ ثبت گردیده است، لیکن سال‌های دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ به عنوان سال‌های آغازین رشد و توسعه مدیریت پروژه در دنیای معاصر شناخته می‌شود^[۳]. در چند دهه‌ی اخیر، روش‌های مختلفی جهت بهینه‌سازی توأم زمان، هزینه و کیفیت ساخت در پروژه‌ها ارائه شده است. با توجه به اینکه در نظر گرفتن کیفیت به عنوان معیار بهینه‌سازی در انتخاب روش‌های اجرای پروژه اخیراً مورد توجه جدی قرار گرفته است، بیش‌تر مقالات این موضوع به بهینه‌سازی توأم زمان و هزینه اجرا، اختصاص یافته‌اند.

از جمله تحقیقاتی که در مباحث مرتبط با موازنه هزینه و زمان در فشرده‌سازی زمان اتمام پروژه و با رویکردهای متفاوت صورت گرفته، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

* جعفرنژاد و همکارانش در مقاله‌ای با

عنوان "بهینه‌سازی زمان-هزینه-کیفیت با استفاده از الگوریتم جست‌وجوی مستقیم شبکه تطبیقی"^۲ از الگوریتمی تحت عنوان الگوریتم جست‌وجوی شبکه تطبیقی برای حل مسأله‌ی بهینه‌سازی زمان-هزینه-کیفیت در پروژه‌های عمرانی استفاده کردند^[۲].

* لیو و همکارانش^۳ با استفاده از الگوریتم ژنتیک با رویکرد فازی، اثرات عدم قطعیت در زمینه تبادل هزینه و زمان را بررسی نمودند^[۱۳].

* آذرون و توکلی مقدم یک مدل چند هدفه برای مسأله‌ی تبادل بین هزینه و زمان را در یک شبکه‌ی پرت پویا با استفاده از یک روش واکنشی گسترش دادند^[۶].

* هنگ‌لی و سائو^۴ در مقاله‌ای با ترکیب الگوریتم ژنتیک و Learning Machine تکنیکی به نام MLGAS ایجاد نمودند که در صورتی که رابطه بین هزینه‌ها و فعالیت‌ها غیرخطی باشد، این روش جواب بهتری خواهد داد^[۱۲].

* آتکینسن^۵ در مقاله‌ای با در نظر قرار دادن سه عامل هزینه، کیفیت و زمان، چارچوب جدیدی با عنوان معیارهای موفقیت در پروژه‌ها ارائه کرد^[۵].

* چانگ وی^۶ طی مقاله‌ای به ارائه یک روش احتمالی با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی به حل مسأله‌ی تبادل هزینه و زمان پرداخت^[۹].

* چانگ و همکارانش^۷ در مقاله‌ای با ارائه یک الگوریتم برای کوتاه کردن زمان پروژه‌ها با فرض فازی بودن داده‌ها و با در نظر گرفتن شاخص ریسک انجام دادند^[۸].

* مقصود امیری و همکارانش در مقاله‌ای با عنوان "ارائه یک الگوریتم برای فشرده‌سازی زمان اتمام پروژه با استفاده از تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی" شاخص‌های ریسک و کیفیت را در انتخاب



فشرده‌ترین زمان ختم پروژه وارد نمودند چرا که فشرده‌سازی زمان انجام فعالیت‌ها عواملی چون ریسک و کیفیت را تحت تأثیر قرار خواهد داد [۱].

* اسکندری و جیجر در سال ۲۰۰۸ میلادی، در مقاله‌ای با تحلیل نتایج به‌دست آمده از مطالعات پیشین نشان دادند که آستانه‌های بودجه‌ای در سطوح مختلف کیفیت از منحنی زمان-هزینه وجود دارد. از این رو، یک روش فراکاشی برای مسأله توازن کیفیت، هزینه و زمان گسسته ارائه نمودند [۱۰].

* اسدی‌پور و ایران‌منش در سال ۲۰۰۸ میلادی مسأله‌ای را در خصوص موازنه

۲- روش تحقیق

روش نقشه‌های شناختی فازی^۸ (FCMs)، یکی از ابزارهای تحلیل شناختی است که به‌عنوان یک موتور استنباطی کارآمد توانایی مدل‌سازی کیفی و کمی روابط سببی پیچیده را دارا می‌باشد. FCM ابزاری ترکیبی است که از ویژگی‌های منطق فازی^۹ (FL) و شبکه‌های عصبی مصنوعی^{۱۰} (ANNs) بهره‌مند می‌باشد. به‌دلیل تمرکز FCM بر حلقه‌های بازخوردی، می‌توان آن را نوعی روش پویایی سیستم دانست. ویژگی‌های پویا و قابلیت‌های یادگیری FCM باعث می‌شود تا به ابزاری فوق‌العاده مناسب برای

زمان، هزینه و کیفیت ارائه نمودند که یکی از مهمترین مسائل مدیریت پروژه است. آن‌ها مسأله را بدین صورت در نظر گرفتند که تمامی فعالیت‌های پروژه می‌تواند در حالات مختلفی از زمان، هزینه و کیفیت اجرا شود [۴].

* بارتز^۷ در سال ۲۰۱۱ میلادی، تحلیلی را ارائه نمودند که در آن، هدف، بررسی ریسک برای یک پروژه معلوم در مرحله مهندسی ارزش و مدیریت ریسک بود. بر اساس ارزیابی هزینه و برنامه زمان‌بندی برای گروه‌های کاری مجزا، انحرافات از زمان و هزینه برای هر فعالیت مشخص گردید [۷].

۱ | عوامل فنی - اجرایی

رتبه از میان عامل ۳۶	نمره	میزان اثر بخشی					شرح عوامل تأثیر گذار
		اهمیت ناچیز	کم اهمیت	اهمیت متوسط	مهم	خیلی مهم	
۲	۳۹۶۰	۱	۳	۱۰	۹	۲۵	ضعف در نوآوری و استفاده از تکنولوژی‌های جدید
۲۳	۲۸۴۰	۵	۱۴	۱۵	۶	۸	طراحی یک طرح قابل اجرا
۱۴	۳۲۶۰	۶	۷	۱۱	۱۰	۱۴	ارتباط دقیق و مرتب بین پیمانکاران، مهندسان طراحی و کارفرما
۳۵	۲۴۰۰	۱۳	۱۷	۴	۹	۵	نگهداری و انبار مناسب ابزار و مصالح
۵	۳۹۰۰	۰	۴	۸	۱۷	۱۹	دوباره‌کاری‌ها
۳۶	۲۱۸۰	۱۶	۱۴	۱۰	۵	۳	پیچیدگی روش اجرا
۳	۳۹۴۰	۲	۳	۴	۱۸	۲۱	برنامه دقیق نظارت و کنترل
۳۳	۲۴۴۰	۱۵	۱۲	۷	۸	۶	دخالت‌های فنی عوامل کارفرما در اجرا

۲ | عوامل اقتصادی و مالی

رتبه از میان عامل ۳۶	نمره	میزان اثر بخشی					شرح عوامل تأثیر گذار
		اهمیت ناچیز	کم اهمیت	اهمیت متوسط	مهم	خیلی مهم	
۲۵	۲۷۸۰	۸	۱۲	۱۳	۷	۸	عدم توجه برگزارکنندگان مناقصات به برآورد قابل اعتماد مالی
۲۸	۲۷۲۰	۶	۱۴	۱۶	۶	۶	عدم پرداخت به موقع حقوق توسط پیمانکاران
۲۱	۲۹۲۰	۱۳	۸	۵	۸	۱۴	عدم رابطه مالی مناسب و ضابطه مند بین کارفرما، مشاور و پیمانکار
۱۰	۳۵۲۰	۶	۴	۸	۱۲	۱۸	توان مالی نامناسب شرکت پیمانکار
۱۲	۳۴۰۰	۴	۱۰	۷	۱۰	۱۷	نبود ثبات اقتصادی و تغییرات مرتب قیمت‌ها
۳۰	۲۶۰۰	۱۱	۱۱	۱۳	۷	۶	راضی نبودن کارگران از نظر میزان حقوق دریافتی
۱۸	۳۰۴۰	۴	۱۳	۱۲	۹	۱۰	در نظر گرفتن تشویق‌های مالی برای مهندسان، مجریان و کارگران
۱۱	۳۵۲۰	۳	۹	۷	۱۱	۱۸	استفاده از کارمندان، مجریان و کارگران کم‌تجربه‌ی ارزان
۱۶	۳۰۶۰	۸	۸	۱۰	۱۱	۱۱	ضعف در پرداخت به موقع صورت وضعیت‌ها توسط کارفرما

برخوردار گردید (جدول ۱- تا ۴). از نظر پایایی نیز آلفای کروناخ به دست آمده در جامعه‌ی مورد پرسش نشانگر پایا بودن سوالات در حوزه‌های مورد مطالعه بود.

۲-۱- عوامل فنی - اجرایی

هشت موضوع در حیطه عوامل فنی در پرسش‌نامه‌ی طراحی شده مورد سوال قرار گرفت. آلفای کروناخ پرسش‌نامه ۰/۸۹۵

موثر شناسایی گردید. در مرحله بعدی، در طی جلسات حضوری با صاحب‌نظران خبره در پالایشگاه-۱۵ پیرامون وقوع تغییرات و هم‌چنین بحث پیرامون دلایل اولیه‌ی شناخته شده، لیست اولیه اصلاح شد. لذا، با جمع‌بندی نهایی، عوامل موثر در ۴ حوزه شامل فنی- اجرایی، اقتصادی- مالی، قراردادی- قانونی و محیطی- فرهنگی شناسایی و پرسش‌نامه‌های طراحی شده با نظر خبرگان از روایی مناسبی

مدل‌سازی، تحلیل، تصمیم‌گیری، پیش‌بینی و ... تبدیل شود (گادالا، ۲۰۱۲).

اولین گام در مدل‌سازی با کمک FCM شناسایی گره‌هاست. از این‌رو، در این مقاله در گام اول لازم است عوامل موثر بر هزینه-زمان-کیفیت توسط کارشناسان شناسایی می‌شود. در ابتدا با مطالعه و مرور بر ادبیات موجود در زمینه تغییرات در پروژه‌های ساخت، لیست اولیه‌ای از عوامل

عوامل قراردادی و قانونی							
رتبه از میان ۳۶ عامل	نمره	میزان اثر بخشی					شرح عوامل تأثیر گذار
		اهمیت ناچیز	کم اهمیت	اهمیت متوسط	مهم	خیلی مهم	
۲۷	۲۷۴۰	۶	۱۶	۱۲	۷	۷	عقد قرارداد به صورت EPC
۲۲	۲۹۰۰	۸	۱۱	۱۰	۱۰	۹	در نظر گرفتن انگیزش در قرارداد
۹	۳۵۶۰	۴	۶	۷	۱۴	۱۷	مطالعه ریسک‌های پروژه و دیدن راه حل آنها در قرارداد
۲۴	۲۸۴۰	۱۰	۹	۱۱	۹	۹	ایجاد قراردادهای استاندارد با عبارتهای دقیق حقوقی در سطح سازمانی و ملی
۲۶	۲۷۸۰	۷	۱۳	۱۴	۶	۸	توجه به شفافیت و صداقت در قراردادهای
۲۹	۲۷۰۰	۱۰	۱۴	۷	۹	۸	نبود یک سیستم درجه بندی مهندسان و استادکاران
۶	۳۸۶۰	۱	۴	۷	۱۷	۱۹	عدم توجه به معقوله بهره‌وری در مناقصات و آیین‌نامه‌های آن

عوامل محیطی و فرهنگی							
رتبه از میان ۳۶ عامل	نمره	میزان اثر بخشی					شرح عوامل تأثیر گذار
		اهمیت ناچیز	کم اهمیت	اهمیت متوسط	مهم	خیلی مهم	
۳۴	۲۴۴۰	۱۲	۱۵	۹	۷	۵	شرایط نامناسب آب و هوایی
۲۰	۲۹۴۰	۸	۱۲	۸	۹	۱۱	چابکی سازمان و روحیه پاسخگویی سریع به تغییرات
۱۹	۳۰۴۰	۸	۹	۸	۱۳	۱۰	طرح جانمایی کارگاه و شلوغی محوطه‌کاری
۳۲	۲۵۲۰	۱۰	۱۸	۷	۶	۷	فضای نامحترمانه کاری
۷	۳۷۴۰	۱	۶	۸	۱۵	۱۸	برنامه‌ریزی کاری غیر واقع‌بینانه و محیط کاری پر فشار
۱۵	۳۲۴۰	۶	۸	۹	۱۲	۱۳	عدم گزینش نیروها بر اساس توانمندی
۴	۳۹۴۰	۰	۵	۶	۱۶	۲۱	وجود سرکارگرهای جدی و پُر تجربه
۱۳	۳۳۶۰	۲	۹	۱۲	۱۳	۱۲	عدم وجود روحیه انگیزشی در مدیران
۳۱	۲۵۶۰	۴	۲۴	۹	۶	۵	عدم وجود فرهنگ و روحیه کار در مردم منطقه
۸	۳۶۴۰	۳	۲	۱۳	۱۴	۱۶	عدم وجود روحیه همکاری بین گروه‌های کاری مختلف
۱۷	۳۰۶۰	۷	۹	۱۰	۱۲	۱۰	عدم تمیزی کارگاه ساختمانی از نظر بهداشتی (صوتی، گرد و خاک، رادیویی)
۱	۴۰۴۰	۰	۳	۶	۱۷	۲۲	در دسترس نبودن مصالح و ابزار کار و نقشه و اطلاعات

بوده که نتیجه‌ی این نظرسنجی در جدول-۱ ارائه گردیده است

۲-۲- عوامل اقتصادی و مالی

نه موضوع در حیطه عوامل اقتصادی

و مالی در پرسش‌نامه‌ی طراحی شده مورد سوال قرار گرفت. آلفای کرونباخ این پرسش‌نامه ۰/۹۰۵ بوده که نتیجه این نظرسنجی در جدول-۲ ارائه گردیده است.

۳-۲- قراردادی و قانونی

هفت موضوع در حیطه عوامل قراردادی و قانونی در پرسش‌نامه‌ی طراحی شده مورد سوال قرار گرفت. آلفای کرونباخ پرسش‌نامه ۰/۹۱۲ بوده که نتیجه‌ی این نظرسنجی در جدول-۳ ارائه شده است.

۴-۲- محیطی و فرهنگی

دوازده موضوع در حیطه عوامل محیطی و فرهنگی در پرسش‌نامه‌ی طراحی شده مورد سوال قرار گرفت. آلفای کرونباخ پرسش‌نامه ۰/۸۸۶ بوده که نتیجه این نظرسنجی در جدول-۴ نشان داده شده است.

دومین گام در مدل‌سازی با کمک FCM، تعیین میزان فعال بودن هر یک از گره‌هاست. هر گره در FCM دارای یک مقدار (وضعیت) فازی بوده که میزان فعال بودن آن گره را در سیستم کلی نشان می‌دهد. این مقدار معمولاً در بازه نرمال (۱،۰) یا (۱،+۱) قرار دارد. جهت ترسیم در این مرحله، مهم‌ترین عوامل موثر بر هزینه-زمان-کیفیت که در مرحله قبل به دست آمد، به شرح زیر شناسایی گردید:

- ۱) در دسترس نبودن مصالح و ابزار کار و نیز، نقشه و اطلاعات
- ۲) ضعف در نوآوری و استفاده از تکنولوژی ساخت جدید
- ۳) برنامه‌ریزی دقیق نظارت و کنترل
- ۴) وجود کارگرهای کارآمد
- ۵) دوباره‌کاری‌ها
- ۶) عدم توجه به مقوله بهره‌وری در مناقصات و آیین‌نامه‌های آن
- ۷) برنامه‌ریزی کاری غیرواقعی بینانه و محیط کاری پُرفشار
- ۸) عدم وجود روحیه همکاری بین گروه‌های کاری
- ۹) مطالعه ریسک‌های پروژه و دیدن

جدول ۵ | ماتریس مجاورت نهایی

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۰	۰/۷۵۲	۰/۶۷۸	۰/۵۹۲	۰/۷۳۴	۰	۰/۵۷۳	۰	۰/۵۶۴	۰
۲	۰	۰	۰/۶۹۴	۰	۰/۵۹۲	۰	۰/۵	۰	۰/۶۴۹	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۰/۶۳۸	۰/۵۸۷	۰/۶۹۳	۰	۰	۰/۵۶۴
۴	۰	۰	۰/۵۴۱	۰	۰/۸۲۸	۰	۰/۵۰۳	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴۸۴
۶	۰	۰	۰	۰	۰/۴۷۱	۰	۰/۶۶۳	۰	۰	۰/۴۶۹
۷	۰	۰	۰	۰	۰/۸۴۷	۰	۰	۰/۷۰۴	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵۹۸	۰	۰	۰
۹	۰	۰	۰/۷۷۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵۴۳
۱۰	۰/۵۴	۰/۷۳۲	۰/۶۵۲	۰	۰	۰	۰/۷۵۲	۰/۶۹۴	۰	۰

جدول ۶ | رتبه‌بندی عوامل موثر بر هزینه-زمان-کیفیت بر اساس مرکزیت هر یک در ماتریس مجاورت در FCM

رتبه	کد عامل	عوامل	IN(CI)	OUT(CI)	(CEN)
۱	C7	برنامه‌ریزی کاری غیر واقع‌بینانه و محیط کاری پُرفشار	۴/۲۸۵	۱/۵۵۱	۵/۸۳۶
۲	C3	برنامه‌ریزی دقیق نظارت و کنترل	۳/۳۴۴	۲/۴۶۲	۵/۸۰۶
۳	C10	توان مالی نامناسب شرکت پیمانکار	۲/۰۶۹	۳/۳۷	۵/۴۳۹
۴	C5	دوباره‌کاری‌ها	۴/۱۱	۰/۴۸۴	۴/۵۹۴
۵	C1	در دسترس نبودن مصالح و ابزار کار و نقشه و اطلاعات	۰/۵۴	۳/۸۹۳	۴/۴۳۳
۶	C2	ضعف در نوآوری و استفاده از تکنولوژی ساخت جدید	۱/۴۸۴	۲/۴۳۵	۳/۹۱۹
۷	C9	مطالعه ریسک‌های پروژه و دیدن راه‌حل آن‌ها در قرارداد	۱/۲۱۳	۱/۳۲۲	۲/۵۳۵
۸	C4	وجود کارگرهای کارآمد	۰/۵۹۲	۱/۸۷۲	۲/۴۶۴
۹	C6	عدم توجه به مقوله بهره‌وری در مناقصات و آیین‌نامه‌ها	۰/۵۸۲	۱/۶۳	۲/۲۱۲
۱۰	C8	عدم وجود روحیه همکاری بین گروه‌های کاری	۱/۳۹۸	۰/۵۹۸	۱/۹۹۶

راه حل آن‌ها در قرارداد

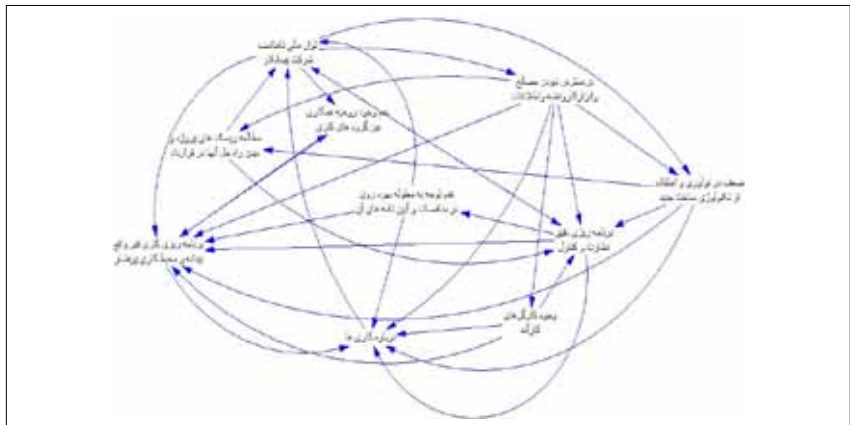
۱۰) توان مالی نامناسب شرکت پیمانکار
 سومین گام در مدل‌سازی با کمک FCM تعیین روابط سببی بین گره‌هاست. بردارها در FCM، با متصل نمودن گره‌های مختلف به یکدیگر روابط سببی موجود بین آنان را نشان می‌دهد. هر کدام از بردارها دارای مقدار وزنی از بازه (۱+ و ۱-) بوده که معمولاً توسط خبرگان و به‌طور توصیفی به بردارها تعلق می‌گیرد. این مقدار وزنی بیانگر شدت اثرگذاری گره‌ها بر یکدیگر است. جهت تعیین ارتباطات سببی بین گره‌ها در مدل‌سازی دلایل وقوع تغییرات، با مصاحبه با ۱۲ نفر از خبرگان پالایشگاه-۱۵، روابط علی-معلولی بین گره‌ها مطابق با شکل ۱- شناسایی گردید.

۳- تفسیر نتایج

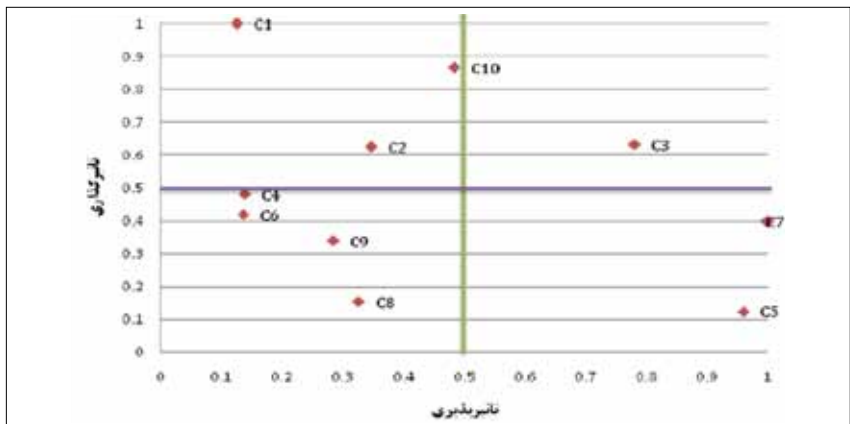
مطابق با توضیحات داده شده در بخش قبل، جهت کمی‌سازی اندرکنش موجود بین عوامل موثر بر هزینه-زمان-کیفیت، از خبرگان درخواست شد تا میزان تأثیرگذاری هر یک از دلایل تغییر بر سایر دلایل را با استفاده از متغیرهای زبانی فازی شامل "خیلی کم (VL)", "متوسط (M)", "زیاد (H)", و "خیلی زیاد (VH)" مشخص نمایند. لازم به ذکر است که در کمی‌سازی روابط، فقط اندرکنش مستقیم دلایل با یکدیگر در نظر گرفته شد. پس از جمع آوری پرسش‌نامه‌ها، با استفاده از روش غیرفازی‌سازی "مرکز سطح"، مقادیر انتخابی هر یک از خبرگان غیرفازی شده با میانگین‌گیری از مقادیر غیرفازی شده ماتریس‌های مجاورت تشکیل شده توسط تمامی خبرگان، ماتریس مجاورت نهایی مربوط به اندرکنش دلایل مختلف تغییرات با یکدیگر به دست آمد.

۷ مقایسه نتایج حاصل از نظرات اولیه خبرگان، نتایج تحلیل FCM با یکدیگر

کد	عوامل	نظرات اولیه		تحلیل FCM	
		رتبه	اهمیت	رتبه	مرکزیت
C1	در دسترس نبودن مصالح و ابزار کار و نیز نقشه و اطلاعات	۱	۴۰۴۰	۵	۴/۴۳۳
C2	ضعف در نوآوری و استفاده از تکنولوژی ساخت جدید	۲	۳۹۶۰	۶	۳/۹۱۹
C3	برنامه‌ریزی دقیق نظارت و کنترل	۳	۳۹۴۰	۲	۵/۴۳۹
C4	وجود کارگرهای کارآمد	۴	۳۹۴۰	۸	۲/۴۶۴
C5	دوباره‌کاری‌ها	۵	۳۹۰۰	۴	۴/۵۹۴
C6	عدم توجه به معقوله بهره‌روی در مناقصات و آیین‌نامه‌ها	۶	۳۸۶۰	۹	۲/۲۱۲
C7	برنامه ریزی کاری غیر واقع بینانه و محیط کاری پُرفشار	۷	۳۷۴۰	۱	۵/۸۳۶
C8	عدم وجود روحیه همکاری بین گره‌های کاری	۸	۳۶۴۰	۱۰	۱/۹۹۶
C9	مطالعه ریسک‌های پروژه و دیدن راه حل آن‌ها در قرارداد	۹	۳۵۶۰	۷	۲/۵۳۵
C10	توان مالی نامناسب شرکت پیمانکار	۱۰	۳۵۲۰	۳	۵/۸۰۶



۱ اندرکنش عوامل موثر بر هزینه-زمان-کیفیت با یکدیگر



۲ تأثیر پذیری و تأثیرگذاری عوامل مختلف

با استفاده از ماتریس مجاورت و یا گراف روابط و هم‌چنین استفاده از مفاهیم مربوط به "تئوری گراف" می‌توان مدل ارائه شده توسط FCM را به‌طور استاتیکی تحلیل و ارزیابی نمود. محاسبه مرکزیت گره‌ها یکی از تحلیل‌های استاتیکی است که جهت ارزیابی اهمیت نسبی هر کدام از گره‌ها انجام می‌شود. جهت تحلیل استاتیکی عوامل موثر بر هزینه-زمان-کیفیت، مرکزیت هر یک از گره‌ها با استفاده از ماتریس مجاورت عوامل موثر بر هزینه-زمان-کیفیت محاسبه گردید. جدول-۶، نشان‌دهنده مقادیر مربوط به مجموع قدرمطلق وزن روابط سببی ورودی به هر گره $IN(CI)$ و هم‌چنین مجموع قدرمطلق وزن روابط سببی خروجی از هر گره $OUT(CJ)$ است. $IN(CI)$ نشان‌دهنده تأثیرپذیری هر یک از دلایل از سایر دلایل و $OUT(CJ)$ ، نشان‌دهنده تأثیرگذاری هر یک از دلایل بر سایرین می‌باشد.

در شکل-۲، تأثیرپذیری و تأثیرگذاری دلایل در ماتریس مجاورت نشان داده شده است. در این شکل، مقادیر مربوط به تأثیرپذیری $IN(CI)$ و تأثیرگذاری $OUT(CJ)$ دلایل مختلف با تقسیم بر بزرگ‌ترین مقدار، نرمال گردیده است. محور افقی در این شکل نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری دلایل مختلف و محور عمودی نشان‌دهنده میزان تأثیرپذیری آن‌هاست.

هرچه تأثیرپذیری یک دلیل بیشتر باشد، بدین معناست که آن دلیل تحت تأثیر دلایل پیش‌تری قرار داشته و در صورت وقوع سایر دلایل مرتبط با آن، احتمال وقوع آن دلیل افزایش می‌یابد. از این‌رو، مدیریت نمودن آن دلیل مشکل‌تر است.

از طرف دیگر، هرچه تأثیرگذاری یک دلیل بر سایر دلایل بیشتر باشد، بدین معناست که دلیل موردنظر یکی از دلایل

مبنایی بوده و مدیریت آن می‌تواند احتمال وقوع سایر دلایل مرتبط با آن را کاهش دهد.

بر مبنای شکل-۲، دلایل مختلف به چهار منطقه تقسیم‌بندی شده است:

* ناحیه اول

ناحیه اول مربوط به دلایلی است که دارای تأثیرپذیری و تأثیرگذاری زیادی بر سایر دلایل می‌باشند. "برنامه‌ریزی دقیق نظارت و کنترل"، در این ناحیه واقع شده است. بدین معنی که این دلایل، هم دارای تأثیرگذاری زیادی بر سایر دلایل بوده و هم تأثیرپذیری زیادی از سایر دلایل دارد. تأثیرگذاری بالای این دلیل بر سایر دلایل نشان می‌دهد که مدیریت موثر این دلیل علاوه بر اینکه خود منجر به بهینه نمودن هزینه-زمان-کیفیت می‌گردد، زمینه را برای کاهش تأثیرات منفی برخی دلایل نیز فراهم می‌آورد.

* ناحیه دوم

ناحیه دوم شامل آن دسته از دلایل است که تأثیرگذاری کمی بر سایر دلایل دارند اما تأثیرپذیری آنان از سایر دلایل بالاتر است. "برنامه‌ریزی کاری غیر واقع‌بینانه و محیط کاری پُرفشار" و "دوباره کاری‌ها" در این ناحیه قرار گرفته‌اند. به این دلایل لازم است توجه ویژه‌ای داشت زیرا مدیریت این دسته از دلایل مشکل بوده و وقوع سایر دلایل، زمینه را برای وقوع آنان مهیا می‌نماید.

* ناحیه سوم

ناحیه سوم شامل آن دسته از دلایل است که تأثیرگذاری آنان بر سایرین زیاد بوده اما تأثیرپذیری‌شان از سایرین کمتر است. "در دسترس نبودن مصالح و ابزار کار و نقشه و اطلاعات"، "ضعف در نوآوری و استفاده

از تکنولوژی ساخت جدید" و "توان مالی نامناسب شرکت پیمانکار" در این ناحیه قرار می‌گیرند. از نظر تحلیل استاتیکی، اهمیت این دلایل نسبت به سایرین، در مدیریت تغییرات کمتر است.

* ناحیه چهارم

ناحیه چهارم شامل آن دسته از دلایل است که تأثیرگذاری آنان بر سایرین و همچنین تأثیرپذیری‌شان از سایرین کمتر است. "وجود کارگرهای کارآمد"، "عدم توجه به معقوله بهره‌روی در مناقصات و آیین‌نامه‌ها"، "عدم وجود روحیه همکاری بین گروه‌های کاری" و "مطالعه ریسک‌های پروژه و دیدن راه‌حل آن‌ها در قرارداد" دلایلی هستند که در این ناحیه قرار می‌گیرند. بدین معنی که تأثیرگذاری این دلایل بر سایر دلایل وقوع تغییرات، زیاد است.

در جدول-۷، مقایسه‌ای بین نتایج حاصل از تحلیل FCM و نظرات اولیه خبرگان انجام شده است. در این مقایسه، ترتیب رتبه‌بندی مهم‌ترین عوامل موثر بر اساس تحلیل FCM با رتبه‌بندی مهم‌ترین عوامل موثر بر اساس نظرات خبرگان به طور کامل متفاوت است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تحلیل استاتیکی FCM، "برنامه‌ریزی کاری غیر واقع‌بینانه و محیط کاری پُرفشار" تأثیرپذیرترین دلایل در میان عوامل موثر بر هزینه-زمان-کیفیت و "در دسترس نبودن مصالح و ابزار کار و نقشه و اطلاعات" تأثیرگذارترین عامل بر سایر عوامل موثر بر هزینه-زمان-کیفیت می‌باشد. از این‌رو، می‌توان بدین گونه تفسیر نمود که وقوع هر یک از این دلایل نهایتاً منجر به برنامه‌ریزی کاری غیر واقع‌بینانه و محیط

کاری پُرفشار می‌گردد. بنابراین، موثرترین عامل بر هزینه-زمان-کیفیت از نظر مدیریتی، عامل برنامه‌ریزی کاری غیرواقع‌بینانه و محیط کاری پُرفشار است. از طرف دیگر، تأثیرگذاری بالای "در دسترس نبودن مصالح و ابزار کار و نقشه و اطلاعات" بر سایر عوامل موثر نشان می‌دهد که این عامل نقش زیادی در بهینه‌سازی هزینه-زمان-کیفیت داشته و کنترل آن سبب افزایش بهینه‌سازی می‌گردد. به عبارت دیگر، در دسترس نبودن مصالح موردنیاز و ابزار کار و نقشه و اطلاعات صحیح و قابل قبول، منجر به بهینه‌سازی عوامل سه‌گانه‌ی هزینه-زمان-کیفیت می‌گردد. با جمع مقادیر مربوط به تأثیرپذیری و تأثیرگذاری دلایل مختلف، مرکزیت (CEN) هر یک از عوامل موثر محاسبه می‌گردد. مرکزیت یک عامل، نشان‌دهنده اهمیت نسبی آن از نظر تأثیرگذاری بر سایر دلایل و یا، تأثیرپذیری از آنان می‌باشد. به عبارت دیگر، می‌توان گفت مرکزیت یک گره، نشان‌دهنده میزان فعال بودن آن در ماتریس مجاورت است. در جدول-۶، مرکزیت هر یک از عوامل نشان داده شده است. در این جدول، دلایل براساس مرکزیت رتبه‌بندی شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، "برنامه‌ریزی کاری غیر واقع‌بینانه و محیط کاری پُرفشار"، "دوباره کاری‌ها"، "توان مالی نامناسب شرکت پیمانکار"، "برنامه‌ریزی دقیق نظارت و کنترل"، "در دسترس نبودن مصالح و ابزار کار و نقشه و اطلاعات"، "۵ دلیلی است که دارای بیش‌ترین مرکزیت بوده و از نظر تحلیل استاتیک، اهمیت نسبی آنان نسبت به سایر دلایل بیش‌تر است.

پانویس‌ها

¹ Henry Gant

² Leu et al

³ Heng and Cao

⁴ Atkinson

⁵ Chang –Wei

⁶ Chang et al

⁷ Bartosz

⁸ Fuzzy cognitive maps

⁹ Fuzzy Logic (FL)

¹⁰ Artificial Neural Networks (ANNs)

منابع

- constrution project, taking into account risk based on expert knowledge using fuzzy sets, Management and Innovation for a Sustainable Built Environment.
- [8] Chang, Yoon & Alnon, (2006), A Heuristic Algorithm to Reducing the time with Fuzzy Data Involving the Risk Item, European Journal of Operational Research.
- [9] Chang –Wei, (2001), Stochastic Construction Time-Cost Trade-Off Analysis, civil engineering journal.
- [10] Eskandari, H. & Geiger, C.D.,(2008), A fast Pareto genetic algorithm approach for solving expensive multi objective optimization problems, Journal of Heuristics, 14(3), pp: 203–241.
- [11] Gadallah, A. H.,(2012),Fuzzy cognitive map with dynamic fuzzy fiction and causality behaviors. Informatics and Systems (INFOS), the 7th International Conference on. Cario: IEEEExplore.
- [12] Heng Li, J.-N. Cao,(1999), Using Machine Learning and GA to Solve Time-Cost Trade-Off Problems.
- [13] Leu, S.-S. / Chen, A.-T. / Yang, C.-H., (2001), A GA-based fuzzy optimal model for construction time cost trade-off, International Journal of Project Management.
- [۱] امیری، مقصود؛ عزیزمحمدی، روزبه؛ مشاط زادگان، حمیدرضا؛ یعقوبی، علی (۱۳۸۶). ارائه یک الگوریتم برای فشرده‌سازی زمان اتمام پروژه با استفاده از تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه.
- [۲] جعفرنژاد، علی؛ سحاب، محمد قاسم؛ اکبریور، عباس (۱۳۸۹). بهینه‌سازی زمان-هزینه-کیفیت با استفاده از الگوریتم جستجوی مستقیم شبکه تطبیقی، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران.
- [۳] گلدوست جویباری، یاسر (۱۳۸۸). ارائه مدل تلفیقی مدیریت ریسک پروژه و مدیریت ارزش کسب شده با هدف بهبود فرآیند مدیریت هزینه پروژه‌ها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد معماری و شهرسازی.
- [4] Assadipour, Gh., Iranmanesh, H., (2008), the discrete time, cost and quality trade-off problem in project scheduling: an efficient solution method based on celled algorithm, South African Journal of Industrial Engineering.
- [5] Atkinson, R., (1999) Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, it's time to accept other success criteria, International Journal of Project Management, Vol. 17, No. 6, pp. 337342-.
- [6] Azaron, A., Tavakkoli-Moghaddam, R., (2006), Multi-objective time-cost trade-off in dynamic PERT networks using an interactive approach, European Journal of Operational Research.
- [7] Bartosz, K., (2011), The time-cost analysis of the