

ارائه‌ی یک مدل تحلیلی برای تخصیص کمی ریسک در پروژه‌های ساخت

فرناد نصیرزاده* (استادیار)

گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران

حامد مازندرانی‌زاده (استادیار)

دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین

مهدی روح‌پرور (دانشجوی کارشناسی ارشد)

دانشکده مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

مهندسی عمران شریف، تابستان ۱۳۹۳ (۷۵-۶۹)
دوره ۲-۳، شماره ۲، ص. ۷۵-۶۹

تخصیص ریسک معمولاً در اسناد مناقصه و توسط کارفرما انجام می‌شود. کارفرمایان معمولاً بدون در نظر گرفتن شرایط عوامل حاضر در قرارداد، مسئولیت اکثر ریسک‌ها را به پیمانکار واگذار می‌کنند که این عمل، تأثیرات منفی در هزینه‌های طرفین قرارداد می‌گذارد. این پژوهش با ارائه‌ی مدلی بر مبنای نظریه‌ی چانه‌زنی، رفتار بازیکنان در مرحله‌ی مذاکره برای تخصیص کمی ریسک، که شبیه به رفتار بازیکنان در یک بازی است، را مدل‌سازی می‌کند و تخصیص ریسک منصفانه بین کارفرما و پیمانکار را انجام می‌دهد. برای رسیدن به این منظور، ابتدا پیامدهای هزینه‌ی کارفرما و پیمانکار در درصدهای مختلف تخصیص ریسک تعیین می‌شود. سپس با در نظر گرفتن بازه‌ی مشترک موجود بین درصدهای تخصیص ریسک قابل قبول برای کارفرما و پیمانکار، چانه‌زنی بر سر میزان منفعت به‌وجودآمده انجام می‌شود. برای ارائه‌ی قابلیت‌های مدل پیشنهادی، تخصیص کمی ریسک در یک پروژه‌ی خط لوله و برای ریسک تورم انجام شده است.

واژگان کلیدی: تخصیص کمی ریسک، منطق فازی، نظریه‌ی بازی‌ها، نظریه‌ی چانه‌زنی.

۱. مقدمه

پروژه‌های ساخت شامل مجموعه‌ی از ویژگی‌های منحصر به فرد مانند مدت زمان طولانی و فرایندهای پیچیده‌ی فنی و سازمانی هستند که موجب به‌وجود آمدن ریسک‌های متنوعی در این صنعت می‌شوند.^[۱] هر پروژه‌ی ساخت ممکن است که به صورت مثبت و یا منفی تحت تأثیر انواع ریسک‌ها واقع شود.^[۲] استفاده از فرآیند مدیریت ریسک شامل شناسایی، تحلیل، برنامه‌ریزی پاسخ‌دهی و کنترل ریسک، موجب بهبود عملکرد پروژه‌های ساخت می‌شود.

در پروژه‌های ساخت عوامل مختلف قراردادی شامل کارفرما و پیمانکار حضور دارند و هر یک از این عوامل باید ریسک‌هایی که مسئولیت آنها را بر عهده می‌گیرند، مدیریت کنند. به این ترتیب، تخصیص ریسک صحیح قبل از انجام فرایند مدیریت ریسک اجتناب‌ناپذیر است. تخصیص ریسک، فرایند شناسایی ریسک‌ها و تعیین چگونگی تقسیم مسئولیت آنها به صورت منصفانه بین عوامل حاضر در پروژه است.^[۳]

در پروژه‌های ساخت، تخصیص ریسک در حین تهیه‌ی اسناد قرارداد انجام می‌شود. در این مرحله، کارفرما و پیمانکار با استفاده از مدل‌های کمی ریسک، ریسک‌های خود را به هم می‌توزانند. در این فرآیند، کارفرما و پیمانکار با استفاده از مدل‌های کمی ریسک، ریسک‌های خود را به هم می‌توزانند. در این فرآیند، کارفرما و پیمانکار با استفاده از مدل‌های کمی ریسک، ریسک‌های خود را به هم می‌توزانند.

تخصیص ریسک به طور کلی به دو صورت کمی و کیفی انجام می‌شود.^[۴] در تخصیص کیفی ریسک، یک ماتریس تخصیص ریسک ایجاد می‌شود که نشان‌دهنده‌ی ریسک‌های تخصیصی به هر یک از طرفین قرارداد است.^[۵] در تخصیص کمی ریسک، قابلیت تعیین سهم هر یک از عوامل از ریسک‌های قابل تقسیم وجود ندارد.^[۶] به عبارت دیگر این‌گونه روش‌ها، روش‌هایی ۰ و ۱ هستند و

* نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۲۶، اصلاحیه ۱۳۹۱/۱۰/۲۴، پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۳

۲. روش تحقیق و ارائه‌ی مدل پیشنهادی برای تخصیص کمی ریسک با استفاده از یک پارچه‌سازی نظریه‌ی

چانه‌زنی و منطق فازی

شکل ۱، مراحل مختلف تخصیص کمی ریسک را با استفاده از مدل پیشنهادی نشان می‌دهد. جزئیات هر یک از مراحل در ادامه توضیح داده شده است.

مرحله‌ی اول. تعیین پیامدهای بازیکنان در درصدهای مختلف تخصیص ریسک

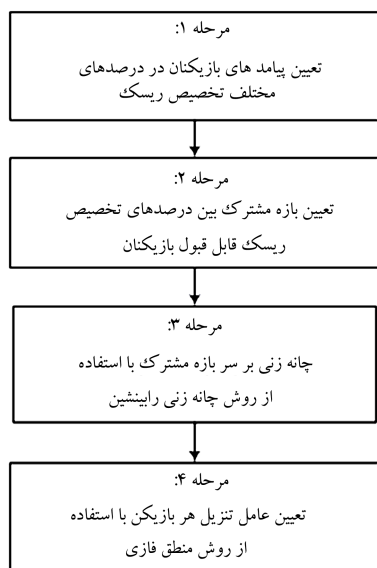
بر اساس اصولی که توسط نش^۳ توسعه داده شده است،^[۱۱] و برای مدل‌کردن رفتار طرفین قرارداد در فرایند مذاکره برای تخصیص کمی ریسک با استفاده از نظریه‌ی چانه‌زنی، ابتدا پیامدهای کارفرما و پیمانکار در درصدهای مختلف تخصیص ریسک محاسبه می‌شود. پیامدها اعدادی هستند که خروجی هر ترکیب استراتژی بازیکنان را نشان می‌دهند. پیامدها ممکن است نشان‌دهنده سود یک کمیته یا مقادیر پیوسته (اعداد اصلی) و یا باعث ایجاد رتبه‌بندی بین خروجی‌های مختلف (اعداد توصیفی) شوند.^[۱۲] در این پژوهش، پیامد بازیکنان هزینه‌هایی است که در اثر ریسک تورم و در درصدهای مختلف تخصیص ریسک به هر یک از عوامل کارفرما و پیمانکار تحمیل می‌شود. عوامل مؤثر مختلفی وجود دارند که در هزینه‌های (پیامدهای) کارفرما و پیمانکار در درصدهای مختلف تخصیص ریسک مؤثرند. همچنین در این پژوهش، پیامدهای کارفرما و پیمانکار از یک تحقیق پیشین که با استفاده از روش شبیه‌سازی پویایی سیستم انجام شده است، استخراج شده است.^[۱۳] در این پژوهش ابتدا با استفاده از حلقه‌های بازخوردی علت و معلولی، مدل کیفی ریسک تورم با توجه به تمامی عوامل و فاکتورهای اثرگذار توسعه داده می‌شود و سپس روابط ریاضی بین عوامل و فاکتورهای اثرگذار تعیین و مدل کمی می‌شود. مدل کمی توسعه داده شده قادر است پیامدهای کارفرما و پیمانکار را در درصدهای مختلف تخصیص ریسک با در نظر گرفتن تمامی عوامل و فاکتورهای اثرگذار، شبیه‌سازی و تعیین کند. هزینه‌های کارفرما و پیمانکار در این مدل شامل هزینه‌ی نیروی انسانی، ماشین‌آلات و مصالح می‌شود. در صورت وقوع ریسک تورم، این هزینه‌ها افزایش می‌یابند که منجر به

در آن‌ها مسئولیت کامل ریسک به یکی از طرفین قرارداد داده می‌شود. برای غلبه بر محدودیت روش‌های تخصیص کیفی ریسک، روش‌های تخصیص کمی ریسک، که در آن چگونگی تقسیم ریسک بین عوامل قراردادی قابل تعیین است، توسعه یافته‌اند.^[۵]

تاکنون تحقیقات انگشت‌شماری در زمینه‌ی تخصیص کمی ریسک انجام شده است. در پژوهشی در سال ۲۰۱۲، مدلی با استفاده از منطق فازی برای تخصیص کمی ریسک متوازن‌شده ارائه داده شد که اصول زبانی و دانش متخصصان را با استفاده از منطق فازی به یک تحلیل کمی تبدیل می‌کند. مدل پیشنهادی، رویکرد کیفی منطق فازی را با روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای تخصیص ریسک‌های پروژه و تعیین بهترین عامل برای تحمل ریسک‌ها یک پارچه می‌کند.^[۸] همچنین در پژوهش دیگری (۲۰۱۰) یک مدل ترکیبی ارزیابی فازی برای تخصیص منصفانه‌ی ریسک بین بخش دولتی و بخش خصوصی ارائه شد، که در آن ضمن ارائه‌ی معیارهای مهم تخصیص ریسک منصفانه، به مدل‌سازی تخصیص کمی ریسک بر مبنای روش فازی پرداخته شده است.^[۹] پژوهشگرانی هم (۲۰۱۰) مدلی بر اساس عوامل مؤثر در تخصیص ریسک بر مبنای هزینه در پروژه‌های مشارکتی بخش خصوصی و دولتی ارائه کردند.^[۶] در تحقیقی دیگر (۲۰۰۷) فرایند تخصیص کمی ریسک در پروژه‌های زیربنایی حمل و نقل، که به صورت مشارکتی بین بخش‌های دولتی و خصوصی اجرا می‌شود، به عنوان فرایند چانه‌زنی بین این دو بخش مدل‌سازی شد. این مدل، رفتار بازیکنان در زمان تخصیص ریسک را هنگامی که با اهداف متضاد مواجه می‌شوند، در قالب یک بازی آنالیز می‌کند. مدل ارائه‌شده بر مبنای یکی از روش‌های حل نزاع^۱ مطرح شده است، که در آن تصمیم‌گیری به رأی داورى ارجاع داده می‌شود و برای طرفین لازم الاجراست. طرفین بر مبنای تحلیلی مستقل و به صورت هم‌زمان پیشنهادشان را به داور ارائه می‌کنند. داور پیشنهادی را انتخاب می‌کند که نزدیک‌تر به تحلیل وی باشد.^[۱۰] همچنین در پژوهشی در سال ۲۰۰۱، مدلی برای تخصیص ریسک پروژه‌های PFI^۲ ارائه شده است، که بر روی چگونگی تخصیص هزینه و سود بین کارفرمای دولتی و پیمانکار شرکت‌کننده در این نوع از قرارداد تمرکز دارد.^[۷]

تحقیقات قبلی قادر به مدل‌سازی رفتار واقعی طرفین قرارداد در فرایند مذاکره برای تخصیص کمی ریسک، که شبیه به رفتار بازیکنان در یک بازی است، نیستند. همچنین تخصیص کمی ریسک به ندرت بر مبنای هزینه و فایده بین طرفین قرارداد انجام شده است.

در این نوشتار، روشی جدید برای تخصیص کمی ریسک با استفاده از نظریه‌ی چانه‌زنی و منطق فازی ارائه شده است. با در دست داشتن هزینه‌های کارفرما و پیمانکار در درصدهای مختلف تخصیص ریسک که از یک تحقیق پیشین حاصل شده است، هر یک از بازیکنان بازه‌ی درصدهای تخصیص ریسک قابل قبول خود را تعیین می‌کنند. سپس بازه‌ی مشترک بین درصدهای تخصیص ریسک قابل قبول برای طرفین قرارداد تعیین می‌شود. همچنین عامل تنزیل بازیکنان با استفاده از روش منطق فازی تعیین می‌شود. با در نظر گرفتن بازه‌ی مشترک درصدهای تخصیص ریسک و به منظور تخصیص کمی ریسک مطلوب و منصفانه بین کارفرما و پیمانکار، فرایند چانه‌زنی بین این دو عامل انجام می‌شود. برای ارزیابی کارایی مدل پیشنهادی، این مدل بر روی یک پروژه‌ی خط لوله‌ی انتقال نفت پیاده و تخصیص ریسک برای ریسک تورم به عنوان یکی از مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی‌شده انجام می‌شود.



شکل ۱. نمودار مراحل مختلف تخصیص کمی ریسک با استفاده از مدل پیشنهادی.

افزایش هزینه‌های کارفرما و پیمانکار می‌شود. علاوه بر هزینه‌های مذکور، هزینه‌های کارفرما و پیمانکار تحت تأثیر استراتژی‌های تدافعی نظیر کاهش کیفیت و توسل به دعاوی قضایی که در صورت تخصیص یک طرفه‌ی ریسک از جانب پیمانکار اتخاذ می‌شود، قرار دارد. این استراتژی‌های تدافعی ممکن است از هزینه‌های پیمانکار کاسته و موجب افزایش هزینه‌های کارفرما شود.^[۱۳]

مرحله‌ی دوم. تعیین بازه‌ی مشترک بین درصدهای تخصیص ریسک قابل قبول بازیکنان

برای انجام چانه‌زنی بین کارفرما و پیمانکار (مرحله‌ی ۳)، یک بازه‌ی مشترک بین درصدهای تخصیص ریسک قابل قبول کارفرما و پیمانکار باید تعیین شود. اگر بازه‌ی مشترک وجود نداشته باشد، چانه‌زنی رخ نمی‌دهد و توافقی حاصل نمی‌شود. تعیین درصدهای ریسک قابل قبول توسط هر بازیکن براساس رفتار عقلانی بازیکنان است. نش^[۱۴] مسئله‌ی چانه‌زنی را براساس رفتار عقلانی، به گونه‌ی ایده‌آل فرض می‌کند که بر مبنای آن: ۱. تصمیم‌گیران اهداف صحیح تعریف شده را دنبال می‌کنند، ۲. آگاهی یا انتظارات سایر تصمیم‌گیران را نیز در نظر می‌گیرند.^[۱۴]

مرحله‌ی سوم. چانه‌زنی بر سر بازه‌ی مشترک با استفاده از روش چانه‌زنی رایبانشترین

تخصیص کمی ریسک، یک مسئله‌ی چند معیاره و با حضور چند تصمیم‌گیر مستقل است. بنابراین، رفتار طرفین قرارداد در فرایند مذاکره برای تخصیص کمی ریسک شبیه به حضور آن‌ها در یک بازی است. نظریه‌ی بازی‌ها، علم مطالعه‌ی مدل‌های ریاضی تعارض و همکاری بین تصمیم‌گیران عاقل است.^[۱۵] نظریه‌ی بازی‌ها، مبنایی برای مطالعه‌ی رفتارهای استراتژیک تصمیم‌گیران ایجاد می‌کند که منجر به یافتن راه‌حلی‌هایی قابل پذیرش برای طرفین می‌شود.^[۱۶] چانه‌زنی موقعیتی است که در آن علاقه‌ی مشترکی بین بازیکنان برای همکاری وجود دارد، اما در مورد نحوه‌ی همکاری بین طرفین قرارداد تعارض وجود دارد.^[۱۷] راه حل‌های مختلفی برای فرایند چانه‌زنی ارائه شده است که دارای دو رکن اساسی است: روش نش و روش رایبانشترین.^[۱۷] مدل رایبانشترین (۱۹۸۲) دارای ویژگی‌های خاصی نظیر بازیکنان عاقل با عامل تنزیل مثبت، شرایط چانه‌زنی در فضای واقعی، رسیدن به توافق سریع و بدون اتلاف زمان و نیز دارای قدرت تشریح جایگاه پیشنهاددهنده‌ی اول و تأثیر صبر بازیکنان است.^[۱۸]

فرایند چانه‌زنی شامل پیشنهادهای پی در پی است که در آن کارفرما با ارائه‌ی پیشنهاد، چانه‌زنی را آغاز می‌کند و پیمانکار آن پیشنهاد را رد می‌کند و یا می‌پذیرد. رد پیشنهاد باعث ارائه‌ی پیشنهاد دیگری از سوی پیمانکار می‌شود.^[۱۹] مهم‌ترین موضوع در فرایند چانه‌زنی، هزینه‌ی چانه‌زنی است. به علت تأخیر در رسیدن به توافق در هر مرحله از چانه‌زنی، در صورت رد پیشنهاد از سوی بازیکن مقابل، هزینه‌ی به هر دو طرف تحمیل می‌شود. برای مثال توافق بر سر حقوق کارکنان در زمانی که به علت اعتصاب درازمدت، تولید انجام نشده باشد. همچنین در زمانی که طرفین حاضر در جنگ بعد از کشته شدن تعداد زیادی انسان، برای برقراری صلح با یکدیگر مذاکره کنند.^[۲۰]

در طول فرایند چانه‌زنی، هر بازیکن نسبت به مقادیر بیشینه و کمینه‌ی پیامدهای بازیکن دیگر آگاه است. بنابراین هر بازیکن می‌داند اگر پیشنهاد او منصفانه نباشد، بازیکن دیگر آن را رد می‌کند، چانه‌زنی به مرحله‌ی بعد منتقل می‌شود و از این رو هزینه‌ی چانه‌زنی از پیامد بازیکنان خواهد کاست. بنابراین برای اجتناب از هزینه‌های چانه‌زنی، بهترین شرایط رسیدن به توافق در نخستین مرحله از چانه‌زنی است. m_O و M_O را به ترتیب بیشینه و کمینه‌ی پیامدی که کارفرما می‌تواند از کل

منفعت به دست آورد و M_C و m_C را به ترتیب بیشینه و کمینه‌ی پیامدی که پیمانکار می‌تواند از کل منفعت به دست آورد، در نظر می‌گیریم. در مدل رایبانشترین بازیکنی که پیشنهاددهنده‌ی اول است، سهم بیشتری از منفعت را نصیب خود می‌کند.^[۱۹] کارفرما نخستین پیشنهاد را ارائه می‌کند و می‌داند که پیمانکار در صورت رد پیشنهاد او می‌تواند در مرحله‌ی دوم به حداکثر مقدار M_C و کمترین مقدار m_C دست یابد. بنابراین در صورتی که کارفرما خواهان پذیرش پیشنهادش است، باید پیشنهادی بین ارزش فعلی بیشینه و کمینه‌ی آنچه پیمانکار در مرحله‌ی دوم می‌تواند به دست آورد، به او ارائه کند. این مقادیر به ترتیب برابرند با $PVM_C = \delta_C M_C$ و $PVm_C = \delta_C m_C$. عامل تنزیل بازیکن i آن است که به منظور تبدیل ارزش مرحله‌ی بعد به زمان حال استفاده می‌شود و این چنین تعریف می‌شود: $\delta_i = \frac{1}{1+r_i}$ که در آن نرخ بازگشت و یا ترجیح زمانی برای بازیکن i و $0 \leq \delta_i \leq 1$ است. δ_i بزرگ‌تر به معنای صبر بیشتر بازیکنان و در نتیجه بیشتر بودن قدرت چانه‌زنی آن‌هاست.^[۲۱] در این حالت بیشینه و کمینه‌ی پیامد کارفرما برابر است با (روابط ۱ و ۲):

$$M_O \leq S - \delta_C m_C \quad (۱)$$

$$m_O \geq S - \delta_C M_C \quad (۲)$$

که در آن‌ها، S مقدار کل منفعتی است که بازیکنان بر سر مقدار سهم خود از آن چانه‌زنی می‌کنند. اگر پیمانکار پیشنهاد کارفرما را رد کند، پیشنهاد جدیدی ارائه می‌کند. در این مرحله پیمانکار نسبت به بیشینه و کمینه‌ی آنچه کارفرما در مرحله‌ی سوم می‌تواند به دست آورد، آگاه است. بنابراین پیشنهاد معقول پیمانکار به کارفرما باید بین مقادیر $PVM_O = \delta_O M_O$ و $PVm_O = \delta_O m_O$ باشد. در این حالت بیشینه و کمینه‌ی پیامد پیمانکار برابر است با (روابط ۳ و ۴):

$$M_C \leq S - \delta_O m_O \quad (۳)$$

$$m_C \geq S - \delta_O M_O \quad (۴)$$

اگر فرایند چانه‌زنی ادامه پیدا کند، مراحل فرد و زوج به ترتیب مانند مراحل اول و دوم خواهند بود. با ضرب $(-\delta_C)$ در معادله‌ی ۳ و مقایسه‌ی آن با معادله‌ی ۲، نتایج به این نحو است (روابط ۵ الی ۷):

$$S - \delta_C M_C \geq S - S\delta_C + \delta_C \delta_O m_O \quad (۵)$$

$$m_O \geq S - \delta_C M_C \geq S - S\delta_C + \delta_C \delta_O m_O \quad (۶)$$

$$m_O \geq \frac{(1 - \delta_C) \times S}{1 - \delta_O \delta_C} \quad (۷)$$

همچنین با ضرب $(-\delta_C)$ در معادله‌ی ۴ و مقایسه‌ی آن با معادله‌ی ۱ نتایج برابر است با (روابط ۸ الی ۱۰):

$$S - \delta_C m_C \leq S - S\delta_C + \delta_C \delta_O M_O \quad (۸)$$

$$M_O \leq S - \delta_C m_C \leq S - S\delta_C + \delta_C \delta_O M_O \quad (۹)$$

$$M_O \leq \frac{(1 - \delta_C) \times S}{1 - \delta_O \delta_C} \quad (۱۰)$$

بنابراین روابط ۱۱ و ۱۲ به دست می‌آیند:

$$M_O = m_O = \frac{(1 - \delta_C) \times S}{1 - \delta_O \delta_C} \quad (۱۱)$$

$$M_C = m_C = S - \frac{(1 - \delta_C) \times S}{1 - \delta_O \delta_C} = \frac{\delta_C (1 - \delta_O) \times S}{1 - \delta_O \delta_C} \quad (۱۲)$$

جدول ۱. پیامدهای کارفرما و پیمانکار ناشی از ریسک تورم در درصد‌های مختلف تخصیص ریسک.^[۱۳]

ریسک تخصیصی به کارفرما (%)	هزینه‌های کارفرما (دلار)	هزینه‌های پیمانکار (دلار)
۰	۲۱۵۷۲۰۰۰	۲۰۹۹۹۳۰۰
۵	۲۱۰۷۷۰۰۰	۱۹۷۷۷۳۰۰
۱۰	۱۸۴۲۳۰۰۰	۱۸۲۴۷۳۰۰
۱۵	۱۸۴۰۷۰۰۰	۱۷۴۵۱۳۰۰
۲۰	۱۸۱۰۳۰۰۰	۱۶۴۳۳۳۰۰
۲۵	۱۶۴۱۰۰۰۰	۱۴۸۱۷۳۰۰
۳۰	۱۶۴۰۸۰۰۰	۱۳۸۸۵۳۰۰
۳۵	۱۶۰۸۰۰۰۰	۱۲۶۰۶۳۰۰
۴۰	۱۶۰۴۰۰۰۰	۱۱۵۴۳۳۰۰
۴۵	۱۵۳۷۲۰۰۰	۱۰۳۸۲۳۰۰
۵۰	۱۵۲۲۲۰۰۰	۹۰۴۴۳۰۰
۵۵	۱۶۶۲۲۰۰۰	۷۹۴۶۳۰۰
۶۰	۱۶۶۶۶۰۰۰	۶۶۶۰۳۰۰
۶۵	۱۷۴۴۱۰۰۰	۵۵۲۲۳۰۰
۷۰	۱۸۲۱۹۰۰۰	۴۳۳۵۳۰۰
۷۵	۱۸۳۰۱۰۰۰	۳۰۹۸۳۰۰
۸۰	۱۸۶۸۱۰۰۰	۱۸۲۱۳۰۰
۸۵	۱۹۳۷۷۰۰۰	۶۴۸۳۰۰
۹۰	۱۹۷۴۰۰۰۰	۴۲۶۴۰۰
۹۵	۲۰۴۶۶۰۰۰	۲۲۶۰۰۰
۱۰۰	۲۱۱۳۸۰۰۰	۰

با استفاده از معادلات ۱ و ۲ مشاهده می‌شود که بازه‌ی مشترک بین درصد‌های تخصیص ریسک قابل قبول برای کارفرما و پیمانکار بین ۵۰ تا ۶۰ است. این بدان معناست که بازیکنان بین درصد‌های تخصیص ریسک ۵۰ تا ۶۰ چانه‌زنی را انجام می‌دهند.

مراحل سوم و چهارم. چانه‌زنی بر سر بازه‌ی مشترک با استفاده از روش چانه‌زنی رایبشتین و تعیین عامل تنزیل هر بازیکن

مقدار عامل تنزیل تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد. عامل تنزیل کارفرما تحت تأثیر ۳ عامل میزان اهمیت آغاز پروژه، تخصیصی بودن کار و عملکرد گذشته‌ی پیمانکار قرار دارد. همچنین عامل تنزیل پیمانکار تحت تأثیر ۳ عامل میزان تخصص پیمانکار، نیاز پیمانکار به پروژه‌ی جدید و عملکرد گذشته‌ی او قرار دارد. عامل تنزیل مطابق این مراحل قابل محاسبه است:

الف) فازی‌سازی

در مرحله‌ی فازی‌سازی، اطلاعات ورودی به شکل متغیرهای زبانی تبدیل می‌شوند. متغیرهای زبانی به صورت مجموعه‌های فازی با شکل‌های مشخصی هستند.^[۲۳] معمولاً به دلیل کارایی مناسب از مجموعه‌های فازی مثلثی و ذوزنقه‌یی در انجام محاسبات استفاده می‌شود.^[۲۴] شکل ۲، توابع عضویت متغیرهای تأثیرگذار در عوامل تنزیل کارفرما و پیمانکار را نشان می‌دهد.

ب) قوانین استنتاج

استنتاج فازی مشتمل بر قوانینی است که بر روی مقادیر فازی شده متغیرهای

به این ترتیب در نخستین مرحله از فرایند چانه‌زنی که کارفرما شروع‌کننده‌ی بازی است، اگر سهمی برابر $S_C = \frac{\delta_C(1-\delta_O) \times S}{1-\delta_O\delta_C}$ را به پیمانکار پیشنهاد کند؛ برای پیمانکار قابل قبول خواهد بود و سهم کارفرما از منفعت برابر $S_O = \frac{(1-\delta_C) \times S}{1-\delta_O\delta_C}$ خواهد شد.

مرحله‌ی چهارم. تعیین عامل تنزیل هر بازیکن با استفاده از روش منطق فازی

برای انجام چانه‌زنی بین کارفرما و پیمانکار، عامل تنزیل باید برای هر بازیکن تعیین شود. تعیین عامل تنزیل نقش تعیین‌کننده‌ی در نتایج چانه‌زنی دارد. به عبارت دیگر، دقت در تعیین عامل تنزیل مهم‌ترین عامل در رسیدن به یک توافق منصفانه است. در این پژوهش از موتور استنتاج ممدانی برای تعیین مقدار عامل تنزیل کارفرما و پیمانکار استفاده شده است.^[۲۴]

۳. کاربرد مدل و ارائه‌ی نتایج

۳.۱. معرفی پروژه‌ی مورد مطالعه

در این پژوهش، به منظور تخصیص کمی ریسک، مدل یک پارچه‌یی با استفاده از نظریه‌های چانه‌زنی و منطق فازی ارائه شده است. برای ارزیابی کارایی مدل پیشنهادی، این مدل بر روی یک پروژه‌ی خط لوله‌ی ۱۵۰ کیلومتری پیاده‌سازی شده است.

قرارداد این پروژه از نوع قیمت مقطوع و به مقدار ۶۵۰۰۰۰ دلار به ازاء هر کیلومتر است. با توجه به محاسبات انجام‌شده، پروژه در مدت ۹۳ روز قابل انجام خواهد بود. در این پروژه، تخصیص کمی ریسک برای ریسک تورم به عنوان یکی از مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی شده انجام شده است. تخصیص کمی ریسک با استفاده از مدل پیشنهادی، در ۴ مرحله انجام شده است که هر کدام از این مراحل در ادامه توضیح داده شده است.

مرحله‌ی اول. تعیین پیامدهای بازیکنان در درصد‌های مختلف تخصیص ریسک

جدول ۱، پیامدهای بازیکنان در درصد‌های مختلف تخصیص ریسک را نشان می‌دهد. همان‌گونه که پیشتر بیان شد، این پیامدها از یک تحقیق پیشین و با استفاده از روش پویایی سیستم به دست آمده است.

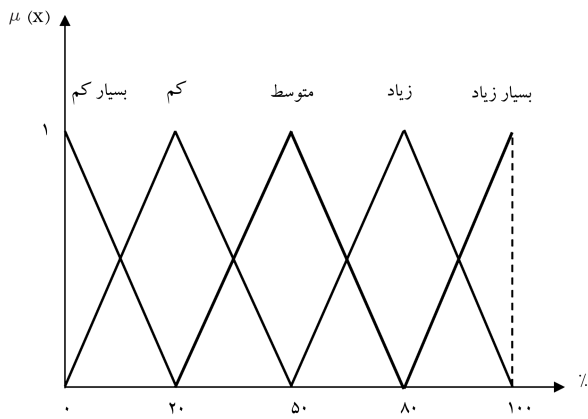
مرحله‌ی دوم. تعیین بازه‌ی مشترک بین درصد‌های تخصیص ریسک قابل قبول بازیکنان

بازه‌ی قابل قبول درصد‌های تخصیص ریسک بر مبنای اعداد ارائه‌شده در جدول ۱ و توسط هر یک از بازیکنان این‌گونه در نظر گرفته شده است (روابط ۱۳ و ۱۴):

$$25 \leq R_O \leq 60 \quad (13)$$

$$0 \leq R_C \leq 50 \quad (14)$$

که در آن‌ها، R_C و R_O به ترتیب نشان‌دهنده‌ی بازه‌های درصد تخصیص ریسک قابل قبول برای کارفرما و پیمانکار است. برای مثال شرایطی در نظر گرفته می‌شود که یک فروشنده خواهان فروش یک آپارتمان است. از نقطه نظر فروشنده، کمترین قیمت قابل قبول ۱۰۰ دلار است. از سوی دیگر خریدار می‌تواند با بیشینه‌ی ۱۲۰ دلار برای خرید آپارتمان سرمایه‌گذاری کند. بنابراین میزان منفعت ۲۰ دلار وجود دارد که کارفرما و پیمانکار می‌توانند بر سر آن چانه‌زنی کنند.



شکل ۳. توابع عضویت عامل تنزیل کارفرما و پیمانکار.

طور کلی، ۲۷ قاعده‌ی فازی برای هر بازیکن وجود دارد. برای مثال، قاعده‌ی اول در جدول ۲ بیان می‌کند که: اگر اهمیت آغاز پروژه برابر کم، تخصصی بودن کار برابر کم، و سابقه‌ی کارفرما نیز کم باشد؛ آنگاه مقدار عامل تنزیل کارفرما بسیار زیاد است. شکل ۳، توابع عضویت عامل تنزیل کارفرما و پیمانکار را نشان می‌دهد.

ج) غیر فازی سازی

غیر فازی سازی فرآیندی است که طی آن از عدد فازی، عددی غیر فازی حاصل می‌شود؛ عدد منحصر به فردی که به خوبی نماینده‌ی عدد فازی است. [۲۶] با در نظر گرفتن متغیرهای ورودی تأثیرگذار در عامل تنزیل کارفرما و پیمانکار و توابع عضویت شکل‌های ۲ و ۳، مقدار عامل تنزیل کارفرما (δO) برابر با 70% و مقدار عامل تنزیل پیمانکار برابر $45/8\%$ محاسبه می‌شود.

با تعیین عامل تنزیل کارفرما و پیمانکار، چانه‌زنی بین درصدهای تخصیص ریسک 50% تا 60% درصد انجام می‌شود. در حقیقت کارفرما و پیمانکار بر سر منفعت 10% چانه‌زنی را انجام می‌دهند. این مقدار منفعت با استفاده از معادلات ۱۵ و ۱۶ بین کارفرما و پیمانکار تقسیم می‌شود:

$$S_O = \frac{(1 - \delta_C) \times S}{(1 - \delta_O \delta_C)} = 80\% \times 10\% = 8\% \quad (15)$$

$$S_C = \frac{\delta_C(1 - \delta_O) \times S}{1 - \delta_O \delta_C} = 20\% \times 10\% = 2\% \quad (16)$$

که در آن‌ها، S_O و S_C به ترتیب سهم کارفرما و پیمانکار از مقدار منفعت است. در نهایت درصد ریسک تخصیصی به کارفرما و پیمانکار این‌گونه محاسبه می‌شود (روابط ۱۷ و ۱۸):

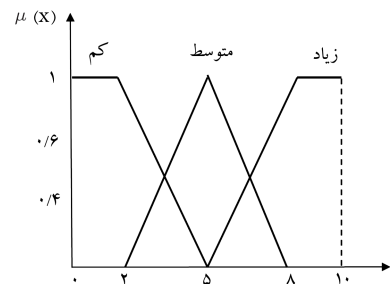
$$R_O = 60\% - 8\% = 52\% \quad (17)$$

$$R_C = 50\% - 2\% = 48\% \quad (18)$$

که در آن‌ها، R_O و R_C به ترتیب درصدهای ریسک تخصیصی به کارفرما و پیمانکار است. بنابراین برای رسیدن به یک تخصیص ریسک مطلوب و متصفانه، باید 52% از مسئولیت ریسک تورم به کارفرما و 48% به پیمانکار تعلق گیرد.

۴. تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله، از حمایت مالی به عمل آمده از این پژوهش که توسط دانشگاه پیام نور به انجام رسیده است، قدردانی و تشکر می‌نمایند.



شکل ۲. توابع عضویت عوامل تأثیرگذار در قدرت چانه‌زنی کارفرما و پیمانکار. تابع عضویت میزان اهمیت آغاز پروژه، تخصصی بودن کار، عملکرد گذشته پیمانکار، میزان تخصص پیمانکار و نیاز پیمانکار به پروژه جدید

جدول ۲. قواعد استنتاج فازی برای تعیین عامل تنزیل کارفرما.

عامل تنزیل کارفرما	متغیرهای ورودی تأثیرگذار در عامل تنزیل کارفرما		میزان اهمیت آغاز پروژه
	عملکرد گذشته کارفرما	تخصصی بودن کار	
VH	L	L	L
H	L	M	L
L	H	H	L
M	M	M	M
M	L	H	M
L	H	H	M
L	H	L	H
L	M	M	H
VL	H	H	H

جدول ۳. قواعد استنتاج فازی برای تعیین عامل تنزیل پیمانکار.

عامل تنزیل پیمانکار	متغیرهای ورودی تأثیرگذار در عامل تنزیل پیمانکار		میزان تخصص پیمانکار
	عملکرد گذشته پیمانکار	نیاز پیمانکار به پروژه‌ی جدید	
VL	L	H	L
M	H	M	L
L	M	L	L
L	L	H	M
M	M	M	M
H	H	L	M
H	M	H	H
M	L	M	H
VH	H	L	H

ورودی اعمال گردیده و با استفاده از عبارات زبانی، مقدار عامل تنزیل کارفرما و پیمانکار را مشخص می‌نماید. وضعیت عامل تنزیل کارفرما و پیمانکار را مشخص می‌کند. [۲۵] جداول ۲ و ۳، به ترتیب قوانین استنتاج فازی را برای ۳ متغیر فازی شده‌ی مؤثر در عامل تنزیل کارفرما و پیمانکار بر اساس نظر خبرگان نشان می‌دهد.

در این جداول VH نشان‌دهنده‌ی «بسیار زیاد»، H نشان‌دهنده‌ی «زیاد»، M نشان‌دهنده‌ی «متوسط»، L به معنای «کم» و VL به معنای «بسیار کم» است. به

۵. نتیجه‌گیری

عوامل مختلفی در پروژه‌های ساخت حضور دارند و هر یک از این عوامل باید ریسک‌هایی را مدیریت کنند که طبق قرارداد، مسئولیت آن ریسک‌ها، بر عهده‌ی آنها گذاشته شده است. تخصیص ریسک یا تعیین مسئولیت عوامل مختلف قراردادی در قبال ریسک‌ها، می‌تواند به دو صورت کیفی و کمی انجام شود. در فرایند تخصیص ریسک، انتقال کامل مسئولیت در قبال برخی ریسک‌ها به یک عامل، کار صحیحی نیست؛ چرا که تخصیص یک‌جانبه‌ی ریسک ممکن است که طرف پذیرنده‌ی ریسک را ترغیب به استفاده از استراتژی‌های تدافعی نظیر پایین‌آوردن کیفیت، توسل به دعاوی، نزاع، و دادخواهی کند. بنابراین، لازم است که مسئولیت این‌گونه ریسک‌ها بین عوامل قراردادی تقسیم و یا به عبارتی تخصیص ریسک به صورت کمی انجام شود.

در این پژوهش، روشی جدید برای تخصیص کمی ریسک با استفاده از ترکیب نظریه‌ی چانه‌زنی و منطق فازی ارائه شده است. برای ارزیابی عملکرد مدل تخصیص کمی ریسک پیشنهادی، این مدل در یک پروژه‌ی خط لوله به کار گرفته شد و به منظور انجام چانه‌زنی بین کارفرما و پیمانکار، ابتدا پیامدهای کارفرما و پیمانکار در درصدهای

مختلف تخصیص ریسک تعیین شده است. در این پژوهش، برای تعیین پیامدها از یک تحقیق انجام‌شده‌ی پیشین استفاده شده است و هزینه‌های احتمالی به کارفرما و پیمانکار در درصدهای مختلف تخصیص ریسک به عنوان پیامدهای کارفرما و پیمانکار در نظر گرفته شده و بازه‌ی قابل قبول درصدهای تخصیص ریسک برای هر عامل تعیین شده است. سپس بازه‌ی مشترک بین درصدهای تخصیص ریسک قابل قبول برای کارفرما و پیمانکار تعیین شده است. برای انجام چانه‌زنی بین کارفرما و پیمانکار، عامل تنزیل کارفرما و پیمانکار با استفاده از روش منطق فازی تعیین شده است. در فرایند چانه‌زنی، هر یک از بازیکنان برای رسیدن به بیشینه‌ی منفعت خود تلاش می‌کنند؛ اما رسیدن به توافق در هر نقطه از بازه‌ی مشترک درصدهای تخصیص ریسک قابل قبول کارفرما و پیمانکار برای او مطلوب است. استفاده از مدل چانه‌زنی فازی پیشنهادی در این پژوهش، ابزار قدرتمندی را برای تخصیص کمی ریسک پیشنهاد می‌دهد که در آن بازیکنان با توجه به عامل تنزیل‌شان، به تخصیص ریسک منصفانه دست می‌یابند. از آنجا که مدل پیشنهادی، رفتار واقعی بازیکنان در فرایند چانه‌زنی برای تخصیص ریسک را در نظر می‌گیرد، مشکلات و معایب روش‌های سنتی تخصیص ریسک را، که طی آن مسئولیت ریسک‌ها بدون در نظر گرفتن شرایط طرفین قرارداد توسط کارفرما تعیین می‌شود، را بر طرف می‌کند.

پانوشته‌ها

1. final offer arbitration
2. private finance initiative
3. Nash

منابع (References)

1. Zou, P.X.W., Zhang, G. and Wang, J. "Understanding the key risks in construction projects in China", *International Journal of Project Management*, **25**(6), pp. 601-614 (2007).
2. Loosemore, M. and McCarthy, C.S. "Perceptions of contractual risk allocation in construction supply chains", *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, **134**(1), pp. 95-105 (2008).
3. The American Council of Engineering Companies and the Associated General Contractors of America (ACEC), *Enlightened Risk Allocation* (2005).
4. Levitt, R.E., Logcher, R.D. and Ashley, D.B. "Allocating risk and incentive in construction", *Journal of the Construction Division*, **106**(3), pp. 297-305 (1980).
5. Pipattanapiwong, J. "Development of multi-party risk and uncertainty management process for an infrastructure project", PhD Thesis, Kochi University of Technology, pp. 1-236 (2004).
6. Jin, X-H. and Zhang, G. "Modeling optimal risk allocation in PPP projects using artificial neural networks", *International Journal of Project Management*, **29**(5), pp. 591-603 (July 2011).
7. Yamaguchi, H., Uher, T.E. and Runeson, G. "RISK allocation in PFI projects", *Proceedings of 17th ARCOM Annual Conference*, University of Salford, UK (2001).
8. Khazaeni, G., Khanzadi, M. and Afshar, A. "Fuzzy adaptive decision making model for selection balanced risk allocation", *International Journal of Project Management*, **30**(4), pp. 511-522 (2012).
9. Xu, Y., Chan, A. and Yeung, J. "Developing a fuzzy risk allocation model for PPP projects in China", *Journal of Construction Engineering and Management*, **136**(8), pp. 894-903 (2010).
10. Medda, F. "A game theory approach for the allocation of risks in transport public private partnerships", *International Journal of Project Management*, **25**(3), pp. 213-218 (2007).
11. Nash, J.F. "The bargaining problem", *Econometrica*, **18**, pp. 155-162 (1950).
12. Shen, L.Y., Bao, H.J., Wu, Y.Z. and Lu, W.S. "Using bargaining-game theory for negotiating concession period for BOT-type contract", *Journal of Construction Engineering and Management*, **133**(5), pp. 385-392 (2007).
13. Khanzadi, M., Nasirzadeh, F. and Rezai, M. "System dynamics approach for quantitative risk allocation", *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, In Press **24**, pp.237-246 (2014).
14. Osborne, M.J. and Rubinstein, A., *A Course in Game Theory*, Fifth ed., MIT Press, Cambridge, England (1998).
15. Ho, S.P. "Model for financial renegotiation in public-private partnership projects and its policy implications:

- Game theoretic view”, *Journal of Construction Engineering and Management*, **132**(7), pp. 678-688 (2006).
16. Madani, K. “Game theory and water resources”, *Journal of Hydrology*, **381**(3-4), pp. 225-238 (2009).
 17. Yildiz, M. “Nash meets rubinstein in final-offer arbitration”, *Economics Letters*, **110**, pp. 226-230 (2011).
 18. Martins, P. “Ideals in sequential bargaining structures”, *International Journal of Social Economics*, **34**, pp. 828-882 (2007).
 19. Rubinstein, A. “Perfect equilibrium in a bargaining model”, *Econometrica*, **50**(1), pp.97-109 (1982).
 20. Muthoo, A., *Bargaining Theory with Applications*, Cambridge University Press, Cambridge, England (1999).
 21. Fishburn, P.C. and Rubinstein, A. “Time preference”, *International Economic Review*, **23**, pp. 677-694 (1982).
 22. Mamdani, E.H. and Assilian, S. “An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller”, *International Journal of Man-Machine Studies*, **7**(1), pp. 1-13 (1975).
 23. Nasirzadeh, F., Afshar, A., Khanzadi, M. and Howick, S. “Integrating system dynamics and fuzzy logic modeling for construction risk management”, *Journal of Construction Management and Economics*, **26**(11), pp. 1197-1212 (2008).
 24. Zimmermann, H.J., *Fuzzy Set Theory and its Application*, Forth ed., Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht and London (2001).
 25. Li, V., Moselhi, O.P.E. and Alkass, S.P.E. “Forecasting project status by using fuzzy logic”, *Journal of Construction Engineering and Management*, **132**(11), pp. 1193-1202 (2006).
 26. Nieto-Morote, A. and Ruz-Vila, F. “A fuzzy approach to construction project risk assessment”, *International Journal of Project Management*, **29**(2), pp. 220-231 (2011).