

## تخصیص کمی ریسک در پروژه‌های ساخت با رویکرد نظریه بازی‌های همکارانه

فرناد نصیرزاده<sup>۱</sup>، مهدی روح‌پرور<sup>۲\*</sup>، حامد مازندران‌زاده<sup>۳</sup>

۱- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور تهران

۲- کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین

## چکیده

در فرایند تخصیص ریسک، دادن مسئولیت کامل برخی از ریسک‌ها به پیمانکار درست نمی‌باشد، چرا که باعث اتخاذ برخی سیاست‌های تدافعی از طرف پیمانکار از قبیل کاهش کیفیت و روی آوردن به دعاوی و دادخواهی می‌گردد که در نهایت هزینه و زمان پروژه را افزایش می‌دهد. بنابراین در مورد این دسته از ریسک‌ها لازم است که مسئولیت‌های ناشی از ریسک بین عوامل مختلف درگیر در قرارداد تسهیم شده و به عبارتی تخصیص کمی ریسک انجام گیرد. در فرایند مذاکره برای تعیین درصد ریسک تخصیص داده شده به هر یک از طرفین قرارداد، با وجود تضاد منافع موجود بین این عوامل، تمایل زیادی به همکاری و رسیدن به توافق وجود دارد. در این تحقیق برای تخصیص کمی ریسک از نظریه بازی‌ها که علم مطالعه مدل‌های ریاضی تعارض و همکاری بین تصمیم‌گیران عاقل است، استفاده شده است. مدل پیشنهادی، ابزار قدرتمندی را ارائه می‌کند که معیارهای مطلوبیت نظیر کارایی و انصاف را برآورده نموده و درصد تخصیص ریسک منصفانه را مشخص می‌نماید. برای نشان دادن قابلیت‌های مدل پیشنهادی، درصد تخصیص ریسک بین کارفرما و پیمانکار، برای یکی از ریسک‌های شناسایی شده در یک پروژه نمونه تعیین گردیده است.

**کلمات کلیدی:** مدیریت ریسک، تخصیص کمی ریسک، نظریه بازی‌ها، فرآیند مذاکره

## Cooperative Game Theory Approach to Quantitative Risk Allocation in Construction Projects

Farnad Nasirzadeh<sup>1</sup>, Mahdi Rouhparvar<sup>\*2</sup>, Hamed Mazandaranzadeh<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Payame Noor University

2- MSc in Construction Engineering and management, Department of Civil Engineering, Islamic azad university, Science and Research Branch

3- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University

### Abstract

In risk allocation process, it is not correct to pass the whole responsibility of some risks to the contractor. The reason is that some defensive strategies such as lowering the work quality and lodging claim and litigation may

\* مولف مسئول: مهدی روح‌پرور Mehdi.rouhparvar@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۱/۱۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۱۲/۱۴

be implemented by the contractor that may increase the project cost and duration. It is therefore necessary to share the responsibility of these risks between contracting parties and in the other words to perform the risk allocation process quantitatively. In the negotiation process performing to determine the percentage of risk allocated to each of the contracting parties, there exists a willing to cooperate and reach an agreement in spite of the existed conflicts in the revenues of these parties. In this research, the game theory that is the study of mathematical models of conflict and cooperation between intelligent rational decision-makers is used for quantitative risk allocation. The proposed model presents a powerful tool that satisfies desirable criteria such as efficiency and fairness and the equitable percentage of risk allocation is determined. To evaluate the capabilities and performance of the proposed model, it is implemented in sample project and the risk allocation percentage between the client and contractor is determined for one of the identified risks.

**Keywords:** Risk management, Quantitative risk allocation, Game theory, Negotiation process

## ۱- مقدمه

پروژه‌های عمرانی با مجموعه‌ای از ریسک‌ها روبرو هستند که عملکرد پروژه را در جهت مثبت و یا منفی تحت تاثیر قرار می دهند. وجود ریسک‌ها و عدم قطعیت‌هایی که در مراحل مختلف اجرای پروژه وجود دارد، نقش مهمی در افزایش زمان، افزایش هزینه و کاهش کیفیت پروژه‌ها دارد [۳]. استفاده از فرآیند مدیریت ریسک کمک می کند تا طی یک فرآیند چند مرحله‌ای مشتمل بر مراحل شناسایی، آنالیز، پاسخ دهی و کنترل ریسک، اثرات منفی ناشی از ریسک‌ها را تا حد امکان تقلیل داده و اثرات مثبت آن‌ها را افزایش داد [۴].

در هر پروژه عوامل مختلفی نظیر کارفرما، مشاور و پیمانکار حضور دارند که هر کدام به دنبال مدیریت مطلوب ریسک های موجود در حوزه مسئولیت خود هستند. پیش از آغاز فرآیند مدیریت ریسک می بایست مشخص گردد که هر کدام از این عوامل درگیر در پروژه، در مقابل کدام یک از ریسک‌های پروژه و به چه میزان مسئول هستند. تعریف و تقسیم مسئولیت سود و یا زیان احتمالی ناشی از هر یک از ریسک‌های شناسایی شده را تخصیص ریسک می نامند [۵]. تخصیص ریسک و به عبارتی انتقال مسئولیت ریسک، توسط مواد قراردادی و سایر مدارک منضم به آن انجام می گیرد.

تخصیص ریسک مناسب، نقشی حیاتی در اثرگذاری و کارآمدی چرخه مدیریت ریسک دارد، به گونه‌ای که بدون تخصیص مناسب ریسک این چرخه ناکارآمد بوده و می تواند بجای بهبود عملکرد پروژه باعث بدتر شدن عملکرد آن شود. تخصیص نامناسب ریسک که در آن بدون توجه به خصوصیات ذاتی هر ریسک، مسئولیت های عوامل مختلف پروژه در قبال ریسک ها مشخص می گردد، یکی از مشکلات مهمی است که در حال حاضر در صنعت ساخت وجود داشته و می بایست به آن توجه خاصی نمود.

در نگاه سنتی، کارفرما به دنبال انتقال مسئولیت اکثر ریسک ها به عوامل دیگر است [۶]. اما ثابت شده است که تخصیص یکجانبه ریسک موجب برخی نتایج نامناسب و گاه مخرب گردیده و در نهایت تمامی عوامل درگیر در پروژه متضرر خواهند شد [۷۳]. دلیل آن نیز اتخاذ برخی استراتژی‌های تدافعی و مقابله جویانه توسط عامل پذیرنده ریسک یعنی پیمانکار است که در این راستا لویت و همکاران [۸] به موارد زیر اشاره نموده‌اند:

۱- تحمیل هزینه‌های اضافی ناشی از بالا بردن قیمت پیشنهادی از طرف پیمانکار

۲- اتخاذ رویکردهای محافظه کارانه در طراحی و اجرا

۳- توسل به دعاوی یا دادرسی برای هر نوع اختلاف

۴- پایین آوردن کیفیت

بنابراین اگر شرکت کنندگان در یک پروژه، خواهان تصمیم گیری هوشمندانه‌ای هستند، باید به دنبال راهی به منظور تخصیص مطلوب ریسک‌ها باشند. برخی پژوهشگران نظیر لوزمور و مک کارتی [۹] اصول ساده‌ای را برای تخصیص ریسک در پروژه ها معرفی نموده‌اند. به عقیده آن‌ها ریسک باید توسط کسانی پذیرفته شود که:

۱- آگاهی کامل نسبت به آن‌ها داشته باشند.

۲ - ظرفیت لازم برای اجتناب، کاهش، نظارت و کنترل بر ریسک‌ها داشته باشند.

۳ - منابع کافی برای رسیدگی به آن‌ها در دسترس داشته باشند.

۴ - تمایل و اشتیاق کافی برای پذیرش ریسک را دارا باشند.

۵ - قادر به تحمل هزینه‌های تحمیلی ناشی از پذیرش ریسک باشند.

فرآیند تخصیص ریسک را می‌توان به دو صورت کمی و کیفی انجام داد [۱۰]. تخصیص کیفی ریسک مشخص می‌کند که مسئولیت کامل هر کدام از ریسک‌های شناسایی شده با کلام یک از عوامل درگیر در پروژه است محققینی نظیر ونگ و چو [۱۱]، بینگ و همکارانش [۱۲]، آبدنگو و اوگونلانو [۱۳]، ان جی و لوسمور [۱۴]، ال سایی [۱۵] مدل‌هایی را برای تخصیص کیفی ریسک ارائه نمودند. هرچند روش‌های تخصیص کیفی ریسک، طرفین را به تخصیص بهینه نزدیک می‌کند، اما این روش‌ها دارای محدودیت‌هایی نیز هستند به این علت که در مورد بعضی از ریسک‌های شناسایی شده، تخصیص کامل مسئولیت یک ریسک به یک طرف قرارداد صحیح نبوده و با توجه به ماهیت این ریسک‌ها و در جهت مدیریت کارآمد، بهتر است مسئولیت آن‌ها بین عوامل مختلف درگیر در قرارداد تقسیم گردد بنابراین روش‌های تخصیص کمی ریسک، برای غلبه بر محدودیت‌های تخصیص کیفی ریسک یعنی تعیین سهم هر عامل از ریسک‌های قابل تقسیم، ایجاد شده‌اند [۶].

با مطالعه در ادبیات موضوع می‌توان دید که آنچه تاکنون در زمینه تخصیص ریسک صورت پذیرفته، بیشتر ماهیتی کیفی و مفهومی داشته است، اما در زمینه تخصیص کمی ریسک تحقیقات انگشت شماری انجام شده که تقریباً تمامی آن‌ها در حوزه‌هایی غیر از پروژه‌های عمرانی بوده و قابل پیاده‌سازی در پروژه‌های ساخت نمی‌باشند. مدل [۱۶] فرایند تخصیص کمی ریسک در پروژه‌های زیربنایی حمل و نقل را که به صورت مشارکت بین بخش‌های دولتی و خصوصی اجرا می‌شود، به عنوان فرایند چانه زنی بین این دو بخش مدل سازی نموده است. این مدل رفتار بازیکنان را در زمان تخصیص ریسک هنگامی که با اهداف متضاد مواجه می‌شوند را در قالب یک بازی آنالیز می‌کند. مدل ارائه شده بر مبنای یکی از روش‌های حل نزاع با نام *final offer arbitration* مطرح شده که در آن تصمیم‌گیری به رای داوری ارجاع داده می‌شود که برای طرفین لازم الاجراست. طرفین بر مبنای تحلیلی مستقل و به صورت همزمان پیشنهادشان را به داور ارائه می‌کنند. پیشنهادی توسط داور انتخاب می‌شود که نزدیک تر به تحلیل وی باشد. همچنین یاماگوچی و همکاران [۱۰] مدل تخصیص ریسک را برای پروژه‌های PFI (Private Finance Initiative) ارائه نموده‌اند. این مدل بر روی چگونگی تخصیص هزینه و سود بین کارفرمای دولتی و پیمانکار شرکت کننده در این نوع از قرارداد تمرکز دارد. خانزادی و همکاران تخصیص کمی ریسک را با استفاده از روش پویایی سیستم انجام داده‌اند. در این تحقیق هزینه پروژه در درصد تخصیص‌های مختلف ریسک از دید کارفرما مدل سازی شده است. درصد تخصیص ریسک بهینه در نقطه‌ای تعیین می‌شود که در آن هزینه کارفرما/پروژه حداقل است [۲].

با مروری بر تحقیقات انجام شده قبلی در زمینه تخصیص کمی ریسک دیده می‌شود که مدل‌های ارائه شده در شرایط واقعی پروژه‌ها قابل استفاده نیستند. ضمن آنکه روش‌های پیشنهادی، منافع تمامی طرف‌های قرارداد در فرایند تخصیص ریسک را در نظر نگرفته و تصمیم‌گیری در مورد میزان تخصیص کمی ریسک به تصمیم‌گیری بخش سوم که نیازها و ضرورت‌های پروژه را کمتر درک می‌کند، واگذار می‌شود. همچنین تخصیص کمی ریسک بر اساس دید صرفاً رقابتی بین طرفین حاضر در قرارداد انجام می‌شود.

در این تحقیق از نظریه بازی‌های همکوانه - چانه‌زنی برای تعیین درصد تخصیص ریسک استفاده شده که توسعه‌ی بر تحقیق انجام شده قبلی بر مبنای روش پویایی سیستم [۱] است. مشارکت طرف‌های درگیر در قرارداد در فرآیند مذاکره برای تخصیص کمی ریسک، شبیه به حضور بازیکنان در یک "بازی" مدل سازی شده است. برای بررسی قابلیت‌های مدل پیشنهادی، این مدل بر روی یک پروژه احداث خط لوله انتقال نفت پیاده شده و درصد تخصیص ریسک تورم بین کارفرما و پیمانکار تعیین گردیده است بازی همکارانه در درصد تخصیص ریسکی شکل می‌گیرد که جمع هزینه‌های کارفرما و پیمانکار حداقل است سپس در فرایند چانه‌زنی، دو عامل کارفرما و پیمانکار برای تقسیم سود حاصل از کاهش هزینه‌ها تلاش می‌نمایند. هدف از این تحقیق استفاده از ویژگی‌های ذاتی نظریه بازی‌هاست که علایق و منفعت تمام بخش‌ها را در نظر گرفته، شرایط واقعی موجود در فرایند مذاکره بین طرفین قرارداد را مدل‌سازی کرده و به آن‌ها کمک می‌کند تا به توافقی دست یابند که به دلیل منصفانه و بی‌طرفانه بودن آن، خواهان تخطی از آن در دوره حیات پروژه نباشند

## ۲- روش تحقیق

تصمیم‌گیری به ندرت در شرایط قطعی رخ می‌دهد. در کنار عدم قطعیت‌های موجود، تصمیم‌گیری به دلیل اثرات متقابل تصمیمات اتخاذ شده توسط تصمیم‌گیران، در محیط پیچیده‌ای انجام می‌شود که در آن رسیدن به هدف، تنها تحت تاثیر تصمیم یک تصمیم‌گیر نبوده و بسته به تصمیم سایر تصمیم‌گیران نیز می‌باشد. در نظریه بازی‌ها، این محیط را به عنوان "بازی" و تصمیم‌گیران را با نام "بازیکن" می‌شناسند. یک بازیکن در طول بازی از بین استراتژی‌های مختلف، یک یا چند انتخاب را انجام می‌دهد، در حالیکه سایر بازیکنان نیز همزمان با توجه به اهدافشان به دنبال انتخاب بهترین استراتژی‌ها هستند. نظریه بازی‌ها که علم مطالعه مدل‌های ریاضی تعارض و همکاری بین تصمیم‌گیران عاقل است [۱۷] برای کمک به تصمیم‌گیری در این محیط‌های استراتژیک ایجاد شده است. مشارکت عوامل درگیر در قرارداد در فرایند مذاکره برای تعیین درصد تخصیص ریسک نیز شبیه به حضور بازیکنان در یک بازی است. روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی رفتار بازیکنان در محیط‌های استراتژیک ایجاد شده‌اند، اما نتایج حاصل از نظریه بازی‌ها به شرایط واقعی نزدیک‌تر بوده و رفتار بخش‌های مختلف را دقیق‌تر منعکس می‌کند. این مطلب در اغلب روش‌های مرسوم بهینه‌سازی برای حل مسائل چند معیاره و با حضور چندین تصمیم‌گیر نادیده گرفته می‌شود [۱۸]. در واقع نظریه بازی‌ها به بازیکنان کمک می‌کند تا به نقطه‌ای برسند که منحصر بفرد بوده [۱۹] و برای تمام بازیکنان حاضر در محیط‌های استراتژیک مطلوب باشد.

## ۳- اصول نظریه بازی‌ها

## ۳-۱- قاعده بازی

نظریه بازی‌ها دارای قواعدی است که باید به عنوان آگاهی عمومی بین بازیکنان وجود داشته باشین قواعد شامل مجموعه بازیکنان، مجموعه استراتژی‌های هر بازیکن، مشخص بودن پیامد هر ترکیب استراتژی برای همه بازیکنان و رفتار عقلانی بازیکنان [۲۰].

## ۳-۲- رفتار عقلانی

فرض اساسی در نظریه بازی‌ها رفتار عقلانی بازیکنان است که (۱) تصمیم‌گیران اهداف صحیح تعریف شده را دنبال می‌کنند و (۲) آگاهی یا انتظارات سایر تصمیم‌گیران را نیز در نظر می‌گیرند [۲۱]. بدین معنا که بازیکنان با رفتار عقلانی به دنبال حداکثر کردن منافعشان با در نظر گرفتن عکس‌العمل سایر بازیکنان هستند.

## ۳-۳- پیامد

اعدادی هستند که نتیجه ترکیب استراتژی‌های بازیکنان را نشان می‌دهد. این اعداد می‌تواند نماینده سود، درآمد، مطلوبیت و یا هزینه باشد.

## ۴- نظریه بازی‌های همکارانه و غیرهمکارانه

بازی‌های همکارانه و غیرهمکارانه دو گروه رایج در نظریه بازی‌ها هستند. بازی‌های همکارانه شرایطی را نشان می‌دهند که در آن گروهی از تصمیم‌گیران، در یک پروژه با یکدیگر ائتلاف می‌کنند تا به اهداف خود نظیر افزایش مجموع درآمد (حداکثر کردن سود) یا کاهش مجموع هزینه‌ها برسند [۲۲]. در این نوع بازی، بازیکنان تنها در صورتی که از افزایش سود و یا کاهش هزینه‌هایشان اطمینان داشته باشند، به شرکت در یک ائتلاف تمایل نشان می‌دهند. بنابراین در هر ائتلاف موضوع اصلی چگونگی تقسیم سود و یا هزینه بین شرکت‌کنندگان در آن است. ایرن پاراچینو و همکاران دو معیار انصاف و بی‌طرفی را به عنوان جنبه‌های مهم در تقسیم منافع حاصل از همکاری می‌دانند [۲۳]. از سوی دیگر بازی غیر همکارانه در فقدان ائتلاف تعریف می‌شود، به گونه‌ای که هر شرکت‌کننده به صورت مستقل و بدون همکاری و یا ارتباط با سایرین عمل می‌کند [۲۴].

### ۵- نظریه چانه‌زنی

بازیکنانی که شروع‌کننده فرایند چانه‌زنی هستند به این نتیجه رسیده‌اند که منفعت آن‌ها در رسیدن به توافق است و نه در عدم توافق. پس موقعیت چانه‌زنی شرایطی است که دو بازیکن علاقه مشترکی به همکاری دارند اما بر سر چگونگی همکاری با یکدیگر اختلاف دارند [۲۵]. تاکنون برای فرایند چانه‌زنی راه‌حل‌های مختلفی توسط نش [۲۰]، هارسانی [۲۶]، کالایی و اسمورودینسکی [۲۷]، رابینشتین [۲۸] پیشنهاد شده است. فرایند چانه‌زنی شبیه به فرایند مذاکره است که با استفاده از ابزار نظریه بازی ها مدل سازی می‌شود [۲۱]. مدلی که رابینشتین معرفی کرده بر چنن تحلیلی استوار است. این مدل یک بازی پویا با اطلاعات کامل است [۲۸]. به عبارت دیگر بازیکنان به صورت متوالی حرکات خود را انجام می‌دهند در حالیکه پیامد ترکیب‌های مختلف استراتژی‌های بازیکنان مشخص است.

#### ۱-۵- هزینه چانه‌زنی

موضوع مهم در فرایند چانه‌زنی "هزینه چانه‌زنی" است. ادامه چانه‌زنی برای تمام بازیکنان هزینه بر خواهد بود. اگر مذاکره بین کارفرما و پیمانکار برای حل و فصل یک ادعا در نظر گرفته شود، هرچقدر این فرایند زمان بیشتری طول بکشد و رسیدن به توافق به تاخیر بیفتد، به علت توقف در اجرای پروژه، کارفرما و پیمانکار سود بیشتری از دست می‌دهند. هر اندازه زمان برای بازیکنان ارزشمندتر باشد، آنها صبر کمتری داشته، هزینه چانه‌زنی برای آنها افزایش می‌یابد و در نتیجه قدرت چانه‌زنی آنها کاهش می‌یابد [۲۹].

### ۶- مدل چانه‌زنی دو مرحله‌ای

موقعیتی را فرض کنید که در آن فروشنده خ واهان فروش یک اتومبیل و خریداری خواهان خرید آن است. از نقطه نظر فروشنده، اتومبیل حداقل به اندازه  $F$  ریال می‌ارزد و حداکثر مقداری که خریدار توانایی پرداخت آن را دارد به اندازه  $H$  ریال است، به گونه‌ای که:

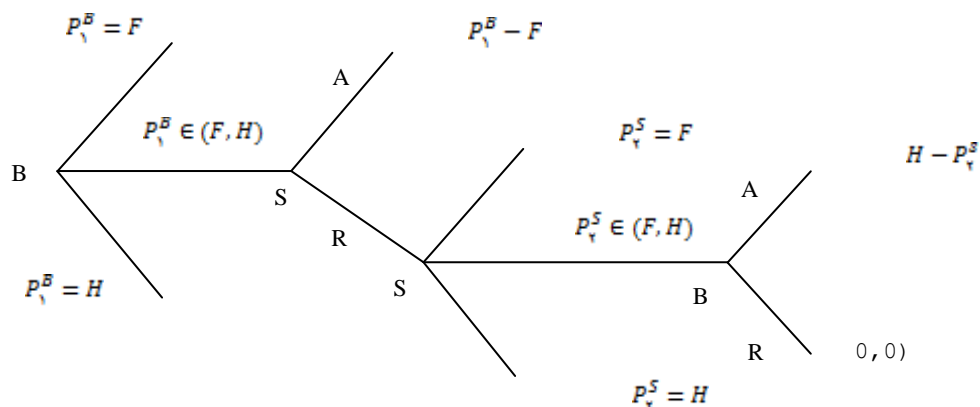
$$F < H \quad (1)$$

$$T = (H - F) \quad (2)$$

همان‌گونه که در شکل (۱) توضیح داده شده است، برای تعیین سهم هر یک از بازیکنان از  $T$  ریال مازاد، خریدار و فروشنده فرایند چانه‌زنی را آغاز می‌کنند. فرض بر آن است که خریدار نخستین پیشنهاد را ارائه می‌کند. در اولین مرحله از بازی، خریدار پیشنهاد  $P_1^B \in [F, H]$  را ارائه می‌کند. اگر فروشنده آن را بپذیرد ( $A$ ) بازی به اتمام می‌رسد و پیامد فروشنده و خریدار به ترتیب برابر خواهد بود با

$$u_S(P_1^B, A) = P_1^B - v_s = P_1^B - F \quad (3)$$

$$u_B(P_1^B, A) = v_b - P_1^B = H - P_1^B \quad (4)$$



شکل ۱: چانه‌زنی دو مرحله‌ای بین فروشنده و خریدار [۱]

اما اگر فروشنده پیشنهاد خریدار را رد ( $R$ ) کند، پیشنهاد  $P_1^s \in [F, H]$  را ارائه می‌کند. در این مرحله خریدار تصمیم به پذیرش و یا رد آن می‌گیرد. در دو حالت بازی به اتمام خواهد رسید. اگر خریدار آن را بپذیرد، پیامد بازیکنان برابر خواهد بود با:

$$u_s(A, P_1^s) = P_1^s - v_s = P_1^s - F \quad (5)$$

$$u_B(A, P_1^s) = v_b - P_1^s = H - P_1^s \quad (6)$$

و اگر آن را رد کند، بازیکنان به توافق نرسیده و پیامد هر دو برابر صفر خواهد بود. در مرحله دوم چانه زنی، فروشنده پیشنهاد  $P_1^s$  را ارائه می‌کند. بازیکنان برای تصاحب  $T$  ریال مازاد که به عدد یک نرمالیزه شده تلاش می‌نمایند. اگر  $P_1^s \geq 0$  باشد، بهترین پاسخ به پیشنهاد فروشنده از طرف خریدار پاسخ  $(R_B(P_1^s) = \text{قبول})$  و در غیر اینصورت،  $(R_B(P_1^s) = \text{عدم پذیرش})$  می‌باشد. در این خصوص پیشنهاد فروشنده به خریدار برابر  $P_1^s = 0$  خواهد بود و خریدار آن را خواهد پذیرفت. نکته اینکه مقدار قابل قبول برای هر بازیکن متفاوت بوده و هر یک انتظار متفاوتی از تصاحب مقدار مازاد دارند. با این شرایط فروشنده اتومبیل را به میزان  $H$  دلار فروخته و پیامد بازیکنان برابر خواهد بود با:

$$u_s(P_1^s) = 1 - P_1^s = 1 \quad (7)$$

$$u_B(P_1^s) = 0 \quad (8)$$

اگر بازیکنان بخواهند برای اجتناب از هزینه های چانه زنی در اولین مرحله از بازی به توافق برسند، خریدار که پیشنهاد دهنده اول است، می‌باید پیشنهادی را ارائه کند که کمتر از مقداری که فروشنده در مرحله دوم می‌تواند بدست آورد، نباشد. بنابراین خریدار در اولین مرحله از بازی پیشنهاد  $P_1^B = \delta_s \times 1$  را ارائه می‌کند.  $\delta_i$  عامل تنزیل نامیده می‌شود که برای تبدیل ارزش مرحله بعد به زمان حال استفاده شده

و این چنین تعریف می‌شود:  $\delta_i = \frac{1}{1+r_i}$  که در آن  $r_i$  نرخ بازگشت و یا ترجیح زمانی برای بازیکن  $i$  بوده و  $0 \leq \delta_i \leq 1$  است.  $\delta_i$  بزرگ‌تر به معنای صبر بیشتر بازیکنان و در نتیجه بیشتر بودن قدرت چانه زنی آنها است. با این پیشنهاد فروشنده هر آنچه قرار است در مرحله دوم بدست آورد، در این مرحله بدست می‌آورد. پیامد بازیکنان در این حالت برابر است با:

$$u_s(P_1^B) = \delta_s \quad (9)$$

$$u_B(P_1^B) = 1 - P_1^B = 1 - \delta_s \geq 0 \quad (10)$$

جمع پیامد بازیکنان در صورت توافق در مرحله اول، برابر است با:

$$u_s(P_1^B) + u_B(P_1^B) = \delta_s + 1 - \delta_s = 1 \quad (11)$$

و ارزش فعلی پیامد توافق بازیکنان در مرحله دوم برابر است با:

$$\delta_s u_s(P_1^s) + \delta_b u_B(P_1^s) = \delta_s \quad (12)$$

با مقایسه دو مرحله، رسیدن به توافق در مرحله اول برای هر دو بازیکن سودمند است.

## ۷- مدل چانه‌زنی با دوره‌های نامحدود

در عمل تعداد مراحل چانه زنی می‌تواند نامحدود باشد. در این حالت هزینه چانه زنی بسیار مهم بوده و بازیکنان ترجیح می‌دهند که در همان مرحله اول میزان سهمشان از مازاد مشخص شود تا با اجتناب از هزینه های چانه زنی، یا به توافق برسند و یا از ادامه چانه زنی خودداری کنند.

فرض می‌شود مقداری مازاد وجود دارد که به عدد یک نرمالیزه شده و چانه زنی بین دو بازیکن با ارائه پیشنهاد از طرف بازیکن اول آغاز شده و تا پذیرفته شدن یک پیشنهاد این روند ادامه می‌یابد. با در نظر گرفتن پیامدهای بازیکن اول و دوم در بین ترکیب های مختلف استراتژی، حداکثر و حداقل پیامدها برای بازیکن اول به ترتیب  $M_1$  و  $m_1$  و برای بازیکن دوم  $M_2$  و  $m_2$  فرض می‌شود. در طول فرایند چانه‌زنی هر بازیکن نسبت به مقادیر حداکثر و حداقل پیامدهای بازیکن دیگر آگاه است. بنابراین هر بازیکن می‌داند اگر پیشنهاد او منصفانه نباشد، بازیکن دیگر آن را رد کرده، چانه زنی به مرحله بعد منتقل می‌شود و از این رو هزینه چانه زنی از پیامد بازیکنان خواهد کاست. قطعاً برای اجتناب از هزینه‌های چانه‌زنی، بهترین شرایط رسیدن به توافق در نخستین مرحله از چانه‌زنی است. بازیکن اول نخستین پیشنهاد را ارائه می‌کند و می‌داند که بازیکن دوم در صورت رد پیشنهاد او می‌تواند در مرحله دوم به حداکثر مقدار  $M_2$  و کمترین مقدار  $m_2$  دست یابد. بنابراین در صورتی که بازیکن اول خواهان پذیرش پیشنهادش می‌باشد، باید پیشنهادی بین ارزش فعلی حداکثر و حداقل آنچه بازیکن دوم در مرحله دوم می‌تواند بدست می‌آورد به او ارائه کند.

این مقادیر به ترتیب برابرند با  $PV_{M_1} = \delta_1 M_1$  و  $PV_{m_1} = \delta_1 m_1$ . در این حالت حداکثر و حداقل پیامد بازیکن اول برابر است با:

$$M_1 \leq 1 - \delta_1 m_2 \quad (13)$$

$$m_1 \geq 1 - \delta_1 M_2 \quad (14)$$

اگر بازیکن دوم پیشنهاد بازیکن اول را رد کند، پیشنهاد جدیدی ارائه می‌کند. در این مرحله بازیکن دوم نسبت به حداکثر و حداقل آنچه بازیکن اول در مرحله سوم می‌تواند به دست آورد آگاه است. بنابراین پیشنهاد معقول بازیکن دوم به بازیکن اول باید بین مقادیر  $PV_{M_2} = \delta_2 M_2$  و  $PV_{m_2} = \delta_2 m_2$  باشد. در این حالت حداکثر و حداقل پیامد بازیکن دوم برابر است با:

$$M_2 \leq 1 - \delta_2 m_1 \quad (15)$$

$$m_2 \geq 1 - \delta_2 M_1 \quad (16)$$

با ضرب  $(-\delta_1)$  به معادلات ۱۵ و ۱۶ و مقایسه آنها با معادلات ۱۳ و ۱۴ خواهیم داشت:

$$M_1 \leq 1 - \delta_1 m_2 \leq 1 - \delta_1 + \delta_1 \delta_2 M_2 \quad (17)$$

$$m_1 \geq 1 - \delta_1 M_2 \geq 1 - \delta_1 + \delta_1 \delta_2 m_2 \quad (18)$$

با حل معادلات ۱۷ و ۱۸، نتیجه برای بازیکن اول برابر است با:

$$M_1 = m_1 = \frac{1 - \delta_2}{1 - \delta_1 \delta_2} \quad (19)$$

و برای بازیکن دوم:

$$M_2 = m_2 = 1 - \frac{1 - \delta_2}{1 - \delta_1 \delta_2} = \frac{\delta_2(1 - \delta_1)}{1 - \delta_1 \delta_2} \quad (20)$$

بنابراین در نخستین مرحله از فرایند چانه زنی، بازیکن اول که شروع کننده بازی است، پیشنهاد  $s_1 = \frac{\delta_2(1 - \delta_1)}{1 - \delta_1 \delta_2}$  را به بازیکن دوم ارائه می‌کند که برای او قابل قبول است و سهم خود او از مازاد برابر  $s_1 = \frac{1 - \delta_2}{1 - \delta_1 \delta_2}$  خواهد بود.

#### ۸- تخصیص کمی ریسک با روش نظریه بازی‌های همکارانه- چانه زنی

در این تحقیق مدل پیشنهادی بر پایه روش نظریه بازی های همکارانه- چانه‌زنی، برای تخصیص کمی ریسک تورم در یک پروژه احداث خط لوله انتقال نفت استفاده شده است. ریسک تورم یکی از مهمترین ریسک های شناسایی شده و قابل تقسیم بین طرف های قرارداد در این پروژه است. شکل (۲)، فرایند تخصیص کمی ریسک در مدل پیشنهادی را ارائه می‌کند.

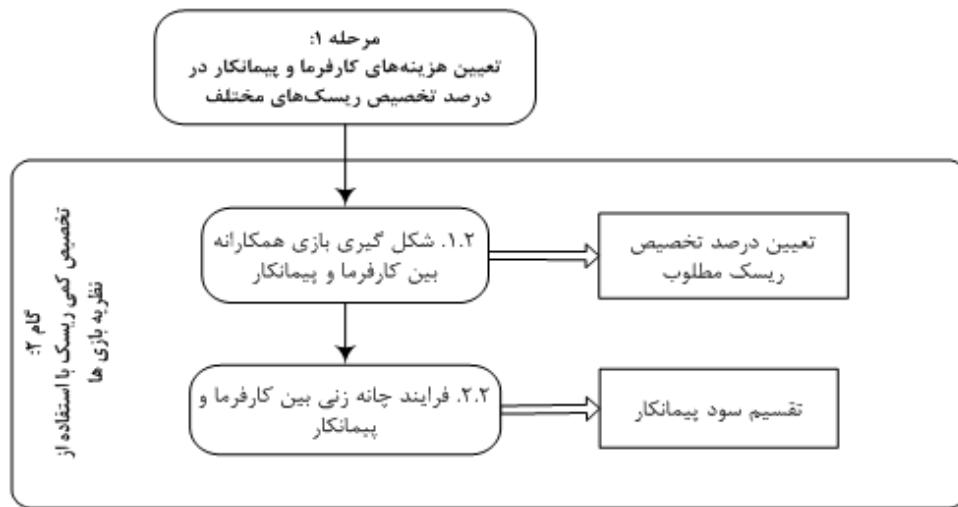
#### ۹- تخصیص کمی ریسک با روش پویایی سیستم و تعیین ورودهای مورد نیاز برای بازی همکارانه چانه‌زنی

به منظور تخصیص کمی ریسک با استفاده از مدل بازی همکارانه- چانه‌زنی، می‌بایست ابتدا هزینه های دو عامل کارفرما و پیمانکار در درصدهای مختلف تخصیص ریسک تعیین گردد. برای این منظور از نتایج یکی از تحقیقات انجام شده قبلی در زمینه تخصیص کمی ریسک که با روش پویایی سیستم انجام شده، استفاده گردیده است [۲].

مدل پویایی سیستم توسعه داده شده در تحقیق انجام شده قبلی، بر روی یک پروژه احداث خط لوله نفت به طول ۱۵۰ کیلومتر پیاده شده است. پیش بینی مدت تکمیل این پروژه ۹۴۰ روز و میزان حق الزحمه پرداختی به پیمانکار احداث خط لوله ۶۵۰ دلار بازای هر کیلومتر بوده است. در این پروژه نمونه، تحلیل هزینه ها و تخصیص کمی ریسک برای ریسک تورم به عنوان یکی از مهم ترین ریسک های تاثیرگذار و قابل تقسیم بین کارفرما و پیمانکار، انجام شده است.

همانطور که در جدول (۱) دیده می‌شود، در درصدهای تخصیص ریسک بالا به کارفرما، هزینه های این عامل به دلیل پذیرش اکثریت مسئولیت ناشی از ریسک تورم افزایش می‌یابد. در درصدهای تخصیص ریسک پایین به کارفرما نیز هزینه کارفرما افزایش خواهد یافت. چرا که در این حالت اگرچه اکثریت مسئولیت ریسک به پیمانکار منتقل شده اما به دلیل این تخصیص ریسک یکجانبه، پیمانکار با سیاست‌های تدافعی سعی در جبران هزینه داشته و هزینه‌های کارفرما به صورت غیرمستقیم افزایش می‌یابد.





شکل ۲: فرایند تخصیص کمی ریسک در مدل پیشنهادی

جدول ۱: هزینه‌های کارفرما و پیمانکار در درصدهای تخصیص ریسک مختلف (دلار)

جمع هزینه‌های کارفرما و پیمانکار	هزینه‌های پیمانکار	هزینه‌های کارفرما	ریسک تخصیصی به کارفرما
243516000	121344000	122172000	%0
241810000	120133000	121677000	%5
237838000	118615000	119223000	%10
236935000	117828000	119107000	%15
235824000	116821000	119003000	%20
232327000	115217000	117110000	%25
231402000	114294000	117108000	%30
229707000	113027000	116680000	%35
228613000	111973000	116640000	%40
226896000	110824000	116072000	%45
225718000	109496000	116222000	%50
225630000	108408000	117222000	%55
224399000	107133000	117266000	%60
224147000	106006000	118141000	%65
223447000	104828000	118619000	%70
222402000	103601000	118801000	%75
221515000	102334000	119181000	%80
221047000	101171000	119876000	%85
220198100	99959100	120239000	%90
219730400	98768400	120962000	%95
219178000	97552000	121626000	%100

همانطور که دیده می‌شود در درصد تخصیص ریسک ۴۵ درصد برای کارفرما، این دو هزینه به تعادل رسیده و حداقل هزینه کارفرما اتفاق افتاده است. با حرکت از درصد تخصیص ریسک صفر درصد به سمت درصد تخصیص ریسک صد درصد، به دلیل افزایش در میزان مسئولیت در قبال پیامدهای ناشی از ریسک تورم، هزینه‌های پیمانکار به صورت خطی افزایش می‌یابد. تابع هدف تخصیص کمی ریسک در این مدل کمینه کردن هزینه‌های کارفرماست. بنابراین ریسک تخصیصی به کارفرما  $R_O = 45\%$  و به پیمانکار  $R_C = 55\%$  است.

## ۱۰- شکل گیری بازی همکارانه بین کارفرما و پیمانکار و تعیین درصد تخصیص ریسک مطلوب

تابع هدفی که در تحقیق انجام شده قبلی با روش پویایی سیستم در نظر گرفته شده، بر اساس حداقل کردن هزینه های کارفرما است. بنابراین این تخصیص ریسک تنها خواسته های کارفرما را برآورده نموده و منافع پیمانکار را در نظر نمی گیرد. برای غلبه بر این مشکل، در این تحقیق مدل تخصیص ریسک با روش بازی های همکارانه - چانه زنی پیشنهاد شده است. همان طور که در جدول (۱) مشاهده می شود، بهترین درصد تخصیص ریسک برای رسیدن به تخصیص ریسک منصفانه، بی طرفانه و در نتیجه مطلوب برای کارفرما و پیمانکار، نقطه ای است که در آن درصد ریسک تخصیصی به کارفرما ۱۰۰ درصد و به پیمانکار صفر درصد است. زیرا در این درصد تخصیص ریسک، مجموع هزینه های کارفرما و پیمانکار و در نتیجه هزینه های اجرای پروژه با در نظر داشتن ریسک تورم، حداقل است. البته کاهش در مجموع هزینه ها و یا افزایش مجموع منافع، به معنای افزایش توان منافع کارفرما و پیمانکار نیست. در این خصوص پیمانکار و کارفرما در صورتی تخصیص ریسک قبلی (۴۵ درصد به کارفرما و ۵۵ درصد به پیمانکار) را نادیده می گیرند که از کاهش هزینه هایشان در درصد تخصیص ریسک جدید (۱۰۰ درصد به کارفرما و صفر درصد به پیمانکار) اطمینان داشته باشند. جدول (۲) نشان می دهد که تخصیص ریسک جدید برای پیمانکار سودمند است. از سوی دیگر و بر اساس جدول (۳)، این درصد تخصیص ریسک، هزینه بیشتری را به کارفرما تحمیل می کند.

جدول ۲: مقایسه هزینه های پیمانکار در دو رویکرد تخصیص ریسک

ریسک تخصیصی به پیمانکار (%)	هزینه پیمانکار (\$)
۰	۹۷۵۵۲۰۰۰
۵۵	۱۱۰۸۲۴۰۰۰

بدون شک پیمانکار این تخصیص ریسک را ترجیح می دهد اما کارفرما در صورتی این تخصیص ریسک را خواهد پذیرفت که هزینه های او نسبت به حالت قبل کمتر شود. در حقیقت کارفرما به این نکته واقف است که در تخصیص ریسک جدید منافع وجود دارد اما باید شرایط به گونه ای مهیا شود تا منافع هر دو عامل پیمانکار و کارفرما همزمان افزایش یابد. پیمانکار به کارفرما این پیشنهاد را ارائه می کند تا با شرکت در یک بازی همکارانه، درصد تخصیص ریسک جدید (۱۰۰ درصد به کارفرما و صفر درصد به پیمانکار) را بپذیرد، اما برای جبران هزینه هایش، در سودی که نصیب پیمانکار می شود شراکت داشته باشد. کارفرما با پذیرش این پیشنهاد برای تعیین سهمش از میزان سود، با پیمانکار وارد چانه زنی می شود.

جدول ۳: مقایسه هزینه های کارفرما در دو رویکرد تخصیص ریسک

ریسک تخصیصی به کارفرما (%)	هزینه کارفرما (\$)
۴۵	۱۱۶۰۷۲۰۰۰
۱۰۰	۱۲۱۶۲۶۰۰۰

۱۱- فرایند چانه زنی بین کارفرما و پیمانکار و تقسیم سود پیمانکار ( $C_s$ )

هنگام انعقاد قرارداد، کارفرما دارای قدرت چانه زنی بالاتری است. در این مدل، ارائه نخستین پیشنهاد دارای مزیت هایی است [۲۷]. قاعدتا کارفرما نخستین پیشنهاد را ارائه می کند. میزان سود پیمانکار برابر است با:

$$C_s = C_{C_{200}} - C_{C_{20}} = 13272000 \text{ \$} \quad (21)$$

برای تعیین سهم کارفرما و پیمانکار، ارزش زمان برای هر دو عامل کارفرما و پیمانکار باید تعیین شود. بدین منظور این فرضیات در نظر گرفته می شود:  $r_o = 10\%$  و  $r_c = 20\%$  که به ترتیب نشان دهنده ارزش زمان برای کارفرما و پیمانکار است. تفاوت در ارزش زمانی بازیکنان به دلیل بیشتر بودن قدرت چانه زنی کارفرما است. عامل تنزیل برای کارفرما و پیمانکار به ترتیب برابر است با:

$$\delta_o = \frac{1}{1+r_o} = \frac{1}{1+0.1} = 0.91 \quad (22)$$

$$\delta_c = \frac{1}{1+r_c} = \frac{1}{1+0.2} = 0.833 \quad (23)$$

با دادن این داده های ورودی به معادلات ۱۹ و ۲۰، نتایج زیر حاصل می شود:

$$S_o = \frac{(1-\delta_c) \times C_s}{(1-\delta_o \delta_c)} \quad (24)$$

$$S_o = 0.69 \times 13272000 = 9157680 \text{ \$} \quad (25)$$

$$S_c = \frac{\delta_c(1-\delta_o) \times C_s}{1-\delta_o \delta_c} \quad (26)$$

$$S_c = 0.31 \times 13272000 = 4114320 \text{ \$} \quad (27)$$

$S_o$  و  $S_c$  به ترتیب سهم کارفرما و پیمانکار از میزان سود پیمانکار است. پس از پایان چانه زنی، هزینه کارفرما در تخصیص ریسک ۱۰۰ درصد برابر است با:

$$C_o = C_{o_{2100}} - S_o \quad (28)$$

$$C_o = 121626000 - 9157680 = 112468320 \text{ \$} \quad (29)$$

همچنین هزینه پیمانکار در تخصیص ریسک صفر درصد برابر است با:

$$C_c = C_{c_{20}} + S_c \quad (30)$$

$$C_c = 97552000 + 4114320 = 101666320 \text{ \$} \quad (31)$$

جداول شماره ۴ و ۵، هزینه های کارفرما و پیمانکار را در تخصیص ریسک به روش های پویایی سیستم و نظریه بازی ها به صورت مقایسه ای نشان می دهد. با مشاهده این جداول دیده می شود که هزینه های کارفرما و پیمانکار در روش نظریه بازی های پیشنهادی در مقایسه با روش پویایی سیستم کاهش یافته است. در فرایند چانه زنی هر آنچه از مازاد سود نصیب پیمانکار شود، هزینه این عامل نسبت به حالت قبل کاهش می یابد. اما این درصد تخصیص ریسک تنها در صورتی برای کارفرما سودمند است که حداقل ۱.۸۵٪ از سود مازاد نصیب او شود.

در این پروژه، درصد ریسک تخصیصی به کارفرما ۱۰۰ درصد و به پیمانکار صفر درصد است و پیمانکار متعهد می شود مبلغ ۹۱۵۷۶۸۰ دلار به کارفرما پرداخت نماید.

جدول ۴: مقایسه هزینه های کارفرما در تخصیص ریسک به روش های پویایی سیستم و نظریه بازی ها

هزینه کارفرما (\$)	ریسک تخصیصی به کارفرما (%)	مرحله تخصیص	روش تخصیص کمی ریسک
۱۱۶۰۷۲۰۰۰	۴۵	-	روش پویایی سیستم
۱۲۱۶۲۶۰۰۰	۱۰۰	شکل گیری بازی همکارانه	
۱۱۲۴۶۸۳۲۰	۱۰۰	پس از فرایند چانه زنی و تقسیم سود مازاد	روش نظریه بازی ها

جدول ۵: مقایسه هزینه های پیمانکار در تخصیص ریسک به روش های پویایی سیستم و نظریه بازی ها

هزینه پیمانکار (\$)	ریسک تخصیصی به پیمانکار (%)	مرحله تخصیص	روش تخصیص کمی ریسک
110824000	55	-	روش پویایی سیستم
97552000	0	شکل گیری بازی همکارانه	
106709680	0	پس از فرایند چانه زنی و تقسیم سود مازاد	روش نظریه بازی ها

## ۱۲- نتیجه گیری

تخصیص یکجانبه ریسک که در آن کارفرما به دنبال واگذاری مسئولیت تمامی ریسک ها به پیمانکار است، سبب اتخاذ سیاست های تدافعی از سوی پیمانکار نظیر کاهش کیفیت، افزایش ادعاها و طراحی محافظه کارانه می گردد که موجب افزایش زمان و هزینه اجرای پروژه خواهد شد. تخصیص کمی ریسک برای غلبه بر مشکل تخصیص یکجانبه ریسک توسعه داده شده که در آن سهم هر یک از دو عامل کارفرما و پیمانکار از ریسک های قابل تقسیم تعیین می شود. در این تحقیق از نظریه بازی ها که فضای واقعی موجود در فضای مذاکره برای تخصیص کمی ریسک را مدل سازی می کند، برای تعیین درصد مطلوب تخصیص ریسک استفاده گردیده است. مدل بازی همکارانه-چانه زنی ارائه شده، علایق و منافع کارفرما و پیمانکار را در نظر گرفته و طرفین قرارداد را به نقطه ای منحصر بفرد می رساند که مطلوبیت تمام این عوامل در آن وجود دارد. به منظور تخصیص کمی ریسک با استفاده از این روش، می بایست ابتدا هزینه های دو عامل کارفرما و پیمانکار در درصدهای مخ تلف تخصیص ریسک تعیین گردد. برای این منظور از نتایج یکی از تحقیقات انجام شده قبلی در زمینه تخصیص کمی ریسک که با روش پویایی سیستم انجام شده، استفاده گردیده است. همکاری کارفرما و پیمانکار در درصد تخصیص ریسکی شکل می گیرد که در آن مجموع هزینه های کارفرما و پیمانکار و در نتیجه هزینه های اجرای پروژه با در نظر داشتن ریسک تورم، حداقل است. مرحله چانه زنی، تکمیل کننده فرایند تخصیص کمی ریسک و مشخص کننده سهم هر یک از دو عامل کارفرما و پیمانکار از سودی است که با همکاری بین این دو عامل، نصیب پیمانکار شده است.

برای نشان دادن قابلیت‌های مدل پیشنهادی، درصد تخصیص ریسک بین کارفرما و پیمانکار، برای ریسک تورم در یک پروژه نمونه تعیین گردیده است. ریسک تخصیص یافته به کارفرما ۱۰۰ درصد تعیین می‌شود که در آن هزینه هر دو عامل کارفرما و پیمانکار در مقایسه با روش پویایی سیستم کاهش می‌یابد. مدل بازی همکارانه - چانه زنی برای تخصیص کمی ریسک، روشی را ارائه می‌کند که معیار مطلوبیت نظیر کارایی و بی طرفی را برآورده می‌کند.

### ۱۳- مراجع

- [1] عبدلی، قهرمان، نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن، تهران، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.
- [2] رضایی، مهدی، تخصیص بهینه کمی ریسک با استفاده از رویکرد پویایی سیستم، کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۸۹.
- [3] Nasirzade, F., Afshar, A., and Khanzadi, M), 2008", *Dynamic risk analysis in construction projects*, "Can. J. Civ. Eng., pp. 820.
- [4] Project Management Institute PMI, (2008) *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*, Project Management Institute, New town Square.
- [5] Lam, K.C., Wang D., Lee, P.T.K., Tsang, Y.T., (2007" ), *Modelling risk allocation decision in construction contracts*, "Int. J. project management, pp. 485-486.
- [6] Pipattanapiwong, J., (2004)" *Development of Multi-party Risk and Uncertainty Management Process for an Infrastructure Project*, "P.H.D Thesis, Kochi University of Technology, pp. 37.
- [7] Fisk, R. E., 1997", *Construction Project Administration*, "5ed, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- [8] Levitt, R. E., Logcher, R. D., Ashley, D. B., (1980)" *Allocating Risk and Incentive in Construction*, "Journal of the Construction Division.
- [9] Loosemore, M., and McCarthy C. S., (2008)" *Perceptions of Contractual Risk Allocation in Construction Supply Chains*, "Journal of professional issues in engineering education and practice, pp. 95.
- [10] Yamaguchi, H., Uher, T. E., and Runeson, G., (2001)" *RISK allocation in PFI projects*, "Proceedings of 17 th ARCOM Annual Conference. University of Salford, UK.
- [11] Wang, M, T., and Chou, H, Y, (2003)" *Risk allocation and risk handling of highway projects in Taiwan*, "Journal of management in engineering.
- [12] Bing, L., Akintoye, A., Edwards, P.J., Hardcastle, C., (2005)" *The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK*, "International Journal of Project Management.
- [13] Abednego, M. P., Ogunlana, S.O., (2006)" *Good project governance for proper risk allocation in public-private partnerships in Indonesia*, "International Journal of Project Management.
- [14] Ng, A., Loosemore, M., (2007)" *Risk allocation in the private provision of public infrastructure*, "International Journal of Project Management, pp. 69.
- [15] El-Sayegh, S. M., (2008)" *Risk assessment and allocation in the UAE construction industry*, "International Journal of Project Management.
- [16] Medda, F., (2007)" *A game theory approach for the allocation of risks in transport public private partnerships*, "International Journal of Project Management.
- [17] Ping Ho, S., (2006)" *Model for Financial Renegotiation in Public-Private Partnership Projects and Its Policy Implications: Game Theoretic View*, "J. Constr. Eng. Manage., pp. 679.
- [18] Madani, K., (2009)" *Game theory and water resources*, "Journal of Hydrology, pp. 1.
- [19] Binmore, K., Rubinstein, A., and Wolinsky, A. (1986)" *The Nash bargaining solution in economic modelling*, "Rand Journal of Economics., 176-188.
- [20] Nash, J. F. (1950)" *The bargaining problem*, "Econometrica, 155-162.
- [21] Osborne, M. J., and Rubinstein, A. (1998)" *A course in game theory*, "MIT press, Massachusetts, England., 1/352-1/117.
- [22] Perng, Y.H., Chen, S. J., Lu, H. J. (2005)" *Potential benefits for collaborating formwork subcontractors based on co-operative game theory*, "Building and Environment., 244-239/240.
- [23] Parrachino, I., Zara, S., and Patrone, F. (2006)" *Cooperative Game theory and its application to natural, environmental and water resource issues*, "P.3.
- [24] Nash, J. F. (1951)" *Non-cooperative Games*, "Annals of mathematics., 295-286/286.
- [25] Shen, L. Y., Bao, H. J., Wu, Y. Z., and Lu, W. S., (2007)" *Using Bargaining-Game Theory for Negotiating Concession Period for BOT-Type Contract*, "J. Constr. Eng. Manage., pp. 387.

- 
- [26] Harsanyi, J., (1956) "Approaches to the bargaining problem before and after the theory of the games: A critical discussion of Zeuthen's, Hick's, and Nash's theories", *Econometrica*.
- [27] Kalai, E., Smorodinsky, M. (1975) "Other Solutions to Nash's Bargaining problem", *Econometrica*, 513-518.
- [28] Rubinstein, A., (1982) "Perfect equilibrium in a bargaining model", *Econometrica*, 97-109.
- [29] Fishburn, P.C., Rubinstein, A., (1982) "Time preference", *International economic review*, 694-677.