



ارائه ی مدلی ترکیبی جهت ارزیابی ریسک های یک پروژه ی B.O.T

لیلا فضلی

دانش آموخته ی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

E-Mail: leyla.fazli@yahoo.com Email

علیرضا عیدی (نویسنده مسؤل)

استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۵ * تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۲

چکیده

در سراسر جهان B.O.T به عنوان روشی برای جذب بخش خصوصی در پروژه هایی که دچار کمبود منابع، عدم دسترسی به فناوری لازم و ... هستند، گسترش روزافزونی داشته است. شکست در چنین پروژه هایی هزینه های سنگین اقتصادی و اجتماعی را به تمامی طرف های قرارداد تحمیل خواهد کرد. بنابراین همچنان که T.B.O کنترل دولت را بر تأسیسات حفظ خواهد نمود، اما در عین حال عدم وجود شناخت کافی از محیط اجرای پروژه، می تواند ریسک بالایی برای سازمان پروژه به همراه داشته باشد. بر این اساس شناسایی و مدیریت ریسک، لازمه ی موفقیت پروژه های B.O.T می باشد. بنابراین در این مطالعه، یک مدل ارزیابی بر پایه ی تکنیک های: پروفایل کارایی ورودی بهبود یافته - تاکسونومی عددی، آنالیز اجزای اصلی بهبود یافته، بازی دو نفره با مجموع صفر - UTASTAR و کپلند به منظور ارزیابی ریسک های موجود در یک پروژه ی B.O.T پیشنهاد می گردد. همچنین به منظور بررسی عملکرد مدل پیشنهادی، یک مثال عددی به همراه تحلیل نتایج و اعتبارسنجی آن ارائه می گردد.

کلمات کلیدی: پروژه ی B.O.T، شناسایی و مدیریت ریسک، ارزیابی ریسک.

۱- مقدمه

تداوم رشد اقتصادی ایران، همانند دیگر کشورهای در حال توسعه، نیازمند ایجاد توسعه‌ی تأسیسات زیربنایی کشور است. به همین علت در برنامه‌ی توسعه‌ی اقتصادی کشور، سرمایه‌گذاری زیادی بر روی زیربناها انجام گرفته است. اما در این راه گلوگاه‌هایی مانع ساخت و گسترش این تسهیلات می‌شود. کمبود بودجه‌ی دولتی و عدم دسترسی به تکنولوژی روز عمده‌ی این موانع است که این مهم را به تعویق می‌اندازد. دولت‌ها از جمله ایران برای رفع این مشکلات رو به بخش خصوصی آورده‌اند و آنها را برای حضور در پروژه‌های کلان ملی که قبلاً در انحصار دولت بوده است، دعوت کرده‌اند.

یکی از متداول‌ترین و مؤفقیت‌آمیزترین تکنیک‌های مشارکت بخش خصوصی در پروژه‌های عمومی، B.O.T^۱ است. این روش از اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰ یعنی هنگامی که ترکیه إعطای امتیاز چند نیروگاه را به مناقصه گذاشت متداول شد و هم اکنون در کشورهای در حال توسعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلایل عمده استفاده از B.O.T تحت عناوین: خصوصی‌سازی، جذب سرمایه‌گذاری خارجی، جذب تکنولوژی و بهره‌مند شدن از یک مدیریت کارآمد مطرح می‌باشد.

در فرآیند اجرای B.O.T بعد از درخواست رسمی دولت یا عوامل او برای توسعه و احداث پروژه به این روش، ابتدا کنسرسیومی از متولیان بخش خصوصی به منظور بررسی اسناد مناقصه، امکان‌سنجی پروژه و ارائه‌ی پیشنهاد جهت شرکت در مناقصه تشکیل می‌شود. در مرحله‌ی بعد، سرمایه‌گذاران انتخاب شده برای انجام پروژه، اقدام به تأسیس یک شرکت با عنوان شرکت پروژه می‌کنند. این شرکت که در بعضی کشورها صاحب امتیاز B.O.T محسوب می‌شود، با سرمایه‌ی متولیان پروژه تشکیل می‌گردد و مسؤولیت طراحی و اجرای پروژه را داشته و برای مدت مشخصی از آن تأسیسات بهره‌بردار می‌نماید، پس از اتمام مدت قرارداد تأسیسات موجود را به دولت میزبان منتقل می‌کند. در اکثر حالت‌ها، شرکت پروژه قسمتی یا تمام هزینه‌ی مالی جهت ساخت و بهره‌برداری را برعهده می‌گیرد، لذا طول دوره‌ی بهره‌برداری باید برای برگشت سرمایه‌ای که شرکت پروژه در این راه خرج می‌کند کافی باشد. در پایان دوره، دولت میزبان می‌تواند حق بهره‌برداری را بپذیرد یا برای إعطای حق بهره‌برداری، با صاحب امتیاز خصوصی قبلی پیمان ببندد یا آن را تحت یک پیمان به یک بخش خصوصی جدید إعطا کند. این شرکت علاوه بر تهیه‌ی وام لازم برای تأمین مالی پروژه، افزون بر سرمایه‌ی مؤسسان، اقدام به انعقاد توافق‌نامه‌های لازم با دولت میزبان، پیمانکار اجرایی، پیمانکار تأمین‌کننده‌ی تجهیزات، شرکت بهره‌بردار و دیگر شخصیت‌های حقوقی می‌کند. قابل ذکر است که دولت، باز پرداخت هیچ وامی را از طرف سرمایه‌گذاران پروژه تضمین نمی‌کند و با توجه به اینکه سرمایه‌گذاری، به طور مستقیم از بودجه دولتی نمی‌باشد، فشار ناشی از استقراض برای دولت کاهش می‌یابد و علاوه بر آن ریسک‌های مربوط به ساخت و تکنولوژی‌های جدید به‌کار برده شده نیز به بخش خصوصی منتقل می‌شود. همچنین دولت، در هر دو زمان ساخت پروژه و بهره‌برداری از آن منافع بسیاری را از تجربه‌های بخش خصوصی به دست می‌آورد (Saeed Jabal Ameli, Haddad, & Haji Agha Bozorgi, 2010).

یکی از دلایل اصلی جذابیت طرح‌های B.O.T برای دولت‌هایی که تحت فشار مالی قرار دارند، شروع تقریباً بدون هزینه این طرح‌ها است. هر چند برای اجرای این‌گونه قراردادها لازم است دولت‌های میزبان تعهدات مالی قابل‌توجهی را در افق زمانی بلند مدت قبول نمایند (David, 1996). وجه بسیار مهم دیگر این سیستم انتقال فناوری است، به طوری که اگر به موقع توسط دولت میزبان در موافقت‌نامه‌ها و قراردادها گنجانده شود، در تربیت و آموزش مدیران، تکنسین‌ها و کارگران کشور مؤثر خواهد بود (Khanzadi, 2006). همچنین انتقال ریسک به بخش خصوصی و مسؤولیت بخش خصوصی در قبال هماهنگی‌های لازم از دیگر مشخصه‌های سیستم B.O.T است. لیکن خصوصیات سیستم B.O.T باعث می‌گردد که پروژه‌های برنامه‌ریزی شده با این سیستم با ریسک‌های زیادی همراه باشند که عدم مدیریت صحیح آنها، دست‌یابی به اهداف پروژه را مشکل و گاه غیر ممکن می‌کند. بر این اساس شناسایی و مدیریت ریسک، لازمه‌ی مؤفقیت طرح‌های B.O.T می‌باشد.

¹ Build - Operate - Transfer

بنابر فرآیند مدیریت ریسک بر اساس استاندارد PMBOK^۲ (2000)، خروجی مرحله ی ارزیابی ریسک به عنوان ورودی مرحله ی برنامه ریزی و پاسخ گویی به ریسک عمل می کند؛ به همین جهت ارزیابی ریسک های پروژه های B.O.T از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. اما تاکنون کارهای زیادی بر روی مسأله ی ارزیابی ریسک های یک پروژه ی B.O.T انجام نگردیده است. از اینرو در این پژوهش یک مدل تلفیقی به منظور ارزیابی و اولویت بندی ریسک های یک پروژه ی B.O.T پیشنهاد می گردد. در ادامه برخی تحقیقات صورت گرفته در این حوزه ارائه می گردد.

David (1996) به منظور به دست آوردن ارزش ریسک های یک پروژه ی B.O.T، هزینه تولید مورد انتظار برای سود سرمایه گذار و میزبان را با استفاده از یک روش آماری توسعه داد. Feng & Kang (1999) یک مدل سنجش و ارزیابی ریسک در محیط احتمالی را بر اساس تصمیم گیری چند شاخصه^۳ و تئوری مطلوبیت^۴ ارائه نمودند. این مدل می تواند برای سنجش ریسک، رتبه بندی ریسک و یافتن وقوع ریسک بحرانی استفاده گردد. Feng & Kang (2000)، Feng, Kang, & Tzeng (2002) و Feng & Kang (2009) از تئوری مطلوبیت چند شاخصه^۵ برای ارزیابی ریسک های قراردادهای امتیازی B.O.T بهره گرفتند. در سال ۲۰۰۲ توسط Zayed & Chang یک مدل ارزیابی که فراهم می کند روشی منطقی، قابل اعتماد و سازگار برای ارزیابی ریسک ها معرفی گردید. مدل پیشنهادی یک شاخص ریسک B.O.T را معرفی می نماید و از دو روش مدل سازی مختلف در ساخت این شاخص استفاده می کند: یک مدل توسعه یافته جدید و یک مدل Dias & Ioannou تطبیق داده شده. Ebrahimnejad, Mousavi, & Mojtahedi (2008) یک مدل فازی برای ارزیابی ریسک پروژه های B.O.T در یک نیروگاه ایرانی ارائه نمودند. آنها برای ارزیابی ریسک ها از تکنیک لین مپ فازی^۶ بهره گرفتند. Kang, Feng, & Khan (2005) یک مدل برنامه ریزی چند هدفه پویا^۷ را با استفاده از تابع مطلوبیت^۸ و برنامه ریزی پویا به منظور ایجاد یک مدل ارزیابی ریسک ارائه نمودند. سپس یک الگوریتم تکرار شونده^۹ برای حل مدل توسعه دادند. یک چارچوب ارزیابی احتمال و اثر ریسک بر اساس تکنیک های دلفی^{۱۰} و درخت عیوب فازی^{۱۱} توسط Thomas, Kalidindi, & Ganesh (2006) پیشنهاد گردید. این چارچوب جامع و تحلیلی ارائه شده در پروژه های راه آهن B.O.T کشور هندوستان به کار گرفته می شود. Li & Zou (2008) توسعه یک چارچوب شناسایی ریسک از دیدگاه چرخه عمر پروژه و یک چارچوب ارزیابی برای ریسک های مرتبط با پروژه B.O.T را با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی^{۱۲} هدف قرار می دهند. یافته های پژوهش نشان داد که ریسک های مرتبط در پروژه های زیربنایی B.O.T منحصر به فرد هستند و در نتیجه طبقه بندی آنها از دیدگاه چرخه عمر پروژه مفید است و تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهادی برای ارزیابی این ریسک ها مناسب است. همچنین در سال ۲۰۱۰، Ebrahimnejad, Mousavi, & Seyrafiannpour یک رویکرد به منظور رتبه بندی ریسک در پروژه های B.O.T با استفاده از روش تاپسیس فازی^{۱۳} و لین مپ فازی ارائه نمودند. آنها این مدل پیشنهادی را برای شناسایی و ارزیابی ریسک در یک پروژه B.O.T در یک نیروگاه در کشور ایران استفاده نمودند. با استفاده از تکنیک گسترش توسعه کیفی فازی^{۱۴}، Roghianian & Bazleh (2011) به ارزیابی ریسک های پروژه های B.O.T پرداختند. در تحقیقات ارائه شده توسط Askari & Shokrizade (2014) ابتدا ریسک های یک پروژه ی B.O.T شناسایی گردیدند، سپس ریسک های شناسایی شده بر اساس شدت و اثرشان بر اهداف پروژه (زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی و محیط زیست) با دو تکنیک تاپسیس فازی و

² Project Management Body of Knowledge

³ Multiple Attribute Decision Making

⁴ Utility Theory

⁵ Multiple Attribute Utility theory

⁶ Fuzzy Linear Programming Technique for Multidimensional Analysis of Preference

⁷ Dynamic Multiobjective Programming

⁸ Utility Function

⁹ Iterative Algorithm

¹⁰ Delphi

¹¹ Fuzzy Fault Tree

¹² Fuzzy Analytical Hierarchical Process

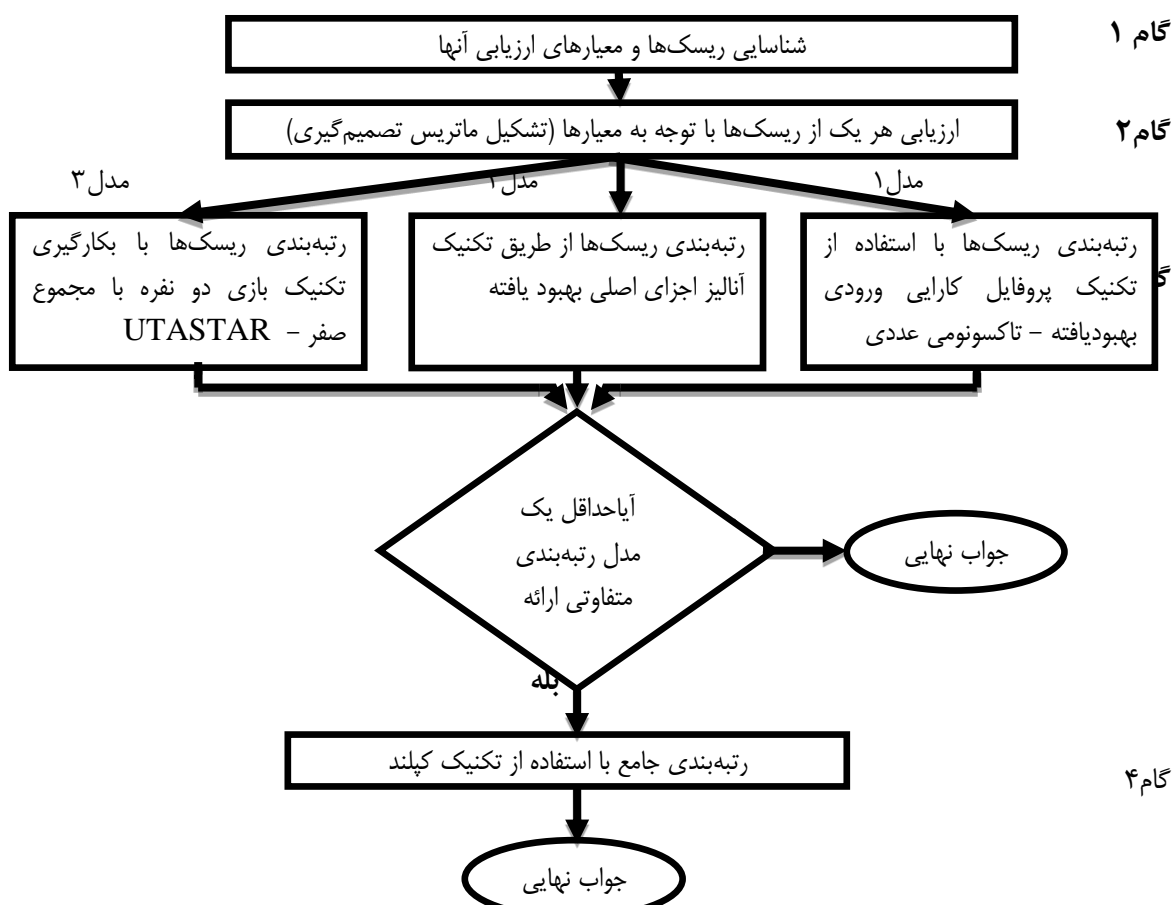
¹³ Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

¹⁴ Fuzzy Quality Function Deployment

مجموع ساده وزین فازی^{۱۵}، رتبه‌بندی گردیدند. در مرحله‌ی بعد نتایج به دست آمده با استفاده از تکنیک گروه اسمی^{۱۶} ادغام می‌گردند. سپس مقادیر وقوع و تشخیص هر ریسک توسط کارشناسان تعیین و در نهایت ریسک‌ها با توجه به عدد اولویت ریسک از مد شکست^{۱۷} و تجزیه و تحلیل اثر^{۱۸} مورد بررسی قرار گرفت. این مقاله مشتمل بر ۵ بخش است. در بخش دوم و سوم یک مدل تلفیقی به منظور ارزیابی ریسک‌های یک پروژه‌ی B.O.T و یک مثال عددی به همراه تحلیل نتایج و اعتبارسنجی مدل پیشنهادی ارائه می‌گردد. در بخش چهارم به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود. نهایتاً در بخش پنجم مراجع بیان می‌گردد.

۲- مواد و روشها

در این پژوهش یک مدل تلفیقی به منظور ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های یک پروژه‌ی B.O.T پیشنهاد می‌گردد. روند مدل پیشنهادی به صورت بصری در شکل (۱) ارائه می‌گردد. در زیر به تشریح هر یک از مدل‌های استفاده شده در این مدل پرداخته می‌شود.



شکل شماره (۲): روند مدل پیشنهادی

مدل (۱) (تکنیک پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته - تاکسونومی عددی^{۱۹}): با آنکه هر یک از روش‌های سنجش کارایی مزایا و معایب خاص خود را دارند، لکن تکنیک تحلیل پوششی داده^{۲۰} و مشتقات آن با عنایت بر ویژگی‌ها و مزایای خاصشان از

¹⁵ Fuzzy simple-additive-weighting

¹⁶ Nominal group technique

¹⁷ Failure Mode

¹⁸ Effect Analysis

¹⁸ Improved Input Efficiency Profiling - Numerical Taxonomy

¹⁹ Data Envelopment Analysis

کاربردی‌ترین و مؤفق‌ترین روش‌ها در مقایسه با سایر تکنیک‌های سنجش عملکرد هستند. همچنین متدولوژی تحلیل پوششی داده و مشتقات آن به موجب توسعه و نفوذ چشمگیرش، تاکنون کارکردهای متعددی در حوزه‌های مختلف علوم داشته درحالی است که سایر روش‌های مطرح در حوزه سنجش کارایی این چنین کارکردهای متنوعی را ارائه ننموده‌اند. در نتیجه در این تحقیق با توسعه‌ی مدل پروفایل کارایی ورودی^{۲۱} ارائه شده توسط Tofillis (1996) تکنیک جدید پروفایل کارایی ورودی بهبود یافته -تاکسونومی عددی ارائه و با استفاده از این تکنیک پیشنهادی به رتبه‌بندی ریسک‌ها پرداخته می‌شود.

تکنیک پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته - تاکسونومی عددی: انسان همواره خواستار کارایی بیشتر است و آن را ابزار رسیدن به سود و مطلوبیت بیشتر می‌داند. کارایی مفهومی است که سابقه طولانی در علوم مختلف دارد. کارایی در مفهوم عام آن به معنای درجه و کیفیت رسیدن به مجموعه اهداف مطلوب است. اندازه‌گیری کارایی و روش‌های محاسباتی آن از اواخر قرن بیستم توجه بیشتر اقتصاددانان را برانگیخته است به طوری که در سال ۱۹۷۸ Charnes et al. مدل تحلیل پوششی داده را ارائه نمودند (Kazemi & Nikkha Farkhani, 2010). این مدل به حداکثرسازی نسبت موزون خروجی‌ها (معیارهای خروجی) و ورودی‌ها (معیارهای ورودی) با شرط آنکه همان ضرایب، کارایی سایر بنگاه‌ها را بیشتر از واحد نکند، می‌پردازد. این تکنیک یک مدل برنامه‌ریزی خطی ناپارامتری است که از عمده‌ترین مزایای آن می‌توان به: تمیز گزینه‌های کارا و ناکارا، تعیین نمره‌ی کارایی، مقایسه و الگوبرداری، عدم حساسیت به واحد اندازه‌گیری، قابلیت تعمیم‌پذیری و گسترش بیش از سایر روش‌ها، ارزیابی واقع بینانه‌تر، محاسبات آسان، کاهش خطا، خاصیت جبرانی بودن، انعطاف‌پذیری و برخورداری از قدرت تطبیق-پذیری بالا جهت به کارگیری در مسائل مختلف، ارزیابی عملکرد تمامی گزینه‌ها با بهترین عملکرد ممکن در آن سیستم، ارائه نتایج نسبتاً خوب در هنگام استفاده از نمونه‌های کوچک و ... اشاره نمود (Motameni, 2003; Safari et al., 2010; Arab Mazar, 2012). اما لازم به ذکر است در به کارگیری این مدل سه مشکل زیر می‌تواند رخ می‌دهد: ۱. ضعف قدرت تفکیک ۲. ناتوانی در رتبه‌بندی کامل (قادر به تمایز میان کارایی گزینه‌های دارای کارایی واحد نمی‌باشد) ۳. مدل تحلیل پوششی داده یک معیار شعاعی سنجش کارایی است که فرض می‌کند یک واحد ناکارا جهت کارا شدن باید تمام ورودی‌هایش (خروجی-هایش) را به یک نسبت کاهش (افزایش) دهد یا به عبارتی دیگر، در یک واحد ناکارا تمام ورودی‌ها به یک اندازه ناکارا هستند فرضی غیر واقعی و غیر ضروری است. بنابراین به نظر می‌رسد انتظار اینکه ورودی‌های مختلف دارای کارایی‌های متفاوتی باشند، واقعی‌تر است (Tofillis, 1996; Adila, 2001).

به منظور رفع این مشکلات، در سال ۱۹۹۶ Tofillis تکنیک پروفایل کارایی ورودی را ارائه داد. در این مدل برای هر منبع (ورودی) یک مقدار کارایی با توجه به این که این منبع صرف چه خروجی‌هایی می‌شود، بدست آورد. برای مثال کارایی نسبی منبع i ام از گزینه‌ی k ام (E_{ik}) با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی زیر بدست می‌آید:

$$\text{Max } E_{ik} = \frac{\sum_s u_{isk} y_{sk}}{x_{ik}} \quad (1)$$

$$\text{S.t.: } \frac{\sum_s u_{isk} y_{sj}}{x_{ij}} \leq 1 \quad \forall j \quad (2)$$

$$u_{isk} \geq \varepsilon \quad \forall s (s \in t, s \leq t) \quad (3)$$

s خروجی‌هایی است که ورودی i ام صرف تولید آنها می‌گردد و t کل خروجی‌ها می‌باشد (s زیر مجموعه‌ای از t می‌باشد). ε یک مقدار مثبت بسیار کوچک است. بنابراین، روش پروفایل به حداکثرسازی نسبت موزون خروجی‌ها و هر ورودی با شرط آن که همان ضرایب، کارایی ورودی سایر گزینه‌ها را بیشتر از واحد نکند، می‌پردازد. اکنون با توجه به ورودی موردنظر یک گزینه کارا است اگر $E = 1$.

با به کارگیری این مدل بهبود قابل ملاحظه‌ای در قدرت تشخیص نتایج مدل تحلیل پوششی داده حاصل می‌شود. از سوی دیگر، با ارزیابی استفاده از هر ورودی به تنهایی، قادر به شناسایی بهترین شیوه کار در هر زمینه خواهیم بود کاملاً مشخص است که

²⁰ Input Efficiency Profiling

ممکن است که هیچ گزینه‌ای در همه‌ی زمینه‌ها دارای بهترین شیوه کار نباشد و بنابراین، هر گزینه‌ای اهدافی خواهد داشت که برای رسیدن به آن‌ها فعالیت نماید. بنابراین قادر به شناسایی نقاط قوت و ضعف هر گزینه نیز هستیم. بنابراین مشکل ۱ و ۳ مدل تحلیل پوششی داده در این مدل رفع گردید.

Tofillis تنها بهترین کارایی ورودی (حالت خوش‌بینانه) را در نظر گرفته است به طوری که مدل بالا بهترین کارایی ورودی نسبی را ارائه

می‌دهد. حال اگر مدل بالا را به صورت مینیمم و با محدوده‌ی بیشتر از یک در نظر بگیریم، بدترین کارایی ورودی (حالت بدبینانه) به دست

می‌آید که آنرا با \hat{E} نشان داده می‌دهیم. اکنون با توجه به ورودی مورد نظر یک گزینه ناکارا است اگر $\hat{E}=1$. از آنجایی که هر یک از کارایی‌های ورودی به تنهایی برای رتبه‌بندی کافی نیست با استفاده از میانگین هندسی^{۲۲} این دو نوع کارایی ورودی، یک کارایی ورودی

کلی به صورت زیر معرفی می‌کنیم:

$$\vartheta_{ik} = \sqrt[2]{E_{ik} \times \hat{E}_{ik}} \quad (4)$$

مدل ارائه شده توسط Tofillis تنها بهترین کارایی ورودی را محاسبه می‌کند به طوری که این مدل با توجه به هر ورودی توانایی شناسایی بدترین گزینه را دارد، اما ممکن است نتواند بهترین گزینه را شناسایی کند (قادر به تمایز میان بهترین کارایی ورودی گزینه‌های دارای بهترین کارایی ورودی واحد نمی‌باشد). در واقع با توجه به هر ورودی، گزینه‌هایی که کارا نیستند قابل رتبه‌بندی می‌باشند، اما گزینه‌هایی که کارا می‌باشند قابل رتبه‌بندی نمی‌باشند. در نتیجه این مدل نمی‌تواند رتبه‌بندی جامعی با توجه به هر ورودی ارائه دهد. همچنین بدترین کارایی ورودی ممکن است قادر به شناسایی بدترین گزینه و رتبه‌بندی گزینه‌های ناکارا با توجه به هر ورودی مورد نظر نباشد (قادر به تمایز میان بدترین کارایی ورودی گزینه‌های دارای بدترین کارایی ورودی واحد نمی‌باشد). بنابراین، بر اساس آن نیز نمی‌توان رتبه‌بندی جامعی با توجه به هر ورودی ارائه داد. اما با توجه به هر ورودی، مدل پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته پیشنهادی با بهره‌گیری از هر دو نوع کارایی قادر به شناسایی بهترین و بدترین گزینه است. در نتیجه رتبه‌بندی جامعی را با توجه به هر ورودی ارائه می‌دهد. بنابراین تصمیم‌گیری بهتر و دقیق‌تری ارائه می‌نماید از آنجایی که در این مدل هر دو حالت خوش‌بینانه و بدبینانه در نظر گرفته شده و تنها بر حالت خوش‌بینانه تکیه نگردیده است.

لازم به ذکر است که با وجود همه نقاط قوت مشخص مدل پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته‌ی ارائه شده در بالا و مدل ارائه شده توسط Tofillis، باز هم این مدل‌ها رتبه‌بندی کاملی با توجه به همه‌ی ابعاد ارائه نمی‌کند. Tofillis خود نیز به طور غیرمستقیم به این اشکال اساسی مدل پروفایل این چنین اشاره می‌نماید: مدل پروفایل مطرح شده ممکن است منجر به یک برنده مشخص نشود. سپس جهت رفع این مشکل بیان می‌دارد که هنوز هم قضاوت‌های ارزشی ضروری است. اکنون این سؤال مطرح می‌گردد که اگر بیش از یک گزینه در همه‌ی ابعاد دارای کارایی بیش از شرط تعیین شده بود، چه باید کرد؟ با توجه به این مسأله اساسی، تلفیق تکنیک تاکسونومی عددی با مدل پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته‌ی ارائه شده در بالا جهت رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها پیشنهاد می‌گردد.

تکنیک تاکسونومی عددی اولین بار توسط Adanson در سال ۱۷۶۳ ارائه گردید و بعدها توسط ریاضی‌دانان لهستانی در اوایل نیمه دوم قرن بیستم گسترش پیدا کرد تا اینکه در سال ۱۹۶۸ این روش به عنوان ابزاری جهت سنجش و رتبه‌بندی توسعه یافتگی ملل مختلف توسط پرفسور Hellwing از مدرسه عالی اقتصاد Worclaw در یونسکو مطرح شد. تحلیل تاکسونومی برای طبقه‌بندی‌های مختلف در علوم بکار برده می‌شود و نوع خاص آن تاکسونومی عددی است. تاکسونومی عددی نامی کلی بوده و به روش‌هایی اطلاق می‌شود که موارد مشابه را از موارد غیر مشابه جدا ساخته و به صورت گروه‌های جداگانه عرضه می‌کند. این روش برای طبقه‌بندی موضوعات مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ از جمله در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای، ملی،

²² Geometric Mean

فرهنگی و همچنین بررسی دوگانگی اقتصادی به کار می‌رود که به کمک آن می‌توان اعضای یک مجموعه را بررسی کرده و موارد مشابه یا همگن را از غیر همگن جدا ساخت و در همان حال نیز بقیه‌ی اعضای مجموعه را طبقه‌بندی کرد. از ویژگی‌های این روش می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

الف: روش تاکسونومی به آمارهای سری زمانی نیاز ندارد و با داده‌های مقطعی به راحتی پاسخ می‌دهد.

ب: روش اجرایی به صورتی است که حتی اگر داده‌ها در ابتدا به صورت شاخص نباشند مشکلی ایجاد نمی‌شود زیرا در روند کار داده‌ها استاندارد می‌شوند.

ج: می‌تواند بر اساس تعریف موجود از موضوع مورد بحث شاخص‌ها را به صورت یک شاخص مرکب در جهت هدف مورد نظر ارائه داد. (Monfaredian Sarvestani, 2008, Ch. 3).

بنابراین، الگوریتم تکنیک پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته – تاکسونومی عددی به طور خلاصه به صورت زیر بیان می‌گردد:

۱. تشکیل ماتریس کارایی ورودی (θ): با استفاده از مدل پروفایل کارایی ورودی بهبود یافته، کارایی ورودی هر گزینه حاصل

$$\theta = \begin{bmatrix} \vartheta_{11} & \dots & \vartheta_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vartheta_{n1} & \dots & \vartheta_{nm} \end{bmatrix} \quad \text{می‌گردد.}$$

۲. به کارگیری تکنیک تاکسونومی عددی: اکنون بادر نظر گرفتن ماتریس کارایی ورودی به عنوان ماتریس داده، رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها با استفاده از تکنیک تاکسونومی عددی انجام می‌شود.

مدل ۲ (تکنیک آنالیز اجزای اصلی بهبود یافته^{۲۳}): یکی از مشکلات داده با ابعاد زیاد در این است که در بیشتر مواقع تمام ویژگی‌های داده‌ها برای یافتن دانشی که در آنها نهفته است، مهم و حیاتی نیستند. به همین دلیل در بسیاری از زمینه‌ها کاهش ابعاد داده یکی از مباحث بسیار قابل توجه است. از جمله‌ی این روش‌های کاهش ابعاد داده می‌توان به تکنیک آنالیز اجزای اصلی اشاره کرد که در سال ۱۹۰۱ توسط Pearson ارائه شده است (Amini et al., 2007). آنالیز اجزای اصلی، یک تکنیک مفید آماری است که برای یافتن الگوها در داده‌ها با بعد زیاد کاربرد دارد. به بیان دیگر این تکنیک راهی است برای شناسایی الگوها در مجموعه‌ی داده‌ها و نشان دادن داده‌ها به طریقی که شباهت‌ها و اختلاف‌ها را برجسته نماید. به عبارتی این تکنیک در بردارنده‌ی یک رویه‌ی ریاضی است که تعدادی متغیر همبسته را تبدیل به تعداد کمتری متغیر ناهمبسته (ترکیبات خطی از متغیرهای اولیه همبسته) می‌کند که به آن‌ها مؤلفه‌های اصلی^{۲۴} گفته می‌شود. عدم همبستگی بین مؤلفه‌های اصلی یک ویژگی مفید است، زیرا عدم همبستگی به این معنی است که مؤلفه‌های اصلی جنبه‌های متفاوتی از داده‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند (Marec et al., 2008).

به طور کلی کاربرد عمده‌ی روش تکنیک آنالیز اجزای اصلی عبارت است از: کاهش تعداد متغیرها و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها که در حقیقت همان دسته‌بندی متغیرها است. آنالیز اجزای اصلی از با ارزش‌ترین نتایج کاربرد جبر خطی است که به وفور در کلیه‌ی اشکال تحلیلی از علوم شبکه‌های عصبی تا نمودارهای کامپیوتری استفاده شده است، چرا که یک روش آسان و غیرپارامتریک برای استخراج اطلاعات مرتبط از یک مجموعه داده‌های پیچیده می‌باشد. همچنین به خصوص در شرایطی که ابعاد داده و ترکیب ساختار آنها کاملاً مشخص نیست مفید هستند. به کارگیری همه‌ی عوامل در بررسی‌ها ممکن است نه تنها باعث ایجاد مشکلات فنی مانند هم‌خطی^{۲۵} شود بلکه باعث پیچیدگی مدل و افزایش اشتباهات آماری نیز شود. بنابراین استفاده از تکنیک آنالیز اجزای اصلی راهی برای کاهش این خطاها و از بین بردن هم‌خطی و دسترسی به نتایج بهتر می‌باشد (Mohaddes, 2001).

²³ Improved Principal Component Analysis

²⁴ Principal Component

²⁵ Multicollinearity

تکنیک آنالیز اجزای اصلی در هنگام رتبه‌بندی، دو جنبه از رتبه‌بندی را مد نظر قرار نمی‌دهد: ۱. عملکرد کلی یک گزینه نسبت به همه‌ی متغیرها ۲. عملکرد یک گزینه خاص نسبت به یک متغیر هنگامی که با دیگر گزینه‌های نمونه مقایسه می‌شوند. در نتیجه Premachandra (2001) این تکنیک را اصلاح نمود.

مدل ۳ (تکنیک بازی دو نفره با مجموع صفر^{۲۶} - UTASTAR): در این پژوهش به دنبال آن هستیم با برآورد یک تابع مطلوبیت^{۲۷}، یک سیستم پشتیبانی تصمیم ارائه دهیم. یکی از روش‌هایی که برای برآورد تابع مطلوبیت از آن استفاده می‌شود UTASTAR است. در این روش به رتبه‌بندی اولیه ریسک‌ها نیاز است. بنابراین با استفاده از تکنیک بازی دو نفره با مجموع صفر رتبه‌بندی اولیه‌ی ریسک‌ها صورت می‌گیرد. سپس با استفاده از تکنیک UTASTAR رتبه‌ی نهایی ریسک‌ها و یک تابع مطلوبیت به دست می‌آید. در زیر به تشریح هر یک از این دو تکنیک پرداخته می‌شود.

تکنیک بازی دو نفره با مجموع صفر: نیاز به تحلیل موقعیت‌هایی مانند درگیر شدن دو یا چند طرف درگیر با اهداف گوناگون سبب پیدایش تئوری بازی‌ها^{۲۸} شده است که همراه با روش ریاضی خاص خود شرایط مخصوصه را تبیین می‌کند. تئوری بازی‌ها اساساً طرح تحلیلی ساده‌کننده‌ای است که ما را قادر می‌سازد توجه خویش را بر جنبه‌های تعیین‌کننده موقعیت‌های تعارض آمیز متمرکز کنیم. تئوری بازی‌ها حوزه‌ای از ریاضیات کاربردی است که در بستر علم اقتصاد توسعه یافته و به مطالعه رفتار استراتژیک بین عوامل عقلانی می‌پردازد. رفتار استراتژیک، زمانی بروز می‌کند که مطلوبیت هر عامل، نه فقط به استراتژی انتخاب شده توسط خود فرد بلکه به استراتژی انتخاب شده توسط بازیگران دیگر وابستگی داشته باشد.

در سال ۱۹۲۱ یک ریاضیدان فرانسوی به نام Émile Borel برای نخستین بار به مطالعه‌ی تعدادی از بازی‌های رایج در قمارخانه‌ها پرداخت و تعدادی مقاله در مورد آن‌ها نوشت. او در این مقاله‌ها بر قابل پیش‌بینی بودن نتایج این نوع بازی‌ها به طریق منطقی، تاکید کرده بود. بسیاری از مؤرخین ایجاد تئوری بازی‌ها را نه به او، بلکه به John von Neumann، ریاضی‌دان مجارستانی نسبت داده‌اند (Abdoli, 2008).

یکی از روش‌هایی که علاوه بر تعیین وزن گزینه‌ها به طور همزمان وزن معیارها را نیز تعیین می‌کند، استفاده از تکنیک بازی دو نفره با مجموع صفر برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است. این روش توسط Chen et al. (2006) ارائه شده است که طی آن مسأله‌ی تصمیم‌گیری را از زاویه‌ای متفاوت و به صورت یک بازی دونفره با مجموع صفر فرمول‌بندی می‌کند. بازی دو نفره با مجموع صفر، ساده‌ترین نوع بازی است که تنها در آن دو بازیکن حضور دارند. بازی‌های مجموع صفر بازی‌هایی هستند که ارزش بازی در طی بازی ثابت می‌ماند و کاهش یا افزایش پیدا نمی‌کند. در این بازی‌ها، سود یک بازیکن با زیان بازیکن دیگر همراه است یعنی به ازای هر برنده همواره یک بازنده وجود دارد. در این بازی‌ها همکاری بین بازیکنان ممکن است وجود داشته باشد اما به دلیل رقابت بین بازیکنان عدم همکاری به واقعیت نزدیک‌تر است. بنابراین در این مطالعه عدم همکاری بین بازیکنان در نظر گرفته می‌شود.

تکنیک UTASTAR: برای اتخاذ بهترین تصمیم در تصمیم‌گیری چند معیاره، تکنیک‌های مختلفی وجود دارد. یکی از این تکنیک‌ها، تکنیک UTA^{۲۹} است. تکنیک UTA مجموعه‌ی تکنیک‌هایی است که به ارزیابی و تحلیل تابع مطلوبیت تصمیم‌گیری می‌پردازد. این تکنیک اولین بار در سال ۱۹۸۲ توسط Jacquet - Lagrèze & Siskos مطرح گردید. این تکنیک امکان برآورد تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده را فراهم می‌سازد و فقط به رتبه‌بندی اولیه‌ی گزینه‌ها نیاز دارد. این تکنیک از یک برنامه‌ریزی ریاضی خطی به منظور برآورد تابع مطلوبیت استفاده می‌کند به گونه‌ای که تا حد ممکن رتبه‌بندی حاصل از این مدل بارته‌بندی اولیه مطابقت داشته باشد. باید توجه داشت که رتبه‌بندی گزینه‌های مرجع باید به دقت انجام گیرد تا تابع مطلوبیت بدست آمده کارایی لازم را داشته باشد. همچنین به منظور اعتبار بیشتر تکنیک، تحلیل حساسیت پس از بهیمنگی انجام می‌شود.

²⁶ Two – Person Zero – Sum Game

²⁷ Utility Function

²⁸ Game Theory

²⁹ Utility Additive

این تکنیک، ضمن آن که قادر است با گرفتن کمترین اطلاعات از تصمیم گیرنده تابع مطلوبیت راتخمین بزند، در صورت مستقل نبودن شاخص ها از یکدیگر نیز قادر به حل مسأله است (Beuthe and Scannella, 2001). همچنین یکی دیگر از مزایای این تکنیک این است که با بدست آوردن تابع مطلوبیت می توان میزان مطلوبیت هر گزینه ی جدیدی را محاسبه نمود و گزینه ها را رتبه بندی کرد. از معایب این روش می توان به محاسبات پیچیده آن اشاره نمود که با استفاده از نرم افزارهایی که بدین منظور طراحی شده است حل مدل بسیار ساده می گردد.

تکنیک UTASTAR نتیجه ی اصلاح شده تکنیک UTA است. این روش توسط Siskos and Yannacopoulos در سال ۱۹۸۵ ارائه شده است. در تحقیقی که به منظور مقایسه مدل های مشتق از UTA صورت گرفته، نشان داده شده است که مدل UTASTAR در بسیاری از موارد نتایج بهتری نسبت به دیگر مدل ها ارائه می دهد (Figueira et al., 2005, Ch. 8).

تکنیک کپلند^{۳۰}: تصمیم گیرندگان برای تصمیم گیری بسیار مهم، خود را محدود به یک روش نمی کنند و از چندین روش تصمیم گیری استفاده می کنند. اما امکان دارد هر یک از روش ها به نتایج متفاوتی دست یابند. بنابراین نمی توان رتبه بندی واحدی ارائه نمود. جهت غلبه بر این مسأله، روش های مختلفی مطرح شده که به روش های ادغام معروفند. یکی از این روش های ادغام تکنیک کپلند است. این روش بر اساس ماتریس مقایسات زوجی بنا شده است. در روش کپلند ماتریس زوجی مقایسه ای بر اساس تعداد گزینه ها شکل می گیرد و در این مرحله دو به دو گزینه ها از لحاظ رتبه کسب شده در روش های تصمیم گیری با هم مقایسه می شوند. اگر از لحاظ برد دارای ارجحیت بود، در درایه ی زوجی مقایسه ای M گذاشته می شود و اگر عکس این حالت بود در درایه ی زوجی مقایسه ای X جایگزین می شود. تعداد M ها در ستون ها و سطرها جمع شده و در زیر هر ستون و سطر نوشته می شود. در این مرحله اختلاف مجموع سطر و ستون مشخص را به دست آورده و بر اساس اختلاف بزرگترین به کوچک ترین مرتب کرده و رتبه هر واحد تصمیم گیری مشخص می شود (Momeni, 2007).

بر این اساس ما نیز از سه مدل توضیح داده شده به منظور تصمیم گیری دقیق تر و بهتر استفاده می نماییم. در صورتی که این مدل ها به نتایج مختلفی منجر شوند جهت دستیابی به یک نتیجه جامع از تکنیک کپلند بهره می گیریم. در بخش بعد به منظور بررسی عملکرد مدل پیشنهادی یک مثال عددی ارائه می دهیم.

مثال عددی: انجام یک پروژه B.O.T همراه با ریسک هایی است که فرصت ها و تهدیدهایی را در مسیر دستیابی به اهداف از قبل تعیین شده ی متولیان آن ایجاد می کند. فرض کنید شرکت پروژه ۵ ریسک را در پروژه خود شناسایی کرده و برای دستیابی به اهداف خود، درصدد ارزیابی این ریسک های می باشد. شرکت پروژه به منظور ارزیابی عملکرد هر یک از این ریسک ها ۴ شاخص را در نظر می گیرد. عملکرد هر یک از ریسک ها در ارتباط با هر یک از معیارها (به صورت تصادفی با استفاده از نرم افزار Matlab 7.5.0 R2007b تولید شده اند) با استفاده از متغیرهای کلامی ارزیابی شده اند که در جدول (۱) نشان داده می شوند. با استفاده از طیف لیکرت ۷ تایی نشان داده شده در جدول (۲) این متغیرهای کلامی تبدیل به اعداد کمی می گردند. در این پژوهش از نرم افزارهای Microsoft Excel 2010، SPSS 16.0، Minitab 16.0، Lingo 11.0 بر روی سیستمی با سخت افزار CPU=2.53GH، RAM = 2GB و نرم افزار Windows 7 Ultimate برای انجام محاسبات، حل مدل های برنامه ریزی ریاضی مورد نیاز برای مدل، تحلیل نتایج و اعتبارسنجی مدل پیشنهادی استفاده می گردند.

اکنون با استفاده از مدل های: پروفایل کارایی ورودی بهبود یافته - تاکسونومی عددی، آنالیز اجزای اصلی بهبود یافته و بازی دونفره با مجموع صفر - UTASTAR به صورت مجزا به ارزیابی و رتبه بندی ریسک ها می پردازیم. نتایج حاصل از این مدل ها در جداول (۵) - (۳) ارائه می گردند.

جدول شماره (۲): ارزیابی عملکرد ریسک ها

جدول شماره (۲): ارزیابی عملکرد ریسک ها					جدول شماره (۱): طیف لیکرت		
ورودی ۱	ورودی ۲	ورودی ۳	خروجی ۱	خروجی ۲	رتبه	علامت	عدد
ریسک ۱	MM	VH	H	MM	خیلی کم	VL	۱

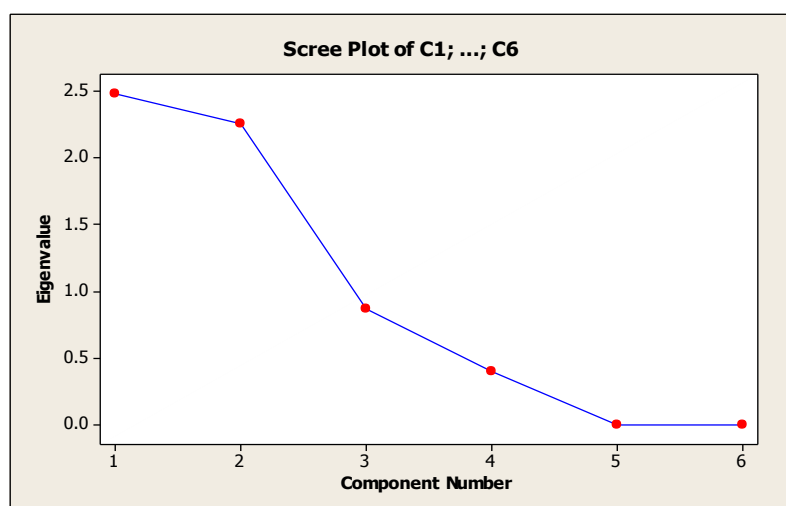
M	MM	H	M	VH	ریسک ۲	۳	L	کم
VH	H	MM	M	ML	ریسک ۳	۵	ML	بیشتر از کم
M	MM	ML	VH	H	ریسک ۴	۷	M	متوسط
VH	MM	MM	M	MM	ریسک ۵	۹	MM	بیشتر از متوسط
						۱۱	H	زیاد
						۱۳	VH	خیلی زیاد

ورودی‌ها: معیارهای مثبت خروجی‌ها: معیارهای منفی

فرضیات: ۱. در تکنیک پروفایل کارایی ورودی و ورودی بهبودیافته فرض شده است ورودی ۱ و ۳ با هر دو خروجی و ورودی ۲ تنها با خروجی ۱ مرتبط است. ۲. ϵ در تکنیک پروفایل کارایی ورودی و ورودی بهبودیافته و همچنین δ و ϵ در تکنیک UTASTAR. ۰۰۰۵ در نظر گرفته شده است.

جدول شماره (۳): نتایج محاسباتی حاصل از مدل پروفایل کارایی ورودی و ورودی بهبودیافته - تاکسونومی عددی

رتبه	f	کارایی ورودی کل			بهترین کارایی ورودی			بدترین کارایی ورودی			رتبه
		ورودی ۳	ورودی ۲	ورودی ۱	ورودی ۳	ورودی ۲	ورودی ۱	ورودی ۳	ورودی ۲	ورودی ۱	
۵	-۰/۸۲	-۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۵۹	۰/۳۵	۰/۴۱	-۰/۳۵	۱	۱	۱	ریسک ۱
۴	-۰/۶۵	-۰/۷۶	۱/۵۵	۰/۵۶	۰/۴۵	۱	-۰/۳۱	۱/۲۹	۲/۲۹	۱	ریسک ۲
۱	-۰/۰۹	۱/۵۱	۱/۴۷	۱/۷۸	۰/۹۲	۰/۹۵	۱	۲/۴۷	۲/۲۷	۳/۱۸	ریسک ۳
۳	-۰/۵۷	۱/۶۸	۰/۸۳	۰/۶۶	۱	۰/۵۴	-۰/۳۷	۲/۸۳	۱/۲۹	۱/۱۸	ریسک ۴
۲	-۰/۴۱	۱/۰۴	۱/۵۵	۱/۰۸	۰/۸۴	۱	۰/۸	۱/۲۹	۲/۲۹	۱/۴۵	ریسک ۵



شکل شماره (۲): آزمون اسکری

جدول شماره (۴): نتایج محاسباتی حاصل از مدل آنالیز اجزای اصلی بهبود یافته

رتبه	Z	ریسک
۳	۰	ریسک ۱
۱	۰/۸۵	ریسک ۲
۵	-۱/۲	ریسک ۳
۴	-۰/۴۲	ریسک ۴
۲	۰/۷۸	ریسک ۵

جدول شماره (۵): نتایج محاسباتی حاصل از مدل بازی دونفره با مجموع صفر - UTASTAR

ریسک ۱	ریسک ۲	ریسک ۳	ریسک ۴	ریسک ۵
--------	--------	--------	--------	--------

$ES(A_i)$	۱/۰۶	۱/۲۹	۱/۷۶	۱/۶۴	۳/۴
رتبه ی اولیه	۵	۴	۲	۳	۱
مطلوبیت	۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۷۸	۰/۴۹	۰/۷۹
رتبه نهایی	۵	۴	۲	۳	۱

نتایج حاصل از سه مدل پیشنهادی به شرح زیر می باشد:

- در جدول (۳) با توجه به ورودی ۲، تنها با تکیه بر بهترین کارایی مهمترین ریسک قابل شناسایی نیست (بهترین کارایی ورودی ریسک ۲ و ۵ یک است) و از نقطه نظر ورودی ۱، تنها با در نظر گرفتن بدترین کارایی کم اهمیت ترین ریسک قابل شناسایی نیست (بدترین کارایی ورودی ریسک ۱ و ۲ یک است). بنابراین در صورتی که یکی از این دو کارایی در نظر گرفته شود (مدل ارائه شده توسط Tofillis تنها بهترین کارایی ورودی را در نظر می گیرد) قادر به ارائه ی رتبه بندی جامعی با توجه به هر ورودی نمی باشیم در حالی که در تکنیک پروفایل کارایی ورودی بهبود یافته که همزمان از این دو نوع کارایی بهره می گیرد مهمترین و کم اهمیت ترین ریسک با توجه به هر ورودی قابل شناسایی می باشند. در نتیجه با توجه به هر ورودی قادر به ارائه ی یک رتبه بندی جامع هستیم.
- در تکنیک تاکسونومی عددی همه ی ریسک ها در گروه همگن قرار گرفتند.
- در تکنیک آنالیز اجزای اصلی بهبود یافته با استفاده از آزمون اسکری^{۳۱} که در شکل ۴ نشان داده شده است دو مؤلفه ی اصلی اول حفظ گردیدند.
- مدل UTASTAR کاملاً از جواب اولیه پشتیبانی می کند (رتبه بندی کاملاً یکسان با تکنیک بازی دو نفره با مجموع صفر (رتبه بندی اولیه)) و تابع مطلوبیتی به صورت زیر به دست می دهد:

$$u(g) = 0.18 u_1(g_1) + 0.17 u_2(g_2) + 0.25 u_3(g_3) + 0.1 u_4(g_4) + 0.3 u_5(g_5)$$

همان گونه که ملاحظه شد هر سه مدل رتبه بندی متفاوتی از ریسک ها را بدست دادند. بنابراین همان طور که قبلاً ذکر گردید از تکنیک کپلند می توان جهت رسیدن به یک اولویت بندی واحد ریسک ها یاری گرفت. نتایج حاصل از این تکنیک در جدول (۶) ارائه می گردد.

جدول شماره (۶): نتایج محاسباتی حاصل از تکنیک کپلند

رتبه	$\sum C - \sum R$	$\sum C$	ریسک ۵	ریسک ۴	ریسک ۳	ریسک ۲	ریسک ۱
۵	-۴	۰	X	X	X	X	-
۴	-۲	۱	X	X	-	M	M
۲	۲	۳	X	M	-	M	M
۳	۰	۲	X	-	M	M	M
۱	۴	۴	-	M	M	M	M
			۰	۲	۱	۳	۴
							$\sum R$

بنابراین با توجه به آخرین ستون در جدول (۶) ریسک ۵ مهمترین ریسک و ریسک ۱ کم اهمیت ترین ریسک شناخته می شود.

تحلیل نتایج: برای بررسی این موضوع که زوج نتایج حاصله از مدل‌های مورد استفاده (مدل ۱، ۲ و ۳) با هم همبستگی دارند ناگزیر از انجام آزمون آماری هستیم. فرضیه پژوهشی این است که همبستگی بین رتبه‌های حاصل از دو مدل پژوهش آیا وجود دارد. بنابراین از آزمون ضریب همبستگی رتبه‌ای با فرض زیر استفاده می‌گردد.

$$\{H_0: \rho = 0 \quad H_1: \rho \neq 0$$

آماره آزمون، تابع آزمون t می‌باشد که به صورت:

$$t = \frac{r_s \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_s^2}}, \quad r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i}{n(n^2-1)} \quad (50)$$

به طوری که: R_{i1} = رتبه نمونه i برای متغیر ۱ R_{i2} = رتبه نمونه i برای متغیر ۲ $d_i = R_{i1} - R_{i2}$

$$\text{If } |t| \leq t(1 - \frac{\alpha}{2}, n-2), \text{ conclude } H_0 \quad (51)$$

با عنایت به نتایج سه مدل، آزمون همبستگی بین مدل ۱ و ۲، مدل ۱ و ۳ و مدل ۲ و ۳ با $\alpha = 0.05$ صورت گرفت و فرض یک تنها برای آزمون همبستگی بین مدل ۱ و ۳ پذیرفته شده است. در واقع تنها مدل پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته - تاکسونومی عددی دارای همبستگی با مدل بازی دونفره با مجموع صفر - UTASTAR است.

اعتبارسنجی با استفاده از رگرسیون^{۳۲}: هدف این مرحله به دست آوردن درجه‌ای از انطباق میان نتایج حاصل از مدل پیشنهادی با نتایج حاصل از رگرسیون است. در بسیاری از موارد، به علت بی‌نظمی و بی‌قاعدگی موجود در داده‌ها، قدرت تشخیص مدل ارائه شده کاهش می‌یابد. آنالیز رگرسیون خطی به عنوان یک ابزار تست در این گونه موارد پیشنهاد می‌شود (Emel et al., 2003). به منظور انجام آزمایش، رتبه‌ی ریسک‌ها (ستون آخر جدول (۶)) به عنوان متغیر وابسته (Y) و معیارها انتخاب شده به عنوان متغیرهای مستقل (X) در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به خروجی‌های آنالیز رگرسیون، مشاهده می‌شود که میزان همبستگی Y در یک ترکیب خطی با متغیرهای وارد شده در معادله برابر با یک است که بیانگر قدرت بسیار بالای توضیح-دهندگی رگرسیون است. به معنای دیگر متغیرهای وارد شده به معادله رگرسیونی توانسته‌اند ۱۰۰٪ از واریانس تغییرات مربوط به متغیر وابسته را تبیین نمایند. بنابراین رتبه‌های محاسبه شده با استفاده از مدل پیشنهادی تفاوت معناداری با رتبه‌های حاصل از مدل رگرسیونی نداشته و بنابراین مدل پیشنهادی از کارایی لازم برخوردار است. همچنین آماره F در جدول تحلیل واریانس معنادار بوده که به معنای وجود رابطه صحیح میان متغیر وابسته و متغیرهای مستقل می‌باشد. لازم به ذکر است که با آزمون فرضیه‌ی معنادار بودن ضرائب، تنها معیار ۲ وارد مدل رگرسیونی نمی‌گردد و معادله رگرسیونی زیر حاصل می‌شود:

$$Y = 2.94 + 0.11 X_1 + 0.13 X_3 + 0.13 X_4 - 0.43 X_5$$

معادله رگرسیون فوق، یک تقریب خطی از نتایج مدل پیشنهادی می‌باشد. شایان ذکر است که چنانچه مجموعه معادلات به قدر کافی بزرگ باشند، آنگاه می‌توان از این معادله برای رتبه‌بندی و ارزیابی ریسک یا ریسک‌های جدید بدون نیاز به انجام دوباره محاسبات مدل پیشنهادی استفاده نمود.

۳- نتایج و بحث

رویکرد B.O.T یکی از روش‌های مشارکت بخش خصوصی می‌باشد که نه تنها مشکلات عدیده‌ی دولت را حل می‌کند بلکه موجب پیدایش فرصت‌های سرمایه‌گذاری، اجرا و ساخت، تأمین تجهیزات و دیگر فرصت‌های تجاری برای سرمایه‌گذاران خارجی می‌گردد که در نتیجه موجب انتقال تکنولوژی به کشور، ایجاد اشتغال و تسریع در توسعه زیر بنایی کشور می‌شود. مدیریت ریسک اساس پروژه‌های B.O.T است و از طرفی بر پایه فرآیند مدیریت ریسک، خروجی مرحله‌ی ارزیابی ریسک‌های پروژه به عنوان ورودی مرحله‌ی برنامه‌ریزی و پاسخ‌گویی به ریسک عمل می‌کند؛ به همین جهت ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های

B.O.T از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. بنابراین، در این مقاله سعی در ارائه مدلی برای ارزیابی ریسک‌های یک پروژه‌ی B.O.T بر پایه‌ی تکنیک‌های: پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته - تاکسونومی عددی، آنالیز اجزای اصلی بهبود یافته، بازی دو نفره با مجموع صفر - UTASTAR و کپلند گردید. همچنین به منظور بررسی عملکرد مدل پیشنهادی، یک مثال عددی به همراه تحلیل نتایج و اعتبارسنجی آن با استفاده از آنالیز رگرسیون ارائه گردید و نتیجه گرفته شد که تکنیک پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته / تاکسونومی عددی دارای همبستگی با تکنیک بازی دو نفره با مجموع صفر - UTASTAR است و مدل پیشنهادی از کارایی لازم برخوردار است.

موارد مطالعاتی آتی که می‌توان در ادامه‌ی کار به آن‌ها پرداخت به صورت ذیل فهرست شده‌اند:

۱. در نظرگیری عدم قطعیت و ابهام در مسأله
۲. کاربردی نمودن مسأله
۳. باتوجه به تعدد مدل‌هایی که برای تصمیم‌گیری وجود دارند، پیشنهاد می‌شود فرآیند تحقیق با استفاده از سایر مدل‌ها تکرار گردد و نتایج تحقیقات با یکدیگر مقایسه شود.

۴- منابع

- 1- Abdoli, GH. (2008). Game theory and its applications. Tehran: Jahat University Tehran Publications.
- 2- Adila, A. (2001). Predictors of university academic performance in Colombia instituto colombiano de neuropsicologia. Bogota, Colombia, International Journal of Educational Research, 35, 411 - 417.
- 3- Afshar, A., Khazayeni, G. (2005). Identification of risk factors in B.O.T projects. The 2nd National Congress on Civil Engineering, Tehran, Iran.
- 4- Amini, N., Yadollahi, H., & Inanloo, S. (2007). Health ranking of the provinces of country. Social Welfare Quarterly, 20, 27 - 48.
- 5- Arab Mazar, F. (2002). DEA in contrast to other techniques for measuring performance. The 3th International Conference of Data Envelopment Analysis, Firuzkuh, Iran
- 6- Askari, M., & Shokrizade, H.R. (2014). An integrated method for ranking of risk in BOT projects. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 109, 1390 - 1394
- 7- Beuthe, M., & Scannella, G. (2001). Comparative analysis of UTA multicriteria methods. European Journal of Operational Research, 130(2), 246 - 262.
- 8- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rohdes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2(6), 429 - 444.
- 9- Chen, Y.W., & Larbani, M. (2006). Two - person zero - sum game approach for fuzzy multiple attribute decision making problems. Fuzzy Sets and Systems, 157(1), 34 - 51.
- 10- David, K. (1996). Risk modeling in energy contracts between host utilities and BOT plant investors. IEEE Transactions on Energy Conversion, 11(2), 359 - 366.
- 11- Ebrahimnejad, S., Mousavi, S.M., & Mojtahedi, S.M.H. (2008). A fuzzy BOT project risk evaluation model in iranian power plant industry. The 5th of IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Singapore.
- 12- Ebrahimnejad, S., Mousavi, S.M., & Seyrafiyanpour, H. (2010). Risk identification and assessment for build-operate-transfer projects: a fuzzy multi attribute decision making model. Expert Systems with Applications, 37(1), 575 - 586.
- 13- Emel, A.B., Oral, M., Reisman, A., & Yolalan, R. (2003). A credit Rating approach for the commercial banking sector. Journal of Socio - Economic Planning Sciences, 37, 103 - 123.
- 14- Feng, C.M., & Kang, C.C. (1999). Risk identification and measurement of BOT projects. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 3(4), 337 - 349.

- 15- Feng, C.M., & Kang, C.C. (2000). The risk assessment of the negotiation group for BOT projects. *Transportation Planning Journal Quarterly*, 29(4), 709 - 738.
- 16- Feng, C.M., Kang, C.C., & Tzeng, G.H. (2002). Applications of group negotiation to risk assessment of BOT projects. *OMEGA*.
- 17- Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State Of The Art Surveys* (Ch. 8), USA: Springer science.
- 18- Jacquet - Lagrèze, E., & Siskos, Y. (1982). Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: The UTA method, *European Journal of Operational Research*, 10 (2), 151- 164.
- 19- Li, J., & Zou, P.X.W. (2008). Risk identification and assessment in PPP infrastructure projects using fuzzy Analytical Hierarchy Process and life - cycle methodology. *Journal Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 8(1), 32 – 46.
- 20- Kang, C.C., Feng, C.M., & Khan, H. A. (2005). Risk assessment for build - operate - transfer projects: a dynamic multi - objective programming approach. *Computers & Operations Research*, 32, 1633 - 1654.
- 21- Kazemi, M., & Nikkhah Farkhani, Z. (2005). Application of data envelopment analysis to measure and analyze the relative efficiency of the towns of province Khorasan Razavi in the cultivation of wheat. *Development Journal of Economics and Agricultural*, 2(3), 87 - 94.
- 22- Khanzadi, M. (2008). Risk assessment model for project financing approach B.O.T. The 2th International Project Management Conference, Aryana Industrial and Research Group, Tehran.
- 23- Konstantinos, k. (2004). Risk Management: A powerful tool for improving efficiency of project. *Manufacturing Information Systems*.
- 24- Marec, A., Thomasa, J.H., & Elguerjouma, R. (2008). Damage characterization of polymer-based composite materials: Multivariable analysis and wavelet transform for clustering acoustic emission data. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 22, 1441 - 1464.
- 25- Mirfakhraddiny, H., Farid, D., Tahari Mehrjardi, M.H., & Zareei Mahmood abadi, M. (2012). Identification and ranking of factors affecting quality improvement of health and treatment services using multiple attribute decision making (MADM): a case study. *Journal of Health Administration*, 13(43), 51- 63.
- 26- Mohaddes, F. (2001). Analysis of the main components and factors (Case study: Extraction of index assets price and evaluating its effect on inflation. Central Bank of the Islamic Republic of Iran). *Set of Economic Research, The Office of Investigations and Economic policies*.
- 27- Momeni, M. (2007). *New topics in operations research*. Tehran: Tehran University Publications.
- 28- Monfaredian Sarvestani, M. (2008). *Ranking diderse urban areas of city Shiraz in terms of the degree of development* (MSc Thesis). University of Isfahan, Isfahan, Iran.
- 29- Motameni, A.R. (2003). *Productivity dynamism model design with data envelopment analysis (DEA) approach* (Doctoral dissertation), University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran.
- 30- PMBOK. (2004). *A guide to the project management Body of Knowledge* (3th ed.). Management Institute, Standards Committee.
- 31- Premachandra, I.M. (2001). A note on DEA VS. Principal Component Analysis: an Improvement to Joe Zhu's Approach. *European Journal of Operational Research*, 132, 553 - 560.
- 32- Roghanian, E., & Bazleh, A. (2011). An approach in BOT project selection based on fuzzy QFD and TOPSIS with consideration of risk. IN *Proceedings of the 3rd Conference on Thermal Power Plants*, Tehran, Iran.

- 33- Safari, S., Ebrahimi Shaghghi, M., & Sheikh, M.J. (2001). Credit risk management of corporate clients in commercial Bank with Data Envelopment Analysis approach (credit ranking). *Management Research in Iran (Modares Human Sciences)*, 4(14), 164 - 137.
- 34- Saeed Jabal Ameli, M., Haddad, H., & Haji Agha Bozorgi, A. (2000). Financial risk assessment model for B.O.T Projects based on risk cycle. *Executive Management Conference*, Tehran, Iran.
- 35- Siskos, Y., & Yannacopoulos, D. (1985). UTASTAR: an ordinal regression method for building additive value functions, *Investigaçã o Operacional*, 5(1), 39 - 53.
- 36- Thomas, A.V., Kalidindi, S.N., & Ganesh, L.S. (2006). Modelling and assessment of critical risks in BOT road projects. *Construction Management and Economics*, 24(4), 407-424
- 37- Tofillis, C. (1997). Input efficiency profiling: an application to airlines. *Computers & Operations Research*, 24(3), 253 - 258.
- 38- UN/ECE. (2000). Guidelines for Private Public Partnership for infrastructuredevelopment. United nations Economic commission for Europe, UN/ECE forum on Public - Private Partnerships for infrastructure, UN/ECE BOT expert Advisory group, Hamilton, G.
- 39- Zayed, T., & Chang, L. (2002). Prototype model for Build-Operate-Transfer Risk assessment. *Journal of Management in Engineering*, 18(1), 7 - 16.

