



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری

دوره ۱۳ / شماره ۳ (پیاپی ۵۱) / پاییز ۱۴۰۳

صفحه ۱۱۹ تا ۱۳۶

## ارزیابی و رتبه بندی ریسک‌های بازار در پروژه‌های زیربنایی سرمایه گذاری

### با استفاده از تکنیک ترکیبی DEA/AHP

فاطمه کمکی

گروه ریاضی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران

Komaki8862@yahoo.com

رضا فلاح نژاد

گروه ریاضی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران (نویسنده مسئول)

Rezafallahnejad120@gmail.com

فرهاد حسین زاده لطفی

گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Hosseinzadeh\_lotfi@yahoo.com

محسن رستمی مال خلیفه

گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Mohsen\_rostami@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۲

### چکیده

سرمایه گذاری در پروژه‌ها از عوامل رشد اقتصادی و توسعه پایدار در کشورها است. از آنجا که سرمایه گذاری‌ها معمولاً در معرض ریسک‌های مختلفی هستند و به دلیل اهمیت بحث ریسک در انتخاب پروژه‌ها، همواره بر موضوع بهینه سازی انتخاب پروژه‌ها و تکنیک‌های بهینه سازی برای کاهش ریسک‌ها تأکید شده است. گروه‌های عمده ریسک در ارتباط با پروژه‌های سرمایه گذاری به دو گروه ریسک‌های بازار و سیاسی تقسیم بندی می‌شوند که نتیجه‌ی هر دو می‌تواند به کاهش بهره‌وری و افزایش هزینه‌های تمام شده در یک پروژه سرمایه‌گذاری بیانجامد. ریسک بازار از چهار ریسک اصلی به نام‌های ریسک تجاری، ریسک پیشبرد پروژه، ریسک بهره برداری و ریسک ساخت / اتمام تشکیل شده است. هدف این مقاله ارزیابی و رتبه بندی انواع ریسک‌های بازار در انتخاب انواع پروژه های سرمایه گذاری، بر اساس مدل‌های برنامه ریزی ریاضی با تکنیک ترکیبی DEA/AHP می‌باشد بطوریکه با توجه به اوزان نسبی تعیین شده، میزان تأثیر کلی ریسک‌های بازار بر اولویت بندی پروژه‌ها مشخص می‌شود. پس از اجرای الگوریتم ارائه شده، ریسک پیشبرد پروژه اولویت اول، ریسک ساخت / اتمام اولویت دوم، ریسک بهره برداری و ریسک تجاری در اولویت‌های سوم و چهارم قرار گرفتند تا سرمایه گذاران قادر به شناسایی و کاهش اثرات آن‌ها در پروژه‌ها باشند.

واژه‌های کلیدی: ریسک‌های بازار، پروژه سرمایه گذاری، تحلیل پوششی داده‌ها، DEA/AHP

## ۱- مقدمه

سرمایه‌گذاری یکی از متغیرهای عمده‌ی اقتصادی می‌باشد و برای ایجاد و تداوم رشد و توسعه اقتصادی، تشکیل سرمایه در هر کشوری به ویژه کشورهای در حال توسعه از اهمیت خاصی برخوردار است و همواره مورد توجه اقتصاد دانان و برنامه ریزان اقتصادی بوده است (گرایی نژاد، ۱۳۹۷). البته به این نکته باید توجه کرد که ریسک همواره یک عامل اجتناب ناپذیر و اثرگذار بر انواع بازار سرمایه‌گذاری می‌باشد که در ادامه به آن خواهیم پرداخت. سرمایه‌گذاری می‌تواند در صنایع مختلف و بازارهای سرمایه متفاوتی باشد که نقش شرکت‌های سرمایه‌گذاری به عنوان واسطه‌گران مالی از اهمیت بسزایی برخوردار است. کارایی این شرکت‌ها یکی از پدیده‌های اثرگذار بر بازار سرمایه در بخش اقتصاد بوده و چون با افزایش کارایی آن‌ها می‌توان به بهبود عملکرد اقتصادی کشور کمک مؤثری نمود. به همین لحاظ، بر اساس مکانیزم‌های مناسبی مانند تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل رگرسیون و ... می‌توان به ارزیابی فعالیت‌ها و عملکرد آن‌ها پرداخت. به عنوان مثال نیکومرام و همکاران (۱۳۸۴)، در مقاله خود از مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌ها، به عنوان مدل‌سازی مینا برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران استفاده کردند. در واقع آن‌ها در مقاله‌ی خود یک نظام ارزیابی عملکردی برای ارزیابی کارایی این شرکت‌ها طراحی کرده و به کمک آن نوزده شرکت سرمایه‌گذاری موجود در بورس اوراق بهادار را مورد سنجش قرار دادند. در نظام ارزیابی ارائه شده، از مدل‌های ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند.

نیکومرام و همکاران (۱۳۹۲)، با استفاده از مدل تجربی رگرسیون رشد اقتصادی بر مبنای مدل‌های نظری توسعه یافته، به تبیین اثر تجارت خارجی و نوآوری از طریق دستیابی به تکنولوژی خارجی بر سرمایه‌گذاری و رشد اقتصادی کشور ایران طی سالهای ۱۳۶۰ الی ۱۳۸۹ پرداختند و اهمیت عوامل خالص موجودی سرمایه، جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و حقوق مالکیت فکری را در این فرآیند بررسی کرده‌اند. نتایج آزمون نشان داده که به ترتیب عامل‌های خالص موجودی سرمایه، نوآوری و حقوق مالکیت فکری تاثیر مثبت و عامل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تاثیر منفی بر رشد اقتصادی کشور دارد. همچنین اینکه عامل واردات تکنولوژی خارجی نقش با اهمیتی بر رشد اقتصادی کشور ندارد. رهنمای رودپشتی و همکاران (۱۳۹۴)، به بهینه‌سازی پرتفوی که یکی از دغدغه‌های فعالان در صنعت مدیریت سرمایه‌گذاری می‌باشد با استفاده از بهینه‌سازی پایدار و تخمین ریسک و بازده پرتفوی و مقایسه ریسک و بازدهی پیش‌بینی شده مدل‌های ریاضی و پژوهش عملیاتی با ریسک و بازده پیش‌بینی شده در مدل کلاسیک پرداختند. در یافته‌های تحقیق آن‌ها مشخص شده که بازده پیش‌بینی شده پرتفوی در مدل پایدار، تفاوت معناداری با بازده پیش‌بینی شده در مدل کلاسیک و ریسک پیش‌بینی شده در مدل پایدار، با ریسک پیش‌بینی شده در مدل کلاسیک ندارد. در تحقیق دیگری، رهنمای رودپشتی و همکاران (۱۳۹۷)، به تبیین رابطه بازدهی و نوسان همزمان بازدهی سهام با استفاده از الگوی اختیارات سرمایه‌گذاری پرداختند. در این پژوهش، کوواریانس بازدهی و نوسانات بازدهی (بر مبنای انحراف معیار بازدهی سهام) به عنوان متغیر وابسته و اختیارات سرمایه‌گذاری شرکت‌ها بر اساس چهار معیار اندازه شرکت، سن شرکت، رشد درآمدهای فروش و نسبت ارزش بازاری به ارزش دفتری سهام به عنوان متغیرهای توضیحی محاسبه شده‌اند. نتایج حاصل از برازش مدل رگرسیون چند متغیره با استفاده از اطلاعات ۶۳ شرکت حاضر در نمونه تحقیق نشان داده

که در سطح اطمینان ۹۵ درصد متغیرهای موثر بر اختیارات سرمایه‌گذاری به همراه متغیرهای کنترلی، بر رابطه بازدهی و نوسان همزمان بازدهی سهام اثرگذار بوده و هر چه میزان اختیارات یک شرکت بیشتر می‌شود، این تاثیر قوی‌تر می‌گردد. نیکومرام و سعیدی (۱۳۸۸)، در پژوهشی به اندازه‌گیری عکس‌العمل رفتاری سرمایه‌گذاران در بازار سهام و تأثیر احساسات بر تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران در زمینه‌ی قیمت‌گذاری دارایی‌های مالی پرداختند. آن‌ها در مقاله‌ی خود شاخصی بر مبنای داده‌های در دسترس برای سنجش عکس‌العمل رفتاری سرمایه‌گذاران در برخورد با ریسک معرفی کردند که می‌توان از آن برای توضیح حرکات قیمتی در بازار سهام نیز استفاده کرد. شاخص طراحی‌شده به خوبی در شرایط بازار ایران، وضعیت کلی بازار را به لحاظ احساس سرمایه‌گذاران نشان می‌دهد. در پژوهشی دیگر نیکومرام و همکاران (۱۳۸۷)، تناسب ریسک با بازدهی را که سرمایه‌گذار در بازار سرمایه دریافت می‌کند، بررسی و ارزیابی کردند. آن‌ها مدل شرطی قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای کاهشی -CD CAPM را پیشنهاد دادند و برای ۸۵ شرکت بورس بکار بردند و نتیجه گرفتند ریسک عامل تعیین‌کننده‌ی در تبیین تغییرات نرخ بازده مورد انتظار سرمایه‌گذاران بوده است.

سرمایه‌گذاری می‌تواند در صنایع مختلف و بازارهای سرمایه متفاوتی باشد. همانطور که گفته شد سرمایه‌گذاری‌ها معمولاً "در معرض ریسک‌های مختلفی از جمله ریسک تورم، ریسک بازار، ریسک سیاسی، ریسک مالی، ریسک تجاری و ... قرار دارند. کاربرد مدل‌های ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها، به عنوان مدل‌های ارزیابی قوی در زمینه‌ی عملکرد سازمان‌ها و بکارگیری آن‌ها در شرکت‌های سرمایه‌گذاری و رتبه‌بندی آن‌ها از نظر کارایی، با توانایی چند ورودی و چند خروجی، مطالعه‌ای است که در سال‌های اخیر ضرورت بهره‌گیری از آن مشخص شده است. اما آنچه که تاکنون انجام نشده و در این مقاله برای اولین بار به آن پرداخته می‌شود بهره‌گیری از متدولوژی تحلیل پوششی داده‌ها و ترکیب تحلیل سلسله‌مراتبی (DEA/AHP) به عنوان متدولوژی مبنای ارزیابی ریسک‌های بازار در پروژه‌های سرمایه‌گذاری است.

ریسک‌های موجود در فرآیند پروژه‌های سرمایه‌گذاری به دو دسته کلی قابل تفکیک هستند. اول ریسک‌هایی که منشأی درونی دارند. این نوسان‌های ناخواسته درونی به طور عمده ناشی از ناهماهنگی بین برنامه، هدف و عملکرد سیستم‌های زیرمجموعه شرکت موردنظر است و برای کاهش و کنترل آن‌ها اساسی‌ترین ابزار موجود، ساختارهای قراردادی مناسب است. دوم ریسک‌هایی که منشأ آن‌ها در خارج از بنگاه است که منشأ پاره‌ای از این نوسان‌های غیرمنتظره‌ی عوامل محیطی و عوامل بیرونی تأثیرگذار ممکن است چندان شناخته شده نباشند و رفع یا کنترل آن‌ها در دست سرمایه‌گذار نباشد. (حسن زاده، ۱۳۸۳). انواع ریسک در ارتباط با پروژه‌های سرمایه‌گذاری، به گروه ریسک‌های بازار و گروه ریسک‌های سیاسی تقسیم بندی می‌شوند. امروزه اندازه‌گیری ریسک‌های بازار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ورشکستگی‌های تاریخی، اُفت شدید بازار، سقوط بازارهای مالی، قصور مؤسسات بزرگ در ایفای تعهدات، بحران‌های مالی و بلایای طبیعی که به محض وقوع، تبعات و زیان‌های بسیاری به همراه دارند و در بازارهای مالی مشهود هستند. یکی از مهم‌ترین کارهای مدیریت ریسک، شناسایی و ارزیابی این ریسک‌ها است. (سارنج و نوراحمدی، ۱۳۹۵) در همین راستا، مدیریت و تحلیل ریسک پروژه به عنوان رویکردی نوین برای ارتقاء اثربخشی سازمان‌های پروژه محور است که با توجه به ماهیت نامطمئن پروژه‌ها و ضرورت مصرف بهینه

منابع، از اهمیت انکارناپذیری برخوردار است (اکبریان و دیانتی، ۱۳۸۵). در طول دهه‌های گذشته محققان زیادی تکنیک‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل انواع ریسک‌ها در صنایع مختلف پیشنهاد دادند که هدف همه‌ی آنها شناسایی، اولویت بندی انواع ریسک‌ها و ارائه روش‌ها و راهبردها به منظور کاهش اثرات ریسک در پروژه‌های در دست اقدام است. انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری، فرآیندی شامل انتخاب بهترین پروژه‌های قابل انجام برای سازمان از میان پروژه‌های موجود و پیشنهادهای سرمایه‌گذاری است؛ به طوریکه اهداف سازمان را به بهترین نحو تأمین و از منابع موجود بیشترین استفاده را نماید و از منابع در دسترس نیز تجاوز نکند (هانگ، ۲۰۰۷).<sup>۱</sup> فرموله کردن مسأله انتخاب پروژه‌ها اولین بار توسط لری و ساویج (۱۹۹۵)<sup>۲</sup> انجام شده است. آن‌ها شرکتی را در نظر گرفتند که برای سرمایه‌گذاری روی تعداد مشخصی از پروژه‌های موجود نیاز به تصمیم‌گیری برای انتخاب از میان آن‌ها داشت. اصلی‌ترین مدل در این زمینه مدل برنامه‌ریزی خطی است که برای اولین بار توسط وینگرتر (۱۹۶۳)<sup>۳</sup> ارائه شده است. البته وینگر تر، (۱۹۶۶) مدل خود را با هدف کاربردی‌تر شدن نسبت به وضعیت‌های موجود در دنیای واقعی توسعه داده است. این مدل بعدها توسط پژوهشگران دیگری نظیر لی و همکاران (۲۰۰۸)<sup>۴</sup> توسعه داده شد. تکا و لیوسکا (۲۰۰۹)<sup>۵</sup> یک روش مدل ریاضی بهینه‌سازی همراه با تئوری اختیارات حقیقی ارائه دادند که نه تنها به شناسایی ارزش پروژه‌ها قبل از شروع آنها پرداخته است بلکه پیشرفت آن و تصمیماتی که بر اساس این پیشرفت اتخاذ می‌شود را نیز بررسی می‌کند. یکی دیگر از روش‌هایی که برای ارزیابی پروژه‌ها انجام شده استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)<sup>۶</sup> است که به یکپارچه کردن معیارهای کمی و کیفی می‌پردازد تا بتواند پروژه‌هایی را انتخاب نماید که محدودیت‌های سازمان‌ها بر حسب ذخایر بالقوه، هزینه‌ی پیاده‌سازی و زمان اتمام پروژه را جبران کند. یکی از مشکلات AHP که معمولاً موجب نگرانی تصمیم‌گیرندگان می‌شود وجود قضاوت‌های ذهنی مخصوصاً زمانی که حجم مقایسات زیاد است، می‌باشد که با بکارگیری تحلیل پوششی داده‌ها این مشکل مرتفع می‌شود (مهرگان، ۱۳۹۲). در این روش ترکیبی، از تحلیل پوششی داده‌ها برای تعیین اوزان نسبی واحدها و بر پایه ماتریس مقایسات زوجی از AHP استفاده می‌شود. به همین دلیل در این پژوهش برای تعیین اوزان نسبی و نهایی شاخص‌ها از تکنیک ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع ریسک در پروژه‌های سرمایه‌گذاری، هدف پژوهش حاضر، ارزیابی و رتبه‌بندی انواع ریسک‌های بازار در انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری به کمک روش DEA/AHP می‌باشد که تاکنون صورت نگرفته است. این مقاله شامل بخش‌های زیر است. بخش ۲ مبانی نظری و ادبیات موضوعی تحقیق و بخش ۳ روش شناسی پژوهش بیان می‌گردد. در بخش ۴ به تجزیه و تحلیل نتایج و در بخش ۵ به نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

## ۱.۱- سوالات پژوهش

- ۱- آیا ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله‌مراتبی، قادر به انجام رتبه‌بندی خواهد بود؟
- ۲- آیا تکنیک ترکیبی DEA/AHP قادر به ایجاد تمایز بین ریسک‌های بازار خواهد بود؟
- ۳- آیا از اوزان حاصل از DEA می‌توان برای AHP استفاده کرد؟

## ۲- ادبیات موضوعی و پیشینه تحقیق

### ۱-۲- ریسک

یک فاکتور مهم است که تأثیر بسزایی در انواع تصمیم‌گیری‌ها و انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری دارد. تعاریف متعددی برای ریسک مطرح شده است. ریسک در لغت به مفهوم امکان یا احتمال بروز خطر یا روبرو شدن با خطر، صدمه دیدن، خسارت دیدن، کاهش درآمد و زیان دیدن است و در اصطلاح عبارتست از آنچه حال یا آینده‌ی دارایی یا توان کسب درآمد شرکت یا سازمانی را تهدید می‌کند (فتوحی، ۱۳۸۵).

### ۲-۲- مدیریت ریسک

کاربرد سیستماتیک سیاست‌های مدیریتی و فرآیندهای مربوط به فعالیت‌های تحلیل، ارزیابی و کنترل ریسک را مدیریت ریسک گویند. در واقع مدیریت ریسک عبارت است از فرآیند مستندسازی تصمیمات نهایی اتخاذ شده و شناسایی و بکار گرفتن معیارهایی که می‌توان از آن‌ها جهت رساندن ریسک تا سطح قابل قبولی استفاده کرد (علم‌الهدی، ۱۳۹۷).

چاپمن<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) و کلیم و لودین<sup>۲</sup> (۲۰۰۱) برای مدیریت ریسک فرآیندی چهار مرحله‌ای معرفی نموده‌اند که عبارتند از شناسایی، تحلیل، کنترل و گزارش. هدف اصلی مدیریت ریسک، اندازه‌گیری انواع ریسک به منظور کنترل آن‌ها می‌باشد. سیستم مدیریت ریسک شامل رویه‌ها و معیارهایی به منظور محاسبه کمی انواع مختلف ریسک می‌باشد (اسماعیل زاده و جوانمردی، ۱۳۹۶).

مدیریت ریسک، عواملی را که ممکن است باعث خطراتی مهم شوند در فرصت‌های بوجود آمده شناسایی می‌کند تا از آن‌ها اجتناب شود. دامنه مدیریت ریسک در دو محدوده عمده قابل تعریف است؛ اول به صورت مفهومی گسترده، به این معنا که به تمام خطرپذیری‌های موجود در محیط توجه شده و برای مقابله با آن‌ها برنامه ریزی صورت پذیرد. دوم: در مفهومی ویژه؛ یعنی اگر بخواهیم مدیریت ریسک به صورت کارا صورت پذیرد، باید برنامه ریزی مقابله به خطرپذیری‌های عمده محدود شود، به عبارتی باید با توجه به تمام جنبه‌های مدیریتی، برای برنامه پاسخ، اولویت بندی صورت گیرد.

### ۳-۲- انواع ریسک‌های پروژه‌های سرمایه‌گذاری

سرمایه‌گذاری بر دو قسم است: سرمایه‌گذاری‌های مالی و سرمایه‌گذاری‌های مستقیم. سرمایه‌گذاری مالی شامل دارایی‌های خالص مالی نظیر اوراق قرضه و سهام است که بصورت پول ملی کشور سرمایه‌گذار انتقال می‌یابد. سرمایه‌گذاری مستقیم عبارت است از سرمایه‌گذاری‌های حقیقی در تأسیس کارخانه‌ها، کالاهای سرمایه‌ای، زمین و موجودی انبار به طوری که سرمایه و مدیریت آن در دست سرمایه‌گذار بوده و در طول زمان بهره‌برداری از آن نیز نظارت در دست سرمایه‌گذار باقی می‌ماند (جهانگرد و همکاران، ۱۳۹۶). در سرمایه‌گذاری‌های زیر بنایی معمولاً "حجم سرمایه‌ی به کار گرفته شده در مقایسه با صنایع وابسته و غیر زیر بنایی بسیار بالاست. طبعاً" در این حالت فرآیند سرمایه‌گذاری به سادگی موارد معمول نخواهد بود؛ زیرا چنین پروژه‌هایی باتوجه به سطح بالای سرمایه و

تکنولوژی به کار رفته در آن‌ها، ضرورت‌ها و مقتضیات خاصی را از لحاظ امکان‌سنجی، نصب سخت افزار و نرم افزار، راه‌اندازی و بهره‌برداری از سرمایه، تجهیزات و تخصص‌های موردنیاز در زمینه‌های فنی، مالی، اقتصادی و مدیریتی و بهره‌گیری از نیروهای دارای تجربه، حداقل در شکل مشاوره را طلب می‌کند که ریسک موجود در چنین سرمایه‌گذاری‌هایی با توجه به میزان ریسک‌پذیری سرمایه‌گذار نسبت به این سرمایه‌گذاری در قالب ضوابط و ملاحظات بین طرفین سرمایه‌گذاری تسهیم می‌شود. البته این شراکت در ریسک، از آن ابزاری می‌سازد تا ضمن ایجاد کنترل بر عملکرد طرفین، به دلیل ذی‌نفع بودن خود آن‌ها در عواید طرح، پاره‌ایی از ریسک‌ها، به ویژه ریسک‌های ساخت و بهره‌برداری کاهش یابند. همچنین پاره‌ایی از ریسک‌های دیگر، به ویژه ریسک بازار و ریسک‌های ناشی از نوسان‌های ناخواسته‌ی متغیرهای کلان اقتصادی همچون نرخ بهره و نرخ ارز، با صرف یک حق بیمه به شرکت بیمه قابل انتقال خواهد بود. در این مقاله منظور از شرکت سرمایه‌گذار، سازمان یا بنگاه صاحب امتیاز مانند شهرداری می‌باشد. لذا در طرح‌های بزرگ سرمایه‌ایی نظیر طرح‌های زیربنایی، حضور یک شرکت بیمه‌گذار ضروری است. ریسک‌های بازار و ریسک‌های سیاسی دو گروه عمده‌ی ریسک در ارتباط با پروژه‌های سرمایه‌گذاری هستند (حسن زاده، ۱۳۸۳) که تمرکز این پژوهش ارزیابی انواع ریسک‌های بازار می‌باشد که در ادامه به تفصیل شرح داده می‌شود:

### ۲.۳.۱- انواع ریسک‌های بازار

ریسک‌های بازار در میزان درآمد و هزینه‌ها عدم اطمینان و نوسان ایجاد می‌کنند و در حقیقت کارایی اقتصادی را کاهش می‌دهند، در نهایت، نتیجه کاهش بهره‌وری قابل حصول و افزایش هزینه‌های تمام شده در یک طرح سرمایه‌گذاری خواهد بود. ریسک بازار شامل چهار ریسک زیر است:

الف) ریسک پیشبرد پروژه<sup>۹</sup> (Development Risk)

این گونه ریسک‌ها اساساً از رقابت موجود در بازار برای کسب گزینه‌های بهتر ناشی می‌شود و اغلب در مراحل اولیه یک پروژه زیربنایی ظاهر می‌گردد.

ب) ریسک ساخت/ اتمام<sup>۱۰</sup> (Construction/ Completion Risk)

اینگونه ریسک مربوط به دوره ساخت است. نکته مهم این است که افزایش بیش از حد هزینه‌ی طرح در یک مقطع معین ممکن است طوری باشد که رها کردن طرح از پیگیری ساخت آن، به صرفه‌تر باشد و اتلاف منابع کمتری در پی داشته باشد. لذا به شدت باید مراقب ریسک‌های نوع اول و دوم که ریسک‌های مرتبط با هزینه و زمان هستند، بود تا دستیابی به هدف، کارایی و بازدهی اقتصادی نیز در سطح مطلوبی حفظ شود.

پ) ریسک بهره‌برداری<sup>۱۱</sup> (Operation Risk) ریسک بهره‌برداری از عدم اطمینان در رسیدن به سود مورد انتظار پس از اتمام ساخت و راه‌اندازی طرح ناشی می‌شود. به طور عمده ناکارایی در عملکرد، فروش، تهیه مواد و نهاده‌های اولیه و یا هر عاملی که به افزایش غیرمنتظره هزینه بهره‌برداری یا کاهش غیرمنتظره میزان درآمد منجر شود، ریسک بهره‌برداری خوانده می‌شود.

ت) ریسک تجاری<sup>۱۲</sup> (Commercial Risk)

ریسک تجاری اساساً ناشی از نوسان‌های ناخواسته (پیش بینی نشده) در متغیرهای کلان اقتصادی مربوط به فعالیت‌های مالی و تبدیل درآمد محلی به ارز خارجی (برای شرکای خارجی طرح) در مورد شرکت بهره بردار طرح زیربنایی است.

روش‌ها و معیارهای گوناگونی برای ارزیابی ریسک‌ها در انواع پروژه‌های سرمایه‌گذاری توسط محققین ارائه شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که به یکپارچه کردن معیارهای کمی و کیفی می‌پردازد تا بتواند پروژه‌هایی را انتخاب نماید که محدودیت‌های سازمان را بر حسب ذخایر بالقوه، هزینه پیاده سازی و زمان اتمام پروژه جبران کند. در همین راستا اردشیر و همکاران، (۱۳۹۲) در تحقیقی به بررسی ریسک‌های موجود در پروژه‌های صنعت ساخت و ساز که یکی از خطرناک‌ترین صنایع از نظر تلفات مربوط به کار، نرخ آسیب دیدگی و پرداخت غرامت به کارکنان شناخته شده است، پرداختند. آن‌ها از ترکیب منطق فازی و روش‌های  $FMEA^{13}$ ،  $FTA^{14}$  و  $DEA-AHP$  برای ارزیابی ریسک ایمنی در صنعت انبوه سازی پروژه‌های ساختمانی استفاده کردند. در مطالعه‌ی موردی آن‌ها که جهت ارزیابی ریسک‌های ایمنی پروژه‌ها ارائه دادند، ریسک سقوط از ارتفاع به عنوان مهم‌ترین ریسک شناخته شد. خلیلی عراقی و هاشمی (۱۳۸۷) در تحقیقی به برآورد ریسک بازار یک سبد سرمایه‌گذاری بر مبنای مدل ارزش در معرض خطر (var)<sup>۱۵</sup> پرداخته و اهمیت ریسک بازار در بازار مالی کشور را بیان و ابزاری جهت مدیریت ریسک بازار یک سبد اوراق بهادار معرفی کرده‌اند. صدیق رئیسی و ماکوئی (۱۳۹۰) از طریق  $Demate^{16}$  که یک مدل ترکیبی چندمعیاره برای حالتی است که وابستگی بین معیارها برقرار باشد، به منظور تعیین ساختار روابط بین معیارها و همچنین از فرآیند تحلیل شبکه  $ANP^{17}$  برای شناسایی وزن هر یک از معیارها به انتخاب و اولویت بندی پروژه‌های سرمایه‌گذاری پرداختند. مرادی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به شناسایی ابعاد، راهکارها و شاخص‌های مناسب به منظور تعیین میزان ریسک در فرآیند تأمین تجهیزات در پروژه‌های سرمایه‌گذاری صنعت برق پرداختند. آن‌ها یک مدل تصمیم‌گیری با رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ارائه دادند که قادر به شناسایی میزان ریسک در پروژه‌های در دست اقدام باشد. از این رو به دنبال معیارها و شاخص‌های تأثیرگذار بر میزان ریسک خرید تجهیزات پروژه‌های سرمایه‌گذاری، مشخص گردید که شاخص مالی اصلی‌ترین معیار در میزان ریسک هنگام خرید تجهیزات می‌باشد. همچنین به دلیل اهمیت بحث ریسک در انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری نفتی، پژوهشگران بسیاری بر موضوع بهینه سازی انتخاب پروژه‌ها و بالا بردن امنیت توسعه منابع انرژی تمرکز کرده‌اند. صالحی و حسین پور (۱۳۹۵) ریسک‌های موجود در انجام پروژه‌های سرمایه‌گذاری نفتی را به دو بخش توسعه و تولید تقسیم بندی کردند و وزن هر ریسک را با توجه به تکنیک تجزیه و تحلیل شکست و اعداد فازی مشخص کردند. با توجه به وزن هر ریسک و تأثیر نسبی آن بر بازده و با استفاده از مدل استخراجی مبتنی بر مدل مارکویتز، میزان تأثیر کلی ریسک‌ها را بر بازده نهایی مشخص کردند. مهاجری و اردشیر (۱۳۹۵) به تجزیه و تحلیل ریسک‌های ایمنی پروژه‌های سرمایه‌گذاری ساختمانی برای اولویت بندی خطرها و ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی پرداختند. آن‌ها بر خلاف روش‌های گذشته که عمدتاً به صورت کیفی یا روش‌های آماری بود از روش سیستماتیک و یکپارچه روش تحلیل سلسله مراتبی و

تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی خطرها و ریسک‌های ایمنی استفاده کردند و با استفاده از قضاوت متخصصان و کارشناسان ایمنی و ناظران پروژه‌ها، در نهایت فعالیت‌های گود برداری و کار در ارتفاع به عنوان پرخطرترین فعالیت‌ها از نظر ایمنی و ریسک شناخته شدند. ایر و ساقر (۲۰۱۰)<sup>۱۸</sup> به طور مشخص ریسک‌های قراردادهای مشارکت عمومی - خصوصی در پروژه‌های راهسازی در کشور هند را مورد ارزیابی قرار دادند و از میان ۱۷ ریسک پیشنهادی، ریسک‌های مربوط به تأخیر در تأمین مالی و افزایش هزینه‌های ساخت و افزایش زمان ساخت را به عنوان مهم‌ترین ریسک‌ها شناسایی کردند. همچنین درباره تأمین مالی پروژه‌های سرمایه‌گذاری و ریسک‌های مدیریتی یوسکوبر (۲۰۰۲)<sup>۱۹</sup> و بروکفیلد و بوسابین (۲۰۰۲)<sup>۲۰</sup> تأثیر تورم را روی تأمین مالی پروژه‌های مقیاس بزرگ سرمایه‌گذاری مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. در همین راستا ویسکونتی (۲۰۱۲)<sup>۲۱</sup> در پژوهشی به مدیریت ریسک تورم در تأمین مالی پروژه‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از مدیریت دارایی - بدهی پرداخته است. وی با لحاظ کردن متوسط نرخ تورم سه درصدی در پروژه‌های سرمایه‌گذاری در کشور ایتالیا به این نتیجه دست یافت که در بودجه‌بندی و تخصیص سرمایه‌بایستی حتماً "نرخ تورم را لحاظ نمود و تحلیل حساسیت را مد نظر قرار داد. با توجه به پیشینه موضوع، این مقاله می‌خواهد به ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های بازار در پروژه‌های سرمایه‌گذاری بپردازد و این سوال که ریسک‌های بازار در انتخاب این پروژه‌ها چگونه اولویت بندی می‌شوند که برای رسیدن به این هدف از تکنیک ترکیبی DEA-AHP استفاده می‌شود.

### ۳- روش شناسی پژوهش

روش و سنجش ما برای انجام این تحقیق که از نوع کاربردی است، استفاده از تکنیک ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و AHP خواهد بود. مطالعات گذشته بر اساس تحلیل‌های آماری صورت گرفته است. اما در اینجا اساس کار بر مبنای برنامه ریزی ریاضی است. روش تحلیل پوششی داده‌ها یک رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی است که به ارزیابی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری می‌پردازد که توسط چارنر، کوپر و رودز<sup>۲۲</sup> (۱۹۷۸) پیشنهاد گردید. آن‌ها یک مدل برنامه ریزی خطی ارائه دادند که به مدل CCR مشهور است. به عنوان نمونه مدل‌های DEA برای مقایسه و ارزیابی سازمان‌ها و صنایع مختلف مانند صنعت بانکداری، پست، کشاورزی، بیمه، ورزش، ساخت تولید، بیمارستان‌ها و کلینیک‌ها، مدارس و دانشگاه‌ها، حمل و نقل، بورس و بسیاری کاربردهای دیگر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از طرف دیگر تحلیل سلسله مراتبی یک تکنیک و ابزار مناسب در زمینه تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) است و هدف از آن تصمیم‌گیری علمی، تحلیل کمی و کیفی شاخص‌ها و رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه گزینه‌ها که معیارهای متمایز دارند می‌باشد که برای اولین بار توسط توماس ساعتی<sup>۲۴</sup> (۱۹۸۰) مطرح شد. این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا شده است که به هر مقایسه دوتایی، با توجه به قضاوت‌های شخصی تصمیم‌گیرندگان و کارشناسان خبره یک عدد از ۱ تا ۹ نسبت داده می‌شود که مفهوم هر یک در جدول ۱ آورده شده است (جهانشاهلو و همکاران، ۱۳۹۰). سپس با تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی عناصر محاسبه می‌گردد. داده‌های ماتریس‌های مقایسه زوجی هم توسط پرسشنامه و مصاحبه از متخصصان و خبرگان بدست می‌آیند. ماتریس مقایسه زوجی وقتی که تعداد گزینه‌های تصمیم بسیار زیاد باشد، حجم زیادی از مقایسه را برای



کارشناسان ایجاد می‌کند و همچنین مقایسه بیش از حد در قضاوت موجب تناقض و تضاد می‌گردد. برای حل این مشکل، ترکیب روش AHP با روش تحلیل پوششی داده‌ها پیشنهاد شده است. این تکنیک، ترکیبی از دو تکنیک DEA و AHP می‌باشد که راماکریشن<sup>۲۵</sup> (۲۰۰۷) آن را معرفی کرد. در روش DEA/AHP برای محاسبه وزن‌ها از ماتریس مقایسه زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با بکارگیری تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود. این دو روش و ترکیب کردن آن‌ها برای رتبه بندی، دارای اعتبار است و توانمندی خود را در بسیاری از مسائل نشان داده است. اما تا کنون درباره ارزیابی و رتبه بندی پروژه‌های سرمایه‌گذاری از آن‌ها استفاده نشده است که جنبه نوآوری این تحقیق بشمار می‌رود. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری در مورد پاسخ به ریسک نیز یک مسأله تصمیم‌گیری چندمعیاره است. با توجه به ارتباط درونی بین معیارها، استفاده از تکنیک DEA/AHP دارای مطلوبیت مناسب تری است. از سوی دیگر فرآیند تجزیه و تحلیل چندمعیاره موجب بهبود فرآیند تصمیم‌گیری خواهد شد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴).

### ۱.۳- تکنیک DEA/AHP

این تکنیک ترکیبی از دو تکنیک DEA و AHP می‌باشد در این روش ترکیبی، از DEA برای تعیین اوزان نسبی واحدها و بر پایه ماتریس مقایسات زوجی از AHP استفاده می‌شود. یکی از مشکلات AHP که معمولاً موجب نگرانی تصمیم‌گیرندگان می‌شود وجود قضاوت‌های ذهنی در ماتریس مقایسات زوجی است که با بکارگیری DEA این مشکل مرتفع می‌شود (مهرگان، ۱۳۹۲). یک مزیت تکنیک ترکیبی DEA و AHP نسبت به AHP این است که با افزودن یا حذف واحدها رتبه بندی تغییر نمی‌کند. مراحل الگوریتم DEA/AHP به صورت زیر است ( شنگ-هشینگ، ۲۰۰۲):<sup>۲۶</sup>

۱- ایجاد ماتریس مقایسه زوجی  $A = [a_{ij}]_{n \times n}$  با ساختار سلسله مراتبی

۲- نرمالایز کردن ماتریس مقایسات زوجی

۳- ضرب هر درایه در وزن متناظرش

۴- استفاده از DEA برای برآورد اوزان نسبی واحدهای تصمیم‌گیری که توسط فرم مضربی مدل CCR<sup>۲۷</sup> بدست می‌آید و به صورت زیر است:

$$\text{Max } w_0 = \sum_{j=1}^n a_{0j} u_j$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^n a_{ij} u_j - v_1 \leq 0 \quad i = 1, \dots, n$$

$$v_1 = 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$v_1, u_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

(۱)

که در آن  $u_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) وزن خروجی  $z_j$  و  $v_1$  وزن ورودی است. مقدار بهینه مدل (۱) یعنی  $w_0^*$  مقدار کارایی  $DMU_0$  را نشان می‌دهد. این مقدار کارایی، وزن نسبی معیار یا گزینه مربوط می‌باشد. مدل LP (۱) برای همه‌ی DMUها حل می‌شود تا بردار وزن  $W^* = (w_1^*, \dots, w_n^*)$  از ماتریس مقایسه زوجی A حاصل شود.

جدول ۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

مقدار عددی	ترجیحات ( قضاوت‌ها)
۹	کاملاً "مرجح یا کاملاً" مهم تر یا کاملاً "مطلوب تر"
۷	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب تر
۱	ترجیح یکسان
۲ و ۴ و ۸	ترجیحات بین فواصل فوق

منبع: تعیین وزن در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، جهانشاهلو و همکاران

#### ۴. اجرای مدل و تحلیل نتایج

در این بخش به ارزیابی و رتبه بندی انواع ریسک‌های بازار با اجرای تکنیک DEA/AHP می‌پردازیم. برای رسیدن به این هدف ابتدا چهار ریسک از زیرمجموعه‌ی ریسک‌های بازار را به عنوان چهار معیار C4, C3, C2, C1 نامگذاری می‌کنیم. روش این تحقیق کاربردی است، همچنین جامعه آماری شامل پروژه‌های سرمایه‌گذاری یک سازمان و بنگاه صاحب امتیاز مانند شهرداری می‌باشد که به عنوان نمونه چهار پروژه با اسامی بیمارستان، آزادراه، مجتمع تجاری و مجتمع تفریحی در نظر می‌گیریم و آن‌ها را به ترتیب A, B, C, D می‌نامیم. داده‌های ماتریس‌های مقایسه زوجی با قضاوت و مصاحبه از متخصصان و خبرگان بر اساس جدول ترجیحات ابدست می‌آیند. سپس گام‌های الگوریتم DEA/AHP که در بخش ۳ ارائه گردید به منظور تعیین اوزان نسبی پروژه‌ها نسبت به معیارها به کار برده می‌شوند. به این ترتیب ارزیابی و رتبه بندی ریسک‌ها در تعیین پروژه‌های سرمایه‌گذاری حاصل می‌گردد. این تکنیک توسط نرم افزار گمز اجرا و نتایج در جداول ۲ تا ۷ نمایش داده شده است.

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار C1

پروژه	A	B	C	D	DEA-AHP
A	۱	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۱۰۰
B	۵	۱	۱/۴	۱/۵	۰/۷۰
C	۶	۴	۱	۱/۳	۰/۴۲
D	۷	۵	۳	۱	۰/۱۴

منبع: نتایج پژوهش

جدول ۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار C2

پروژه	A	B	C	D	DEA-AHP
A	۱	۱/۴	۱/۵	۱/۷	۱/۱۰۰
B	۴	۱	۳	۱/۵	۰/۷۰
C	۵	۱/۳	۱	۱/۳	۰/۷۶
D	۷	۵	۳	۱	۰/۱۴

منبع: نتایج پژوهش

جدول ۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار C3

پروژه	A	B	C	D	DEA-AHP
A	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۶	۱/۱۰۰
B	۳	۱	۴	۱/۵	۰/۸۰
C	۵	۱/۴	۱	۱/۷	۱/۱۰۰
D	۶	۵	۷	۱	۰/۱۷

منبع: نتایج پژوهش

جدول ۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار C4

پروژه	A	B	C	D	DEA-AHP
A	۱	۱/۲	۱/۴	۱/۷	۱/۰۰
B	۲	۱	۳	۱/۶	۰/۸۲
C	۴	۱/۳	۱	۱/۵	۱/۰۰
D	۷	۶	۵	۱	۰/۱۴

منبع: نتایج پژوهش

جدول ۶- ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر

معیارها	C1	C2	C3	C4	DEA-AHP	Rank
ریسک تجاری	۱	۵	۳	۲	۰/۲	۴
پیشبرد پروژه	۱/۵	۱	۱/۵	۱/۵	۱/۰۰	۱
ساخت/ اتمام	۱/۳	۵	۱	۱/۳	۰/۶	۲
بهره برداری	۱/۳	۵	۳	۱	۰/۴	۳

منبع: نتایج پژوهش

جدول ۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیارها

پروژه	C1	C2	C3	C4	Total Weigh	Rank
بیمارستان	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۲/۲۱	۴
آزاد راه	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۸۲	۱/۶۵۶	۲
مجتمع تجاری	۰/۴۲	۰/۷۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۸۵۴	۳
مجتمع تفریحی	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۳۲۷۷	۱

منبع: نتایج پژوهش

همانطور که مشاهده می‌شود جدول‌های ۲ تا ۵ ماتریس مقایسه زوجی پروژه‌ها نسبت به معیارهای C1 و C2 و C3 و C4 می‌باشند. در ستون شش تعیین وزن‌ها با استفاده از الگوریتم تکنیک DEA/AHP موجود در بخش ۳ محاسبه گردیده است. در جدول ۶ ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر و تعیین وزن آن‌ها در ستون

شش با تکنیک DEA/AHP و در ستون هفت رتبه بندی آن‌ها آورده شده است که بیشترین ریسک مربوط ریسک پیشبرد پروژه است. همچنین ریسک ساخت/ اتمام رتبه دوم، ریسک بهره برداری رتبه سوم و ریسک تجاری رتبه چهارم را به خود اختصاص دادند. در نهایت طبق جدول ۷ با تشکیل ماتریس مقایسه زوجی پروژه‌ها نسبت به معیارها و تعیین وزن‌های نهایی بر اساس تکنیک ترکیبی DEA/AHP، پروژه‌ها اولویت بندی گردیدند. در این مورد طبق ستون ۶ از جدول ۷ می‌توان تحلیل کرد که چون پروژه A در تمام معیارهای ریسک بیشترین امتیاز را دارد و وزن نهایی آن ۲/۲۱ بدست آمده و جنس معیارهای ریسک از نوع هزینه است پس در اولویت چهارم قرار می‌گیرد. اما پروژه D دارای کمترین نمره در همه‌ی شاخص‌های ریسک است و با وزن نهایی ۰/۳۲۷۷ در اولویت اول واقع می‌شود. بطور مشابه می‌توان برای پروژه‌های B و C هم این تحلیل را بیان کرد که بر اساس آن در ستون ۷ جدول ۷ رتبه بندی تعیین شده است.

#### ۵- نتیجه گیری و پیشنهاد

لازمه‌ی رشد و پیشرفت و رقابت در جهان امروزی، انجام سرمایه‌گذاری‌های جدید، تأمین مالی و تصمیمات بودجه بندی سرمایه‌ایی در بنگاه‌های اقتصادی می‌باشد و از آنجا که اینگونه پروژه‌ها از مرحله شروع تا بهره‌برداری، منابع، زمان و وجوه قابل توجهی را به خود اختصاص می‌دهند، در نتیجه با ریسک‌های مختلفی هم مواجه می‌شوند. به همین منظور و به دنبال معیارها و شاخص‌های تأثیرگذار بر میزان ریسک پروژه‌های سرمایه‌گذاری دو نوع ریسک به نام‌های ریسک بازار و ریسک سیاسی یافت شدند. در بررسی فرآیند ریسک در این مقاله با استفاده از تکنیک ترکیبی DEA-AHP پروژه‌های سرمایه‌گذاری با توجه به انواع ریسک‌های بازار در اینگونه پروژه‌ها مورد ارزیابی و اولویت بندی قرار گرفت. برای رسیدن به این هدف، انواع ریسک‌های بازار به نام‌های ریسک پیشبرد پروژه، ریسک ساخت/ اتمام، ریسک بهره برداری و ریسک تجاری به عنوان چهار معیار برای ارزیابی چهار پروژه سرمایه‌گذاری بیمارستان، آژادراه، مجتمع تجاری و مجتمع تفریحی شناسایی شدند. سپس با نظرسنجی از خبرگان جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارها و پروژه‌ها تشکیل و تکنیک ذکر شده با نرم افزار گمز اجرا شد. نهایتاً طبق مقادیر بدست آمده از جدول ۶ عمده ترین شاخص‌های تحت بررسی از لحاظ میزان ریسک، رتبه بندی شدند و ضریب اولویت هر یک از معیارها مشخص گردید. طبق ستون آخر جدول ۶ ریسک پیشبرد پروژه با امتیاز ۱ در اولویت اول، ریسک ساخت/ اتمام با امتیاز ۰/۶۱ در اولویت دوم، ریسک بهره برداری با امتیاز ۰/۴ در اولویت سوم و ریسک تجاری با امتیاز ۰/۲ در اولویت آخر قرار گرفتند. یعنی بیشترین ریسک مربوط به ریسک پیشبرد پروژه می‌باشد. همچنین بر اساس جدول ۷ ارزیابی پروژه‌ها نسبت به معیارها و وزن‌های نهایی ۰/۴ انجام و گزینه‌ها اولویت بندی گردیدند. در نتیجه پروژه احداث بیمارستان با توجه به بالاترین امتیاز در هر معیار ریسک در اولویت اول به لحاظ ریسک پذیری واقع شد. همچنین پروژه‌های آزاد راه، مجتمع تجاری و مجتمع تفریحی به ترتیب در اولویت‌های دوم تا چهارم قرار گرفتند. در نتیجه از جهت انتخاب پروژه، پروژه‌ی مجتمع تفریحی به لحاظ کسب کمترین امتیاز در هر شاخص ریسک در اولویت اول قرار می‌گیرد. طبق نظر کارشناسان ارشد در امر پروژه‌های سرمایه‌گذاری، علاوه بر ضرورت تأمین منابع مالی، مطالعات پایه‌ایی قوی و برنامه‌ی زمان بندی منسجم و منظم می‌تواند

ریسک‌های مختلف بر سر راه اینگونه پروژه‌ها را کنترل کند و حتی کاهش دهد. بنابراین استفاده از این شیوه می‌تواند به سرمایه‌گذاران برای شناسایی و رتبه‌بندی انواع ریسک‌های بازار و شناسایی علل ریشه‌ای آن‌ها و ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها نسبت به انواع ریسک کمک شایانی نماید. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی این ارزیابی و اولویت‌بندی توسط تکنیک DEA/AR انجام شود که دارای مزیت‌هایی نسبت به تکنیک DEA/AHP است.

### فهرست منابع

- \* اردشیر، عبدالله امیری، مهران، مهاجری، مهدی (۱۳۹۲). ارزیابی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های انبوه‌سازی با استفاده از ترکیب روش‌های فازی FMEA، فازی FTA، DEA-AHP. *نشریه دوماهانه علمی پژوهشی سلامت کار ایرانیان*، دوره ۱۰، شماره ۶.
- \* اسماعیل زاده، علی، حلیمه، جوانمردی، (۱۳۹۶). طراحی الگویی مناسب مدیریت نقدینگی و پیش‌بینی ریسک آن در بانک صادرات ایران. *فصلنامه اقتصاد مالی*، سال یازدهم، شماره ۳۹، ص ۱۷۱-۱۹۱.
- \* اکبریان، رضا؛ دیانتی، محمدحسین (۱۳۸۵). مدیریت ریسک در بانکداری بدون ربا. *مجله اقتصاد اسلامی*، دوره ۲۴، شماره ۶، ص ۱۵۳-۱۷۰.
- \* جهانشاهلو، غلامرضا، دیواندری، علی، حسین زاده لطفی، فرهاد، سلطان پور علی شاهی اکرم، (۱۳۹۰). تعیین وزن در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، (چاپ اول)، تهران، نشر پرنگ.
- \* جهانگرد، اسفندیار. آرین، دانشمند. سامان، پناهی. بهنام، نیک بین (۱۳۹۶). اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر رشد اقتصادی ایران بسط مدل پاچولا. *فصلنامه اقتصاد مالی*، سال یازدهم، شماره ۴۰، ص ۹۵-۱۱۵.
- \* حسن زاده، علی، کاظمی، رسول (۱۳۸۳). مدیریت ریسک در پروژه‌های سرمایه‌گذاری زیربنایی، *فصلنامه صنعت بیمه*، سال نوزدهم، شماره ۳، ص ۵۹-۸۳.
- \* خلیلی عراقی، مریم، هاشمی، صالح (۱۳۸۷). برآورد ریسک سرمایه‌گذاری بر مبنای مدل ارزش در معرض خطر (VaR)، *مجله مدیریت*، شماره ۷۷.
- \* رهنمای رود پشته؛ فریدون؛ نیکومرام، هاشم؛ طلوعی اشلقی، عباس؛ حسین زاده لطفی، فرهاد؛ بیات، مرضیه؛ (۱۳۹۴)، بررسی کارایی بهینه‌سازی پرتفوی براساس مدل پایدار با بهینه‌سازی کلاسیک در پیش‌بینی ریسک و بازده پرتفوی، *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، شماره ۲۲، دوره ۶، ص ۲۹-۶۰.
- \* رهنمای رودپشته، فریدون؛ نیکومرام، هاشم؛ جولا، جعفر؛ (۱۳۹۷)، تبیین رابطه‌ی بازدهی و نوسانات همزمان بازدهی سهام با استفاده از الگوی اختیارات سرمایه‌گذاری، *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار (مطالعات مالی)*، شماره ۳۷، دوره ۱۱، ص ۵۹-۷۱.
- \* سارنج، علیرضا، نوراحمدی، مرضیه (۱۳۹۵). تخمین ارزش در معرض ریسک (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES) با استفاده از رویکرد ارزش فرین شرطی در بورس اوراق بهادار تهران، *مجله تحقیقات مالی*، دوره ۱۸، شماره ۳، ص ۴۳۷-۴۶۰.

- \* صالحی، مجتبی؛ حسین پور، زهرا (۱۳۹۵). ارائه مدلی جدید برای مدیریت ریسک در انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از تجزیه و تحلیل خطا و فرآیند تحلیل شبکه فازی. *مجله مدل‌سازی ریسک و مهندسی مالی دانشگاه خاتم*، دوره ۱، شماره ۲، ص ۲۴۴-۲۶۳.
- \* علم‌الهدی، سید سجاد (۱۳۹۷). بانکداری اسلامی و ریسک یک تحلیل تطبیقی. *فصلنامه اقتصاد مالی*، سال دوازدهم، شماره ۴۴، ص ۶۹-۸۶.
- \* فتحی، سعید (۱۳۸۵). ریسک مالی، شاخص سازی، اندازه‌گیری، ماهنامه تدبیر، شماره ۱۶.
- \* گرابی نژاد، غلامرضا. دقیقی اصلی، علیرضا. استاد رمضان، آذین سادات (۱۳۹۴). تأثیر عوامل موثر بر جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با تأکید بر متغیرهای نهادی و ساختاری. *فصلنامه علوم اقتصاد*، سال هشتم، شماره ۲۹.
- \* مرادی، پرویز، مرادی، منصور، عظیمی، لطیف (۱۳۹۴). تحلیل و تعیین استراتژی ریسک در تأمین تجهیزات برق با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی: شرکت‌های طرف قرارداد شرکت منطقه‌ای غرب)، *سی/امین کنفرانس بین‌المللی برق*، تهران.
- \* مهاجری، مهدی، اردشیر، عبدالله (۱۳۹۵). تجزیه و تحلیل ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش یکپارچه DEA-AHP. *نشریه علمی پژوهشی/میرکبیر-مهندسی عمران و محیط زیست*. دوره ۴۸، شماره ۳، ص ۲۱۷-۲۲۶.
- \* مهرگان، محمدرضا (۱۳۹۲). تحلیل پوششی داده‌ها، مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، چاپ دوم، تهران، *نشر کتاب دانشگاهی*.
- \* نیکومرام، هاشم؛ رهنمای رود پشته، فریدون؛ جوکار تنگ کرمی، ایمان؛ (۱۳۹۲)، تبیین نقش تجارت خارجی و نوآوری از طریق دستیابی به تکنولوژی خارجی بر سرمایه‌گذاری و رشد اقتصادی کشور ایران، *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار (مطالعات مالی)*، دوره ۶، شماره ۴ (پیاپی ۲۰)، ص ۹۱-۱۰۸.
- \* نیکومرام، هاشم؛ رهنمای رود پشته، فریدون؛ زنجیردار، مجید؛ (۱۳۸۷)، تعیین رابطه ریسک و نرخ بازده مورد انتظار با استفاده از مدل شرطی قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای کاهشی (CD-CAMP)، *مجله مطالعات مالی*، دوره ۱، شماره ۳، ص ۴۷-۷۳.
- \* نیکومرام، هاشم؛ سعیدی، علی؛ (۱۳۸۸) اندازه‌گیری عکس‌العمل رفتاری سرمایه‌گذاران در بازار سهام، *مجله جستارهای اقتصادی*، دوره ۵، شماره ۹، ص ۲۳۷-۲۷۶.
- \* نیکومرام، هاشم، قایی، نسرين؛ علی رضایی، محمد رضا؛ (۱۳۸۴)، ارزیابی کارایی شرکتهای سرمایه‌گذاری پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران به کمک مدل‌های محک زنی ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها، *پژوهشنامه اقتصادی (دانشگاه علامه طباطبائی)*، دوره ۵، شماره ۱ (پیاپی ۱۶)، ص ۷۷-۱۰۰.
- \* Brookfield, D., Boussabaine.H. (2009). A Coplexity-based framework of financial risk managemnt in larg-scale projects risk, management 11, pp. 44-65.
- \* Chapman, C.B. (1991). Risk in investment, procurement and performance in construction. E. & F.N. Spon (Champam and Hall), London.
- \* Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.

- \* Ching Ch,W.Y. (2003). A MCDM approach for six sigma project selection. The conference of knowledge and value management.
- \* Huang, X. (2007). Optimal project selection with random fuzzy parameters. International Journal Production Economics, 106(2), pp. 513–522.
- \* Iyer, K. C., and Sagheer, M. (2010). Hierarchical structuring of risks using interpretative structural modeling Journal. Constr. Eng. Manage.
- \* Kelim, S., Lodin, L. (2001). Decision making with dependence and feedback-the analytic network process, 2<sup>nd</sup> ed. Pittsburgh, USA: RWS Publications.
- \* Lee, E., Park,Y., Gye Shin, J. (2008). Larg engineering project risk management using a bayesian belief network. Expert systems with applications, 36(3), pp. 5880-5887.
- \* Lorie, J. H., Savage, L. J. (1955). Three Problems in Rationing Capital. The Journal of Business, 28(4), pp. 229–239.
- \* Ramakrishnan, R. (2007). Supplier selection problem: Integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP, Supply Chain Management: An International Journal, 12(4), pp. 258-261.
- \* Saaty, T. L. (1980). Multi criteria decision making: The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.
- \* Seddigh Raisi, A., Makouyi.A. (2011). Combine multiple criteria Hybrid Model design for six sigma projects selection. Journal of operations research and applications, 8(4), pp. 71-92.
- \* Tka, C.M., Lyocsa, S. (2009). On the evaluation of six sigma projects. Qualification reliability engineering international, 26(1), pp. 115-124.
- \* Viskonti, R.M. (2012). Inflation risk management in project finance in vestments. International Journal of finance and accounting, 1(6), pp. 198-207.
- \* Wanga, Y. (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean.Expert systems with application, 36(2), pp. 1195-1207.
- \* Wang, Y. M., Liu, J., Elhag, T. (2008). An Integrated AHP–DEA Methodology for Bridge Risk Assessment, Computers an Industrial Engineering, 54(3), pp. 513–525.
- \* Weingartner, H.M. (1963). Mathematical programing and the analysis of capital budgeting problems. Prentice-Hallpress, englewood.
- \* Weingartner, H.M. (1966). Criteria for programing investment project selection. The Journal of industrial economics, 15(1), pp. 65-76.
- \* Yescomber, E.R. (2002).Principle of project finance, academic press, Sandiego.
- \* Zulhabri, L., Torrance. A.J.V. (2006). Efficient risk allocation in project finance: Analysis of litearature review, international conference in the built environment in the 21th century, pp. 13-15.
- \* Ramakrishnan. Ramanathan, Supplier selection problem: Integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP, Supply Chain Management: An International Journal 12/4(2007) 258-261-Emerald Group Publishing Limited.
- \* Sheng-Hshiang,T.(2002). The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. Tourism Management, 23, 107-115

## یادداشت‌ها

<sup>2</sup> Data Envelopment Analysis/ Analytic Hierarchy Process

<sup>3</sup> Huang

<sup>4</sup> Lorie, Savage

<sup>5</sup> Weingartner

<sup>6</sup> Lee, Park, Gye Shin

<sup>7</sup> Tka, Lyocsa

<sup>8</sup> Analytic Hierarchy Process



- <sup>9</sup> Chapman
- <sup>10</sup> Kelim, Lodin
- <sup>11</sup> Development Risk
- <sup>12</sup> Construction/ Completion Risk
- <sup>13</sup> Operation Risk
- <sup>14</sup> Commercial Risk
- <sup>15</sup> Failure Model and Effects Analysis
- <sup>16</sup> Fault Tree Analysis
- <sup>17</sup> Vector Autoregressive model
- <sup>18</sup> Decision making and trial evaluation
- <sup>19</sup> Analytical network process
- <sup>20</sup> Iyer, Sagheer
- <sup>21</sup> Yescomber
- <sup>22</sup> Brookfield, Boussabaine
- <sup>23</sup> Viskonti
- <sup>24</sup> Charnes, Cooper, Rhodes
- <sup>25</sup> Multi Criteria Decision Making
- <sup>26</sup> Saaty
- <sup>27</sup> Ramakrishnan
- <sup>28</sup> Hshiong Sheng
- <sup>29</sup> Charnes, Cooper, Rhodes
- <sup>30</sup> Decision making unit under evaluation

#### پرسشنامه

این پرسشنامه بر اساس جدول ۲ در تعیین ترجیحات برای مقایسه زوجی پروژه‌ها نسبت به یکدیگر باتوجه به معیار C1 توسط قضاوت متخصصان تنظیم شده است. برای سایر معیارها هم مشابهاً این قضاوت‌ها انجام خواهد شد.

- ۱- ترجیح پروژه A نسبت به پروژه B با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۲- ترجیح پروژه A نسبت به پروژه C با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۳- ترجیح پروژه A نسبت به پروژه D با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۴- ترجیح پروژه B نسبت به پروژه A با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۵- ترجیح پروژه B نسبت به پروژه C با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۶- ترجیح پروژه B نسبت به پروژه D با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۷- ترجیح پروژه C نسبت به پروژه A با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۸- ترجیح پروژه C نسبت به پروژه B با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۹- ترجیح پروژه C نسبت به پروژه D با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۱۰- ترجیح پروژه D نسبت به پروژه A با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۱۱- ترجیح پروژه D نسبت به پروژه B با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۱۲- ترجیح پروژه D نسبت به پروژه C با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۱۳- ترجیح پروژه D نسبت به پروژه A با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۱۴- ترجیح پروژه D نسبت به پروژه B با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۱۵- ترجیح پروژه D نسبت به پروژه C با توجه به معیار C1 چقدر است؟
- ۱۶- ترجیح پروژه D نسبت به پروژه D با توجه به معیار C1 چقدر است؟

## **Evaluation and ranking of market risk in infrastructure projects using integrated DEA/AHP technique**

**Fatemeh Komaki**

Department of mathematics, Khoramabad Branch, Islamic Azad University, Khoramabad, Iran<sup>1</sup>  
komaki8862@yahoo.com

**Reza Fallahnejad**

Department of mathematics, Khoramabad Branch, Islamic Azad University, Khoramabad, Iran<sup>1</sup>  
rezafallahnejad120@gmail.com

**Farhad Hosseinzadeh Lotfi**

Department of mathematics, science and research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran<sup>2</sup>  
hosseinzadeh\_lotfi@yahoo.com

**Mohsen Rostami Malekhalifeh**

Department of mathematics, science and research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran<sup>2</sup>  
Mohsen\_Rostamy@yahoo.com

### **Abstract**

Investment in projects is one of the factors of economic growth and sustainable development in countries. Since investors are usually exposed to different risks and due to the importance of risk in selecting projects, it has always been focused on the optimization of project selection and optimization techniques to reduce risks. The main risks associated with investment projects are divided into market and political risk groups, which can lead to decrease in productivity and increased cost in a capital project. Market risk consists of four risk factors: commercial risk, project progress risk, vector gain risk and construction risk. The aim of this paper is evaluation and ranking of market risks in selecting different types of capital projects based on mathematical programming model with DEA / AHP combined technique so that according to the relative weights, the overall impact of market risk on project prioritization is determined. After the implementation of the proposed algorithm, the risk of advancing the first priority, risk of construction / completion of second priority, risk taking and commercial risk were placed third and fourth priority so that investors can identify and reduce their effects in projects.

**Keywords:** Market Risks, Investment Project, Data Envelopment Analysis, DEA / AHP