

## کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره خاکستری در ارزیابی عملکرد شرکت‌ها

علی محمدی<sup>۱</sup>، نبی مولایی<sup>۲</sup>

**چکیده:** رشد سریع فنی و اقتصادی در چند دهه گذشته، زندگی بشر را تغییر داده است و جامعه پیشرفته تکنولوژی را با مسائل تصمیم‌گیری پیچیده‌ای مواجه کرده است. این مشکلات معیارها یا اهداف متضاد یا متناقضی از قبیل هزینه، قابلیت اطمینان، عملکرد، ایمنی و بهره‌وری را معرفی نموده است. به طور کلی اطلاعات ترجیحی گزینه‌ها و معیارها به صورت قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان ارائه می‌شود و قضاوت‌ها هم نامعین بوده و نمی‌تواند به صورت اعداد قطعی ارائه شود. در این مقاله به منظور حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره در شرایط نامعین، یک مدل بر مبنای نظریه سیستم خاکستری شامل تحلیل نسبی و اعداد خاکستری پیشنهاد شده است و همچنین از آنتروپی شانون به منظور وزن‌دهی معیارها استفاده شده است. در نهایت مدل پیشنهادی نیز به منظور رتبه‌بندی شد که در سرمایه‌گذاری و مادر تخصصی در بازار بورس ایران استفاده شده است و توانمندی و قابلیت استفاده آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.

**واژه‌های کلیدی:** تصمیم‌گیری چند معیاره، تئوری سیستم خاکستری، تحلیل رابطه خاکستری، آنتروپی شانون، نسبت‌های مالی.

۱. استادیار دانشگاه شیراز، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی

۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه شیراز، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸ / ۱ / ۳۱

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۸۹ / ۲ / ۱۴

نویسنده مسئول مقاله: علی محمدی

Email: amohamadi@rose.shirau.ac.ir

### مقدمه

مدیران و تصمیم‌گیران همواره بر اساس نتایج تصمیماتی که اتخاذ می‌کنند مورد قضاوت قرار می‌گیرند و بنابراین به منظور پاسخ‌گویی به شرایط پویای بازارهای امروزی و اتخاذ تصمیمات مؤثر، نیازمند افزایش قابلیت و دقت مدل‌های مورد استفاده جهت تصمیم‌گیری هستند علاوه بر این، رشد سریع اقتصادی و فناوری در چند دهه اخیر، زندگی بشر را به شدت متحول کرده و جوامع مدرن را با مسایل پیچیده تصمیم‌گیری مواجه نموده است که مشخصه اساسی این گونه مسایل وجود معیارها و یا اهداف غیر همگون و ناسازگار، مثل هزینه، قابلیت اطمینان، عملکرد، ایمنی و بهره‌وری می‌باشد. تصمیم‌گیری چند معیاره یکی از رویکردهایی است که می‌تواند در حل مسایل پیچیده، در حوزه‌های مختلف فعالیت انسان، از علوم مهندسی گرفته تا علوم اجتماعی، اقتصاد و مدیریت، مورد استفاده قرار گیرد [۱۸] اما عموماً، اطلاعات مربوط به ترجیحات تصمیم‌گیرندگان در مورد معیارها و به دلیل‌های مختلف بر اساس قضاوت کیفی آن‌ها، بیان می‌شود و همچنین در عمل نیز، قضاوت تصمیم‌گیرندگان اغلب نامطمئن بوده و به وسیله مقادیر عددی دقیق قابل بیان نیستند. بنابراین برای مواجهه با پیچیدگی‌های این گونه مسایل تصمیم‌گیری، استفاده از رویکردهای جدید و بین‌رشته‌ای، امری ضروری است. تئوری خاکستری یکی از روش‌هایی است که برای مطالعه عدم اطمینان و ناکامل بودن اطلاعات به کار می‌رود و استفاده از آن در تحلیل ریاضی سیستم‌های با اطلاعات ناقص، روند رو به رشدی را دارد [۱۰]. هر چند که حوزه پژوهش در زمینه استفاده از نظریه سیستم خاکستری برای ارزیابی عملکرد و تصمیم‌گیری چند معیاره یک حوزه نسبتاً جدید است با این حال پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است. در بخش بعد برخی از این پژوهش‌های مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### پیشینه تحقیق

مهدیه [۶] در پژوهشی برای ارزیابی تعدادی از شرکت‌های فعال در بورس از تکنیک تاپسیس و تخصیص خطی استفاده کرده است. در این پژوهش با در نظر گرفتن ۲۰ نسبت مالی به‌عنوان شاخص ارزیابی شرکت‌های مورد مطالعه رتبه‌بندی شده‌اند. در پژوهشی دیگر محمدی [۵] با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها به رتبه‌بندی شرکت‌های داروسازی

فعال در بورس پرداخته است و نشان داده که تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند با تلفیق تعداد زیادی از نسبت‌های مالی در چارچوب یک شاخص یعنی کارآیی، معیاری را برای مقایسه شرکت‌ها از نگاه ذی‌نفعان فراهم سازد. فضلی و منصور [۴] نیز در مطالعه‌ای دیگر با استفاده از رویکردهای تحلیل پوششی داده‌ها و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی به رتبه‌بندی شاخص‌های کلیدی تصمیم‌گیری خرید و فروش سهام پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که تفاوت معناداری در اولویت بندی صورت گرفته توسط دو رویکرد وجود ندارد، اما تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی از توانمندی بالاتری در اولویت بندی شاخص‌های کلیدی و عملکرد برخوردار است.

در پژوهشی دیگر فانگ [۱۱] برای انتخاب کارکنان به منظور اعزام به مأموریت‌های خارج از کشور از رویکرد تحلیل رابطه خاکستری و تاپسیس استفاده کرده است. در این پژوهش خاطر نشان شده چون مسأله انتخاب کارکنان همراه با در نظر گرفتن معیارهای متعدد و بعضاً متضاد است، بنابراین باید بتوان با منظور کردن این معیارهای متعدد بهترین تصمیم را گرفت و افرادی را برای اعزام انتخاب نمود که بیشترین مطلوبیت را داشته باشند. نتایج این پژوهش نشان داده که رویکرد تحلیل رابطه خاکستری از توانمندی بیشتری برای تحقق این هدف برخوردار بوده است.

در پژوهشی دیگر نیز پینگ [۱۷] برای پیش‌بینی بازده شرکت‌های مخابراتی از رویکرد تلفیقی پیش‌بینی خاکستری و شبکه‌های عصبی استفاده نمود و نشان داده که با توجه به فضای پیچیده و نامطمئن حاکم بر این صنعت، مدل پیش‌بینی خاکستری بهتر می‌تواند بازده این شرکت‌ها را پیش‌بینی نماید.

دانگ [۱۰] در پژوهشی تحت عنوان تصمیم‌گیری خاکستری برای انتخاب تأمین‌کنندگان تلاش کرده است تا با استفاده از مفهوم درجه امکان خاکستری و با کاربرد متغیرهای زبانی، رویکردی جدید را برای حل مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره در شرایط عدم اطمینان معرفی نماید.

کو [۱۳] در پژوهشی دیگر با استفاده از تحلیل رابطه خاکستری به حل یک مسأله جانمایی پرداخته و نشان داده که نتایج تحلیل رابطه خاکستری تا حد زیادی به نتیجه روش تاپسیس نزدیک است و تأیید نتایج این دو روش توسط یکدیگر را معیاری از واقعی بودن رتبه‌بندی ارایه شده دانسته است.

چانگ [۷] در پژوهشی دیگر برای رتبه‌بندی بانک‌های تجاری در کشور تایوان از رویکرد سیستم خاکستری استفاده کرده است. در این پژوهش با استفاده از نسبت‌های مالی به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی، رتبه بانک‌های مورد مطالعه تعیین شده است. در گام بعدی این پژوهش ویژگی‌های مؤثر بر عملکرد این بانک‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که رویکرد سیستم خاکستری بهتر از روش‌های آماری رایج نظیر تحلیل رگرسیون، تحلیل عاملی و سایر روش‌های آماری چند متغیره می‌تواند، عملکرد بانک‌های مورد مطالعه را ارزیابی کند، زیرا فاقد محدودیت‌های این روش‌ها یعنی موجود بودن حجم زیادی از داده‌ها است

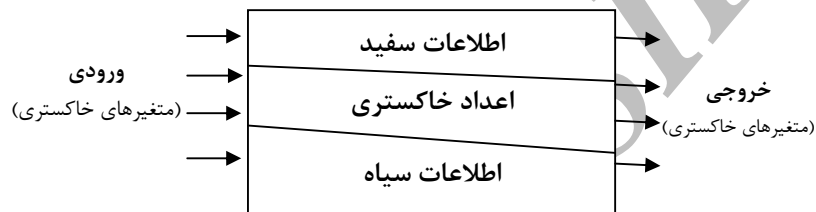
بنابراین با توجه به پژوهش‌های انجام شده برای ارزیابی و رتبه‌بندی در زمینه‌های مختلف می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد، رویکرد سیستم خاکستری از دو مزیت اساسی نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است. مزیت اول این روش، نیاز به داده‌های کم است در حالی که استفاده از بسیاری از روش‌های آماری چند متغیره نظیر تحلیل مؤلفه‌های اصلی مستلزم وجود حجم انبوهی از داده‌ها است. مزیت اساسی دیگر این سیستم توانایی مواجهه آن با ابهام در داده‌ها می‌باشد. زیرا در شرایط واقعی مقدار دقیق پارامترها معلوم نیست.

بنابراین با توجه به توانمندی‌های این روش و بستر جدیدی که این رویکرد فراهم کرده است در مطالعه حاضر از رویکرد سیستم خاکستری برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری و مادر تخصصی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار ایران استفاده می‌شود. به همین منظور ابتدا به بررسی و توضیح این تئوری پرداخته می‌شود، سپس جامعه مورد مطالعه و معیارهای ارزیابی مورد بررسی قرار می‌گیرد و الگوریتم پیشنهادی ارائه می‌شود و پس از آن‌ها رویکرد پیشنهادی برای تحلیل داده‌ها مورد استفاده واقع می‌شود و پس از آن به بحث و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

### تئوری سیستم خاکستری

در دنیای واقعی سیستم‌های گوناگون و فراوانی وجود دارد که هر یک از آن‌ها، اجزا و زیرسیستم‌های خاص خود را دارند و برای شناخت آن‌ها باید علاوه بر شناخت این اجزا، روابط بین آن‌ها و همچنین ساختار سیستم نیز معلوم شود.

اگر اطلاعات واضح و شفاف یک سیستم را بارنگ سفید و اطلاعات کاملاً ناشناخته یک سیستم با رنگ سیاه تجسم شود، در این صورت اطلاعات مربوط به بیشتر سیستم‌های موجود در طبیعت اطلاعات سفید (کاملاً شناخته شده) و یا سیاه (کاملاً ناشناخته) نیستند، بلکه مخلوطی از آن دو یعنی به رنگ خاکستری هستند. این گونه سیستم‌ها را سیستم‌های خاکستری می‌نامند که اصلی‌ترین مشخصه آن‌ها، کامل نبودن اطلاعات مربوط به آن سیستم است [۸]. هدف تئوری سیستم‌های خاکستری و کاربردهای آن ایجاد پلی بین علوم اجتماعی و علوم طبیعی است که در آن خاکستری بودن به معنای کمبود و نقص اطلاعات و عدم اطمینان است. نمودار (۱) مفهوم یک سیستم خاکستری را به نمایش می‌گذارد.



نمودار (۱). نمایش مفهومی یک سیستم خاکستری

در سال ۱۹۸۲، دنگ از دانشگاه علوم و تکنولوژی هازمونگ چین اولین مقاله را در زمینه تئوری سیستم خاکستری تحت عنوان مسئله کنترل سیستم‌های خاکستری ارائه کرد و از آن پس تئوری سیستم خاکستری معرفی شد [۹].

به طور خلاصه ایده‌ی اساسی تئوری خاکستری را می‌توان این گونه بیان کرد که با تمرکز بر اطلاعات جزئی یا محدود موجود درباره یک سیستم، تلاش می‌شود که تصویر کلی سیستم تجسم شود.

### اعداد خاکستری

هر سیستم خاکستری به وسیله‌ی اعداد خاکستری، معادلات خاکستری و ماتریس‌های خاکستری توصیف می‌شود که در این میان اعداد خاکستری به مثابه اتم‌ها و سلول‌های این سیستم هستند. عدد خاکستری می‌تواند به‌عنوان عددی با اطلاعات نامطمئن تعریف شود. مثلاً رتبه معیارها در یک تصمیم‌گیری، به صورت متغیرهای زبانی بیان می‌شوند که می‌توان

آن‌ها را با بازه‌های عددی بیان نمود. این بازه‌های عددی شامل اطلاعات نامطمئن خواهد بود [۱۰].

همچنین می‌توان گفت که عدد خاکستری به عددی اطلاق می‌شود که مقدار دقیق آن نامشخص است اما بازه‌ای که مقدار آن را در بر می‌گیرد شناخته شده است. اعداد خاکستری می‌توانند فقط با کران پایین به شکل  $\otimes \in [a, \infty)$  یا فقط با کران بالا به شکل  $\otimes \in (-\infty, \bar{a}]$  باشند و یا اینکه هم دارای کران پایین  $a$  و هم دارای کران بالا  $\bar{a}$  باشند که در این صورت عدد خاکستری بازه‌ای نامیده می‌شود و به صورت  $\otimes \in [a, \bar{a}]$  نمایش داده می‌شود. به عنوان نمونه، وزن یک بسته که بین ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم می‌باشد و یا اندازه قد یک مرد که بین ۱/۸ تا ۱/۹ متر می‌باشد، نمونه‌هایی از اعداد خاکستری بازه‌ای هستند که به ترتیب به شکل زیر نوشته می‌شوند:

$$\otimes_1 \in [20, 25] \quad , \quad \otimes_2 \in [1/8, 1/9]$$

هر چند که به نظر می‌رسد که اعداد خاکستری مشابه با اعداد فازی هستند اما تفاوت اساسی بین اعداد خاکستری با اعداد فازی در آن است که در اعداد خاکستری مقدار دقیق عدد نامشخص است اما بازه‌ای که مقدار آن عدد را در بر می‌گیرد معلوم است یا به تعبیر دیگر مقدار دقیق بال چپ و راست عدد معین و معلوم است. در حالی که در یک عدد فازی ضمن این که عدد به صورت یک بازه تعریف می‌شود، اما مقدار دقیق بال چپ و راست عدد معلوم نیست و از یک تابع عضویت تبعیت می‌کند. همین تفاوت ظریف بین عدد خاکستری و عدد فازی موجب می‌شود که محاسبات با اعداد خاکستری از سادگی بیشتری نسبت به اعداد خاکستری برخوردار باشد، زیرا تعیین تابع عضویت برای بال‌های چپ و راست یک عدد فازی خود همراه با پیچیدگی‌ها و عملیات محاسباتی است.

### عملگرهای اعداد خاکستری (بازه‌ای)

اگر دو عدد خاکستری زیر مفروض باشد:

$$\otimes_1 \in [a, b], a < b;$$

$$\otimes_2 \in [c, d], c < d;$$

و از علامت \* به عنوان نماد یک عملیات بین  $\otimes_1$  و  $\otimes_2$  استفاده شود در آن صورت:

$$\otimes_3 = \otimes_1 * \otimes_2$$

است که  $\otimes_3$  نیز یک عدد خاکستری بازه‌ای خواهد بود. لذا باید داشته باشیم:

$$\otimes_2 \in [e, f], e \langle f;$$

و برای هر  $\tilde{\otimes}_1$  و  $\tilde{\otimes}_2$  خواهیم داشت:

$$\tilde{\otimes}_1 * \tilde{\otimes}_2 \in [e, f]$$

که در این صورت جمع، تفریق، ضرب و تقسیم دو عدد خاکستری  $\otimes_1$  و  $\otimes_2$  و قرینه و معکوس هر عدد خاکستری به صورت زیر تعریف می‌شود [۱۴].

جمع دو عدد خاکستری:

$$\otimes_1 + \otimes_2 \in [a + c, b + d];$$

قرینه یک عدد خاکستری:

$$-\otimes = [-b, -a]$$

تفریق دو عدد خاکستری:

$$\otimes_1 - \otimes_2 = \otimes_1 + (-\otimes_2) \in [a - d, b - c]$$

معکوس یک عدد خاکستری:

$$ab \rangle \circ, \otimes^{-1} \in \left[\frac{1}{b}, \frac{1}{a}\right]$$

ضرب دو عدد خاکستری:

$$\otimes_1 \cdot \otimes_2 \in [\min\{ac, ad, bc, bd\}, \max\{ac, ad, bc, bd\}]$$

تقسیم دو عدد خاکستری:

$$\frac{\otimes_1}{\otimes_2} = \otimes_1 \cdot \otimes_2^{-1}$$

$$cd > 0, \frac{\otimes_1}{\otimes_2} \in \left[\min\left\{\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right\}, \max\left\{\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right\}\right]$$

$$K \in \mathfrak{R}^+, K \cdot \otimes \in [Ka, Kb]$$

در ضمن برای مقایسه دو عدد خاکستری از مفهوم درجه امکان خاکستری استفاده می‌شود.

اگر  $a < b$  و  $\otimes_1 \in [a, b]$  و  $c < d$  و  $\otimes_2 \in [c, d]$  دو عدد خاکستری باشند درجه امکان

خاکستری  $\otimes_1 \leq \otimes_2$  به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} = \frac{\max(0, L^* - \max(0, b - c))}{L^*}$$

$$L^* = L(\otimes_1) + L(\otimes_2)$$

چهار رابطه بین موقعیت‌های دو عدد خاکستری  $\otimes_1$  و  $\otimes_2$  متصور است.

الف) اگر  $a=c$  و  $b=d$  باشد، دو عدد خاکستری مساوی هستند و می‌توان نوشت:

$$\otimes_1 = \otimes_2$$

$$P(\otimes_1 \leq \otimes_2) = 0.5$$

ب) اگر  $c > b$  باشد، خواهیم داشت:

$$\otimes_2 = \otimes_1$$

$$P(\otimes_1 \leq \otimes_2) = 1$$

ج) اگر  $d < a$  باشد، خواهیم داشت:

$$\otimes_1 < \otimes_2$$

$$P(\otimes_1 \leq \otimes_2) = 0$$

د) اگر یک قسمت مشترک در دو عدد خاکستری وجود داشته باشد در این صورت اگر

$$P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} < 0.5$$

است و اگر  $P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} > 0.5$  باشد، عدد  $\otimes_2$  از عدد  $\otimes_1$  بزرگ‌تر است [۱۴].

### تحلیل رابطه خاکستری

در هر سیستم عمومی عوامل متعددی مؤثر هستند که تأثیر متقابل آن‌ها وضعیت و روند رشد و توسعه سیستم را تعیین می‌کنند. اغلب در تجزیه و تحلیل سیستم‌ها تلاش می‌شود، عوامل با اهمیت بیشتر شناسایی شوند اما در عمل همیشه در هر سیستم، عوامل ناشناخته و یا کمتر شناخته شده‌ای نیز وجود دارند. یکی از روش‌هایی که برای مواجهه با این‌گونه سیستم‌ها استفاده می‌شود تحلیل رابطه خاکستری است که از اجزاء مهم نظریه سیستم خاکستری به شمار می‌رود. ایده اصلی تحلیل رابطه خاکستری به‌عنوان یک روش آنالیز کمی، بر این نکته بنا شده است که مقدار نزدیکی و همبستگی رابطه بین دو عامل مختلف در یک فرآیند پویای در حال رشد است، باید بر اساس میزان شباهت منحنی‌های آنان سنجیده شود. هر چقدر میزان این شباهت بیشتر باشد؛ یعنی در جه بالاتری از رابطه بین سری‌ها وجود دارد و برعکس [۱۳] [۲۰]. برای سنجش میزان این شباهت از درجه رابطه



خاکستری استفاده می‌شود. طبق تعریف اگر فرض شود،  $m + 1$  سری رفتاری مربوط به یک سیستم به صورت زیر موجود است:

$$X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)), i = 1, 2, \dots, m$$

در این صورت با فرض  $\xi \in (0, 1)$  ضریب رابطه خاکستری و درجه روابط خاکستری به ترتیب با روابط زیر تعریف می‌شوند:

$$\gamma_{oi} = \gamma(x_o(k), x_i(k)) = \frac{\min_k |x_o(k) - x_i(k)| + \xi \max_k |x_o(k) - x_i(k)|}{|x_o(k) - x_i(k)| + \xi \max_k |x_o(k) - x_i(k)|}$$

و

$$\gamma(X_o, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_o(k), x_i(k))$$

در روابط بالا  $\xi$  ضریب تمایز نامیده می‌شود. درجه رابطه خاکستری  $\gamma(X_o, X_i)$  اغلب به شکل  $\gamma_{oi}$  و ضریب رابطه خاکستری  $\gamma(x_o(k), x_i(k))$  در نقطه  $k$  اغلب به شکل  $\gamma_{oi}(k)$  نوشته می‌شود [۱۵].

### آنتروپی شانون

یکی از روش‌های استخراج وزن اهمیت معیارها در تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه آنتروپی شانون است. مزیت این روش نسبت به سایر روش‌های استخراج وزن اهمیت این است که یک روش کاملاً عینی است و سوگیری نظرهای خبرگان در آن وجود ندارد؛ بنابراین اگر شرایط به گونه‌ای باشد که احتمال خطا در قضاوت خبرگان وجود داشته باشد، استفاده از این روش می‌تواند جایگزین خوب و قابل قبولی باشد. در تئوری اطلاعات آنتروپی نشان دهنده مقدار عدم اطمینان موجود، در محتوای مورد انتظار اطلاعات یک پیام است. به عبارت دیگر، آنتروپی معیاری برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته  $(p_i)$  است، به طوری که این عدم اطمینان در صورت پخش بودن توزیع، بیشتر از موردی است که توزیع فراوانی تیزتر باشد. این عدم اطمینان در یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره به صورت ذیل تشریح می‌شود [۱].

یک ماتریس تصمیم‌گیری مربوط به یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به‌عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود. در این ماتریس

تصمیم‌گیری  $A_i$  ها گزینه‌های مختلف،  $X_j$  ها معیارهای مختلف و استفاده از فرمول زیر محتوای اطلاعاتی موجود در این ماتریس را به صورت نرمالیزه شده  $(p_{ij})$  محاسبه می‌کنیم.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \forall i, j$$

و برای  $E_j$  از مجموعه  $p_{ij}$  به ازای هر مشخصه خواهیم داشت:

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m [p_{ij} \cdot \ln p_{ij}] \forall i, j$$

$$K = \frac{1}{\ln(m)}$$

به طوری که  $K$  یک ثابت مثبت است که برای تأمین شرط  $0 \leq E \leq 1$  اعمال می‌شود. عدم اطمینان یا درجه انحراف ( $d_j$ ) از اطلاعات ایجاد شده و وزن ( $W_j$ ) مربوط به هر شاخص  $j$  به ترتیب عبارت است از:

$$d_j = 1 - E_j, \forall j$$

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \forall j$$

از آنجا که تابع لگاریتم طبیعی یک تابع یکنوای صعودی است و بار توجه به تعریف عملگرها بر روی اعداد خاکستری، برای محاسبه  $E_j$  از این خاصیت استفاده شده است.

### روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و روش جمع‌آوری اطلاعات توصیفی پس‌رویدادی است. در چارچوب هدف اصلی پژوهش که بررسی و به‌کارگیری مدلی برای حل مسایل تصمیم‌گیری چندمعیاره در شرایط نامطمئن ناشی از کمبود اطلاعات است، رتبه‌بندی شرکت‌های سرمایه‌گذاری و مادر تخصصی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار ایران به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. علت انتخاب شرکت‌های سرمایه‌گذاری به‌عنوان

جامعه‌ی مورد مطالعه این است که این شرکت‌ها محل مناسبی برای سرمایه‌گذاری افرادی می‌باشند که فاقد اطلاعات تخصصی بورس هستند و به دنبال سرمایه‌گذاری در بورس هستند. این شرکت‌ها با سرمایه‌گذاری روی سبدهای مختلف سهام ریسک سرمایه‌گذاری را تعدیل می‌کنند. بنابراین با ارایه تصویر واضح و شفاف از این شرکت‌ها برای سرمایه‌گذاران، فرصتی برای سرمایه‌گذاری مطمئن و آسوده خاطر فراهم می‌شود. در این راستا ۲۲ معیار از شاخص‌های مالی برای ارزیابی ۳۵ شرکت بورسی سرمایه‌گذاری و مادر تخصصی مربوط به سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ انتخاب و با استفاده از روش تحلیل رابطه خاکستری، مدل تصمیم‌گیری چند معیاره برای رتبه‌بندی آن‌ها به کار گرفته شد. شاخص‌های مالی مورد نظر برای شرکت‌های تحت مطالعه از نرم‌افزار تدبیرپرداز استخراج شده است.

الگوریتم پیشنهادی برای ارزیابی شرکت‌های تحت مطالعه به شرح زیر است:  
الف) نگاره تصمیم به شکل زیر برای داده‌های موجود تشکیل می‌شود.

	$X_1$	$X_p$	...	$X_n$
$A_1$	$\otimes x_{11}$	$\otimes x_{1p}$	...	$\otimes x_{1n}$
$A_p$	$\otimes x_{p1}$	$\otimes x_{pp}$	...	$\otimes x_{pn}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$A_m$	$\otimes x_{m1}$	$\otimes x_{mp}$	...	$\otimes x_{mn}$

ب) با استفاده از آنتروپی شانون مقادیر  $W_j$  (وزن هر یک از شاخص‌ها) از جدول فوق استخراج می‌شود و بردار وزنی به صورت زیر تنظیم می‌شود:

$$\bar{W} = [\bar{W}_1, \bar{W}_p, \bar{W}_3, \dots, \bar{W}_n]$$

ج) با استفاده از نگاره تصمیم، ماتریس تصمیم خاکستری به صورت زیر تشکیل می‌شود.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11}, x_{1p}, \dots, x_{1n} \\ x_{p1}, x_{pp}, \dots, x_{pn} \\ \vdots \\ x_{m1}, x_{mp}, \dots, x_{mn} \end{bmatrix}$$

د) سپس ماتریس  $D$  را مطابق روش زیر نرمالیز کرده و ماتریس حاصل ماتریس  $R$  نامیده می شود.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1n} \\ r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2n} \\ \vdots \\ r_{m1}, r_{m2}, \dots, r_{mn} \end{bmatrix}$$

اگر معیار مربوط از نوع معیار سود (بیشتر - بهتر) باشد در آن صورت از رابطه (۱) استفاده می شود.

$$r_{ij} = \left[ \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}}, \frac{\bar{x}_{ij}}{x_j^{\max}} \right] \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$x_j^{\max} = \max_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\}$$

و چنانچه معیار مربوط از نوع معیار زیان (کمتر - بهتر) باشد از رابطه (۲) استفاده می شود.

$$r_{ij} = \left[ \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}}, \frac{x_j^{\min}}{\bar{x}_{ij}} \right] \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$x_j^{\min} = \min_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\}$$

روش نرمالیز کردن فوق باعث می شود تا عددهای خاکستری نرمالیز شده در فاصله  $[0,1]$  قرار بگیرند.

$$R = [r_{ij}]_{m \times n}$$

ه) وزن هر یک از معیارها در ستون مربوط به آن معیار ضرب می شود تا ماتریس نرمالیز موزون  $R_w$  حاصل شود. این عمل باعث می شود تا هنگام مرتب سازی درجه رابطه خاکستری مربوط به گزینه های مختلف از مرتب سازی اعداد خاکستری اجتناب شود.

و) حال سری مبنا (جواب ایده آل مثبت)  $A^*$  به صورت زیر تعریف می شود:

$$A^* = [r_{o1}, r_{o2}, \dots, r_{on}]$$

ز) سپس فاصله بین گزینه مطلوب (سری مبنا) و سایر گزینه های مقایسه ای محاسبه می شود:

$$\Delta_{ij} = (r_{oj} - r_{ij}), i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

بدین ترتیب ماتریس فاصله گزینه ها ( $H$ ) حاصل می شود:

$$H = [\Delta_{ij}]_{m \times n}$$

ج) برای به دست آوردن ضریب رابطه خاکستری از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\gamma(r_{.j}, r_{ij}) = \frac{\min_i \min_j \Delta_{ij} + \zeta \max_i \max_j \Delta_{ij}}{\Delta_{ij} + \zeta \max_i \max_j \Delta_{ij}}$$

ط) در مرحله بعد درجه رابطه خاکستری از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

$$\Gamma_{oi} = \sum_{j=1}^n \gamma(r_{.j}, r_{ij})$$

که  $\Gamma_{0i}$  مقدار ارزیابی نهایی مربوط به گزینه  $i$  ام است.

ی) در نهایت اولویت‌بندی گزینه‌ها به شکل زیر انجام می‌شود:

برای گزینه‌های  $p, q \in I = \{1, 2, \dots, m\}$  خواهیم داشت:

اگر  $\Gamma_p > \Gamma_q$  باشد آن‌گاه نتیجه می‌گیریم که مطلوبیت گزینه  $p$  بیشتر از مطلوبیت گزینه  $q$  است.

### تحلیل داده‌ها

بر اساس الگوریتم پیشنهادی در این بخش ابتدا با استفاده از آنتروپی شانون اوزان معیارهای ارزیابی محاسبه می‌شود. این محاسبات در محیط نرم افزار MATLAB انجام شده است. نتیجه این کار در نگاره (۱) خلاصه شده است:

نگاره (۱). اوزان معیارها، محاسبه شده با استفاده از آنتروپی شانون (تعمیم یافته)

معیار	نماد	وزن معیار	معیار	نماد	وزن معیار
فروش خالص	$X_1$	[۰.۰۴۸۱۵۹ ۰.۰۲۹۶]	اندوخته آزاد (خالص زیان)	$X_{12}$	[۰.۰۴۲۹۷۷ ۰.۰۳۰۸۲]
سود (زیان) ناویژه	$X_2$	[۰.۰۴۷۱۳۸ ۰.۰۳۰۰۵۸]	حقوق صاحبان سهام	$X_{13}$	[۰.۰۴۸۲۸۳ ۰.۰۲۹۲۲۵]
سود (زیان) ویژه	$X_3$	[۰.۰۴۳ ۸۷۸ ۰.۰۳۰۴۵۴]	تعداد سهام شرکت	$X_{14}$	[۰.۰۴۷۲۷۲ ۰.۰۲۹۳۹]
سود هر سهم (EPS)	$X_4$	[۰.۰۴۱۴۶۳ ۰.۰۳۰۶۲۹]	ارزش ویژه هر سهم	$X_{15}$	[۰.۰۴۰۳۵۴ ۰.۰۳۰۴۴۷]
سود پرداختی هر سهم	$X_5$	[۰.۰۴۹۳۶۱ ۰.۰۲۰۴۶۵]	نسبت جاری	$X_{16}$	[۰.۰۴۸۱۳۱ ۰.۰۲۶۱۲]
خالص دارایی‌های ثابت	$X_6$	[۰.۰۴۸۵۳ ۰.۰۰۹۳۹۳]	نسبت آبی	$X_{17}$	[۰.۰۴۸۳۹۸ ۰.۰۲۶۰۰۹]
دارایی‌های نامشهود	$X_7$	[۰.۰۵۰۱۲۱ ۰.۰۰۵۷۶۱]	نسبت سود ناویژه به فروش	$X_{18}$	[۰.۰۳۵۰۵ ۰.۰۳۱۵۸۲]
سرمایه‌گذاری بلندمدت	$X_8$	[۰.۰۴۹۵۰۳ ۰.۰۲۰۵۹۳]	نسبت سود ویژه به فروش	$X_{19}$	[۰.۰۳۵۱۶۹ ۰.۰۳۰۷۱۳]
دارایی‌های جاری	$X_9$	[۰.۰۴۷۲۵۳ ۰.۰۲۲۵۱۳]	نسبت حقوق صاحبان سهام به کل دارایی	$X_{20}$	[۰.۰۴۲۷۲۲ ۰.۰۲۸۶۶۷]
بدهی‌های جاری	$X_{10}$	[۰.۰۴۸۳۵۲ ۰.۰۱۷۵۰۱]	نسبت قیمت بردرآمد	$X_{21}$	[۰.۰۳۷۸۵۹ ۰.۰۳۰۲۱۸]
بدهی‌های بلندمدت	$X_{11}$	[۰.۰۵۱۴۰۸ ۰]	پوشش سود سهام	$X_{22}$	[۰.۰۱۳۹۲۷ ۰.۰۴۸۶۱۸]

همان‌گونه که مشاهده می‌شود این اوزان به صورت اعداد خاکستری هستند که با توجه به بازه‌ای بودن مقادیر ماتریس تصمیم، امری واضح است. در صورتی که این اعداد خاکستری با استفاده از درجه امکان خاکستری مرتب شوند، ترتیب اهمیت معیارها مشخص می‌شود. مشاهده می‌شود، معیارهای فروش خالص ( $X_1$ )، سود ویژه ( $X_3$ ) و خالص دارایی‌های ثابت ( $X_6$ ) به ترتیب دارای بیشترین وزن اهمیت هستند. در مرحله بعد ضریب رابطه خاکستری هر یک از گزینه‌ها (شرکت‌ها) با گزینه ایده آل محاسبه می‌شود. نتیجه این کار در نگاره (۲) خلاصه شده است:

نگاره (۲). ضرایب رابطه خاکستری

نام شرکت	شاخص گزینه	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
سرمایه‌گذاری پتروشیمی	$A_1$	۰.۳۹۷۷۰۹	۰.۴۰۵۷۳۶	۰.۴۳۶۳۷۹	۰.۴۶۷۵۶۹	۰.۳۷۴۴۴	۰.۳۷۷۱۵۱
داروپخش	$A_2$	۰.۳۶۵۱۴۶	۰.۳۷۲۹۲۲	۰.۴۰۲۰۲۷	۰.۵۲۲۸۹۵	۰.۴۰۲۶۸	۰.۳۵۲۱۱۱
سرمایه‌گذاری آتیه دماوند	$A_3$	۰.۴۰۲۳۵۴	۰.۳۸۶۰۲۳	۰.۴۰۸۶۶۵	۰.۴۵۱۷۳۹	۰.۳۶۰۱۲۸	۰.۳۸۶۰۷۹
سرمایه‌گذاری اعتبار ایران	$A_4$	۰.۳۵۳۰۲	۰.۳۵۷۸۳۶	۰.۳۸۵۱۷۲	۰.۴۳۰۱۷۵	۰.۳۴۳۴	۰.۳۵۲۵۴۹
سرمایه‌گذاری البرز	$A_5$	۰.۳۶۳۸۹۴	۰.۳۷۱۶۵۹	۰.۴۰۱۹۱۳	۰.۴۷۰۸۳۱	۰.۳۸۰۳۰۷	۰.۴۱۴۲۴
سرمایه‌گذاری بانک ملی ایران	$A_6$	۰.۸۲۲۴۹۹	۰.۸۸۹۸۸۱	۰.۹۵۶۹۸۷	۰.۵۲۲۰۲۳	۰.۳۶۳۱۲۲	۰.۶۰۲۲۰۱
سرمایه‌گذاری بهمن	$A_7$	۰.۳۶۵۸۸۳	۰.۳۷۳۶۶۶	۰.۳۹۹۹۸۸	۰.۴۴۵۳۱۱	۰.۳۵۸۷۸۴	۰.۳۸۸۳۷
سرمایه‌گذاری پارس توشه	$A_8$	۰.۳۵۴۶۶۶	۰.۳۶۲۳۴۱	۰.۳۹۰۳۹۲	۰.۵۲۴۱۶۹	۰.۳۹۰۵۰۶	۰.۳۴۷۲۶۱
سرمایه‌گذاری توسعه آذربایجان	$A_9$	۰.۳۵۲۴۶۸	۰.۳۵۷۶۰۲	۰.۳۸۴۸۰۳	۰.۴۶۵۰۴۲	۰.۳۴۸۳۷۹	۰.۳۴۷۶۸۷
سرمایه‌گذاری توسعه خوزستان	$A_{10}$	۰.۳۴۹۷۰۱	۰.۳۵۷۳۳۴	۰.۳۸۴۸۰۲	۰.۴۳۶۸۹	۰.۳۵۰۹۱۳	۰.۳۴۷۳۳۸
سرمایه‌گذاری توسعه نوس	$A_{11}$	۰.۳۵۴۱۲۲	۰.۳۵۹۵۵۵	۰.۳۸۷۱۴۳	۰.۴۶۲۵۴۳	۰.۳۷۲۶۹۷	۰.۳۵۳۸۷۵
توسعه صنعتی ایران	$A_{12}$	۰.۳۵۹۲۰۵	۰.۳۶۶۹۲۸	۰.۳۹۳۶۱۱	۰.۴۴۵۷۱۵	۰.۳۵۷۷۱۵	۰.۳۶۷۲۱۳
سرمایه‌گذاری توسعه ملی	$A_{13}$	۰.۳۶۹۵۰۹	۰.۳۷۷۳۲۴	۰.۴۰۵۹۹	۰.۳۴۳۲۶۱	۰.۳۴۶۸۷	۰.۳۵۹۱۳۸
سرمایه‌گذاری توکا فولاد	$A_{14}$	۰.۳۵۹۰۲۸	۰.۳۵۹۲۶۳	۰.۳۸۹۱۷۵	۰.۵۵۸۷۰۸	۰.۳۸۰۳۶۸	۰.۳۵۳۵۷۱
سرمایه‌گذاری رنا	$A_{15}$	۰.۳۹۹۰۱۲	۰.۴۰۷۰۴۷	۰.۴۳۳۶۹۸	۰.۵۰۲۳۶۸	۰.۴۰۶۰۸۳	۰.۳۸۵۱۹۶
سرمایه‌گذاری ساختمان ایران	$A_{16}$	۰.۳۶۴۱۰۸	۰.۳۷۱۸۷۶	۰.۴۰۰۹۸۶	۰.۴۵۵۸۰۶	۰.۳۶۸۶۹۴	۰.۳۶۷۵۱۲
سرمایه‌گذاری سایبا	$A_{17}$	۰.۳۵۴۸۲۵	۰.۳۶۲۵۰۷	۰.۳۹۲۷۵۶	۰.۵۰۳۳۲۳	۰.۵۵۶۶	۰.۳۶۱۷۳۲
سرمایه‌گذاری سپه	$A_{18}$	۰.۳۷۱۶۲۷	۰.۳۷۹۴۵۹	۰.۴۰۸۰۰۷	۰.۴۵۹۰۸۹	۰.۳۶۸۶۹۴	۰.۳۶۶۹۰۸
سرمایه‌گذاری شاهد	$A_{19}$	۰.۳۶۱۰۵۹	۰.۳۶۸۷۹۹	۰.۳۹۶۰۸۹	۰.۴۹۴۶۶۴	۰.۳۶۵۸۸۷	۰.۳۴۹۷۶۱

نگاره (۲) بخشی از مقادیر ضرایب رابطه خاکستری بین هر گزینه و گزینه مطلوب را نشان می‌دهد. گزینه مطلوب از بهترین عناصر مربوط به تمام گزینه‌ها تشکیل شده است. در مورد معیارهای "بیشتر بهتر" مقادیر حداکثر و در مورد معیارهای "کمتر بهتر" مقادیر حداقل انتخاب می‌شود. این نگاره بخشی از یک ماتریس  $35 \times 22$  است. پس از سنجش ضریب رابطه خاکستری، درجه رابطه خاکستری هر یک از گزینه‌ها و رتبه هر یک تعیین می‌شود. نتیجه این کار در نگاره (۳) خلاصه شده است.

نگاره (۳). مقادیر درجه رابطه خاکستری

رتبه	درجه رابطه خاکستری	شرکت	رتبه	درجه رابطه خاکستری	شرکت
۱۹	۰.۵۶۳۴۹۲	A <sub>۲۷</sub>	۱	۰.۷۷۸۳۳۵	A <sub>۶</sub>
۲۰	۰.۵۶۰۱۱۷	A <sub>۲۲</sub>	۲	۰.۷۱۵۳۵۹	A <sub>۲۳</sub>
۲۱	۰.۵۶۰۱۱۷	A <sub>۳۰</sub>	۳	۰.۶۳۲۹۷۴	A <sub>۲۲</sub>
۲۲	۰.۵۵۹۹۳۳	A <sub>۲۱</sub>	۴	۰.۶۱۷۱۴۱	A <sub>۳</sub>
۲۳	۰.۵۵۹۷۵۳	A <sub>۸</sub>	۵	۰.۶۰۹۷۱۸	A <sub>۲۰</sub>
۲۴	۰.۵۵۵۵۵۴	A <sub>۱۰</sub>	۶	۰.۶۰۱۹۵۲	A <sub>۲۴</sub>
۲۵	۰.۵۵۴۶۲۲	A <sub>۱۴</sub>	۷	۰.۶۰۰۴۳۲	A <sub>۲۸</sub>
۲۶	۰.۵۲۹۲۰۷	A <sub>۷</sub>	۸	۰.۵۹۸۳۹۶	A <sub>۱۳</sub>
۲۷	۰.۵۱۹۷۶۷	A <sub>۱۷</sub>	۹	۰.۵۹۳۹۷۲	A <sub>۱۹</sub>
۲۸	۰.۵۱۶۱۷۱	A <sub>۱۱</sub>	۱۰	۰.۵۸۶۲۲۶	A <sub>۵</sub>
۲۹	۰.۵۱۳۴۱۲	A <sub>۱۵</sub>	۱۱	۰.۵۸۵۶۴۸	A <sub>۳۵</sub>
۳۰	۰.۵۱۰۵۱۷	A <sub>۳۱</sub>	۱۲	۰.۵۸۵۴۱۳	A <sub>۲۵</sub>
۳۱	۰.۵۰۹۳۰۸	A <sub>۳۳</sub>	۱۳	۰.۵۷۷۶۷۹	A <sub>۲۶</sub>
۳۲	۰.۵۰۶۷۳	A <sub>۴</sub>	۱۴	۰.۵۷۳۵۳۷	A <sub>۱۸</sub>
۳۳	۰.۴۹۸۰۷۸	A <sub>۱۶</sub>	۱۵	۰.۵۷۲۰۵۱	A <sub>۱۲</sub>
۳۴	۰.۴۹۶۸۷۳	A <sub>۲۹</sub>	۱۶	۰.۵۷۱۸۵۱	A <sub>۱</sub>
۳۵	۰.۴۹۶۰۱۲	A <sub>۹</sub>	۱۷	۰.۵۷۰۰۱۱	A <sub>۲</sub>
			۱۸	۰.۵۶۵۲۰۸	A <sub>۲۴</sub>

با بررسی رتبه شرکت‌ها مشاهده می‌شود که شرکت‌های سرمایه‌گذاری بانک ملی ایران (A<sub>۶</sub>)، سرمایه‌گذاری غدیر (A<sub>۲۳</sub>) و ایران خودرو (A<sub>۲۲</sub>) حائز رتبه‌های اول تا سوم شده‌اند و

شرکت‌های سرمایه‌گذاری توسعه آذربایجان (A<sub>۹</sub>)، سرمایه‌گذاری نیرو (A<sub>۲۹</sub>) و سرمایه‌گذاری ساختمان ایران (A<sub>۱۶</sub>) پایین‌ترین رتبه‌ها را کسب کرده‌اند.

### نتیجه‌گیری

در تحلیل‌های مالی، عموماً به یک یا دو شاخص عمده مانند سود هر سهم یا بازده نرخ سرمایه‌گذاری به‌عنوان ملاک و مبنای تصمیم‌گیری نگاه می‌شود. حال آن‌که نه تنها نسبت‌های گوناگونی مانند انواع معیارهای نقدینگی، بدهی، فعالیت، بازدهی و ارزش بازار وجود دارد، بلکه این معیارها علاوه بر داشتن تضاد ذاتی، برای گروه‌های مختلف نیز از سطوح مطلوبیت متفاوتی برخوردارند. به علاوه بازار سرمایه و بازار مالی همواره بازاری پر نوسان است که طبعاً تغییر و کمبود اطلاعات در آن وجود داشته و تأثیر مهمی را نیز بر جای می‌گذارند. دو روش عمده برای تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی وجود دارد که هر یک از آن‌ها یعنی تجزیه و تحلیل افقی (روند) و تجزیه و تحلیل عمودی (شاخص) فقط بخشی از اطلاعات را به کار می‌برند. در روش اول اطلاعات مالی یک شرکت در چند سال مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود و در روش دوم اغلب یکی از ارقام مهم صورت مالی به‌عنوان شاخص پایه و مبنا در نظر گرفته می‌شود و بقیه ارقام نسبت به آن سنجیده می‌شود [۳]. حال آن‌که این دو روش مکمل یکدیگر هستند و باید هر دو را بخشی از تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی دانست [۲].

روش تحلیل رابطه خاکستری برای تصمیم‌گیری چند معیاره علاوه بر بررسی روابط بین عوامل و گزینه‌های مختلف، ورودی‌ها را به صورت اعداد بازه‌ای لحاظ می‌نماید که در واقع هم عدم اطمینان موجود در ساختار سیستم و هم عدم اطمینان موجود در ورودی‌های سیستم تصمیم‌گیری را به نمایش می‌گذارد؛ در ضمن یک مدل ساده و کاربردی است که روش‌های فوق را به صورت همزمان پوشش می‌دهد. در این روش اولاً الزامی به وجود اطلاعات دقیق نیست و ثوری خاکستری با استفاده از مفهوم اعداد خاکستری قابلیت پذیرش و به‌کارگیری اطلاعات نامطمئن را فراهم کرده است. در ثانی در این روش معیارهای متعدد به طور همزمان لحاظ می‌شود و روابط بین آن‌ها نیز در مدل اعمال می‌شود. ثالثاً اطلاعات مربوط به سال‌های متوالی یک شرکت در کنار اطلاعات مالی سایر



شرکت‌ها در یک مدل و با یکدیگر مقایسه می‌شود که در واقع ترکیبی از دو روش مرسوم ارزیابی‌های مالی (افقی و عمودی) را دربرمی‌گیرد.

#### منابع :

۱. اصغرپور محمد جواد (۱۳۷۷). تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. ریموندپی نوو (۱۳۷۹). مدیریت مالی ترجمه جهانخانی علی، پارسایان علی، چاپ ششم، تهران، انتشارات سمت.
۳. صدر ارحامی مهدی (۱۳۷۸). مدیریت مالی (جلد اول)، تهران، نشر فرناز.
۴. فضلی صفر، منصور صالِح (۱۳۸۶). مقایسه رویکردهای تحلیل پوششی داده‌ها و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در رتبه‌بندی شاخص‌های کلیدی تصمیم‌گیری خرید و فروش سهام، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، شماره ۱۵، صفحه ۱-۲۴.
۵. محمدی علی (۱۳۸۶). کاربرد تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی شرکت‌های دارو سازی، مجله علوم اجتماعی و انسانی، دوره بیست و ششم، شماره اول، صفحه ۱۱۷-۱۳۵.
۶. مهدیه نجف آبادی بتول (۱۳۸۶). کاربرد مقایسه‌ای روش تخصیص خطی و تاپسیس برای ارزیابی مالی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
7. Chang ping chang (2006). Managing business attributes and performance for commercial namks, Journal of American Academy of Business, Vol. 9, no 1:104-109.
8. David, K (1994). Grey system and grey relational model ACM SIGCE Bulletin, Volume 20: 1-9.
9. Deng, J. (1988). Introduction to grey system theory, The Journal of Grey Systems, Volume 1:1-24.

10. Dong G., Yamaguchi D. and M. Nagai (2006). A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem *Mathematical and Computer Modeling* , Volume 46: 573-581.
11. Fang, M. and G. Tzeng (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country, *Mathematical and computer Modeling*, 46: 1473-1490.
12. Huang Lin Yong, Pin-Chan Lee and Hsin- I Ting (2008). Systematic multi- attribute decision making model with grey numbers evaluations, *Expert system with Applications*, Volume 35, Issue 4: 1638-1644.
13. Kuo, Y., Yang, T. and G Hung (2008). The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision making problems, *Computers and Industrial Engineering*, 55: 80-93.
14. Liu S., Guo B. and Y. Dang (1999). *Grey system Theory and applications*, Scientific Press.
15. Liu S. and Y. Lin (2006). *Grey Information Theory and practical applications*, Springer, London.
16. Makridakis S, Andersen A. and R. Carbone (1982). The accuracy of extrapolation (time series) method ; results of a forecasting competition *Journal of Forecasting* : 111-153
17. Ping, Y. and H. Yang (2004). Using hybrid grey model to achieve revenue assurance of telecommunication companies *Journal of grey system*, 7: 39-50.
18. Wiecek M., Ehrgott M., Fadel G. and J. R. Figueira (2005). Multiple criteria decision making for engineering *Omega*, 36, PP.337-339
19. Yung, C. and k. Liwen (2006). Applying grey relational analysis and grey decision making to evaluate the relationship between company attributes and its financial performance *Decision Support System* ,Vol 43: 842-852
20. Zhang Jijun, Wu Desheng and D.L. Olson (2005). The method of grey related analysis to multiple attribute decision making problems with interval numbers, *Mathematical and Computer Modeling*, Volume 42, Issues 9-10: 991-998.