

اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروهی TOPSIS سلسله مراتبی در محیط فازی

علی پهلوانی*

دانشجوی دکترای مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۴/۱، تاریخ تصویب: ۱۳۸۸/۴/۳)

چکیده

نقش برجسته بانک‌های توسعه‌ای در تخصیص منابع محدود کشورهای در حال توسعه ایجاب می‌کند، سرمایه‌گذاری‌ها در مسیر صحیح انجام پذیرد. بانک صنعت و معدن به عنوان تنها بانک تخصصی - توسعه‌ای در بخش صنعت و معدن کشور، جهت حصول به اهداف راهبردی خود، جهت‌گیری سرمایه‌گذاری خود را مورد توجه قرار داده است. در این مقاله، مدلی برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری در صنایع مختلف که مرتبط با حوزه فعالیت بانک صنعت و معدن هستند، ارائه می‌شود. بدین منظور پس از تعریف معیارها و زیرمعیارهای تاثیرگذار در مسئله، اوزان هر معیار و زیرمعیار بر اساس نظرات خبرگان برآورد می‌گردد. برای فرایند ترکیب در تصمیم‌گیری از روش TOPSIS سلسله مراتبی با رویکرد فازی استفاده شده است. رویکرد فازی به دلیل توانایی کمی‌سازی عوامل کیفی و همچنین مدلسازی عدم قطعیت در خطاهای برآورد برخی از عوامل کمی انتخاب شده است. نتایج حاصل از مدل می‌تواند در تدوین برنامه‌ها و جهت‌گیری‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت سرمایه‌گذاری بانک صنعت و معدن مورد بهره‌برداری قرار گیرد. با این حال مدل ارائه شده قابلیت استفاده در موقعیت‌های مشابه این تحقیق را دارد.

واژه‌های کلیدی:

۱. مقدمه

شناسایی فرصت‌های سرمایه‌گذاری با بازدهی بالا و اولویت‌بندی آنها موضوعی است که امروزه بحث اصلی در تخصیص منابع سرمایه‌گذاران و بالاخص بانک‌ها با ویژگی‌های توسعه‌ای بانک صنعت و معدن می‌باشد. اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری علاوه بر اینکه امکان تخصیص بهینه منابع را فراهم می‌آورد، از زمان و هزینه‌های مراحل پیش سرمایه‌گذاری و تهیه مطالعه توجیهی طرح می‌کاهد.

اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری هر چند فعالیت متداولی در موسسات مالی و بانک‌ها است، ولی از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار است. پیچیدگی آن از تاثیر معیارهای متعدد کمی و کیفی در فرایند ارزیابی و مشارکت تصمیم‌گیران متعدد در این فرآیند نشات می‌گیرد. مدل‌های تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره می‌تواند تصمیم‌گیر را در تعامل با این پیچیدگی یاری رساند.

علاوه بر این، عدم قطعیت موجود در معیارهای کمی و کیفی، این پیچیدگی را دوچندان می‌سازد. در ارزیابی معیارهای کمی از آنجا که فرایند آمارگیری مشمول خطا در جمع‌آوری یا محاسبات است همواره با عدم قطعیت مواجه هستیم. در ارزیابی معیارهای کیفی نیز که اغلب به صورت واژه‌های زبانی توسط تصمیم‌گیران بیان می‌شود، قضاوت‌ها مشتمل بر دانش مبهم و نامعلوم آنها است. جهت تعامل با این پیچیدگی نیز، تئوری مجموعه‌های فازی به وجود آمده است که انعطاف‌پذیری مورد نیاز را برای نمایش عدم قطعیت ناشی از خطای داده‌ای یا ابهام در قضاوت‌ها فراهم می‌کند.

از این رو در مسئله مورد بحث، می‌توان از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر تئوری فازی استفاده نمود. روش‌های کارای مختلفی برای مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی وجود دارد که طیفی از روش‌های با اطلاعات کامل از ارجحیت تا روش‌های با اطلاعات کاملاً ناقص را شامل می‌شود.

در این مقاله مدل جدیدی از روش تاپسیس فازی (FTOPSIS) برای حل این مسئله ارائه می‌شود. این روش از جمله روش‌های مبتنی بر اطلاعات کامل از ارجحیت تصمیم‌گیران است که جزئیات آن در بخش سوم مقاله تشریح خواهد شد.

۲. مروری بر ادبیات

به طور کلی روش های ارزیابی سرمایه گذاری در دو دسته عددی و غیر عددی قرار می گیرند. روش های غیر عددی قدیمی تر بوده و امروزه ناکارآمدی آنها به اثبات رسیده است [۲۳]. روش های عددی خود به دو دسته روش های تحلیل سودآوری و امتیازدهی تقسیم می شوند. از روش های تحلیل سودآوری می توان به دوره بازگشت سرمایه (PP)، نرخ بازده متوسط (ARR) روش ارزش خالص کنونی (NPV) و نرخ بازده داخلی (IRR) و نسبت هزینه فایده (CBR) اشاره کرد. این روش ها علی رغم کارآمدی در تحلیل سودآوری، از آنجا که صرفاً جنبه سودآوری سرمایه گذاری را در نظر می گیرند، در خیلی از مسائل واقعی به تنهایی ناکارآمد هستند. جهت رفع این نقیصه، مدل های امتیازدهی که بر اساس روش های خاصی امتیازات طرح در چندین معیار را ترکیب کرده و عمل ارزیابی یا انتخاب را انجام می دهند، توسعه داده شده است.

شاخه خاصی از این مدل ها با عنوان تصمیم گیری چند معیاره شناخته می شود که شامل روش های متنوعی برای کاربردهای مختلف است [۲] و [۳].

تاکسونومی عددی [۲] به عنوان یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره، روش فراگیری در تحقیقات موجود است. مقاله [۵] با تعریف دو دسته از شاخص های نمایانگر مزیت تجاری (مزیت مطلق) و مزیت تولیدی (مزیت نسبی) و تأکید بر شاخص مزیت نسبی آشکار شده (RCA)، از طریق روش تاکسونومی عددی کدهای سه رقمی ISIC را رتبه بندی نموده است. نبوتی در [۱۳] در چارچوب کارت امتیازی متوازن (BSC) [۲۰] تعداد ۱۲ معیار برای رتبه بندی صنایع مختلف پیشنهاد نموده و با استفاده از دو روش تاکسونومی عددی و تحلیل مولفه های اصلی (PCA) اقدام به رتبه بندی صنایع (کدهای دو رقمی ISIC) نموده است. همچنین نویسنده در مقاله پس از تعیین اوزان معیارها از طریق روش آنالیز دلفی، به رتبه بندی کدهای چهاررقمی صنایع غذایی با استفاده از SAW و TOPSIS پرداخته است. در مقاله مشابهی [۸]، روش تاکسونومی عددی برای رتبه بندی صنایع مرتبط با کدهای چهاررقمی ISIC با تأکید بر تجارت خارجی (صادرات و واردات) استفاده شده است. در مقاله ای دیگر [۹] با هدف تعیین مزیت های نسبی صنایع مختلف در استان اصفهان، با استفاده از روش تلفیقی تاکسونومی عددی و تحلیل مولفه های اصلی کدهای دورقمی ISIC از نظر شاخص های موجود در ادبیات در زمینه مزیت نسبی،

رتبه‌بندی شده است. طی آن صنایع استان اصفهان به دو دسته همگن و غیر همگن تقسیم شده و در خصوص صنایع همگن رتبه‌بندی صورت می‌گیرد.

روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی (AHP) نیز در برخی تحقیقات مورد توجه بوده است. در مقاله‌ای [۱۲]، صنایع مبتنی بر کدهای سه رقمی ISIC با فرض دو دسته معیار اقتصادی (۵ معیار) و غیر اقتصادی (۵ معیار) بر اساس این روش رتبه‌بندی شده‌اند. همچنین این روش در [۷] برای رتبه‌بندی صنایع مختلف (کدهای چهاررقمی و دو رقمی ISIC) از نظر قابلیت بازاریابی بین المللی در تجارت الکترونیکی مورد استفاده قرار گرفته است. در تحقیق دیگری [۴] کدهای ISIC با توجه به معیارهایی مانند ارزش افزوده، ارزش تولید، میزان اشتغال ایجاد شده، میزان صادرات، میزان واردات، میزان ارز جذب شده، هزینه تولید، ارزش افزوده واقعی و ارزش افزوده سرمایه‌گذاری رتبه‌بندی شده است.

روش‌های نوین تصمیم‌گیری چندمعیاره نیز در برخی از تحقیقات مورد توجه قرار گرفته است. مدل تصمیم‌گیری PROMETHEE در مقاله‌ای [۶] برای تعیین سهام مناسب سرمایه‌گذاری پیشنهاد شده است. ابتدا صنایع بورس ارزیابی و رتبه‌بندی و برترین صنایع برای سرمایه‌گذاری انتخاب می‌شوند. پس از آن، شرکت‌های هر صنعت برتر به طور جداگانه ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند.

با توجه به وجود عدم قطعیت در ارزیابی‌ها آنگونه که در مقدمه اشاره شد، مدل‌های تصمیم‌گیری تحت عدم قطعیت خواسته تصمیم‌گیر را بهتر برآورده می‌سازند. چنین مدلی در ادبیات در زمینه اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری وجود ندارد.

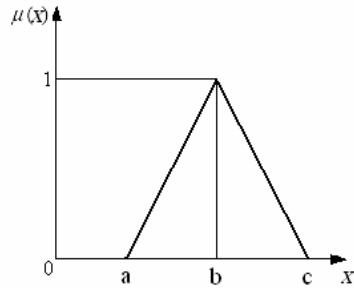
۳. روش تحقیق

رویکرد مورد استفاده در این مقاله برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری، مبتنی بر ترکیب مفاهیم تصمیم‌گیری چندمعیاره و تئوری فازی می‌باشد که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۳-۱. تئوری فازی

تئوری مجموعه‌های فازی که در سال ۱۹۶۵ از سوی لطفی‌زاده [۲۶] ارائه گردید، می‌تواند موضوع عدم قطعیت و نادقیقی داده‌ای و زبانی را اداره کند. برای آشنایی بیشتر با نظریه فازی به منابع [۱]، [۱۱] و [۲۷] مراجعه شود.

اعداد فازی که یکی از ابزارهای تئوری فازی برای نمایش عدم قطعیت است با توابع عضویت $\mu(x)$ مشخص می شود. عدد فازی با تابع عضویت مثلثی که در این مقاله به منظور فازی کردن اوزان و ارزیابی ها استفاده شده است، به صورت نمودار (۱) بوده و با $S=(a,b,c)$ نمایش داده می شود.



نمودار ۱. عدد فازی با تابع عضویت مثلثی

از آنجا که برای معیارهای کیفی مقدار عددی وجود ندارد، ارزیابی آنها مبتنی بر مقادیر زبانی تصمیم گیران می باشد. مقادیر زبانی مورد استفاده در این مقاله برای اوزان معیارها و زیرمعیارها و ارزیابی گزینه ها و معادل فازی آنها در نگاره (۱) آمده است.

نگاره ۱. مقادیر زبانی متغیرهای امتیاز ارزیابی و درجه اهمیت و معادل فازی آنها [۱۹]

مقدار زبانی	عدد فازی مثلثی متناظر با متغیر امتیاز ارزیابی	عدد فازی مثلثی متناظر با متغیر وزن
خیلی کم	(۰, ۰, ۲۰)	(۰, ۰, ۰/۲)
کم	(۰, ۲۰, ۴۰)	(۰, ۰/۲, ۰/۴)
متوسط	(۳۰, ۵۰, ۷۰)	(۰/۳, ۰/۵, ۰/۷)
زیاد	(۶۰, ۸۰, ۱۰۰)	(۰/۶, ۰/۸, ۱)
خیلی زیاد	(۸۰, ۱۰۰, ۱۰۰)	(۰/۸, ۱, ۱)

اگر $\tilde{S}_t = (a_t, b_t, c_t), t = 1, 2, \dots, k$ ، عدد فازی ترکیبی (میانگین) به صورت زیر بدست می آید [۱۷]:

$$\frac{\sum_{t=1}^k \tilde{S}_t}{k} = \left(\frac{1}{k} \sum_{t=1}^k a_t, \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k b_t, \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k c_t \right) \quad (1)$$

حاصلضرب دو عدد فازی مثلثی $\tilde{S}_1 = (a_1, b_1, c_1)$ و $\tilde{S}_2 = (a_2, b_2, c_2)$ به صورت زیر تعریف می‌شود [۱]:

$$\tilde{S}_1 \otimes \tilde{S}_2 = (a_1.a_2, b_1.b_2, c_1.c_2) \quad (۲)$$

همچنین فاصله دو عدد فازی مثلثی فوق از روش رأس به صورت زیر بدست می‌آید [۱۴]:

$$d_v(\tilde{S}_1, \tilde{S}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \quad (۳)$$

۲-۳. روش FTOPSIS سلسله مراتبی

با توجه به ویژگی‌های مسائل تصمیم و قابلیت‌های مدل‌های تصمیم‌گیری فازی، این مدل‌ها نتایج نزدیکتر به واقعیت در مقایسه با مدل‌های کلاسیک ارائه می‌دهند. یکی از این مدل‌ها FTOPSIS می‌باشد که اوزان و/یا ماتریس تصمیم در آن به صورت اعداد فازی تعریف می‌شود. این مدل که بر اولین بار توسط چن و هوانگ [۱۵] در سال ۱۹۹۲ ابداع شد، مانند TOPSIS کلاسیک بر اساس فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های مثبت و منفی آنها را رتبه‌بندی می‌کند. تفاوت مدل‌های مختلف این روش در نوع عدد فازی استفاده شده، روش نرمالیزه کردن و روش رتبه‌بندی است. این روش در زمینه‌های زیادی از جمله انتخاب پروژه [۲۴]، انتخاب مکان ایجاد کارخانه [۱۷] و [۲۵]، انتخاب تکنولوژی اطلاعات لجیستیک [۱۹] و انتخاب اعضای هیات علمی [۱۸] استفاده شده است.

اکثر مدل‌های FTOPSIS ارائه شده در تحقیقات قبلی، ساختار سلسله مراتبی موجود در مسائل چندمعیاره (مزیت اصلی AHP) را در نظر نمی‌گیرند. روش FTOPSIS ارائه شده در این مقاله قابلیت حل مسائل با ساختار سلسله مراتبی را داراست. این مدل با برخی تغییرات در نحوه نرمالیزه کردن و رتبه‌بندی، توسعه‌ای از مدل ارائه شده در [۱۹] است.

۴. بیان ریاضی مسئله

در مسئله تحت بررسی کمیته‌ای متشکل از تصمیم‌گیران بانک در نظر دارد، گزینه‌های محتمل سرمایه‌گذاری بانک را ارزیابی و نهایتاً رتبه‌بندی کند. گزینه‌های مورد نظر برای رتبه‌بندی در نگاره (۲) مشخص شده است. این گزینه‌ها با اندکی جرح و تعدیل جهت انطباق با اهداف و فعالیت‌های بانک، همان کدهای دورقمی استاندارد ISIC هستند.

نگاره ۲. گزینه‌های مورد ارزیابی

کد گزینه	تولیدات صنعتی	کد گزینه	تولیدات صنعتی
A ₁	معدن	A ₁₃	محصولات کانی غیر فلزی
A ₂	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	A ₁₄	تولید فلزات اساسی
A ₃	تولید محصولات از توتون و	A ₁₅	تولید محصولات فلزی بجز ماشین آلات
A ₄	تولید منسوجات	A ₁₆	تولید ماشین آلات و تجهیزات
A ₅	تولید پوشاک	A ₁₇	فناوری اطلاعات
A ₆	دباغی و عمل آوردن چرم	A ₁₈	تولید رادیو و تلویزیون و وسایل ارتباطی
A ₇	تولید چوب، محصولات چوبی و مبلمان	A ₁₉	تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و ابزار دقیق و ساعت
A ₈	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	A ₂₀	تولید وسایل نقلیه و قطعات
A ₉	انتشار و چاپ	A ₂₁	باز یافت
A ₁₀	پالایشگاه و پتروشیمی	A ₂₂	نیروگاه‌ها
A ₁₁	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	A ₂₃	گردشگری
A ₁₂	تولید محصولات لاستیکی و		

بدین منظور ابتدا با مراجعه به منابع کتابخانه‌ای، مصاحبه با مدیران و مطالعه اسناد راهبردی بانک صنعت و معدن، معیارهای اصلی و زیرمعیارهای مرتبط با هر معیار مشخص گردید. معیارهای اصلی شامل "بازدهی صنعت"، "انطباق با استراتژی بانک" و "سابقه صنعت در بانک" می‌باشد. نمودار (۲) سلسله مراتبی معیارها و زیرمعیارها را نمایش می‌دهد. در نمودار همچنین نوع یا جهت هر زیرمعیار (سود یا هزینه) مشخص شده است. در تحلیل مسائل تصمیم، معیارها (فازی یا غیرفازی) در دو طبقه سود (مطلوب) و هزینه (نامطلوب) قرار می‌گیرند. در خصوص معیارهای سود، هر چقدر مقدار معیار بزرگتر باشد، مطلوبتر است، در حالی که در خصوص معیارهای هزینه، هر چقدر مقدار معیار کوچکتر باشد، مطلوبتر است.



نمودار ۲. زیرمعیارهای مورد بررسی در مسئله

علامات زیر برای مدلسازی ریاضی مورد استفاده قرار گرفته است:

$$A_i: \text{گزینه } i, i=1,2,\dots,m \quad D_t: \text{تصمیم گیر } t, t=1,2,\dots,k$$

$$r_j: \text{تعداد زیرمعیارهای معیار } j \quad C_j: \text{معیار } j, j=1,2,\dots,n$$

$$SC_{jl}: \text{زیرمعیار } l \text{ از معیار } j, l=1,2,\dots,r_j \quad (S = \sum_{j=1}^n r_j)$$

$$\tilde{q}_j^t: \text{وزن فازی تخصیص یافته توسط تصمیم گیر } t \text{ به معیار } j \text{ نسبت به هدف از نگاهاره (۱)}$$

\tilde{w}_j : وزن ترکیبی محلی معیار j \tilde{I}_C : ماتریس اوزان محلی معیارها
 \tilde{q}_{jl}^t : وزن فازی تعیین شده توسط تصمیم گیر t به زیر معیار l نسبت به معیار j از نگاره (۱)
 \tilde{w}_{jl} : وزن ترکیبی محلی زیر معیار l از معیار j
 \tilde{I}_{SC}^j : ماتریس اوزان محلی زیر معیارهای معیار j
 \tilde{W}_{jl} : وزن کلی زیر معیار l از معیار j
 \tilde{p}_{ijl}^t : امتیاز ارزیابی فازی تخصیص یافته توسط تصمیم گیر t به گزینه i نسبت به زیر معیار l از معیار j که یک عدد فازی مثلثی است.
 \tilde{c}_{ijl} : امتیاز ترکیبی ارزیابی گزینه i در زیر معیار l از معیار j
 \tilde{I}_A : ماتریس امتیازات گزینه‌ها در زیر معیارها (ماتریس تصمیم)

۴-۱. مراحل حل مسئله

وزن معیارهای اصلی نسبت به هدف توسط تصمیم گیران به طور جداگانه و بدون اطلاع از نظر یکدیگر ارائه می شود که نتیجه کلی به صورت ماتریس (\tilde{I}_C) خواهد بود. همچنین نتیجه کلی اوزان زیر معیارهای تحت معیار اصلی j به صورت ماتریس (\tilde{I}_{SC}^j) خواهد بود.

$$\tilde{I}_C = \begin{matrix} \text{Goal} \\ C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_j \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 \\ \tilde{w}_2 \\ \vdots \\ \tilde{w}_j \\ \vdots \\ \tilde{w}_n \end{bmatrix}, \quad \tilde{I}_{SC}^j = \begin{matrix} C_j \\ SC_{j1} \\ SC_{j2} \\ \vdots \\ SC_{jl} \\ \vdots \\ SC_{jr_j} \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{w}_{j1} \\ \tilde{w}_{j2} \\ \vdots \\ \tilde{w}_{jl} \\ \vdots \\ \tilde{w}_{jr_j} \end{bmatrix}, \quad j=1,2,\dots,n$$

که \tilde{w}_j در ماتریس \tilde{I}_C میانگین حسابی اوزان تخصیص یافته توسط تصمیم گیران به معیار j (\tilde{q}_j^t) و \tilde{w}_{jl} در ماتریس \tilde{I}_{SC}^j میانگین حسابی اوزانی تخصیص داده شده توسط تصمیم گیران به زیر معیار l از معیار j است. میانگین‌ها بر اساس رابطه (۱) محاسبه می شود. اوزان محاسبه شده فوق محلی بوده و نمی تواند مستقیماً در محاسبات بعدی شود. بدین منظور با استفاده از رابطه زیر اوزان کلی زیر معیارها محاسبه می شود.

$$\tilde{W}_{jl} = \tilde{w}_j \cdot \tilde{w}_{jl} \quad j=1,2,\dots,n, \quad l=1,2,\dots,r_j \quad (4)$$

ماتریس تصمیم (\tilde{I}_A) متشکل از امتیاز ارزیابی گزینه‌ها در زیرمعیارها به صورت زیر است.

$$\tilde{I}_A = \begin{matrix} & SC_{11} & SC_{12} & \dots & SC_{1r_1} & \dots & SC_{1j_l} & \dots & SC_{1nr_n} \\ A_1 & \tilde{c}_{111} & \tilde{c}_{112} & \dots & \tilde{c}_{11r_1} & \dots & \tilde{c}_{1j_l} & \dots & \tilde{c}_{1nr_n} \\ A_2 & \tilde{c}_{211} & \tilde{c}_{212} & \dots & \tilde{c}_{21r_1} & \dots & \tilde{c}_{2j_l} & \dots & \tilde{c}_{2nr_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_i & \tilde{c}_{i11} & \tilde{c}_{i12} & \dots & \tilde{c}_{i1r_1} & \dots & \tilde{c}_{ij_l} & \dots & \tilde{c}_{inr_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_m & \tilde{c}_{m11} & \tilde{c}_{m12} & \dots & \tilde{c}_{m1r_1} & \dots & \tilde{c}_{mj_l} & \dots & \tilde{c}_{mnr_n} \end{matrix}$$

که \tilde{c}_{ijl} (امتیاز ارزیابی گزینه i در زیرمعیار l از معیار j) میانگین حسابی امتیازات فازی تخصیص توسط پاسخ‌دهندگان است (\tilde{p}'_{ijl}) و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود. پس از تعیین اوزان زیرمعیارها و تشکیل ماتریس تصمیم فازی، مسئله آماده اجرای مراحل متعارف TOPSIS کلاسیک است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

ابتدا باید مقادیر ماتریس تصمیم فازی، به مقیاسی قابل مقایسه (مقیاسی بدون بعد یا واحد) تبدیل گردند که به این کار اصطلاحاً نرمالسازی می‌گویند. یکی از روش‌های موجود تبدیل خطی است [۱۴].

اگر $\tilde{s}_{ih} = (a_{ih}, b_{ih}, c_{ih})$ نشانگر عدد فازی مثلثی مربوط به سطر (گزینه) i و ستون (زیرمعیار) h در ماتریس تصمیم باشد، آنگاه عدد فازی مثلثی نرمال شده \tilde{s}_{ih} به صورت زیر بدست می‌آید.

$$\tilde{s}_{ih} = \left(\frac{a_{ih}}{c_h^*}, \frac{b_{ih}}{c_h^*}, \frac{c_{ih}}{c_h^*} \right) \quad \text{برای زیرمعیارهای سود:} \quad (5)$$

$$\tilde{s}_{ih} = \left(\frac{a_h^-}{c_{ih}}, \frac{a_h^-}{b_{ih}}, \frac{a_h^-}{a_{ih}} \right) \quad \text{برای زیرمعیارهای هزینه:} \quad (6)$$

که در روابط (۵) و (۶)، $c_h^* = \max_i c_{ih}$ و $a_h^- = \min_i a_{ih}$.

ماتریس تصمیم نرمال فازی از طریق ضرب اوزان کلی زیرمعیارها (\tilde{W}_h) در مقادیر ماتریس موزون می‌شود. در نتیجه ماتریس تصمیم نرمال فازی موزون \tilde{V} حاصل می‌شود:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ih}]_{m \times S}; \tilde{v}_{ih} = (v_{ih1}, v_{ih2}, v_{ih3}) = \tilde{s}_{ih} \otimes \tilde{W}_h \quad (7)$$

پس از مراحل فوق، گزینه ایده‌آل مثبت فازی ($FPIA$) به عنوان بهترین گزینه ممکن و گزینه ایده‌آل منفی فازی ($FNIA$) به عنوان بدترین گزینه ممکن تعیین می‌گردد:

$$FPIS = A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_S^+) \text{ و } FNIS = A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_S^-) \quad (۸)$$

که در آن به ازای $h=1,2,\dots,S$ و $i=1,2,\dots,m$ داریم:

$$\tilde{v}_h^+ = \max_i \tilde{v}_{ih} \text{ و } \tilde{v}_h^- = \min_i \tilde{v}_{ih} \quad (۹)$$

\tilde{v}_h^+ و \tilde{v}_h^- به ترتیب بهترین و بدترین مقادیر زیرمعیار h در بین کلیه گزینه‌ها هستند. برای محاسبه \tilde{v}_h^+ و \tilde{v}_h^- ، می‌توان از سه رویکرد محاسبه قطعی از ماتریس تصمیم فازی، محاسبه قطعی از ماتریس تصمیم قطعی یا محاسبه فازی از ماتریس تصمیم فازی استفاده کرد. در روش سوم \tilde{v}_h^+ و \tilde{v}_h^- به ترتیب بزرگترین و کوچکترین اعداد فازی هستند که از تکنیک توسعه یافته رتبه‌بندی فازی [۲۱] مشخص شده‌اند. این تکنیک، مبتنی بر میانگین و انحراف استاندارد اعداد فازی است. از مفاهیم آماری استنباط می‌شود که مقدار میانگین و انحراف از استاندارد معیار کاملی برای مقایسه دو عدد فازی نیستند [۲۲]. جهت رفع این نقیصه ضریب تغییر پیشنهاد شده است [۱۶]. این پارامترها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu(\tilde{v}_{ih}) = \frac{1}{4}(v_{ih1} + 2v_{ih2} + v_{ih3}) \quad (۱۰)$$

$$\sigma(\tilde{v}_{ih}) = \frac{1}{80}(3v_{ih1}^2 + 4v_{ih2}^2 + 3v_{ih3}^2 - 4v_{ih1}.v_{ih2} - 4v_{ih2}.v_{ih3} - 2v_{ih1}.v_{ih3}) \quad (۱۱)$$

$$CV(\tilde{v}_{ih}) = \frac{\sigma(\tilde{v}_{ih})}{\mu(\tilde{v}_{ih})} \quad \mu \neq 0 \quad (۱۲)$$

بر اساس این تکنیک برای هر زیرمعیار h از مسئله، \tilde{v}_h^+ برابر آن عددی فازی است که کمترین ضریب تغییر و \tilde{v}_h^- آن عدد فازی است که بزرگترین ضریب تغییر را دارد. فاصله مقدار هر گزینه در هر زیرمعیار از بهترین و بدترین مقدار آن زیرمعیار بر اساس رابطه (۳) محاسبه شده و مجموع فواصل گزینه از بهترین مقادیر به عنوان فاصله از گزینه ایده‌آل مثبت فازی و مجموع فواصل از بدترین مقادیر به عنوان فاصله از گزینه ایده‌آل منفی فازی مشخص می‌شود.

$$D_i^+ = \sum_{h=1}^S d_v(\tilde{v}_{ih}, \tilde{v}_h^+), D_i^- = \sum_{h=1}^S d_v(\tilde{v}_{ih}, \tilde{v}_h^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (۱۳)$$

در نهایت شاخص نزدیکی که فاصله از دو گزینه ایده‌آل را به طور همزمان در نظر می‌گیرد و معیاری برای رتبه‌بندی گزینه‌ها است، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CF_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (۱۴)$$

گزینه با شاخص نزدیکی بزرگتر، رتبه بالاتری نسبت به سایر گزینه‌ها خواهد داشت.

۵. نتایج نهایی اجرای مدل

در این قسمت، نتایج اجرای مدل در مسئله مورد بحث ارائه می‌شود. در تعیین اوزان معیارها و زیرمعیارها و ارزیابی گزینه‌ها بر اساس تصمیم‌گیری گروهی، ۳۵ مدیر و کارشناس بانک از واحدهای تصمیم‌گیر و مرتبط با موضوع مشارکت داشتند. اوزان فازی برآمده از طریق رابطه (۴) مبتنی بر نظرات تصمیم‌گیران در خصوص اهمیت معیارها و زیرمعیارها، مطابق نگاره (۳) محاسبه شده است.

نگاره ۳. اوزان کلی زیرمعیارها (\tilde{W}_{jl})

C ₁		C ₂		C ₃	
SC ₁₁	(۰.۳۴, ۰.۶۱, ۰.۸۹)	SC ₂₁	(۰.۱۳, ۰.۳, ۰.۵۵)	SC ₃₁	(۰.۱۱, ۰.۲۶, ۰.۴۹)
SC ₁₂	(۰.۲۸, ۰.۵۴, ۰.۸۲)	SC ₂₂	(۰.۱۳, ۰.۳۱, ۰.۵۶)	SC ₃₂	(۰.۱۹, ۰.۳۹, ۰.۶۲)
SC ₁₃	(۰.۲۸, ۰.۵۳, ۰.۷۹)	SC ₂₃	(۰.۱۴, ۰.۳۲, ۰.۵۴)	SC ₃₃	(۰.۱۶, ۰.۳۵, ۰.۶)
SC ₁₄	(۰.۲۶, ۰.۵۱, ۰.۷۷)	SC ₂₄	(۰.۱۷, ۰.۳۸, ۰.۶۲)		
SC ₁₅	(۰.۲, ۰.۴۱, ۰.۶۷)	SC ₂₅	(۰.۱۱, ۰.۲۷, ۰.۵)		
SC ₁₆	(۰.۲۷, ۰.۵۱, ۰.۷۹)	SC ₂₆	(۰.۱۴, ۰.۳۲, ۰.۵۶)		
SC ₁₇	(۰.۲۷, ۰.۵۲, ۰.۷۹)	SC ₂₇	(۰.۰۹, ۰.۲۴, ۰.۴۷)		
SC ₁₈	(۰.۱۲, ۰.۳۱, ۰.۵۵)	SC ₂₈	(۰.۱۵, ۰.۳۵, ۰.۶)		
SC ₁₉	(۰.۲, ۰.۴۱, ۰.۶۷)	SC ₂₉	(۰.۱۸, ۰.۳۹, ۰.۶۵)		
SC ₁₁₀	(۰.۲۳, ۰.۴۶, ۰.۷۳)	SC ₂₁₀	(۰.۱۴, ۰.۳۲, ۰.۵۴)		

برای تکمیل ماتریس تصمیم، در مورد زیرمعیارهایی که اطلاعات کمی وجود دارد، از روش اسنادی به منظور دستیابی به اطلاعات موجود استفاده گردید. آمار استفاده شده در این تحقیق مربوط به بانک مرکزی، مرکز آمار ایران، بورس و اوراق بهادار تهران و اطلاعات موجود در پایگاه‌های اطلاعاتی بانک صنعت و معدن می‌باشد. در خصوص زیرمعیارهایی که اطلاعات لازم در دسترس نیست یا زیرمعیار ماهیتی کیفی دارد، از نظرات تصمیم‌گیران در قالب نگاره (۱) استفاده شد. لازم به ذکر است، با توجه به لزوم حفظ اطلاعات اقتصادی برای بانک، از انتشار کامل اطلاعات مورد استفاده خودداری شده است. ماتریس تصمیم خام که عناصر آن اعداد فازی مثلثی هستند، بر اساس روابط (۵) و (۶) به ماتریس نرمال فازی تبدیل می‌شود که بخشی از آن در نگاره (۴) آمده است.

مقدار متناظر با کمترین ضریب تغییر، به عنوان بهترین (\tilde{v}_h^+) و مقدار متناظر با بزرگترین ضریب تغییر به عنوان بدترین (\tilde{v}_h^-) مشخص می‌گردد. گزینه‌های متناظر با بهترین و بدترین مقدار در هر زیرمعیار در نگاره (۷) مشخص شده است.

نگاره ۷. گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی

ایده‌آل منفی	ایده‌آل مثبت		ایده‌آل منفی	ایده‌آل مثبت		زیرمعیار
	ایده‌آل مثبت	زیرمعیار		ایده‌آل مثبت	زیرمعیار	
A ₃	A ₁₄	SC ₂₃	A ₃	A ₁₄	SC ₁₁	
A ₃	A ₁₄	SC ₂₄	A ₂	A ₂₃	SC ₁₂	
A ₃	A ₂₂	SC ₂₅	A ₁₀	A ₆	SC ₁₃	
A ₂₂	A ₁₇	SC ₂₆	A ₃	A ₂₁	SC ₁₄	
A ₁₉	A ₂₃	SC ₂₇	A ₂₁	A ₁₄	SC ₁₅	
A ₃	A ₁₄	SC ₂₈	A ₆	A ₂₂	SC ₁₆	
A ₃	A ₁₀	SC ₂₉	A ₃	A ₁₄	SC ₁₇	
A ₃	A ₁₄	SC ₂₁₀	A ₁₉	A ₁₄	SC ₁₈	
A ₂₁	A ₁₃	SC ₃₁	A ₂₁	A ₁₀	SC ₁₉	
A ₃	A ₁₀	SC ₃₂	A ₁	A ₅	SC ₁₁₀	
A ₁₃	A ₁₅	SC ₃₃	A ₃	A ₁₄	SC ₂₁	
			A ₃	A ₁₆	SC ₂₂	

در نگاره (۸) فاصله هر گزینه از بهترین مقدار در هر زیرمعیار با D^+ و فاصله آن از بدترین مقدار زیرمعیار با D^- مشخص شده است.

نگاره ۸. فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی

گزینه	زیرمعیار	SC ₁₂		SC ₃₂		...		
				
		...	D ⁺	D ⁻	...	D ⁺	D ⁻	...
....	
A ₃	۰.۱۳۷۲۳	۰.۱۳۶۶۷	...	۰.۴۲۷۵۷	۰	...
A ₄	۰.۲۵۰۱۶	۰.۰۲۲۶۷	...	۰.۴۲۱۶۱	۰.۰۰۵۹۶	...
A ₅	۰.۲۵۹۸۸	۰.۰۱۳۱۱	...	۰.۴۱۴۱۵	۰.۰۱۳۴۲	...
A ₆	۰.۱۴۶۸۶	۰.۱۲۶۲۱	...	۰.۳۸۴۱۸	۰.۰۴۳۳۹	...
...

جهت رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها، فاصله از ایده‌آل مثبت به صورت مجموع فواصل گزینه از بهترین مقدار در زیرمعیارها و فاصله از ایده‌آل منفی به صورت مجموع فواصل گزینه از بدترین مقدار در زیرمعیارها محاسبه می‌شود و بر اساس آنها شاخص نزدیکی برای هر

گزینه از طریق رابطه (۱۴) بدست می آید. در نگاره (۹) گزینه‌ها به ترتیب از بزرگترین به کوچکترین شاخص نزدیکی رتبه بندی شده‌اند.

نگاره ۹. رتبه بندی نهایی گزینه‌ها

رتبه	گزینه	فاصله از ایده آل مثبت	فاصله از ایده آل منفی	شاخص نزدیکی	رتبه	گزینه	فاصله از ایده آل مثبت	فاصله از ایده آل منفی	شاخص نزدیکی
۱	A ₁₀	۲.۴۵۵	۴.۱۹۲	۰.۶۴۱	۱۳	A ₇	۴.۱۹۲	۲.۲۸۲	۰.۳۵۳
۲	A ₁₄	۲.۴۳۱	۴.۱۶۰	۰.۶۱۸	۱۴	A ₅	۴.۱۶۰	۲.۲۴۵	۰.۳۵۱
۳	A ₁₃	۳.۰۸۳	۴.۲۳۵	۰.۵۲۵	۱۵	A ₉	۴.۲۳۵	۲.۲۳۴	۰.۳۴۵
۴	A ₂₀	۳.۴۱۴	۴.۳۵۰	۰.۴۶۴	۱۶	A ₄	۴.۳۵۰	۲.۰۲۴	۰.۳۱۸
۵	A ₂	۳.۷۳۴	۴.۴۹۳	۰.۴۱۵	۱۷	A ₈	۴.۴۹۳	۱.۸۷۶	۰.۲۹۵
۶	A ₁₁	۳.۸۵۴	۴.۵۷۰	۰.۴۱۴	۱۸	A ₂₃	۴.۵۷۰	۱.۸۸۹	۰.۲۹۲
۷	A ₂₂	۳.۸۷۳	۴.۵۷۶	۰.۴۰۷	۱۹	A ₁₉	۴.۵۷۶	۱.۸۷۳	۰.۲۹۰
۸	A ₁	۳.۸۲۷	۴.۶۴۴	۰.۳۹۹	۲۰	A ₆	۴.۶۴۴	۱.۸۳۹	۰.۲۸۴
۹	A ₁₅	۳.۸۴۳	۴.۶۲۳	۰.۳۹۷	۲۱	A ₁₇	۴.۶۲۳	۱.۷۵۳	۰.۲۷۵
۱۰	A ₂₁	۳.۹۰۹	۴.۷۹۳	۰.۳۸۶	۲۲	A ₁₈	۴.۷۹۳	۱.۶۴۱	۰.۲۵۵
۱۱	A ₁₆	۳.۹۶۰	۵.۸۱۷	۰.۳۷۸	۲۳	A ₃	۵.۸۱۷	۰.۶۲۶	۰.۰۹۷
۱۲	A ₁₂	۴.۰۶۸		۰.۳۶۱					

در ادامه برخی نکات تحلیلی در خصوص نتایج مدل ارائه می شود:

- رتبه اول مربوط به صنایع پالایشگاه و پتروشیمی است که این به دلیل برتری در زیر معیارهای SC₁₉، SC₂₉ و SC₃₂ می باشد. ضمن اینکه این صنعت در زیر معیار SC₁₃ بدترین گزینه می باشد. رتبه اول صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی با توجه به پتانسیل بالا و منابع نفتی سرشار کشور و جنبه استراتژیکی محصولات نفتی دور از انتظار نیست.
- صنایع فلزات اساسی با اختلاف اندکی در رتبه دوم قرار دارد. در صورتی که مبنای رتبه بندی صرفاً فاصله از ایده آل مثبت باشد صنایع فلزات اساسی به دلیل کمترین فاصله، برترین گزینه خواهد بود. این به دلیل برتری در زیر معیارهای SC₁₁، SC₁₅، SC₁₇، SC₂₁، SC₂₃، SC₂₄، SC₂₈ و SC₂₁₀ می باشد که گویای برتری کامل آن در رتبه بندی های جزئی نسبت به پالایشگاه و پتروشیمی می باشد. همچنین این گزینه در هیچ زیر معیاری بدترین گزینه نبوده است، با این حال به دلیل فاصله کمتر از ایده آل منفی نسبت به پالایشگاه و پتروشیمی در رتبه دوم قرار می گیرد.
- صنایع کانی غیر فلزی از جمله صنایع سیمان در رتبه سوم قرار گرفته است. این گزینه در زیر معیار SC₃₁ برترین گزینه و در زیر معیار SC₃₃ بدترین گزینه می باشد. این گروه از

- صنایع علی‌رغم اهمیت بالای آن در روند توسعه و بازسازی کشور، به دلیل برخی مسائل مانند قیمت‌گذاری دولتی و بدهی بخش دولتی عملاً سودآوری مطلوبی ندارند.
- رتبه‌نهایی مرتبط با صنایع تولید توتون و تنباکو است که با اختلاف زیادی در این رتبه قرار گرفته است. این گزینه در ۱۲ زیرمعیار از ۲۳ زیرمعیار بدترین بوده است. این نتیجه نیز با توجه به لزوم تکریم سلامت مردم و سیاست‌های دولت در کاهش تولید و مصرف دخانیات کاملاً طبیعی است.
- رتبه برخی از صنایع مانند فناوری اطلاعات، صنعت گردشگری و نیروگاه‌ها علی‌رغم اهمیت مشهود آنها غیرمنطقی به نظر می‌رسد. در این خصوص باید معیارهای تاثیرگذار در مدل را مورد بررسی قرار داد. برخی از زیرمعیارها مانند صادرات محصول در خصوص این صنایع موضوعیت چندانی ندارد. علاوه بر این به دلیل نوظهور بودن فناوری اطلاعات و صنعت گردشگری، از وضعیت مناسبی در زیرمعیارهای سابقه صنعت برخوردار نیستند. هر چند رتبه کلی این صنایع، پایین ارزیابی شده است، رتبه‌های جزئی آنها قابل توجه است به طوری که صنعت گردشگری در زیرمعیارهای SC₁₂ و SC₂₇، فناوری اطلاعات در زیرمعیار SC₂₆ و نیروگاه در زیرمعیارهای SC₁₆ و SC₂₅ برترین گزینه بوده است.
- صنایع تولید پوشاک به دلیل ارزش افزوده بالا و تقاضای افزایشی محصولات آن، از اولویت بالاتری نسبت به صنایع نساجی برخوردار است. این نتیجه لزوم توجه به بخش پایین دستی نساجی برای گریز از مشکلات صنایع نساجی را می‌رساند.
- به عنوان یک نتیجه کلی از مدل، توجه به صنایع استراتژیک بالادستی مانند پالایشگاه‌ها و پتروشیمی و صنایع فلزات اساسی به دلیل منابع طبیعی موجود در کشور ضروری است. با این حال اتکای صرف بر صادرات محصولات صنایع بالادستی (منابع اولیه خام) کشور را از توسعه صنعتی بازخواهد داشت، لذا نباید از برخی از صنایع پایین دستی مانند وسایل نقلیه که در فضای کسب و کار امروزی، اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده‌اند، غافل ماند.

۶. نتیجه‌گیری

در این مقاله، مدلی برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری بانک صنعت و معدن ارائه شد. با توجه به ویژگی‌های مسئله، رویکرد تصمیم‌گیری مورد استفاده، نسخه بهبود یافته‌ای از TOPSIS است که قابلیت در نظر گرفتن سلسله مراتب معیارها و زیرمعیارها را نیز دارد.

همچنین به دلیل وجود عدم قطعیت و ابهام در برخی از معیارها، رویکرد فازی در بطن روش مورد استفاده قرار گرفته است.

نتایج نهایی اخذ شده از مدل، انطباق بالایی با تفکرات غیرنظام مند بخش کارشناسی و مدیریتی بانک صنعت و معدن دارد. هر چند که مدل دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد.

در مدل پیشنهادی، گزینه‌ها (کدهای ISIC دورقمی) خود شامل گروه وسیعی از صنایع با تولیدات متنوع هستند. هر چند در انتخاب گزینه‌ها سعی در تشخیص اشتراکات قوی بوده با این حال ارزیابی چندین محصول صنعتی در یک گروه منجر به خطا در نتایج خواهد شد. بنابراین مناسبتر است، گزینه‌ها به تفکیک محصول و دقیقتر تعریف شود.

بحث مهم دیگر جایگاه اولویت بندی در تصمیمات سرمایه گذاری موردی بانک است. به طور کلی هر اقدام سرمایه گذاری نیازمند بررسی جوانب متعدد طرح در قالب مطالعات امکان سنجی می‌باشد. اتکای صرف به اولویت بندی در ارزیابی طرح‌ها، می‌تواند بانک را از تک فرصت‌های موجود در برخی صنایع حتی با اولویت پایین دور سازد. از این رو اگر اولویت بندی مبنای تصمیمات سرمایه گذاری موردی بانک در طرح‌های مختلف است، باید در کنار پرداختن به گزینه‌های دقیقتر به جامعیت معیارها و زیرمعیارها نیز افزوده شود.

در پایان چند گزینه ممکن برای توسعه تئوریک مدل پیشنهاد می‌شود. یکی از ایرادات اساسی شاخص نزدیکی در TOPSIS کلاسیک، در نظر گرفتن ارتباط نسبی فاصله گزینه‌ها از ایده آل مثبت و منفی است. معیاری برای شاخص نزدیکی نیاز است تا دو فاصله را به طور مطلق در نظر بگیرد. همچنین تعریف شاخص نزدیکی به صورت فازی منطقی نتیجه گیری از ماتریس تصمیم فازی را قوی تر خواهد کرد.

می‌توان از توابع عضویت فازی دیگری غیر از مثلثی در ارزیابی‌های مدل استفاده کرد. همچنین مقایسه نتایج حاصل از مدل ارائه شده و روش‌های دیگر مانند Fuzzy AHP می‌تواند ضمن نمایندن قابلیت روش‌های مختلف، تصمیم گیر را در وضعیت بهتری برای تصمیم گیری قرار دهد.

منابع

۱. آذر، عادل و فرجی، حجت (۱۳۸۰) علم مدیریت فازی، تهران، انتشارات اجتماع.
۲. آذر، عادل و رجبزاده، علی (۱۳۸۱) تصمیم گیری کاربردی، رویکرد MADM، تهران، انتشارات نگاه دانش.

۳. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۳) تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
۴. جباری، فرخ (۱۳۷۹) «رتبه‌بندی صنایع ایران براساس شاخص‌های منتخب اقتصادی از روش AHP»، تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت.
۵. جهانگیری علی و نصیری محمد (۱۳۸۶) «بررسی و تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری صنعتی کشور با استفاده از تکنیک تاکسونومی»، پژوهشنامه علوم انسانی و اجتماعی، دوره ۶، شماره ۲۵، ص. ۷۲-۵۳.
۶. چهارسوقی، سیدکمال؛ البدوی، امیر و اصفهانی‌پور، اکبر (۱۳۸۵) «انتخاب سبد سهام در بورس با رتبه‌بندی صنایع و شرکت‌ها»، امیرکبیر، دوره ۱۷، شماره ۶۵، ص. ۲۹-۲۱.
۷. خدادادحسینی، سیدحمید و فتحی، سعید (۱۳۸۱) «ارائه روشی برای اولویت‌بندی صنایع ایران بر مبنای قابلیت بازاریابی بین‌المللی و تجارت الکترونیکی»، پژوهشنامه بازرگانی، دوره ۷، شماره ۲۵، ص. ۱۶۸-۱۴۷.
۸. رئیس‌دنا، فریرز؛ بهاری جوان، معصومه و آذری محبی، رضا (۱۳۸۲) «رتبه‌بندی صنایع کشور با توجه به ظرفیت تجارت خارجی هر صنعت»، پژوهشنامه اقتصادی، دوره ۳، شماره ۲، ص. ۱۱۲-۷۱.
۹. صناعی، علی و معلم، سپهر (۱۳۸۱) «رتبه‌بندی فعالیت‌های صنعتی استان اصفهان در تولید و صادرات بخش‌های مختلف صنایع بر اساس مزیت‌های نسبی و رقابتی»، پژوهشنامه بازرگانی، دوره ۶، شماره ۲۳، ص. ۷۲-۳۷.
۱۰. قدسی‌پور، سیدحسن (۱۳۸۱) فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، تهران، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۱. کلر، جی. ج.؛ کلیر، یو. اس. و یوان، ب (۱۳۸۱) تئوری مجموعه‌های فازی، اصول و کارکردها، ترجمه فاضل هرندی، تهران، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۲. معصوم‌زاده، سیدمحسن و تراب‌زاده، اقدس (۱۳۸۳) «رتبه‌بندی تولیدات صنعتی کشور به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)»، پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۳۰، ص. ۸۴-۶۹.
۱۳. نبوتی، حجت (۱۳۸۶) «رتبه‌بندی صنایع ایران بر اساس تکنیک‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه»، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع ایران، تهران.

14. Chen, C.T. (2000) "Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.114, No.1, pp.1–9.
15. Chen, S.J. and Hwang, C.L. (1992) *Fuzzy multiple attribute decision making: methods and Applications*, Berlin: Springer-Verlag.
16. Cheng, C.H. (1998) "A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 95, No. 3, pp. 307- 317.
17. Chu, T.-C. (2002) "Selecting plant location via a Fuzzy TOPSIS approach", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 20, No. 11, pp. 859–864.
18. Ertuğrul, İ. and Karakaşoğlu, N. (2006) "Fuzzy TOPSIS method for academic member selection in engineering faculty", *International Joint Conferences on Computer, Information, and Systems Sciences, and Engineering (CIS2E 06)*, pp.4–14.
19. Kahraman, C.; Ates, N.Y.; Cevik, S.; Gulbay, M. and Erdogan, S.A. (2007) "Hierarchical fuzzy TOPSIS model for selection among logistics information technologies", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 20, No. 2, pp. 143-168.
20. Kaplan, R. S. and Norton, D. P. (1996) *The Balanced Scorecard: translating strategy into action*, Boston, Harvard Business School Press.
21. Lee, E.S. and Li, R.L. (1988) "Comparison of fuzzy numbers based on the probability measure of fuzzy events", *Computer Mathematics Application*, Vol. 15, No. 10, pp. 887-896.
22. Mehregan, M. R. and Safari, H. (2006) "Combination of Fuzzy TOPSIS and fuzzy ranking for multi attribute decision making", In L. Rutkowski, et al. (Eds.): *ICAISC 2006, LNAI 4029*, Berlin: Springer-Verlag, pp. 260-267.
23. Meredith, J.R. and Mantle, S.J. (2003) *Project management: a managerial approach*, New York, John Wiley.
24. Salehi, M. and Tavakkoli-Moghaddam, R. (2008) "Project selection by using a Fuzzy TOPSIS technique", *International Journal of Computer, Information, and Systems Science, and Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 99-104.
25. Yong, D. (2006) "Plant location selection based on Fuzzy TOPSIS", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 28, No. (7-8), pp. 839–844.

26. Zadeh, L. A. (1965) "Fuzzy sets", Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353.
27. Zimmerman, H.J. (1991) Fuzzy set theory and its applications (2nd edition), Boston, Kluwer.