مدیریت صنعتی
Journal of Industrial Management
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۸، شمارهٔ ۴
زمستان ۱۳۹۵
صص. ۵۳۲- ۵۱۵

ارائهٔ دو روش جدید برای مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه با وجود برهم‌کنش بین معیارها

حامد امینی[۱]، مرتضی راستی برزکی[۲]

چکیده: هدف از این پژوهش ارائهٔ دو روش جدید برای حل مسائلی با برهم‌کنش بین معیارها در مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. از آنجا که معیارهای مورد ارزیابی در مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، ممکن است بر یکدیگر تأثیر داشته باشند، نیاز به روش‌هایی که تأثیرات متقابل را لحاظ کند، ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش ضمن معرفی و دسته‌بندی اثرهای متقابل بین معیارها، به معرفی دو روش جدید در این زمینه پرداخته می‌شود. روش‌های جدیدی که در این مقاله معرفی می‌شود مربوط به حل مسائلی با برهم‌کنش بین معیارهاست. برهم‌کنش بین معیارها به دسته‌ای از آثار متقابل بین معیارها گفته می‌شود. در حال حاضر دو روش برای حل مسائل دارای برهم‌کنش بین معیارها ارائه شده است که نشان‌دهندهٔ ضعف روش‌های حل برای این بخش از مسائل تصمیم‌گیری است. در این مقاله نیز دو روش جدید برای حل این‌گونه مسائل ارائه می‌شود. رویکرد روش‌های جدید ارائه شده، اثر دادن برهم‌کنش‌های موجود در ماتریس تصمیم است. نتایج به‌دست آمده بیان‌کنندهٔ کارایی روش‌های ارائه شده در حل مسائل است.

واژه‌های کلیدی: ***اثر متقابل بین معیارها، برهم‌کنش بین معیارها، تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه.***

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکدهٔ مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
۲. استادیار دانشکدهٔ مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

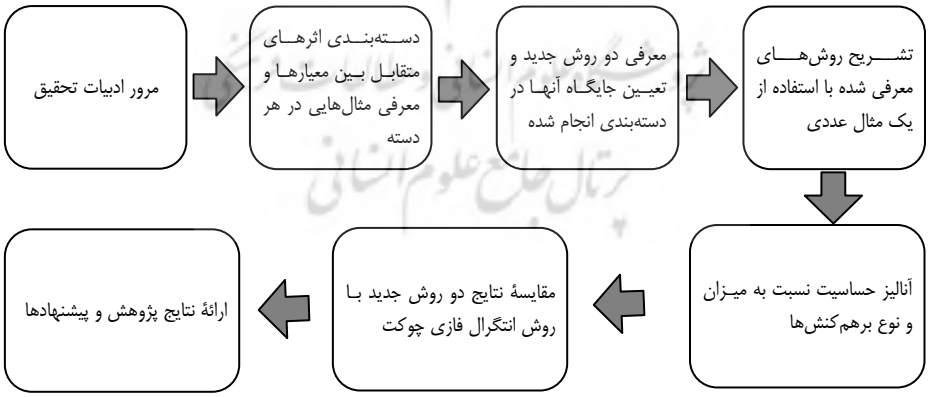
تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۲۱
نویسندهٔ مسئول مقاله: حامد امینی
E-mail: hamed.amini@in.iut.ac.ir

مقدمه

مدل‌ها و روش‌های مختلفی در زمینهٔ تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه معرفی شده‌اند و هنوز بررسی و تحقیق به‌منظور توسعهٔ روش‌های موجود یا معرفی روش‌های جدید در این زمینه، ادامه دارد. هدف از ارائهٔ روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، کمک به تصمیم‌گیرنده برای اخذ تصمیم مناسب است؛ زیرا تصمیم‌گیری ذهنی در بسیاری از مواقع، به‌ویژه هنگامی که تعداد معیارها زیاد باشد، دقت کافی به همراه نخواهد داشت. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری دامنهٔ بسیار گسترده و متنوعی دارد و به‌کارگیری روزافزون آن در مسائل مختلف، گواه اهمیت آن است. با توجه به استفاده از مسائل تصمیم‌گیری در مسائل کلان و با اهمیت، کارایی روش انتخاب برای حل آن بسیار حیاتی است. به‌طور مثال، اصغری‌زاده و همکارانش در پژوهشی، یک مدل تصمیم‌گیری بر اساس الگوی سلسله‌مراتبی برای انتخاب راهبرد ادغام، واگذاری و همکاری مشترک در صنعت خودروسازی (اصغری‌زاده، حقیقی و بلالی، ۱۳۸۸) ارائه کردند یا در پژوهش دیگری به اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروهی تاپسیس سلسله‌مراتبی در محیط فازی (پهلوانی، ۱۳۸۸) پرداخته شده است. مشاهده می‌شود که از روش‌های تصمیم‌گیری در حل مسائل کلان و با اهمیت استفاده می‌شود، از این رو انتخاب روش صحیح بسیار اهمیت دارد. یکی از ویژگی‌های قابل بحث در روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، جواب‌های متفاوتی است که از انتخاب روش‌های مختلف برای حل یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری به‌دست می‌آید. همچنین ممکن است برای یک مسئله از چندین روش تصمیم‌گیری یا تلفیقی از روش‌های تصمیم‌گیری استفاده شود. برای مثال، روحی، ابراهیمی و کتابیان (۱۳۹۴) در پژوهشی به توسعهٔ مدل مکان‌یابی فراملیتی با استفاده از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل‌های پوششی مکان‌یابی در شرایط عدم اطمینان پرداختند یا در پژوهشی دیگر، ابعاد رویکرد مدیریت زنجیرهٔ تأمین لارج در صنعت سیمان از طریق تلفیق تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (قاسمیه، جمالی و کریمی اصل، ۱۳۹۴) تحلیل شده است. این ویژگی به‌دلیل رویکردهای متفاوتی است که روش‌های مختلف در حل مسائل دارند. از این رو، یکی از مهم‌ترین دلایلی که ایجاد روش‌های متفاوت را توجیه می‌کند و معمولاً نتایج متفاوتی را به همراه دارند، رویکردهای متفاوت است. یکی از علل رویکردهای متفاوت در روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، ذهنیت‌های متفاوت تصمیم‌گیران نسبت به مسئلهٔ مورد بررسی است. برای مثال، تصمیم‌گیرنده‌ای که هنگام اتخاذ تصمیمات خود ذهنیت ریسک‌گریزانه‌ای دارد و تصمیم‌گیرندهٔ دیگری که معمولاً سعی می‌کند تصمیماتش را خوش‌بینانه و همراه با پذیرش ریسک اخذ کند، نیاز به روش‌های متفاوتی برای تصمیم‌گیری دارند. از این رو،

انتخاب روش مناسب تصمیم‌گیری با توجه به ذهنیت تصمیم‌گیرنده در مسائل مختلف، بسیار اساسی و با اهمیت است، به‌طوری که اشتباه در انتخاب روش، موجب بی‌اعتباری تصمیم می‌شود و تصمیم‌گیرنده را از اهداف خود دور می‌کند. همچنین مورد دیگری که در رابطه با انتخاب روش تصمیم‌گیری باید مد نظر قرار گیرد، نوع مسئلهٔ مورد بررسی است. ممکن است مسئله به گونه‌ای باشد که هر روشی آن را به جواب مطلوب نرساند. به‌طور مثال در صورت وجود آثار متقابل بین معیارها، در وهلهٔ نخست باید نوع اثر متقابل را تشخیص داد، سپس از روش‌های موجود برای حل مسئله استفاده کرد. از این رو، مقالهٔ حاضر به بررسی نوع مسئله برای انتخاب روش تصمیم‌گیری می‌پردازد و دو روش جدید برای مسائلی با برهم‌کنش بین معیارها ارائه می‌دهد.

ساختار مقاله بدین صورت است؛ بخش پیشینهٔ پژوهش به تعریف موضوع اثر متقابل معیارها و انواع آن می‌پردازد و یک دسته‌بندی برای آن معرفی کرده و در ادامه شما را با تعدادی از روش‌های موجود در هر دسته آشنا می‌کند. روش‌شناسی پژوهش به معرفی روش‌های جدید و بحث دربارهٔ آنها می‌پردازد. در بخش یافته‌های پژوهش با استفاده از یک مثال عددی تصادفی، ضمن به‌کارگیری روش‌های ارائه شده، قابلیت آنها نشان داده می‌شود. همچنین در این بخش با تحلیل حساسیت میزان و نوع برهم‌کنش بین معیارها، بر اهمیت این موضوع در حل مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه تأکید می‌شود. ادامهٔ این بخش به مقایسهٔ بین نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های جدید و روش انتگرال چوکت اختصاص دارد. در پایان نیز نتایج پژوهش و پیشنهادهایی برای توسعه ارائه خواهد شد. شکل ۱ مراحل اجرای پژوهش را به نمایش گذاشته است.

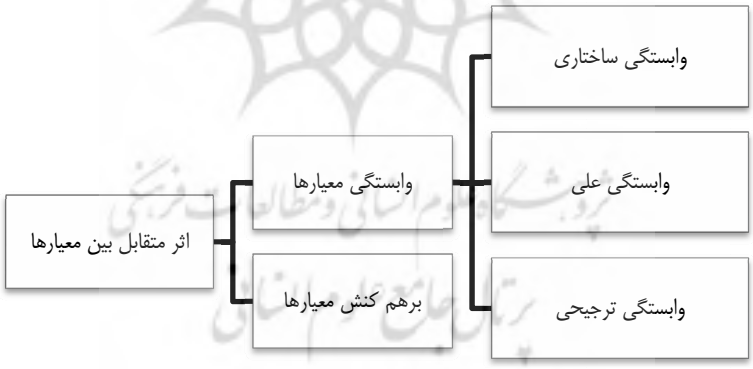


شکل ۱. فلوچارت مراحل تحقیق

پیشینهٔ پژوهش

مدل‌سازی مسائل تصمیم‌گیری با فرض بی‌اثر بودن معیارها نسبت به یکدیگر، ساده‌ترین مدلی است که می‌توان برای یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفت، اما با توجه به اینکه در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری ممکن است معیارها بر یکدیگر تأثیر داشته باشند، وجود روش‌هایی که توانایی اعمال اثرهای متقابل معیارها را در مسائل تصمیم‌گیری داشته باشند، لازم است. در حال حاضر ادبیات موضوع در خصوص اثر متقابل معیارها، نسبت به کل ادبیات موضوع علوم تصمیم‌گیری نسبتاً ضعیف است (بایکاس اغلو، کاپلان اغلو، دارموش اغلو و شاهین، ۲۰۱۳).

بحث شایان توجه دیگر در خصوص ادبیات موضوع اثر متقابل معیارها این است که رویکرد جامع و پذیرفته شده‌ای برای دسته‌بندی انواع مختلف این آثار وجود ندارد (گولچوک و بایکاس اغلو، ۲۰۱۶). از این رو در مقالات و منابع مختلف هر کس با توجه به رویکرد و سلیقهٔ خود به دسته‌بندی پرداخته و از آن استفاده کرده است. در این پژوهش از دسته‌بندی گولچوک و بایکاس اغلو (۲۰۱۶) برای تشریح ساختار اثر متقابل بین معیارها استفاده می‌شود (شکل ۲). در این دسته‌بندی مشاهده می‌شود که اثر متقابل بین معیارها[1] به دو گروه اصلی وابستگی معیارها[2] و برهم‌کنش معیارها[3] تقسیم شده است. دستهٔ وابستگی معیارها نیز، به سه زیرگروه وابستگی ساختاری[4]، وابستگی علی[5] و وابستگی ترجیحی[6] طبقه‌بندی شده است.



شکل ۲. دسته‌بندی اثرهای متقابل معیارها

1. Criteria interaction
2. Criteria dependency
3. Criteria interactivity
4. Structural dependency
5. Causal dependency
6. Preferential dependency

وجه تمایز بین وابستگی معیارها و برهم‌کنش معیارها، در افزایندگی و خنثی‌سازی اثر معیارها در کنار یکدیگر است. در وابستگی معیارها، هیچ‌گونه افزایندگی یا خنثی‌سازی اثر معیارها نسبت به هم وجود ندارد، اما ارزش هر معیار در کنار سایر معیارها تعیین می‌شود. در برهم‌کنش بین معیارها، آثار افزایندگی یا خنثی‌سازی مشاهده می‌شود، از این رو ممکن است دو معیار در کنار یکدیگر بی‌ارزش شوند یا دو عامل در کنار یکدیگر ارزش مضاعف پیدا کنند. برای هر یک از گروه‌ها، روش‌های مختلفی ارائه شده است که به اختصار به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

در زیرگروه وابستگی ساختاری، روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[1] (ساعتی، ۱۹۹۰)، فرایند تحلیل شبکه‌ای[2] (ساعتی، ۱۹۹۶) و تاپسیس سلسله‌مراتبی[3] (قهرمان، یاسین اتس، چویک، گالبای و آیچا اردوغان، ۲۰۰۷) را می‌توان معرفی کرد. در زیرگروه وابستگی علی، روش‌های نقشه‌های علی[4] (آرمسترانگ، ۲۰۰۴)، دیماتل[5] (فونتلا و گابوس، ۱۹۷۶)، نقشه‌شناسی فازی[6] (کاسکو، ۱۹۸۶)، شبکه‌های بیزی (نیلسن و جنسن، ۲۰۰۹)، سیستم‌های پویا (بارلاس، ۲۰۰۷)، مدل‌سازی ساختاری تفسیری[7] (هوآنگ، تیزنگ و انگ، ۲۰۰۵) و مدل‌سازی ساختاری معادلاتی[8] (پانیامورسی، مسیالاگان و پارسیبان، ۲۰۱۱) را می‌توان نام برد. در آخرین زیرگروه مربوط به گروه وابستگی معیارها، یعنی وابستگی ترجیحی نیز روش‌هایی مانند نظریهٔ مطلوبیت چند مشخصه‌ای[9] (فیشبرن، ۱۹۶۵)، نظریهٔ ارزش چندمشخصه‌ای[10] (دیر، ۲۰۰۵)، شبکه‌هایی با ثابت ماندن سایر شرایط[11] (باتلیر، برفمن، دمشلاک، هوس و پول، ۲۰۰۴)، مطلوبیت شبکه‌هایی با ثابت‌ماندن سایر شرایط[12] (باتلیر، بکچاس و برفمن، ۲۰۰۱) و شرط شناسایی اولویت در شبکه‌ها[13] (چتل، تراخ و ملنفانت، ۲۰۱۰) ارائه شده است.

هر یک از روش‌هایی که معرفی شد، در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری استفاده شده است که مطالعهٔ آنها به درک بیشتر آنها کمک خواهد کرد. در گروه دیگر، یعنی گروه برهم‌کنش معیارها، در کل دو روش معرفی شده است که گویای کمبود روش در ادبیات موضوع این بخش

---

1. AHP
2. ANP
3. HTOPSIS
4. Causal maps
5. DEMATEL
6. Fuzzy Cognitive Map
7. Interpretive Structural Modeling
8. Structural Equation Modeling
9. Multi Attribute Utility Theory
10. Multi Attribute Value Theory
11. CP-nets
12. UCP-nets
13. LCP-nets

از علوم تصمیم‌گیری است. این دو روش عبارت‌اند از: روش انتگرال چوکت[1] (گرابیش و لابـروچ، ۲۰۱۰) و روش انتگرال سوگنو[2] (دابیوس، ماریچال، پراد، روبنس و سبادین، ۲۰۰۱).

انتگرال چوکت و انتگرال سوگنو انتگرال‌هـای فـازی هسـتند کـه اخیـراً پژوهشـگران علـوم تصمیم‌گیری برای در نظر گرفتن برهم‌کنش بین معیارها به آن توجه می‌کنند. این دو روش تنها روش‌های تدوین شده برای این بخش از مسائل تصمیم‌گیـری هسـتند. در ادامـه بـه تـدوین دو روش دیگر در گروه برهم‌کنش بین معیارها پرداخته می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

در این بخش به تدوین دو روش جدید برای حل مسائل تصمیم‌گیری بـا معیارهـای چندگانـه بـا برهم‌کنش بین معیارها پرداخته شده است که از این پس با عناوین روش ارزش‌گذاری کمیت‌ها و روش تشکیل معیار برهم‌کنش‌ها شناخته می‌شوند.

روش ارزش‌گذاری کمیت‌ها

هدف از این روش اعمال برهم‌کنش بین معیارها در مسئله، از طریـق تغییـر در مقـادیر مـاتریس تصمیم مسئله است. در این روش ماتریس تصمیم اولیه‌ای که برهم‌کنش‌ها در آن لحـاظ نشـده است، ماتریس کمیت‌ها گفته می‌شود و ماتریس تصمیمی که توسط این روش به‌دست مـی‌آیـد، ماتریس ارزش‌گذاری‌شده نام دارد. از این رو، با به‌دست آوردن ماتریس ارزش‌گـذاری شـده ایـن روش پایان یافته و برای ادامهٔ حل مسئله از روش دیگری استفاده می‌شـود. در ادامـه گـام‌هـای روش به‌صورت الگوریتم بیان شده و هر گام تشریح می‌شود.

الگوریتم

گام ۱: مقادیر معیارها (ماتریس تصمیم) را کمی، هم‌جهت و نرمال (نرم بی‌نهایت) کنید.

گام ۲: ماتریس برهم‌کنش‌ها را تشکیل دهید.

گام ۳: نوع هر یک از برهم‌کنش‌ها را مشخص کنید و با توجه به نوع هر یک از برهم‌کـنش‌هـا، تابع ارزش‌گذاری مربوط به دو معیاری که برهم‌کنش داشته‌اند را تشکیل دهید. با استفاده از تـابع تشکیل داده شده، ضریب ارزش‌گذاری این برهم‌کنش را نیز به‌دست آورید.

---

1. Choquet integrals
2. Sugeno integrals

گام ۴: با استفاده از ضرایب ارزش‌گذاری به‌دست آمده از گام ۳ و اعمال آن در ماتریس تصمیم، یعنی ضرب‌کردن هر ضریب در مقادیر زوج معیار سازندهٔ ضریب، تغییرات لازم در ماتریس تصمیم را اعمال کنید.

در گام اول الگوریتم، به‌دلیل یکسان‌سازی ماتریس تصمیم، به کمی کردن، هم‌جهت ساختن و نرمال‌سازی ماتریس تصمیم اقدام می‌شود. استفاده از نرم بی‌نهایت نیز به‌دلیل تناسب بیشتر با این روش انتخاب شده است.

پس از اجرای گام اول الگوریتم، در گام دوم باید مشخص شود که برهم‌کنش‌ها، بین کدام‌یک از معیارها وجود دارد. برای انجام این کار با توجه به مسئله، روش‌های مختلفی را می‌توان به‌کار برد. برای مثال می‌توان به‌طور مستقیم از تصمیم‌گیرنده پرسید، یا از نظر فرد خبره‌ای استفاده کرد. خرد جمعی یا حتی استنباط منطقی بعضی از برهم‌کنش‌ها از ساختار مسئله نیز، می‌تواند به‌عنوان روشی مفید در این گام، استفاده شود. گام سوم الگوریتم مهم‌ترین گام این روش است؛ چرا که در این گام باید ذهنیت تصمیم‌گیرنده به یک مدل یا تابع ریاضی تبدیل شود. به بیانی، باید برهم‌کنش‌ها از حالت کیفی تبدیل به حالت عددی و کمی شوند. برای مثال، وقتی تصمیم‌گیرنده می‌گوید که معیار A با معیار B اثر هم‌افزایی قوی دارند، چگونه بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند. یا وقتی گفته می‌شود معیار C با معیار D اثر هم‌کاهی ضعیفی دارند، این تأثیر چگونه کمی می‌شود و بسیاری از برهم‌کنش‌های دیگری که ممکن است در ذهن تصمیم‌گیرنده ایجاد شود و بخواهد در مدل خود آن را اعمال کند.

با توجه به شرایط و برهم‌کنش‌های موجود در مسئله، توابع متنوعی می‌توان در نظر گرفت که نکتهٔ مهم در موفقیت این روش برای اخذ تصمیم مناسب، این است که این توابع با توجه به شرایط مسئله و نوع برهم‌کنش‌ها، به درستی و متناسب تشکیل شود. برای نمونه، در زیر یک تابع ارزش‌گذاری با توجه به تعدادی فرضیه، مطرح شده است:

فرضیه‌های مسئله برای تشکیل تابع ارزش‌گذاری:

۱. برهم‌کنش‌ها از نوع هم‌افزایی یا هم‌کاهی است؛
۲. هم‌افزایی قوی به‌معنای دو برابر شدن مقدار هر یک از معیارهاست؛
۳. هم‌کاهی قوی نیز به‌معنای خنثی‌کردن اثر یکدیگر است؛
۴. تأثیر برهم‌کنش‌های قوی ۳ برابر برهم کنش‌های ضعیف است؛
۵. تأثیر برهم‌کنش‌های متوسط ۲ برابر برهم‌کنش‌های ضعیف است؛

با توجه به فرضیات فوق، با استفاده از رابطهٔ ۱ و طیف v (جدول ۱) می‌توان ضرایب ارزش‌گذاری مسئله را محاسبه کرد.

رابطهٔ ۱) $$y = 1 + v\frac{min\{a,b\}}{Max\{a,b\}} \quad , \quad v \in [-1,1]$$

در رابطهٔ ۱، y ضریب ارزش‌گذاری به‌دست آمده از ایجاد این تابع و v ضریب برهم‌کنش است که با توجه به نوع برهم‌کنش‌ها تعیین می‌شود. a و b مقادیر نرمال معیارهای A و B هستند.

جدول ۱. طیف پیشنهادی برای مقادیر v

نوع برهم‌کنش	هم‌افزایی قوی	هم‌افزایی متوسط	هم‌افزایی ضعیف	بدون برهم‌کنش	هم‌کاهی ضعیف	هم‌کاهی متوسط	هم‌کاهی قوی
مقدار v	۱	۰/۶۶	۰/۳۳	۰	-۰/۳۳	-۰/۶۶	-۱

نکتهٔ با اهمیت دربارهٔ تشکیل تابع ارزش‌گذاری و طیف v، همخوانی آنها با فرضیات مسئله است و مشاهده می‌شود که در این‌جا نیز این همخوانی وجود دارد.

در گام چهارم الگوریتم، ضرایب ارزش‌گذاری به‌دست آمده از گام سوم، در ماتریس تصمیم اعمال می‌شود و ماتریس تصمیم جدیدی شکل می‌گیرد.

روش تشکیل معیار برهم‌کنش‌ها

در این روش معیار جدیدی همراه با زیرمعیارها به مسئله اضافه می‌شود. وزن و مقادیر معیار و زیرمعیارهای اضافه شده به مسئله با توجه به نوع برهم‌کنش‌های موجود در مسئله تعیین می‌شود؛ بنابراین در این روش نیز همچون روش ارزش‌گذاری کمیت‌ها، سعی در اعمال برهم‌کنش بین معیارها با اعمال تغییراتی در ماتریس تصمیم می‌شود. اما تفاوت دو روش، در نوع تغییر در ماتریس تصمیم مسئله است؛ به نحوی که در روش ارزش‌گذاری کمیت‌ها، در مقادیر ماتریس تصمیم تغییراتی ایجاد می‌شود، اما در روش تشکیل معیار برهم‌کنش‌ها، در ابعاد ماتریس تصمیم تغییراتی به‌وجود می‌آید. در ادامه گام‌های روش به‌صورت الگوریتم مطرح می‌شود.

الگوریتم

گام ۱: مقادیر معیارها (ماتریس تصمیم) را کمی، هم‌جهت و نرمال (نرم بی‌نهایت) کنید.

گام ۲: ماتریس برهم‌کنش‌ها را تشکیل دهید.

گام ۳: به ازای هر زوج معیاری که برهم‌کنش دارند، یک زیرمعیار برای معیار برهم‌کنش‌ها تشکیل دهید.

گام ۴: وزن و مقدار هریک از زیرمعیارهای تشکیل شده در گام سوم را مشخص کنید.
گام ۵: وزن معیار برهم‌کنش‌ها را محاسبه کنید.

گام‌های اول و دوم این الگوریتم نیز مشابه روش قبل است که توضیح داده شد. در گام سوم الگوریتم، یک معیار در کنار معیارهای فعلی مسئله ایجاد می‌شود و بدین ترتیب یک معیار به معیارهای مسئله اضافه می‌شود. زیرمعیارهای معیار جدید، توسط زوج معیارهای مسئلهٔ اول که برهم‌کنش داشتند، تشکیل می‌شود. در گام چهارم الگوریتم، باید مقدار و وزن هر یک از زیرمعیارهایی که در گام سوم تشکیل شده، تعیین شود. از آنجا که همواره مقدار برهم‌کنش به میزان هم‌پوشانی معیارها بستگی دارد، در این روش برای تعیین مقدار هر یک از زیرمعیارهای تشکیل شده رابطهٔ $\min\{a,b\}$ پیشنهاد می‌شود که a و b مقادیر نرمال شدهٔ زوج معیارهای دارای برهم‌کنش هستند. برای تعیین وزن زیرمعیارهای تشکیل داده شده نیز ابتدا به‌کمک طیف v (جدول ۱)، مقدار اولیه‌ای به هر زیرمعیار داده می‌شود؛ سپس با در نظر گرفتن قدرمطلق هر یک از مقادیر داده شده، اعداد توسط نرم مجموع، نرمال می‌شود. در نهایت با اختصاص مجدد علامت‌ها به مقادیر نرمال شده، وزن هر یک به‌دست می‌آید. بدیهی است در این روش، زیرمعیارهایی که به‌دلیل هم‌افزایی تشکیل شده‌اند، وزن مثبتی را به خود اختصاص دهند و زیرمعیارهایی که به‌دلیل هم‌کاهی تشکیل شده‌اند، وزن منفی بگیرند.

در گام پنجم الگوریتم، وزن معیار برهم‌کنش‌ها را باید تعیین کرد. بدیهی است که هرچقدر این وزن بیشتر باشد، به‌معنای تأثیرگذاری بیشتر این برهم‌کنش‌ها برای مسئله تصمیم‌گیری است. از این رو، وزن تخصیص‌یافته به این معیار باید با تعداد برهم‌کنش‌های معیارهای مسئله و همچنین نوع این برهم‌کنش‌ها متناسب باشد. بنابراین در این روش، از رابطهٔ ۲ برای تعیین وزن معیار برهم‌کنش‌ها استفاده می‌شود.

$$w = \frac{0.33(\mathrm{l})+0.66(\mathrm{m})+\mathrm{h}}{\mathrm{T}}$$ رابطهٔ ۲)

که در آن، w معرف وزن معیار برهم‌کنش‌ها؛ l نشان‌دهندهٔ تعداد معیارهای دارای برهم‌کنش ضعیف؛ m تعداد معیارهای دارای برهم‌کنش متوسط؛ h تعداد معیارهای دارای برهم‌کنش قوی و T گویای تعداد کل معیارهای مسئلهٔ اولیه است.

نکتهٔ مهم این است که در ادامه برای حل نهایی مسئله، هنگام وزن‌دهی به معیارهای اصلی مسئله باید مجموع وزن معیارهای اصلی ۱ شود. به بیان دیگر بعد از وزن‌دهی به معیارها، باید آنها را از طریق نرم مجموع، نرمال‌سازی کرد. دلیل این کار نیز تدوین فرمول وزن‌دهی معیار

برهم‌کنش‌ها (رابطهٔ ۲) با توجه به این فرض است. در غیر این‌صورت وزن معیار برهم‌کنش‌ها مطلق شده و کاربردی نخواهد داشت.

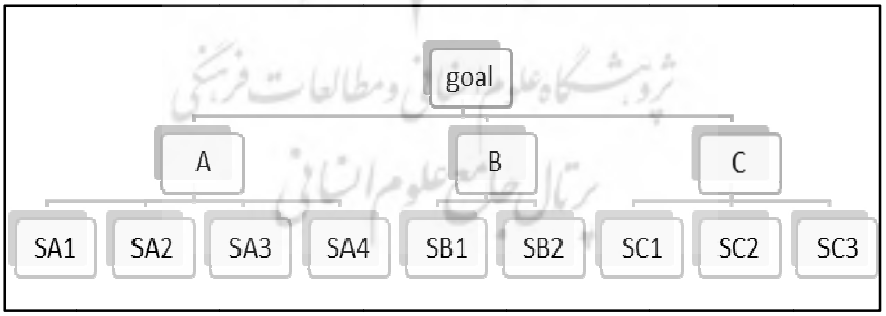
یافته‌های پژوهش

در این بخش با استفاده از یک مثال عدی تصادفی، کاربرد و قابلیت‌های روش‌های ارائه شده نشان داده می‌شود. همچنین با به‌کارگیری آنالیز حساسیت در رابطه با میزان و نوع برهم‌کنش بین معیارها، بر اهمیت این موضوع در حل مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه تأکید می‌شود. در انتهای این بخش نیز نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های جدید و روش انتگرال چوکت مقایسه خواهد شد.

مثال عددی

در این قسمت برای بیان واضح‌تر روش‌های ارائه شده، از یک مثال عددی فرضی با داده‌ها و برهم‌کنش‌های تصادفی استفاده شده است.

در این مثال ۳ معیار A، B و C وجود دارد. معیار A از ۴ زیرمعیار SA1، SA2، SA3 و SA4 تشکیل شده است. معیار B نیز دارای ۲ زیرمعیار SB1 و SB2 است و در نهایت معیار C زیرمعیارهای SC1، SC2 و SC3 را شامل می‌شود. شکل ۳ ساختار کلی مسئله را نمایش می‌دهد.



شکل ۳. ساختار کلی مسئله

با اجرای گام اول روش‌ها (گام اول هر دو روش یکسان است)، به ماتریس تصمیم کمی، هم‌جهت و نرمال شده‌ای می‌رسیم که در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

جدول ۲. ماتریس تصمیم هم‌جهت،کمی و نرمال شده

	SA1	SA2	SA3	SA4	SB1	SB2	SC1	SC2	SC3
D1	۱	۰/۷	۰/۹	۰/۷	۱	۰/۶	۱	۰/۶	۰/۷
D2	۰/۶	۰/۴	۰/۸	۱	۰/۱	۰/۴	۰/۷	۰/۵	۰/۲
D3	۰/۹	۱	۰/۴	۰/۹	۰/۷	۱	۰/۸	۱	۰/۳
D4	۰/۵	۰/۸	۱	۰/۲	۰/۳	۰/۹	۰/۵	۰/۹	۱

گام دوم هر دو روش که تشکیل ماتریس برهم‌کنش‌هاست نیز یکسان است. این مرحله نیز با توجه به توضیحاتی که برای گام‌های هر دو روش داده شد، اجرا می‌شود. ماتریس برهم‌کنش‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که ماتریس با علامت ستاره مشخص شده، در این مسئله SA1 با SA2، SA3 با SB1 و SA4 با SC2 برهم‌کنش دارند.

جدول ۳. ماتریس برهم‌کنش‌های مسئله

	SA1	SA2	SA3	SA4	SB1	SB2	SC1	SC2	SC3
SA1		*							
SA2	*								
SA3					*				
SA4								*	
SB1			*						
SB2									
SC1									
SC2				*					
SC3									

از آنجا که از گام سوم به بعد روش‌ها با یکدیگر متفاوت است، ابتدا روش اول یعنی ارزش‌گذاری کمیت‌ها، اجرا می‌شود و پس از آن به حل مجدد مسئله با روش دوم یا همان تشکیل معیار برهم‌کنش‌ها، پرداخته خواهد شد.

روش ارزش‌گذاری کمیت‌ها

گام‌های اول و دوم روش اجرا شد و نوبت به گام اصلی، یعنی گام سوم می‌رسید. در این مسئله ۶ زیرمعیار برهم‌کنش دارند. همهٔ برهم‌کنش‌ها از نوع هم‌افزایی ـ هم‌کاهی، تشخیص داده شده‌اند که جزئیات هریک در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به نوع برهم‌کنش‌ها، از رابطهٔ ۱ استفاده شده است، بدین ترتیب ضرایب ارزش‌گذاری طبق جدول ۵ به‌دست می‌آید. در گام چهارم، با ضرایب ارزش‌گذاری به‌دست‌آمده از گام قبل و تأثیر دادن این ضرایب در ماتریس تصمیم مسئله (ضرب‌کردن هر ضریب در مقادیر زوج معیار سازندهٔ ضریب)، کمیت‌های ماتریس تصمیم تغییر می‌یابد و ماتریس تصمیم جدیدی تشکیل می‌شود که بر هم‌کنش‌های بین معیارهای مسئله در آن لحاظ شده است. جدول ۶ ماتریس تصمیم جدید را نشان می‌دهد.

جدول ٤. نوع برهم‌کنش‌ها

زیرمعیارها	SA1 , SA2	SA3 , SB1	SA4 , SC2
نوع برهم‌کنش	هم‌افزایی ضعیف	هم‌کاهی قوی	هم‌افزایی متوسط

جدول ۵. ضرایب ارزش گذاری

	مقادیر ضرایب ارزش گذاری		
	SA1 , SA2	SA3 , SB1	SA4 , SC2
D1	۱/۲۳	۰/۱	۱/۵۷
D2	۱/۲۲	۰/۸۷۵	۱/۳۳
D3	۱/۳	۰/۴۲	۱/۵۹
D4	۱/۲۱	۰/۷	۱/۱۵

جدول ٦. ماتریس تصمیم جدید با اعمال برهم‌کنش‌ها در آن

	SA1	SA2	SA3	SA4	SB1	SB2	SC1	SC2	SC3
D1	۱/۲۳	۰/۸۶۱	۰/۰۹	۱/۱	۰/۱	۰/۶	۱	۰/۹۴	۰/۷
D2	۰/۷۳۲	۰/۴۸۸	۰/۷	۱/۳۳	۱/۳۳	۰/۴	۰/۷	۰/۶۶	۰/۲
D3	۰/۱۷	۱/۳	۰/۱۶۸	۱/۴۴۳	۱/۴۴۳	۱	۰/۸	۱/۵۹	۰/۳
D4	۰/۶۰۵	۰/۹۶۸	۰/۷	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۹	۰/۵	۱/۰۳	۱

روش تشکیل معیار برهم‌کنش‌ها

گام‌های اول و دوم در مرحلهٔ قبل اجرا شد و ماتریس تصمیم هم‌جهت، کمی و نرمال‌شده همراه با ماتریس برهم‌کنش‌ها شکل گرفت. در گام سوم باید معیار برهم‌کنش‌ها را تشکیل داد، این معیار با حرف E نام‌گذاری می‌شود. ۳ زوج زیرمعیار دارای برهم‌کنش هستند، بنابراین معیار E شامل ۳ زیرمعیار است که با حروف اختصاری SE1، SE2 و SE3 مشخص شده است. در گام چهارم باید وزن و مقدار هر یک از زیرمعیارهای تشکیل شده در گام سوم را طبق دستورالعملی که گفته شد، مشخص کرد. نتایج محاسبات تعیین وزن و مقادیر این زیرمعیارها در جدول ۷ مشاهده می‌شود.

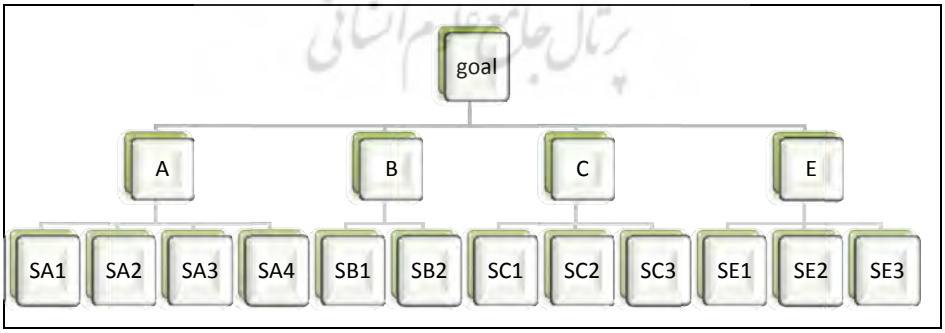
جدول ۷. وزن و مقادیر زیرمعیارهای معیار برهم‌کنش‌ها

زوج معیارهای دارای برهم‌کنش	زیرمعیار اختصاص‌یافته به هر برهم‌کنش	وزن زیرمعیارهای تشکیل داده شده	مقدار زیرمعیارهای معیار برهم‌کنش‌ها			
			D1	D2	D3	D4
SA1 , SA2	SE1	۰/۱۶	۰/۷	۰/۴	۰/۹	۰/۵
SA3 , SB1	SE2	−۰/۵	۰/۹	۰/۱	۰/۴	۰/۳
SA4 , SC2	SE3	۰/۳۳	۰/۶	۰/۵	۰/۹	۰/۲

در گام پنجم باید وزن معیار برهم کنش‌ها محاسبه شود.

رابطهٔ ۳)
$$w=\frac{0.33*2+0.66*2+2}{9}=0.44$$

نمای کلی مسئله بعد از اضافه شدن معیار برهم‌کنش‌ها در شکل ۴ مشاهده می‌شود.



شکل ٤. اضافه‌شدن معیار برهمکنش‌ها به معیارهای قبلی

تحلیل حساسیت

همان‌طور که گفته شد، این مقاله بر اثر برهم‌کنش‌های بین معیارها در مسائل تصمیم‌گیری تمرکز کرده است. به‌منظور بررسی میزان اثرگذاری این نوع برهم‌کنش‌ها در مسائل تصمیم‌گیری، به تحلیل حساسیت برهم‌کنش‌ها در مسئلهٔ پیش (مثال عددی) پرداخته می‌شود. به‌منظور مقایسهٔ پاسخ‌های نهایی، از روش کمکی جمع وزن‌دار ساده و اطلاعات عددی مندرج در جدول ۷ برای حل مسئله استفاده شده است. به‌منظور تحلیل حساسیت، برای هریک از روش‌هایی که در مثال عددی بررسی شد، برهم‌کنش‌های مختلف دیگری در نظر گرفته شده است که اثرهای آن در رتبه‌بندی نهایی ارزیابی می‌شود. جدول‌های ۸ و ۹ خلاصهٔ اثرهای برهم‌کنش‌ها را نشان می‌دهد. همچنین به‌منظور مقایسهٔ روش‌های جدید با روش‌های موجود در ادبیات موضوع، به مقایسهٔ نتایج این روش‌ها با روش انتگرال فازی چوکت پرداخته شده است که نتایج آن در جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۸. وزن معیارها و زیرمعیارهای اخذ شده از تصمیم‌گیرنده

وزن معیارها	A=۰/۵	B =۰/۲	C=۰/۳
وزن زیرمعیار	SA1=۰/۲ SA2=۰/۳ SA3=۰/۱ SA4=۰/۴	SB1=۰/۶ SB2=۰/۴	SC1=۰/۳ SC2=۰/۴ SC3=۰/۳

جدول ۹. تحلیل حساسیت روش ارزش‌گذاری کمیت‌ها (جمع وزن‌دار ساده)

ردیف	ضریب برهم‌کنش‌ها			امتیاز هر گزینه				رتبه‌بندی
	SA1 , SA2	SA3 , SB1	SA4 , SC2	D1	D2	D3	D4	
۱	۱	۱	۱	۱/۲۵	۰/۷۶	۱/۳۶	۰/۷۷	D3≫D1≫D4≫D2
۲	۰	۰	۰	۰/۷۸	۰/۵۴	۰/۸۲	۰/۶۱	D3≫D1≫D4≫D2
۳	−۱	−۱	−۱	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۴۴	D4≫D2≫D1≫D3
۴	۱	۰	۰	۰/۹۲	۰/۶۲	۱/۰۳	۰/۷۱	D3≫D1≫D4≫D2
۵	۰	۱	۰	۰/۹۳	۰/۵۵	۰/۸۸	۰/۶۳	D1≫D3≫D4≫D2
۶	۰	۰	۱	۱/۱۱	۰/۶۸	۱/۱۵	۰/۶۶	D3≫D1≫D2≫D4
۷	−۱	۰	۰	۰/۶۳	۰/۴۶	۰/۶۰	۰/۵۰	D1≫D3≫D4≫D2
۸	۰	−۱	۰	۰/۶۳	۰/۵۳	۰/۷۶	۰/۵۸	D3≫D1≫D4≫D2
۹	۰	۰	−۱	۰/۶۰	۰/۴۱	۰/۵۵	۰/۵۷	D1≫D4≫D3≫D2

جدول ۱۰. تحلیل حساسیت روش ایجاد معیار برهم‌کنش‌ها (جمع وزن‌دار ساده)

ردیف	ضریب برهم‌کنش‌ها			امتیاز هر گزینه				رتبه‌بندی
	SA1 , SA2	SA3 , SB1	SA4 , SC2	D1	D2	D3	D4	
۱	۱	۱	۱	۱/۲۷	۰/۷۶	۱/۳۱	۰/۸۳	D3≫D1≫D4≫D2
۲	۰	۰	۰	۰/۷۸	۰/۵۴	۰/۸۲	۰/۶۱	D3≫D1≫D4≫D2
۳	−۱	−۱	−۱	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۸	D4≫D3≫D2≫D1
۴	۱	۰	۰	۰/۹۳	۰/۶۳	۱/۰۲	۰/۷۲	D3≫D1≫D4≫D2
۵	۰	۱	۰	۰/۹۸	۰/۵۶	۰/۹۱	۰/۶۸	D1≫D3≫D4≫D2
۶	۰	۰	۱	۰/۹۱	۰/۶۶	۱/۰۲	۰/۶۵	D3≫D1≫D2≫D4
۷	−۱	۰	۰	۰/۶۳	۰/۴۵	۰/۶۳	۰/۴۹	D1≫D3≫D4≫D2
۸	۰	−۱	۰	۰/۵۸	۰/۵۲	۰/۷۳	۰/۵۴	D3≫D1≫D4≫D2
۹	۰	۰	−۱	۰/۶۴	۰/۴۳	۰/۶۲	۰/۵۶	D1≫D3≫D4≫D2

جدول ۱۱. نتایج و رتبه‌بندی به‌کارگیری روش انتگرال چوکت

ردیف	امتیاز هر گزینه				رتبه بندی
	D1	D2	D3	D4	
۱	۱/۲۷۳	۰/۶۷۱	۱/۳۲۷	۱/۲۵۵	D3≫D1≫D4≫D2
۲	۰/۷۶۱	۰/۴۷۶	۰/۸۱۳	۰/۷۲۳	D3≫D1≫D4≫D2
۳	۰/۲۴۹	۰/۲۸۱	۰/۲۹۹	۰/۱۹۱	D3≫D2≫D1≫D4
۴	۰/۹۱۱	۰/۵۲۶	۰/۸۸۸	۰/۹۴۸	D4≫D1≫D3≫D2
۵	۰/۹۳۱	۰/۴۹۳	۰/۹۳۲	۰/۷۷۴	D3≫D1≫D4≫D2
۶	۰/۹۵۳	۰/۶۰۴	۱/۱۳۳	۰/۹۷۹	D3≫D4≫D1≫D2
۷	۰/۶۱۱	۰/۴۲۶	۰/۷۳۸	۰/۴۹۸	D3≫D1≫D4≫D2
۸	۰/۵۹۱	۰/۴۵۹	۰/۶۹۴	۰/۶۷۲	D3≫D4≫D1≫D2
۹	۰/۵۶۹	۰/۳۴۸	۰/۴۹۳	۰/۴۶۷	D1≫D3≫D4≫D2

با توجه به جداول تحلیل حساسیت فوق، مشخص می‌شود که اثر برهم‌کنش‌ها در مسائل تصمیم‌گیری انکارناپذیر است؛ چراکه اثر کاملاً معناداری بر رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌گذارد. همچنین با توجه به جدول‌های ۸ و ۹ که در هر دو آنها از روش جمع وزن‌دار ساده برای تکمیل گام آخر روش استفاده شده است، مشاهده می‌شود که نتایج بسیار به هم نزدیک است و تنها ۳ مورد اختلاف در ۳۶ مورد رتبه‌بندی به چشم می‌خورد که این نیز به دلیل رویکرد نسبتاً مشابه دو

روش ارزش‌گذاری کمیت‌ها و ایجاد معیار برهم‌کنش‌هاست. همچنین در مقایسهٔ بین نتایج به‌دست آمده از روش‌های جدید و روش انتگرال فازی چوکت، مشاهده می‌شود که نتایج نسبتاً مشابهی به‌دست آمده است. در این مقایسه نیز به‌ترتیب ۸ مورد و ۶ مورد اختلاف میان روش ارزش‌گذاری کمیت‌ها و ایجاد معیار برهم‌کنش‌ها با روش انتگرال فازی چوکت دیده می‌شود. بنابراین از ۳۶ رتبه‌بندی مقایسه شده، به‌ترتیب ۷۸ درصد و ۸۳ درصد تشابه میان روش‌های جدید با روش انتگرال فازی چوکت حاصل شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این مقاله دربارهٔ روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه و اهمیت انتخاب روش مناسب با در نظر گرفتن ذهنیت تصمیم‌گیرنده و نوع مسئله، مباحثی مطرح کرد و به بررسی نوعی از مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه با وجود اثرهای متقابل بین معیارها پرداخت. همچنین برهم‌کنش بین معیارها به‌عنوان یک گروه از مسائلی با اثرهای متقابل بین معیارها بررسی شد و روش‌های موجود برای حل این‌گونه مسائل معرفی شدند. در ادامه به تدوین دو روش جدید در حل مسائل با برهم‌کنش بین معیارها پرداخته شد. رویکرد دو روش جدید پیشنهاد شده، تغییر در ماتریس تصمیم مسئلهٔ اصلی، به‌منظور اعمال برهم‌کنش‌های موجود در حل مسائل است. شایان ذکر است که روش‌های ارائه شده نیاز به روش‌های دیگر حل مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه برای تکمیل حل مسئله، بعد از تشکیل ماتریس تصمیم جدید دارد. در ادامه نیز برای روشن شدن روش به حل یک مثال عددی پرداخته شد و در نهایت به‌منظور نشان دادن تأثیر غیرقابل چشم‌پوشی برهم‌کنش بین معیارها در حل مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، تحلیل حساسیت مسئلهٔ نسبت به انواع برهم‌کنش‌های ممکن در مثال عددی حل شده در قسمت قبل بررسی گردید.

از آنجا که کلیهٔ روابط ریاضی به‌کار رفته در روش‌های پیشنهاد شدهٔ این تحقیق با توجه به فرضیه‌های مسئله تدوین شده است، با تغییر فرضیه‌ها می‌توان به روابط دیگری دست یافت. همچنین با وجود فرضیه‌های فعلی نیز می‌توان روابط منطقی دیگری ایجاد نمود. از این رو به علاقه‌مندان توصیه می‌شود برای توسعهٔ این مقاله، با رویکرد فعلی تغییرات در ماتریس تصمیم به‌منظور اعمال برهم‌کنش‌ها، به ایجاد روابط دیگر تحت فرضیه‌های مختلف بپردازند.

References

Armstrong, D. J. (2004). *Causal Mapping: A Discussion and Demonstration*. USA: IGI Global.

Asgharizadeh, E., Haghighi, M., & Balali, M. (2008). A Decision Making Model with AHP for Choosing the Merging, Acquisition and Joint Venture Strategies in Auto Industry. *Journal of Industrial Management*. 1 (3), 5-20. (*in Persian*)

Barlas, Y. (2007). System dynamics: systemic feedback modeling for policy analysis. *SYSTEM*, 1, 59.

Baykasoğlu, A., Kaplanoğlu, V., Durmuşoğlu, Z.D.U. & Şahin, C. (2013). Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection. *Expert Systems with Applications*, *40*(3), 899-907.

Boutilier, C., Bacchus, F. & Brafman, R. I. (2001). *UCP-networks: A directed graphical representation of conditional utilities.* Paper presented at the Proceedings of the Seventeenth conference on Uncertainty in artificial intelligence.

Boutilier, C., Brafman, R. I., Domshlak, C., Hoos, H. H. & Poole, D. (2004). CP-nets: A tool for representing and reasoning with conditional ceteris paribus preference statements. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 21 (2004), 135–191.

Châtel, P., Truck, I. & Malenfant, J. (2010). LCP-Nets: A Linguistic Approach for Non-functional Preferences in a Semantic SOA Environment. *Journal of Universal Computer Science*, *16*(1), 198-217.

Dubois, D., Marichal, J.-L., Prade, H., Roubens, M., & Sabbadin, R. (2001). The Use Of The Discrete Sugeno Integral In Decision-Making: A Survery. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, *9*(05), 539-561.

Dyer, J. S. (2005). MAUT—multiattribute utility theory *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys* (pp. 265-292): Springer.

Fishburn, P. C. (1965). Independence in utility theory with whole product sets. *Operations Research*, *13*(1), 28-45.

Fontela, E. & Gabus, A. (1976). *The DEMATEL observer*: DEMATEL 1976 report. Switzerland Geneva: Battelle Geneva Research Center.

Ghasemieh, R., Jamali, G., & Karimiasl, E. (2015). Analysis of LARG Supply Chain Management Dimensions in Cement Industry (An Integrated multi-Criteria Decision Making Approach). *Journal of Industrial Management*, *7*(4), 813-836. (*in Persian*)

Gölcük, İ. & Baykasoğlu, A. (2016). An analysis of DEMATEL approaches for criteria interaction handling within ANP. *Expert Systems with Applications*, *46*, 346-366.

Grabisch, M. & Labreuche, C. (2010). A decade of application of the Choquet and Sugeno integrals in multi-criteria decision aid. *Annals of Operations Research*, *175*(1), 247-286.

Huang, J.-J., Tzeng, G.-H. & Ong, C. S. (2005). Multidimensional data in multidimensional scaling using the analytic network process. *Pattern Recognition Letters*, *26*(6), 755-767.

Kahraman ,C., Yasin Ates, N., Çevik, S., Gülbay, M., & Ayça Erdogan, S. (2007). Hierarchical fuzzy TOPSIS model for selection among logistics information technologies. *Journal of Enterprise Information Management*, *20*(2), 143-168.

Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of man-machine studies*, *24*(1), 65-75.

Nielsen, T. D. & Jensen, F. V. (2009). *Bayesian networks and decision graphs*: USA: Springer Science & Business Media.

Pahlavani, A. (2008). Investment Prioritization through Group Decision Making Method of Hierarchical TOPSIS in Fuzzy Environment. *Journal of Industrial Management*, *2*(1), 35-54. (*in Persian*)

Punniyamoorthy, M., Mathiyalagan, P., & Parthiban, P. (2011). A strategic model using structural equation modeling and fuzzy logic in supplier selection. *Expert Systems with Applications, 38*(1), 458-474.

Rouhi, F., Ebrahimi, S. B., & Ketabian, H. (2015). Development of International facility location model applying the combination of MCDM and location covering techniques under uncertainty. *Journal of Industrial Management, 7*(4), 743-766. (*in Persian*)

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research, 48*(1), 9-26.

Satty, T. L. (1996). Decision making with dependence and feedback: The analytic network process. *RWS Publication*.