

ارائه چارچوب ارزیابی سبز بودن صنایع تولیدی بر اساس عملکرد محیطی و رویکرد فازی (مطالعه موردی: صنایع کاشی، فولاد و نساجی استان یزد)

سید محمود زنجیرچی^{۱*}، فائزه اسدیان اردکانی^۲، فاطمه عزیزی^۳، سمیه مروج^۴

۱- استادیار دانشکده اقتصاد مدیریت و حسابداری دانشگاه یزد

Faezehasadian@gmail.com

۲- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی-گرایش تولید، دانشگاه یزد

azizi.fateme1750@gmail.com

۳- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی-گرایش تولید، دانشگاه یزد

smoravej7@gmail.com

۴- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی-گرایش تولید، دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۶ تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۲

چکیده

امروزه مدیریت محیطی با تأکید بر حفاظت از محیط زیست به یکی از مهم‌ترین مسائل مشتریان، سهامداران، دولت‌ها، کارکنان و رقبا تبدیل شده و فشارهای جهانی، سازمان‌ها را ملزم به تولید محصولات و خدمات سازگار با محیط زیست کرده است. این چالش منجر به ایجاد مفهوم جدیدی به نام مدیریت زنجیره تأمین سبز در حوزه کسب و کار شده که ترکیبی از تفکر محیطی و زنجیره تأمین است. این رویکرد مورد توجه گسترده صنایع، دولت‌ها و نهادهای مرتبط با محیط زیست قرار گرفته است. هدف این تحقیق ارائه چارچوبی به منظور سنجش و مقایسه میزان سبز بودن صنایع تولیدی و ارائه راهکاری برای ارتقای سبز بودن زنجیره تأمین است. در این تحقیق با استفاده از رویکردهای تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، سبز بودن زنجیره تأمین در قالب پنج معیار کلی شامل تأمین و خرید سبز، طراحی سبز، تولید سبز، حمل و نقل سبز و بسته‌بندی سبز، ارزیابی شده است. در این راستا سعی بر آن است تا نقص وارد بر تکنیک‌های سلسله مراتبی فازی یعنی عدم بررسی سازگاری در این روشها، مرتفع شود. بدین منظور از روشهای غضنفری و میخایلوپف به ترتیب برای بررسی سازگاری و وزن‌یابی استفاده شده است. به منظور بررسی کاربرد عملی این چارچوب، سه صنعت مادر استان یزد شامل نساجی، فولاد و کاشی، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که صنایع کاشی، نساجی و فولاد به ترتیب رتبه اول تا سوم را از نظر سبز بودن به دست آوردند. در پایان نیز، سعی شد با ارائه راهکارهای مناسب، به مدیران این صنایع به منظور مدیریت محیطی بهتر یاری شود.

کلید واژه

مدیریت زنجیره تأمین، زنجیره تأمین سبز، تحلیل سلسله مراتبی فازی، تاپسیس فازی، صنعت نساجی، کاشی و فولاد استان یزد

سرآغاز

تأثیرات منفی محیطی محصولات شرکت در سراسر چرخه عمر محصول تعریف کرده‌اند. این اقدام به دلیل فشارهای سازمانی، لازم الاجرا به نظر می‌رسد و موجب افزایش کارایی منابع استفاده شده در مدیریت محیطی می‌شود (Wu, et al., 2012). شرایط نامناسب زیست محیطی مثل کاهش منابع مواد خام، افزایش ضایعات و سطوح آلودگی باعث اهمیت بیشتر مدیریت زنجیره تأمین سبز شده است (Montabon, et al., 2007). هدف اصلی زنجیره تأمین سبز، کاهش آلودگی محیط زیست از زمان خرید مواد خام، تولید و توزیع تا زمان فروش محصولات و از بین رفتن آنهاست. از دیگر اهداف آن می‌توان به محدود کردن ضایعات در داخل سیستم صنعتی به منظور حفظ انرژی و جلوگیری از استفاده مواد خطرناک برای محیط زیست، اشاره کرد (Kuo, et al., 2010).

عملیات تولیدی نقش کلیدی در کاهش آثار زیست محیطی در مراحل مختلف چرخه عمر محصول از استخراج مواد تا تولید، استفاده، استفاده مجدد و بازیافت دارند. بنابراین درک مسئولیت محیطی در زمینه تولید موجب دستیابی به مزیت رقابتی و افزایش سهم بازار از طریق فرایند بهبود تأثیرات محیطی محصولات می‌شود (Van Hoek, 1999; Zhu and Sarkis, 2006). در سالهای اخیر، تمرکز بر مدیریت محیطی از عملیات داخلی به کل زنجیره تأمین بسط داده شده است. گسترش این روش در تمام حلقه‌های زنجیره تأمین، به طور نامحسوسی منجر به افزایش کارایی و اثربخشی می‌شود (New, et al., 2002). Klassen و Mclaughlin (1996)، مدیریت محیطی را تلاشی برای حداقل سازی

آلاینده‌های صنعتی مواجه شده است. رشد سریع صنعت و توسعه صنعتی، محیط زیست طبیعی کشور را در معرض فشار قرار می‌دهد. افزون بر این، استفاده از فناوری‌های نامناسب و قدیمی و مدیریت ناکارآمد در صنایع باعث مصرف بی‌رویه منابع اولیه شده است. شدت آلودگی‌های محیطی حاصل از مواد زاید در شهرها و مراکز تجمع صنایع به گونه‌ایست که توجه منابع علمی و اجرایی را برای دفع صحیح، یا بازیافت اصولی این مواد به خود جلب کرده است. گسترش بخش صنعتی استان یزد صرف نظر از جنبه‌های اقتصادی و بهبود سطح زندگی مردم، مشکلاتی نیز به همراه داشته که شاید بارزترین آن آلودگی‌های محیط زیست و خسارت‌های جبران ناپذیر مواد زاید صنعتی بر آب، خاک، هوا، انسان و سایر موجودات زنده است که مقابله با آنها به سادگی امکان‌پذیر نیست.

در این خصوص، صنایع باید مجهز به سیستم‌های کنترل آلودگی هوا در محیط کار و خارج آن باشند و استانداردهای زیست محیطی را رعایت کنند. همچنین سازمان محیط زیست نیز باید نظارت بیشتری بر صنایع داشته باشد (بمانی، ۱۳۸۶). امروزه مدیریت زنجیره تأمین به رویکرد رقابتی مهم برای سازمان‌ها تبدیل شده است. زنجیره تأمین سنتی شامل ۵ بخش است:

مواد خام، تولید، توزیع، مصرف کننده و ضایعات.

هر کدام از ارتباطات در زنجیره تأمین می‌تواند دلیلی برای ایجاد آلودگی ضایعات و خطرهای دیگری برای محیط زیست باشد. سبز شدن روشی متداول برای توصیف محصولات، فرایندها، سیستم‌ها و فناوری‌های سازگار با محیط زیست است (Vachon and Klassen, 2006 a, b). مدیریت زنجیره تأمین سبز به صورت مشارکت مستقیم شرکت‌ها با تأمین کنندگان و مشتریان در برنامه‌ریزی به منظور کاهش تأثیرات محیطی فرایندهای تولیدی، مدیریت محیطی و تبادل اطلاعات فنی برای یادگیری برنامه عملیاتی یکدیگر و تنظیم اهداف برای بهبود محیطی، بیان می‌شود. این فعالیت‌ها منجر به تقویت همکاری در بین آنها به منظور کاهش تأثیرات محیطی مربوط به جریان مواد در GSCM می‌شود (Bowen, et al., 2001; Tseng, et al., 2009). مدیریت زنجیره تأمین سبز، همه فرایندهای تولیدی از قبیل خرید مواد خام، تولید محصول، بازیافت، استفاده مجدد و تولید مجدد را دربرمی‌گیرد (Kainuma and Tawara, 2006).

با این رویکرد محققان مختلفی تلاش کرده‌اند تا با مفهوم سازی و انتقال مفهوم به شاخص، میزان سبز بودن زنجیره‌های تأمین را اندازه‌گیری کنند و از این طریق بتوانند با آسیب‌شناسی آنها نسبت به تدوین برنامه‌های مناسب سبز شدن اقدام کنند.

از آنجایی که روشهای زنجیره تأمین سبز^۱ (GSCM) انقلاب سبزی در سطح زنجیره تأمین ایجاد کرده است، شرکت‌ها باید از منابع داخلی و خارجی خود به منظور اجرای روشهای GSCM استفاده کنند (Hervani, et al., 2005).

بدیهی است هر تلاش هدفمندی در راستای مدیریت زنجیره تأمین سبز، نیازمند شناخت، بررسی و اندازه‌گیری وضع موجود است. Tuzkaya و همکاران (2009)، به ارزیابی عملکرد محیطی تأمین کنندگان با استفاده از فرایند تحلیل شبکه ای فازی^۲ (FANP) و روش ساختاریافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌های فازی^۳ (FAHP) پرداختند. در این مطالعه معیارهای مدیریت فرآیند سبز، کنترل آلودگی، مدیریت محیطی، هزینه‌های محیطی، تصویر سبز و محصول سبز برای ارزیابی عملکرد مطرح شده و با استفاده از روش FANP وزن مربوط به معیارها محاسبه شده است. همچنین Ng و Chuah (2010)، روش FAHP را برای ارزیابی گزینه‌های مربوط به طراحی سبز استفاده کردند. Kuo و همکاران (2010)، با در نظر گرفتن شش بعد (کیفیت، هزینه، تحویل، خدمت‌دهی، محیط و مسئولیت اجتماعی شرکت) و با استفاده از روش ترکیبی شبکه‌های عصبی^۴ (ANN) و تحلیل پوششی داده‌ها^۵ (DEA) و تحلیل سلسله مراتبی به ایجاد سیستمی برای انتخاب تأمین کننده سبز پرداختند. همچنین Wong و Lai (2012)، مؤلفه‌های لجستیک سبز را شناسایی کرده و مدیریت لجستیک سبز را با عملکرد محیطی و عملیاتی ارتباط دادند. Hsu & Hu (۲۰۰۸)، Buyucoskan (۲۰۱۲) و Lee و همکارانش (۲۰۰۹)، در مقاله خود در انتها به رتبه‌بندی شاخص‌های مورد استفاده با بیان اعداد قطعی پرداختند در حالی که از جمله مزایای این تحقیق استفاده از طیف اعداد فازی تا آخرین مرحله حل مدل و عدم قطعی‌سازی آنهاست.

در تحقیقاتی که از روشهای قضاوت‌های زوجی استفاده شده است، عموماً تعداد بالای معیارها اجازه سازگاری کامل و حتی مطلوب را به ماتریس‌های تصمیم‌گیری نمی‌دهد و بنابراین دقت بسیار بالایی را در تکمیل ماتریس طلب می‌کند و این که به دلیل مشغله بالای مدیران صنعتی عموماً امکان پذیر نیست.

همچنین در بسیاری از موارد تحلیل‌های قطعی فرصت نمود تلاطم و عدم اطمینان در قضاوت‌ها را در مدل‌های ریاضی ارائه شده نمی‌دهد. در این تحقیق هدف ارائه روش‌شناسی ارزیابی سبز بودن زنجیره تأمین با هدف سهولت ارزیابی، دقت بیشتر و استفاده از ماتریس‌های قضاوت سازگار است. ایران به عنوان کشوری در حال توسعه که مراحل صنعتی شدن خود را طی می‌کند در چند دهه اخیر با مشکلات مربوط به

حداقل کردن میزان مواد مورد استفاده و زمان بسته‌بندی و ارتقای برنامه‌های بازیافت و استفاده دوباره است (Ninlawan, et al., 2010).

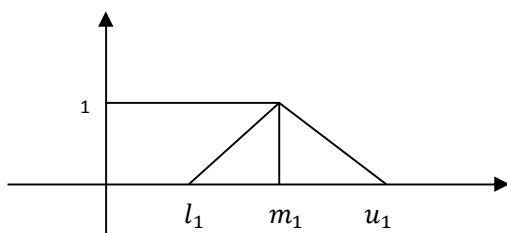
— حمل و نقل و توزیع سبز

این شاخص شامل تحویل مستقیم محصول به محل مصرف‌کننده، استفاده از وسایل نقلیه مناسب و توزیع محصولات در بسته‌بندی‌های کوچکتر است (Ninlawan, et al., 2010). در این تحقیق به منظور اندازه‌گیری میزان سبز بودن زنجیره تأمین صنایع استان از پنج معیار بالا استفاده شد. دسته‌بندی و جمع‌بندی این معیارها در جدول شماره (۱) به نمایش گذاشته شده است.

مواد و روشها

نظریه مجموعه‌های فازی

نظریه فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور Zadeh برای لحاظ کردن عدم اطمینان و ابهام در حل مسائل مختلف بیان شد (Rostamzadeh and Sofian, 2011). در این تحقیق از عدد فازی مثلثی استفاده شده است که ساختار مربوط به آن در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. یک عدد فازی مثلثی به صورت $\tilde{a}(l_1, m_1, u_1)$ نشان داده می‌شود که $l \leq m \leq u$ است. تابع عضو آن به صورت زیر است (Buyukozkan, et al., 2011).



شکل شماره (۱): عدد فازی مثلثی

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0 & x < l_1 \quad \text{or} \quad x > u_1 \\ \frac{x - l_1}{m_1 - l_1} & l_1 \leq x \leq m_1 \\ \frac{u_1 - x}{u_1 - m_1} & m_1 \leq x \leq u_1 \end{cases}$$

در این پژوهش برای رتبه بندی نهایی اعداد از روش احتمال بزرگی اعداد فازی استفاده شده است که به شرح زیر است (Chang, 1992):

درجه احتمال بزرگتر بودن عدد مثلثی فازی $\tilde{a}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ نسبت به عدد مثلثی فازی (TFN) $\tilde{a}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ برابر با رابطه ۱ است:

$$V(\tilde{a}_2 \succ \tilde{a}_1) = \text{sub}_{y \geq x} [\min(\mu_{\tilde{a}_1}(x), \mu_{\tilde{a}_2}(y))] \quad (1)$$

شاخص‌های ارزیابی زنجیره تأمین سبز

محققان مختلف شاخص‌های متعددی را برای سنجش سبز بودن زنجیره تأمین بیان کرده‌اند که با وجود تعدد، دارای همگرایی قانع‌کننده‌ای هستند. Shang و همکاران (2010)، پنج بعد GSCM را شامل طراحی سبز، تأمین‌کنندگان سبز، لجستیک سبز، بازاریابی سبز و تولید سبز بیان کردند.

Hervani و همکاران (2005) و Zhu و Sarkis (2006)، زنجیره تأمین سبز را شامل خرید سبز، تولید سبز و مدیریت مواد، توزیع و بازاریابی سبز و لجستیک معکوس می‌دانند (Olugu, et al., 2010).

Wu و همکاران (2011) عوامل زنجیره تأمین سبز را شامل خرید سبز، همکاری با مشتریان، طراحی سبز و بازگشت سرمایه‌گذاری در نظر گرفته‌اند. Hsu و Hu (2008) برای اولویت‌بندی ابعاد زنجیره تأمین سبز در صنعت الکترونیک، معیارهای مدیریت تأمین‌کننده بازیافت محصول، مشارکت سازمان و مدیریت چرخه عمر را در نظر گرفتند. با مرور کتاب‌شناسی مدیریت زنجیره تأمین سبز و مدیریت محیطی، روشن می‌شود که اکثر مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی میزان سبز بودن زنجیره تأمین بر پنج شاخص تأمین‌کننده و خرید سبز، طراحی سبز، تولید سبز، بسته‌بندی سبز و حمل و نقل و توزیع سبز تمرکز داشته‌اند، که در ادامه به تعریف هر یک از این شاخص‌ها می‌پردازیم.

— تأمین‌کننده و خرید سبز

تأمین‌کننده و خرید سبز شامل فعالیت‌هایی است که هدف آن اطمینان از متناسب بودن مواد خریداری شده با محیط زیست است، این فعالیت‌ها شامل توانایی استفاده مجدد، توانایی بازیافت و کاهش استفاده از مواد خطرناک هستند (Eltayeb, et al., 2010).

— طراحی سبز

شامل فعالیت‌هایی است که هدف آنها حداقل کردن تأثیرات محیطی محصول در تمام چرخه عمر آن است (Eltayeb, et al., 2010).

— تولید سبز

تولید سبز، به صورت فرایندهای تولیدی که از ورودی‌هایی با تأثیرات محیطی نسبتاً کم استفاده می‌کنند و دارای کارایی بالا و همچنین ضایعات، یا آلودگی کمتری هستند، تعریف می‌شود (Ninlawan, et al., 2010).

— بسته‌بندی سبز

این طبقه‌بندی شامل بسته‌بندی کوچکتر، استفاده از مواد سبز در بسته‌بندی، همکاری با فروشندگان در ارائه بسته‌بندی‌های استاندارد،

برای مقایسه \tilde{a}_1 و \tilde{a}_2 محاسبه هر دو مقدار $V(\tilde{a}_2 \geq \tilde{a}_1)$ محذب (\tilde{a}) از K عدد فازی محذب دیگر $(\tilde{a}_i; i = 1, 2, \dots, k)$ به صورت زیر تفکیک می‌شود (رابطه ۲):

$$V(\tilde{a} \geq \tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_k) = V[(\tilde{a} \geq \tilde{a}_1), (\tilde{a} \geq \tilde{a}_2), \dots, (\tilde{a} \geq \tilde{a}_k)] = \min V(\tilde{a} \geq \tilde{a}_i) \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

جدول شماره (۱): معیارهای زنجیره تأمین سبز در مطالعات قبلی انجام شده

معیار	مؤلفه	نویسنده یا نویسندگان (سال)
دانش‌گسترده و کاربرد سبز	رشته محصولات سازگار با محیط زیست از سوی تأمین کنندگان، داشتن گواهی نامه‌های محیط زیست مانند ODC, ROHS, ISO 14000 (سیستم مدیریت محیطی)، تشکیل سمینارهایی به منظور آگاهی تأمین کنندگان از مسائل محیطی، ارائه مواد در بسته‌بندی‌های سازگار با محیط زیست، حمایت از تأمین کننده در جهت بهبود عملکرد محیطی آنها، انتخاب تأمین کنندگان با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی مورد نیاز برای طراحی محصولات سازگار با محیط، قابل بازیافت بودن مواد خریداری شده از تأمین کنندگان، تلاش تأمین کنندگان برای دستیابی به محصول و فرایندهای سازگار با محیط زیست.	Olugu, et al., 2010); Diabat & Govidan (2010); Wu, Ding & Chen, (2011); Ninlawan, et al., 2010); Shang, et al., 2010); Eltayeb, et al., 2010); Kuo, Wang & Tien (2010)
طراحی سبز	طراحی محصولات در راستای کاهش مصرف مواد، یا انرژی (سرب، جیوه و کروم)، قابل بازیافت بودن و استفاده مجدد از محصولات تولیدی، طراحی محصولات به منظور کاهش، یا اجتناب از مصرف مواد خطرناک، یا فرایند تولیدی نامناسب، طراحی محصولات با در نظر گرفتن معیارهای محیطی.	Olugu, et al., 2010); Diabat & Govidan (2010); Wu, Ding & Chen, (2011); Ninlawan, et al., 2010); Shang, Lu & Li, (2010); Eltayeb, et al., 2010); Kuo, Wang & Tien (2010)
تولید سبز	تعهد و حمایت مدیران ارشد و میانی نسبت به رعایت قانون‌ها مرتبط با محیط زیست. دارا بودن مدیریت محیطی کیفیت جامع، داشتن گواهی نامه‌های محیط زیست مانند EUP, ODC, ROHS. استفاده از مواد دارای مضرات کمتر برای محیط زیست. استفاده از فناوری، تجهیزات و ماشین‌آلات دارای آلودگی کمتر برای محیط زیست، کنترل میزان تولید گازهای خطرناکی چون آمونیاک و CO ₂ . استفاده از شیوه مناسب برای دفع فاضلاب، داشتن موقعیت محیطی مناسب نسبت به سایر تولید کنندگان، کم بودن میزان فراوانی وقوع حوادث محیطی، کاهش آلودگی سر و صدا، برنامه‌های آموزشی محیط زیست برای کارکنان و مدیران، برنامه‌ریزی تولید و کنترل برای کاهش ضایعات و بهینه‌سازی بهره برداری از مواد	Olugu, et al., 2010); Teng & Chiu (2010); Hsu & Hu (2009); Kuo, Wang & Tien (2010); Diabat & Govidan (2010); Ninlawan, et al., (2010); Wu, Ding & Chen, (2011); Shang, 2010)
بسته‌بندی سبز	استفاده از مواد سازگار با محیط زیست در بسته‌بندی مواد، استفاده از برچسب به منظور نشان دادن میزان تناسب محصول با استانداردهای محیطی، استفاده از برچسب‌هایی به منظور نشان دادن قابل بازیافت بودن محصول.	Olugu, et al., 2010); Ninlawan, et al., 2010); Eltayeb, Zailani & Ramayah (2010); Kuo, Wang, Tien (2010); Wu, Ding & Chen, (2011); Shang, Li, (2010); Diabat, Govidan (2010)
کاهش و نقل و توزیع سبز	افزایش آگاهی‌های محیطی مصرف کنندگان، طراحی و تولید محصولات متناسب با محیط، بازگشت محصولات به شرکت برای بازیافت، افزایش فروش، موقعیت رقابتی بهتر نسبت به دیگر رقبای انتخاب شبکه‌های توزیع و مشتریان با تأکید بر معیارهای محیط زیست، بازاریابی محصول با تکیه بر مباحث محیطی مانند تأکید بر داشتن گواهی نامه‌های محیط زیست، صادرات.	Olugu, et al., 2010); Eltayeb, (2010); Shang, Lu & Li, (2010); Kuo, Wang & Tien (2010); Wu, et al., 2011); Ninlawan et al., 2010); Diabat & Govidan (2010)

(منبع: یافته‌های تحقیق)

AHP فازی

اطمینان، بیان ارزش‌های مقایسه‌ای با استفاده از مجموعه‌ها، یا اعداد فازی است که ابهام موجود در تفکر انسانی را در نظر می‌گیرد. این روش را برای اولین بار Van Laarhoven و Pedrycz (1983)، با جایگزینی اعداد فازی مثلثی در ماتریس مقایسه‌های زوجی به حوزه فازی توسعه داده شد.

پس از آن محققان زیادی (Wang, 2006; Chang, 1996) با توسعه AHP به فضای فازی، روشهای FAHP را توسعه دادند. یکی از مهم‌ترین و کم انتقادترین روشهایی که می‌توان در این زمینه نام برد، روش میخایلوپوف است.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از قدرتمندترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. این روش را Saaty در اواخر دهه ۱۹۷۰ مطرح کرد (Saaty, 1977). AHP شیوه‌ای برای تجزیه وضعیت پیچیده به بخش‌های ترکیبی آن و چینیدن این بخش‌ها، یا متغیرها براساس نظم سلسله مراتبی است. این روش با وجود سادگی و کارایی بالا به دلیل عدم در نظر گرفتن بی‌دقتی و عدم اطمینان ذاتی ادراکات تصمیم‌گیرندگان و انعکاس آرای آنها به صورت عدد قطعی اغلب مورد انتقاد قرار گرفته است. راه مناسب برای تعامل با این عدم

اولویت‌گذاری غیر خطی فازی میخایلو

مدل اولیه ارائه شده توسط میخایلو مبتنی بر مدل خطی و نیازمند محاسبه برش‌های آلفا برای قضاوت‌ها، حل مدل و سپس ادغام وزن‌ها در سطوح مختلف آلفا برای به دست آوردن وزن نهایی بود. وی در تکمیل کار خود پیشنهاد کرد که استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی که در ادامه توضیح داده شده است می‌تواند تعدادی از این مراحل را در دستیابی به اوزان نهایی حذف کند. فرض کنید قضاوت‌های اولیه به صورت $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشد، در این صورت برای محاسبه اوزان داریم: $l_{ij} \leq \frac{w_i}{w_j} \leq u_{ij}$. به جای تبدیل عبارت فوق به دو نامعادله ساده خطی، می‌توان برای هر قضاوت، تابع عضویتی بسازیم که نسبت به $\frac{w_i}{w_j}$ خطی باشد:

$$\mu_{ij}\left(\frac{w_i}{w_j}\right) = \begin{cases} \frac{\left(\frac{w_i}{w_j} - l_{ij}\right)}{m_{ij} - l_{ij}} & \frac{w_i}{w_j} \leq m_{ij} \\ \frac{u_{ij} - \frac{w_i}{w_j}}{u_{ij} - m_{ij}} & \frac{w_i}{w_j} \geq m_{ij} \end{cases} \quad (3)$$

اکنون می‌توان منطقه موجهی را از فصل مشترک محدودیت‌ها و با استفاده از عملگر min تعیین و با استفاده از رویکرد max-min جواب مدل را تعیین کرد:

Max λ

st :

$$(m_{ij} - l_{ij})\lambda w_j - w_i + l_{ij} w_j \leq 0$$

$$(u_{ij} - m_{ij})\lambda w_j + w_i - u_{ij} w_j \leq 0$$

$$\sum_{k=1}^n w_k = 1$$

$$w_k > 0, k=1, 2, \dots, n, i=1, 2, \dots, n-1, j=2, 3, \dots, n, j > i \quad (4)$$

این مدل افزون بر وزن گزینه‌ها، مقدار ناسازگاری را نیز مشخص می‌کند. مقادیر مثبت برای شاخص λ نشان دهنده سازگاری نسبی و مقادیر منفی برای آن، نشان از قضاوت‌های فازی بشدت ناسازگار دارد.

روش غضنفری و نوجوان

سازگاری ماتریس‌های تصمیم‌گیری چه در حالت قطعی، و یا در حالت فازی، تأثیر تعیین‌کننده‌ای بر صحت نتایج تحلیل‌های مقایسه‌ای دارد. موضوع سازگاری را اولین بار Saaty مطرح کرد و مشخصه‌های سازگاری کامل و سازگاری قابل قبول توسط وی تعریف شدند. انتقادی که به کار بسیاری از محققان در حوزه تحقیقات فرایند FAHP وارد

است. این است که آنها فقط به ارائه روش برای به دست آوردن وزن بسنده کرده‌اند و گاهی حتی اشاره‌ای نیز به لزوم سازگار بودن ماتریس‌ها برای دست یافتن به وزن‌های قطعی نکرده‌اند (Leung & Cao, 2000). غضنفری و نوجوان بر مبنای روش Leung و Cao (2000)، شیوه‌ای را برای شناسایی ناسازگاری در ماتریس‌های قضاوت فازی و اصلاح آن ارائه دادند. این محققان با در نظر گرفتن مقیاس ۹ تایی ساعتی در مقایسه‌های زوجی، اعداد داخل مجموعه $\Psi = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right\}$ را «نقاط مجاز» نامیده و قضاوت‌ها را در قالب این مجموعه پذیرفتند. روش این محققان بر مبنای قضاوت‌های ذوزنقه‌ای (m, l, u, d) قرار گرفته است. برای این اعداد ساختاری به صورت (λ, θ, π) ارائه می‌شود. که در آن λ فاصله بین m و l ، θ فاصله بین l و u و سرانجام π فاصله بین u و d است.

در روش ارائه شده فرض می‌شود که با وجود امکان تغییر عناصر چهارگانه قضاوت فازی، این ساختار ثابت می‌ماند. بدین ترتیب مدل مورد نظر تلاش می‌کند تا ضمن اعمال حداقل تغییر در قضاوت‌ها (تابع هدف)، سازگاری اوزان ارائه شده را نیز برقرار کند. حفظ ساختار، حفظ تقارن و حرکت در مجموعه نقاط مجاز نیز توسط محدودیت‌های این مدل نشان داده شده‌اند:

$$Min Z = \sum_i \sum_j P_{ij} (l'_{ij} - l_{ij})^2 \quad \forall (i, j) \in \Omega$$

st :

$$\ln(1 - \delta)L_{ij1} \leq \ln w_i - \ln w_j \leq \ln(1 + \delta)U_{ij1}, \forall i \neq j$$

$$l'_{ji} = \frac{1}{u'_{ij}} \quad \forall (i, j) \in \Omega$$

$$u'_{ji} = \frac{1}{l'_{ij}} \quad \forall (i, j) \in \Omega$$

$$1 \leq l'_{ij} \leq 9 - (\pi_{ij} + \theta_{ij}) \quad \forall (i, j) \in \Omega$$

$$u'_{ij} = l'_{ij} + \theta_{ij} \quad \forall (i, j) \in \Omega$$

$$l'_{ij} = \text{حداقل} \quad \forall (i, j) \in \Omega$$

(5)

l'_{ij} : حد پایین جدید قضاوت پس از اصلاح ناسازگاری

u'_{ij} : حد بالای جدید قضاوت پس از اصلاح ناسازگاری

δ : انحراف مجاز از سازگاری کامل

CF_{ij} : شاخص اطمینان درایه R_{ij} .

P_{ij} : ضریب جریمه تغییر در R_{ij} که بر مبنای CF_{ij} محاسبه

می‌شود.

گام سوم: ایجاد ماتریس بی مقیاس وزین فازی \tilde{V} با مفروض بودن بردار \tilde{W}_{ij} به عنوان ورودی به الگوریتم با استفاده از رابطه ۹ محاسبه می‌شود:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{c_j}, \frac{m_{ij}}{c_j}, \frac{u_{ij}}{c_j} \right) \quad \tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad C_j^* = \max_i C_{ij} \quad (7)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{\bar{l}_{ij}}{c_j}, \frac{\bar{m}_{ij}}{c_j}, \frac{\bar{u}_{ij}}{c_j} \right) \quad \bar{a}_j = \min_i a_{ij} \quad (8)$$

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (9)$$

گام چهارم: مشخص کردن ایده‌آل مثبت فازی (Fuzzy Positive) و ایده‌آل منفی فازی (FNIS, A⁻) و ایده‌آل مثبت فازی و ایده‌آل منفی فازی معرفتی شده توسط چن استفاده می‌شود.

$$\tilde{v}_j^+ = (1, 1, 1), \quad \tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$$

گام پنجم: محاسبه مجموع فواصل هر یک از مؤلفه‌ها از ایده‌آل مثبت فازی و ایده‌آل منفی فازی، در صورتی که \tilde{a}_1 و \tilde{a}_2 دو عدد فازی به شرح زیر باشند، آنگاه فاصله بین این دو عدد فازی به واسطه رابطه ۱۰ به دست می‌آید:

$$\tilde{a}_1 = (l_1, m_1, u_1) \quad \tilde{a}_2 = (l_2, m_2, u_2)$$

$$D(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_2 - l_1)^2 + (m_2 - m_1)^2 + (u_2 - u_1)^2]} \quad (10)$$

بدین ترتیب، فاصله هر یک از مؤلفه‌ها از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی با استفاده از رابطه ۱۱ بدست می‌آید:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_j^+) \quad i=1,2,\dots,m$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_j^-) \quad i=1,2,\dots,m \quad (11)$$

گام ششم: محاسبه نزدیکی نسبی مؤلفه i از ایده‌آل مثبت و در پایان رتبه بندی آنها به ترتیب نزولی CC_i . این نزدیکی نسبی به صورت رابطه ۱۲ تعریف می‌شود:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i=1,2,\dots,m \quad (12)$$

چارچوب تحقیق با استفاده از بررسی کتاب‌شناسی موضوع که در بخش قبل ارائه شد به صورت زیر مد نظر قرار گرفت. میزان سبز بودن زنجیره تأمین سه صنعت مادر در استان یزد در پنج معیار کلی، شامل تأمین‌کننده و خرید سبز، طراحی سبز، تولید سبز، حمل و نقل سبز، بسته بندی سبز قرار دارد (جدول شماره ۱). هر کدام از این معیارها با استخراج از مقالات مربوط به مدیریت زنجیره تأمین سبز به دست آمده است. برای

فرض می‌شود که $CF_{ij} = CF_{ji}$ رابطه زیر برای محاسبه مقدار جریمه مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$P_{ij} = P_{\min} + (P_{\max} - P_{\min})CF_{ij} \quad (6)$$

که P_{\max} و P_{\min} توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شوند (Ghazanfari and Nojavan, 2004).

TOPSIS فازی

Yoon و Hwang در سال ۱۹۸۱ روش TOPSIS را معرفی کردند (Tavana & Hatami-Marbini, 2011). این روش به طور گسترده‌ای برای حل مسائل رتبه بندی استفاده می‌شود. اما به دلیل ناتوانی آن در مدنظر قرار دادن ابهام ذاتی در ادراکات تصمیم‌گیرندگان مورد انتقاد قرار گرفته است. یکی از محققانی که به نحو مناسبی توانسته است تکنیک تاپسیس را به فضای فازی منتقل کند، Chen است (Chen, 2000). شیوه معرفی شده توسط چن با توجه به نوع استفاده‌ای که در این تحقیق از آن خواهد شد به قرار زیر است:

گام اول: تشکیل ماتریس توافقی فازی آرای افراد در مورد اهمیت هر کدام از افراد در مورد اهمیت درایه‌های این ماتریس به صورت \tilde{X}_{ij} در نظر گرفته می‌شوند که به صورت زیر تعریف می‌شود:

\tilde{X}_{ij} : نظر فرد i ام درباره مؤلفه j ام که به صورت عدد فازی زیر

$$\tilde{X} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$$

محاسبه شده است:

از سویی وزن و میزان اهمیت نظرات خبرگان با \tilde{W}_{ij} نشان داده می‌شود که به صورت عدد فازی زیر بیان می‌شود:

$$\tilde{W}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$$

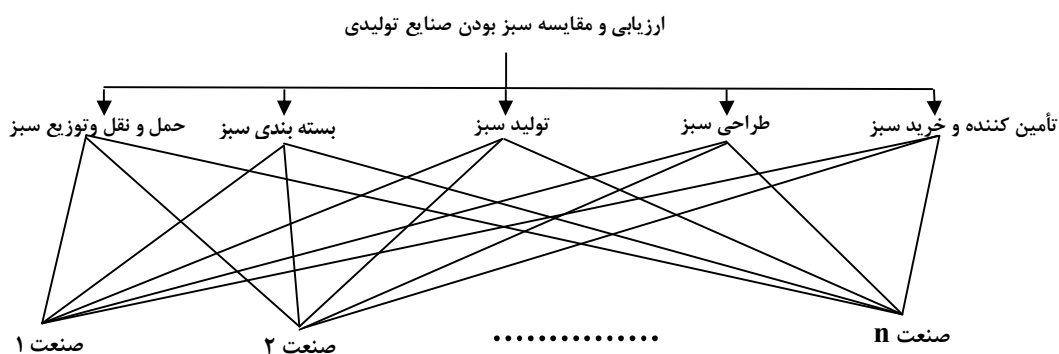
گفتنی است که در این پژوهش، به دلیل یکسان بودن میزان اهمیت آرای خبرگان، \tilde{W}_{ij} را برای کلیه جامعه آماری به صورت زیر تعریف شده است:

$$\tilde{W}_j = (1, 1, 1) \quad \forall j \in n$$

گام دوم: بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم‌گیری: در این گام بایستی ماتریس تصمیم‌گیری فازی نظرات افراد را به یک ماتریس بی‌مقیاس شده فازی (\tilde{R}) تبدیل کنیم. برای به دست آوردن ماتریس \tilde{R} ، کافی است از یکی از روابط ۷ یا ۸ استفاده کرد

است. شکل شماره (۲) سلسله مراتب انتخاب بهترین شاخه صنعتی را با در نظر گرفتن معیارهای زنجیره تأمین سبز نشان می‌دهد هدف این تحقیق تدوین و ارائه روشی برای سنجش و مقایسه میزان سبز بودن صنایع تولیدی است و سرانجام برای ارائه کاربرد عملی آن، از سه صنعت مادر استان یزد، نساجی، فولاد و کاشی و سرامیک، استفاده شد

جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات تحقیق افزون بر منابع کتابخانه‌ای از پرسشنامه نیز استفاده شده است. در این تحقیق از یک پرسشنامه AHP و دو پرسشنامه TOPSIS استفاده شده است؛ در پرسشنامه AHP، پنج معیار اصلی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند و در پرسشنامه TOPSIS شماره یک و دو، به ترتیب وضعیت موجود هر صنعت و میزان اهمیت قانون‌ها و مقررات محیط زیست در قالب ۳۶ مؤلفه مورد ارزیابی قرار گرفته شده



شکل شماره (۲): سلسله مراتب انتخاب بهترین شاخه صنعتی با در نظر گرفتن معیارهای زنجیره تأمین سبز

مراحل تحقیق

۴- بررسی سازگاری قضاوت‌های زوجی خبرگان در

ماتریس‌های FAHP با استفاده از روش میخایلو

در این مرحله مدل میخایلو (مدل ۴)، که در بخش مواد و روش‌ها بیان شده است) برای بررسی سازگاری ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی طراحی و با استفاده از نرم افزار LINGO10 حل شد.

۵- برقراری سازگاری در ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی در صورت نیاز

ماتریس‌هایی که در مرحله پیشین، از سازگاری مناسبی برخوردار نبودند، با استفاده از مدل ریاضی غضنفری و نوجوان اصلاح شده و مجدداً مورد وزن‌یابی قرار گرفتند.

۶- ادغام پرسشنامه‌های خبرگان

اوزان به دست آمده از پرسشنامه‌های اصلاح شده در مرحله قبل، با استفاده از میانگین هندسی (فرمول شماره ۵) ادغام شدند.

۷- محاسبه اوزان ماتریس ادغام شده با استفاده از روش میخایلو

به منظور محاسبه وزن‌های ماتریس ادغامی، مدل میخایلو طراحی و با استفاده از نرم افزار LINGO، وزن ابعاد زنجیره تأمین سبز به دست آمد.

۱- شناسایی شاخص‌های سبز بودن زنجیره تأمین

به منظور شناسایی و تعریف شاخص‌های سبز بودن زنجیره تأمین، ابتدا مطالعه عمیق و گسترده‌ای روی ادبیات تحقیق این حوزه انجام گرفت. در این مطالعه تلاش شد تا سنجش‌های سبز بودن از نگاه محققان مختلف جمع‌آوری و تحلیل شود. این شاخص‌ها سپس در اختیار خبرگان قرار گرفته و با استفاده از نظرهای آنها مورد تعدیل واقع شدند.

۲- تدوین پرسشنامه مناسب FAHP و FTOPSIS

در این بخش برای تدوین پرسشنامه از سنجش‌های تعریف شده در مرحله قبل، استفاده شد. پرسشنامه تحقیق در سه بخش تدوین شد. بخش اول به مقایسه‌های زوجی ابعاد سبز بودن زنجیره تأمین پرداخت. بخش دوم سنجش وضعیت موجود سنجش‌های سبز بودن زنجیره تأمین را در دستور کار خود قرار داد و سرانجام بخش سوم اهمیت این شاخص‌ها را مورد ارزیابی قرار داد.

۳- تعیین خبرگان در صنعت مورد نظر و جمع‌آوری

اطلاعات

به منظور جمع‌آوری اطلاعات، تعداد ۶ نفر از افرادی که در صنایع مورد بررسی دارای سابقه، تجربه و تحصیلات مرتبط هستند انتخاب و پرسشنامه‌های تحقیق در اختیار آنها قرار گرفت.

برای هر ماتریس به شرح زیر است: $\lambda_1=0.615$ $\lambda_2=-1.054$

$$\lambda_3=0 \quad \lambda_4=-2.55 \quad \lambda_5=-1.450 \quad \lambda_6=0$$

از آن جا که $\lambda_5, \lambda_4, \lambda_2$ ناسازگاری ماتریس‌های متناظر را نشان می‌دهند؛ جهت برقراری سازگاری در این ماتریس‌ها از روش غضنفری و نوجوان (مدل ۵)، استفاده شده است. جهت ایجاز مطالب، در ادامه نمونه‌ای از ماتریس مقایسه‌های زوجی قبل و بعد از برقراری سازگاری آورده شده است: با استفاده از روش غضنفری و نوجوان (مدل ۵)، پارامترهای جدول شماره (۳) برای انجام تغییرات به دست می‌آید. بعد از انجام اصلاحات سابق‌الذکر، با استفاده از روش میخایلوپف (مدل ۴)، λ ها مجدداً محاسبه و به صورت زیر به دست آمدند:

$$\lambda_3=0.891 \quad \lambda_4=0.758 \quad \lambda_2=0.666$$

با اطمینان از سازگاری ماتریس‌ها، در این مرحله ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی ادغام می‌شود، این کار با استفاده از میانگین هندسی محاسبه شده برای هر درایه، به دست می‌آید.

در مرحله بعد با استفاده از داده‌های مربوط به آرای خبرگان در مورد وضعیت موجود کارخانه‌ها و میزان اهمیت شاخص‌ها در هر صنعت، شاخص C_{ij} محاسبه شده است.

C_{ij} ها را با استفاده از نرم ساعتی، نرمالایز کرده و در W_j ها ضرب می‌کنیم؛ که نتایج در جدول شماره (۴) نشان داده شده‌اند.

در مرحله بعد با ضرب کردن اعداد موجود در ستون آخر جدول فوق در ماتریس ادغام شده مربوط به وضعیت موجود هر صنعت، امتیاز مربوط به سه صنعت کاشی، نساجی و فولاد به ترتیب محاسبه می‌شود که نتایج حاصل از ضرب این دو در جدول شماره (۵) آمده است: مجموع به دست آمده نشان دهنده امتیاز نهایی هر صنعت است که با استفاده از روش احتمال بزرگتری اعداد فاززی، این سه عدد رتبه بندی شدند. احتمال بزرگتری اعداد در جدول شماره (۶) آمده است که در پایان با توجه به احتمال بزرگی هر کدام از اعداد، اعداد به صورت جدول شماره (۷) رتبه بندی می‌شوند.

جدول شماره (۲): قضاوت‌های قطعی مورد استفاده در این تحقیق

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	قضاوت‌های قطعی
(۷,۹,۹)	(۶,۸,۹)	(۵,۷,۹)	(۴,۶,۸)	(۳,۵,۷)	(۲,۴,۶)	(۱,۳,۵)	(۱,۲,۴)	(۱,۱,۳)	قضاوت‌های فاززی

(منبع: Kaufmann and Gupta, 1998)

جدول شماره (۳): مقادیر محاسبه شده حاصل از روش غضنفری و نوجوان (مدل ۵)

درایه	λ_{ij}	θ_{ij}	π_{ij}	درایه	λ_{ij}	θ_{ij}	π_{ij}	درایه	λ_{ij}	θ_{ij}	π_{ij}	درایه	λ_{ij}	θ_{ij}	π_{ij}	درایه	λ_{ij}	θ_{ij}	π_{ij}
X_{12}	۲	۰	۲	X_{15}	۲	۰	۲	X_{31}	۲	۰	۲	X_{34}	۲	۰	۲	X_{52}	۲	۰	۲
X_{14}	۲	۰	۱	X_{24}	۲	۰	۲	X_{32}	۲	۰	۲	X_{35}	۱	۰	۲	X_{54}	۲	۰	۲

۸- محاسبه وزن نسبی شاخص‌های مربوط به معیارهای

مختلف سبب بودن با استفاده از TOPSIS فاززی.

بدین منظور ماتریس‌ها را با توجه به فرمول شماره (۱۶ و ۱۵)، نرمالایز کرده و شاخص C_{ij} نیز با توجه به فرمول (۲۰) محاسبه شده است.

۹- محاسبه وزن‌های نهایی شاخص‌ها با استفاده از ادغام

وزن‌های معیارها و شاخص‌ها

حاصل ضرب اوزان ابعاد و شاخص‌های زنجیره تأمین سبب، وزن نهایی شاخص‌ها را در این مرحله به دست داد.

۱۰- محاسبه امتیاز صنعت از حاصل ضرب اوزان ابعاد و

شاخص‌ها

وضعیت موجود صنایع با استفاده از اوزان شاخص‌ها، موزون شده و در نهایت امتیاز فاززی نهایی صنایع از نظر سبب بودن زنجیره تأمین به دست آمد.

۱۱- رتبه بندی امتیازات فاززی با استفاده از روش احتمال

بزرگتری اعداد فاززی

امتیازات فاززی نهایی صنایع با استفاده از روش اولویت‌گذاری اعداد فاززی Chang مورد رتبه بندی قرار گرفتند.

نتایج

برای ارزیابی زنجیره تأمین سه صنعت برتر استان یزد با استفاده از روش ارائه شده، پرسشنامه‌ها بین خبرگان توزیع شده است. این افراد آرای خود را در قالب اعداد فاززی جدول شماره (۲) بیان کردند: پس از جمع‌آوری اطلاعات، شش ماتریس مقایسه زوجی فاززی تشکیل شد، در مرحله بعد برای بررسی سازگاری ماتریس مقایسه‌های زوجی ارائه شده توسط خبرگان، با استفاده از روش میخایلوپف و با استفاده از نرم افزار LINGO نرخ سازگاری محاسبه شده است. نرخ سازگاری به دست آمده

جدول شماره (۴): نتایج حاصل از حاصلضرب $W_j \times C_{ij}$ برای هر صنعت

زیر معیارها	کاشی	نساجی	فولاد	W_j	$W_j \times C_{ij}$		
					کاشی	نساجی	فولاد
۱	۰/۰۲۸۳	۰/۰۲۶۵	۰/۰۲۸۳	۰/۲۳۶	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۶۶
۲	۰/۰۲۹۵	۰/۰۱۹۱	۰/۰۲۹۵	۰/۲۳۶	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۶۹
۳	۰/۰۲۸۳	۰/۰۲۲۸	۰/۰۲۸۳	۰/۲۳۶	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۶۶
...
۳۴	۰/۰۴۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۴۰۲	۰/۸۶	۰/۰۳۴۶	۰/۰۲۵۸	۰/۰۳۴۶
۳۵	۰/۰۲۴۸	۰/۰۲۴۶	۰/۰۲۴۸	۰/۸۶	۰/۰۲۱۳	۰/۰۲۲۷	۰/۰۲۱۳
۳۶	۰/۰۲۴۸	۰/۰۲۶۵	۰/۰۲۴۸	۰/۸۶	۰/۰۲۱۳	۰/۰۲۲۸	۰/۰۲۱۳

جدول شماره (۵): وضعیت موزون مربوط به صنایع

زیر معیارها	کاشی	نساجی	فولاد
۱	(۰/۰۰۶۶، ۰/۰۱۳۳، ۰/۰۲۶۷)	(۰/۰۰۶۲، ۰/۰۱۵۶، ۰/۰۲۸۳)	(۰/۰۰۶۶، ۰/۰۱۶۶، ۰/۰۳)
۲	(۰/۰۰۶۹، ۰/۰۱۳۹، ۰/۰۲۷۸)	(۰/۰۰۴۵، ۰/۰۰۹، ۰/۰۱۸)	(۰/۰۰۶۹، ۰/۰۱۷۴، ۰/۰۳۱۳)
۳	(۰/۰۰۱، ۰/۰۱۶۶، ۰/۰۰۳)	(۰/۰۰۵۴، ۰/۰۱۰۸، ۰/۰۲۱۶)	(۰/۰۰۶۶، ۰/۰۲، ۰/۰۳۳۳)
....
۳۴	(۰/۰۰۶۹، ۰/۰۰۳، ۰/۰۱۷۳)	(۰/۰۲۵۸، ۰/۰۵۱۷، ۰/۰۱۰۳۴)	(۰/۰۳۴۶، ۰/۰۵۱۹، ۰/۰۱۲۱۱)
۳۵	(۰/۰۰۲۱، ۰/۰۰۳۳، ۰/۰۰۷۴)	(۰/۰۲۲۷، ۰/۰۵۶۹، ۰/۰۱۰۲۴)	(۰/۰۲۱۳، ۰/۰۴۲۷، ۰/۰۸۵۵)
۳۶	(۰/۰۰۲۱، ۰/۰۰۳۳، ۰/۰۰۷۴)	(۰/۰۲۲۸، ۰/۰۶۸۵، ۰/۰۱۱۴۲)	(۰/۰۲۲، ۰/۰۷۴۸، ۰/۰۱۱۷۵)
مجموع	(۰/۴۹۲، ۰/۸۴۲، ۱/۶۱)	(۰/۳۸۴۷، ۰/۹۰۴۸، ۱/۶۷۴۴)	(۰/۴۱۱۴، ۰/۸۹۲۴، ۱/۶۶۳)

جدول شماره (۶): احتمال بزرگتری اعداد فازی سه صنعت

	\tilde{a}_1	\tilde{a}_2		
۱	احتمال بزرگی	(۰/۲۸۴، ۰/۹۰۴، ۱/۶۷۴)	$m_2 \geq m_1$	۱
		(۰/۴۱۱، ۰/۸۹۲، ۱/۶۶۳)	$m_2 \geq m_1$	۱
۲	احتمال بزرگی	(۰/۲۸۴، ۰/۹۰۴، ۱/۶۷۴)	$m_2 \geq m_1$	۱
		(۰/۴۹۲، ۰/۸۴۲، ۱/۶۱۸)		۰/۹۶
۳	احتمال بزرگی	(۰/۲۸۴، ۰/۹۰۴، ۱/۶۷۴)		$Min(1, 0/96) = 0/96$
		(۰/۴۹۲، ۰/۸۴۲، ۱/۶۱۸)		۰/۹۹
	احتمال بزرگی	(۰/۴۹۲، ۰/۸۴۲، ۱/۶۱۸)		۰/۹۵۱
	احتمال بزرگی			$Min(0/99, 0/951) = 0/951$

جدول شماره (۷): رتبه بندی صنایع

(۰/۴۹۲، ۰/۸۴۲، ۱/۶۱۸)	کاشی	۱
(۰/۴۱۱، ۰/۸۹۲، ۱/۶۶۳)	نساجی	۲
(۰/۲۸۴، ۰/۹۰۴، ۱/۶۷۴)	فولاد	۳

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه، مدیریت محیطی با تأکید بر حفاظت از محیط زیست به یکی از مهم‌ترین مسائل کسب و کار تبدیل شده است. مطرح کردن این بحث در استان یزد به طور ویژه به دلایل مختلفی از جمله استقرار شهرک‌های صنعتی، استفاده از سوخت نامناسب و کارخانه‌های بزرگی مانند فولاد حاتر اهمیت است. بنابراین برای بررسی این مهم و با توجه به اهمیت صنایع فولاد، کاشی و نساجی در استان یزد (نواب پور، ۱۳۸۴)، از این سه صنعت به منظور مطالعه در این تحقیق استفاده شده است. این تحقیق، صنایع برتر استان یزد را از لحاظ میزان سبز بودن مورد بررسی قرار داده و به رتبه‌بندی آنها می‌پردازد.

دشواری تکمیل اطلاعات مورد نیاز روش‌های تصمیم‌گیری سلسله مراتبی و زمان اندک خبرگان صنعت، عموماً مانعی جدی بر سر راه اجرای دقیق ارزیابی است. به منظور در نظر گرفتن ابهام مربوط به مقایسه‌های زوجی استفاده شده در تحقیق، نظریه مجموعه‌های فازی به کار برده شد که موجب دقت بیشتر در چارچوب اندازه‌گیری می‌شود. از سویی استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری مانند ANP و AHP که عموماً در این زمینه مورد استفاده واقع شده با زیاد شدن معیارها و تعداد شرکت‌های حاضر در ارزیابی، پایایی خود را از دست داده و عموماً ناسازگاری در ارزیابی را به بار می‌آورند (Hsu, et al., 2009; Akarte, et al., 2001). انتقادی که به کار بسیاری از محققان در حوزه تحقیقات FAHP وارد است عدم توجه به سازگاری ماتریس‌های فازی است (Leung and Cao, 2000). به منظور بررسی سازگاری ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی از روش میخایلوپ استفاده شده است که نسبت به دیگر روش‌های بررسی سازگاری دارای مزیت‌های مختلفی است.

Lee و همکاران (2009) و Kutlu و همکاران (2012) از روش شاخص و نرخ سازگاری به منظور بررسی سازگاری ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی در روش FAHP استفاده کرده‌اند. مشکل عموم تحقیقات مرتبط با مبحث سازگاری فازی، این است که پس از تشخیص ناسازگاری و در بهترین حالت مشخص کردن داده‌های موجد ناسازگاری، پیشنهاد‌های مناسبی را برای اصلاح ناسازگاری ارائه نمی‌دهند (Zheng, et al., 2012; Lin, 2010; Chamodrakas, et al., 2010; Dagdeviren, 2009).

در این تحقیق روش غضنفری و نوجوان به منظور اصلاح ناسازگاری ماتریس‌های قضاوت زوجی مورد استفاده قرار گرفت تا اوزان نهایی به دست آمده از روایی و پایایی مناسبی برخوردار باشند. روش طراحی شده با توجه به استقرار شهرک‌های صنعتی در استان یزد،

محصور بودن این استان در ارتفاعات و آلودگی این صنایع، در ارزیابی سبز بودن زنجیره تأمین سه صنعت مادر استان یزد - فولاد، نساجی و کاشی و سرامیک - استفاده شد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که صنعت فولاد، آخرین رتبه را در بین دو صنعت دیگر دارد. با توجه به آرای خبرگان در ارتباط با پنج معیار زنجیره تأمین سبز، در این صنعت، معیارهای تأمین کننده و تولید سبز از اهمیت بیشتری نسبت به دیگر معیارها برخوردار است. به منظور بهبود در معیارهای مذکور تلاش تأمین کنندگان برای دستیابی به محصول و فرایندهای سازگار با محیط زیست و استفاده از فناوری، تجهیزات و ماشین آلات سازگار با محیط زیست نسبت به دیگر شاخص‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است. در این مطالعه، صنعت کاشی رتبه اول را کسب کرد. این صنعت در معیارهای بسته‌بندی سبز، تأمین و خرید سبز و حمل و نقل و توزیع سبز نسبت به دیگر معیارها از وضعیت نسبتاً بدی دارد. به منظور رفع این مشکل بایستی صنعت مذکور از مواد سازگار با محیط زیست برای ساخت و بسته‌بندی محصولات استفاده کرده و مواد خود را از تأمین‌کنندگانی که مسائل مربوط به محیط زیست را رعایت می‌کنند، خریداری کنند، همچنین به بازیافت محصولات و بازاریابی محصولات با تکیه بر آگاهی‌های محیطی مصرف کنندگان بپردازد. استفاده از وسایل حمل و نقل مطمئن و کم‌خطر نیز می‌تواند در افزایش توزیع سبز برای این صنعت مفید باشد. در صنعت نساجی با توجه به آرای خبرگان، معیار طراحی سبز نسبت به دیگر معیارها از اهمیت بیشتری برخوردار است. به منظور بهبود در این معیار، طراحی محصولاتی که قابل بازیافت و استفاده مجدد باشد، از اهمیت بیشتری نسبت به دیگر شاخص‌ها برخوردار است. به طور کلی با توجه به وزن‌های به دست آمده برای هر معیار، معیارهای تولید و طراحی وزن بیشتری به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده در جدول شماره (۱)، صنایع می‌باید به طراحی محصولات سازگار با محیط زیست پرداخته و در بخش تولیدی نیز از تجهیزات سازگار با محیط زیست و مواردی دیگر به منظور ارائه محصولات سازگار با محیط زیست استفاده کنند.

یادداشت‌ها

- 1-Green Supply Chain Management (GSCM)
- 2-Fuzzy Analytical Network Process (FANP)
- 3- Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)
- 4-Artificial Neural Network (ANN)
- 5-Data Envelopment Analysis (DEA)
- 6-Fuzzy Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)

منابع مورد استفاده

بمانی، ا. ۱۳۸۶. مدیریت پسماندهای صنعتی شهرک صنعتی یزد، دهمین همایش ملی بهداشت محیط.

نواب پور، م. ۱۳۸۴. گزارش طرح اجرای برنامه ارتقای بهره‌وری، استان یزد

Akarte, M.M., et al. 2001. Web based casting supplier evaluation using analytical hierarchy process, Journal of the Operational Research Society, Vol. 52, PP. 511-522.

Bowen, F.E., et al. 2001. The role of supply management capabilities in green supply, Production and Operations Management, Vol. 10, No. 2, PP. 174-189.

Buyukozkan, G., G., Cifci. 2012. A combined fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS based strategic analysis of electronic service quality in healthcare industry, Expert Systems with Applications, Vol. 39, PP. 2341-2354.

Buyukozkan, G., G., Cifci, S., Guleryuz. 2011. Strategic analysis of healthcare service quality using fuzzy AHP methodology, Expert Systems with Applications, Vol. 38, PP. 9407-9424.

Chamodrakas, I., D., Batis, D., Martakos. 2010. Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP, Expert Systems with Applications, Vol. 37, PP. 490-498.

Chang, D.Y. 1992. Extend Analysis and Synthetic Decision, Optimization Techniques and Applications, world Scientific, Singapore, PP. 1-352.

Chang, D.Y. 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, Vol. 95, PP. 649-655.

Chen, C.T. 2000. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 114, PP. 1-9.

Dagdeviren, M., S., Yavuz, N., Kilinc. 2009. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment, Expert Systems with Applications, Vol. 36, PP. 8143-8151.

Diabat, A., K., Govindan. 2010. An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 55, PP. 659-667.

Ghazanfari, M., M., Nojavan. 2004. Reducing inconsistency in fuzzy AHP by mathematical programming models, Asia-Pacific Journal of Operational Research, Vol. 21, No. 3, PP. 379-391.

Hervani, A.A., M.M., Helms, J., Sarkis. 2005. Performance measurement for green supply chain management, Benchmarking: An International Journal, Vol. 12, No. 4, PP. 330-363.

Hsu,C.W., A.,Hu .2009. Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, PP. 255-264.

Hsu,C.W., A.H.,Hu .2008. Green supply chain management in the electronic industry, *International Journal Environ Science Technology*, Vol. 5, No. 2, PP. 205-216.

Eltayeb,T., S., Zailani, T.,Ramayah .2010. Green Supply Chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: Investigating the outcomes, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 55, PP. 495-506.

Kainuma,Y., N.,Tawara .2006. A multiple attribute utility theory approach to lean and green supply chain management, *International Journal of Production Economics*, Vol. 101, PP. 99-108.

Kaufmann,A., M.M.,Gupta .1998. *Fuzzy mathematical models in engineering science*, North-Holland, Amesterdam.

Klassen,R., C.,McLaughlin .1996. The impact of environmental management on firm performance, *Management Science*, Vol. 42, No.8, PP.1199–1214. (SD 20)

Kuo,R.J., F.C.,Tein .2010. Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, PP. 1161-1170.

Kutlu,A.C., M.,Ekmekcioglu .2012. Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP, *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, PP. 61-67.

Lai,K.H., C.,Wong .2012. Green logistics management and performance: Some empirical evidence from Chinese manufacturing exporters, *Omega*, Vol. 40, PP. 267-282.

Lee,A., et al. 2009. A green supplier selection model for high-tech industry. *Expert Systems with Applications*, 36, 7917-7927.

Leung,L.C., D.,Cao .2000. On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, Vol. 124, PP. 102-113.

Lin,H.F. 2010. An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality, *Computers & Education*, Vol. 54, PP. 877-888.

Montabon,F., R.,Sroufe, R.,Narasimhan .2007. An examination of corporate reporting, environmental management practices and firm performance, *Journal of Operations Management*, Vol. 25, No.5, PP. 998-1014.

Mikhailov,L. 2003. Deriving Priorities from fuzzy pair wise comparison judgments, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 134, PP. 365-385.

New,S., K.,Green, B.,Morton .2002. An analysis of private versus public sector responses to the environmental challenges of the supply chain, *Journal of Public Procurement*, Vol. 2, No.1, PP. 93–105.

- Ng,C.Y., K.B.,Chuah .2010. Evaluation of eco design alternatives using fuzzy AHP methodology, *Design Principles and Practices: An International Journal*, Vol. 4, No.1, PP. 1–14.
- Ninlawan,C., et al .2010. The Implementation of Green Supply Chain Management Practices in Electronics Industry, *Proceeding of the International Multiconference of Engineers and Computer Scientists*, PP. 17-19.
- Olugu,E., K.,Yew Wong, A.M.,Shaharoun .2010. Development of key performance measures for the automobile green supply chain, *Resources, Conversation and Recycling*, Vol.55, PP. 567-579.
- Rostamzadeh,R., S.,Sofian .2011. Prioritizing effective 7Ms to improve production systems performance using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS (case study), *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, PP. 5166-5177.
- Saaty,T.L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Math. Psychol*, Vol. 15, PP. 234-281.
- Shang,K-C., Lu, C.H., S.,Li, 2010. A taxonomy of green supply chain management capability among electronic-related manufacturing firms in Taiwan, *Journal of Environmental Management*, Vol. 91, PP. 1218-1226.
- Tavana,M., A.,Hatami-Marbini .2011. A group AHP-TOPSIS framework for human spaceflight mission planning at NASA, *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, PP. 13588- 13603.
- Tseng, M.L., J.H.,Chiang, L.W.,Lan .2009. Selection of optimal supplier in supply chain management strategy with analytic network process and choquet integral, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 57, No.1, PP. 330-340.
- Tseng,M-L., A.,Chiu .2010. Evaluating firm's green supply chain management in linguistic preferences, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 11, PP. 1-10.
- Tuzkaya,G., et al .2009. Environmental performance evaluation of suppliers: A hybrid fuzzy multi-criteria decision approach, *International Journal Environ Science Technology*, Vol. 6, No. 3, PP. 477-490.
- Vachon,S., R.D.,Klassen .2006a. Extending green practices across the supply chain: the impact of upstream and downstream integration, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 26, PP. 795–821.
- Vachon,S., R.D.,Klassen .2006b. Green project partnership in the supply chain: the case of package printing industry, *Journal of Cleaner production*, Vol. 14, PP. 661–71.
- Van Hoek,R.I. 1999. From reversed logistics to green supply chains, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.4, No. 3, PP.129–34.
- Wang,X., et al. 2012. A two-stage fuzzy-AHP model for risk assessment of implementing green initiatives in the fashion supply chain, *International Journal Production Economics*, Vol. 135, PP. 595-606.
- Wang,Y.M., T.M.S.,Elhang .2006. On the normalization of internal and fuzzy weights, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 157, PP. 2456-2471.

Wu,G.C., J.H.,Ding, P.S.,Chen .2012. The effects of GSCM drivers and institutional pressures on GSCM practices in Taiwan's textile and apparel industry, International Journal Production Economics, Vol. 135, PP. 618-636.

Zheng,G., et al .2012. Application of a trapezoidal fuzzy AHP method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments, Safty Sceince, Vol. 50, PP. 228-239.

Zhu,Q., J.,Sarkis .2006. An intersectional comparison of green supply chain management in China: drivers and practices, Journal of Cleaner Production, Vol.14, PP. 472-86.