انتخاب تامین کنندگان در زنجیره تامین پایدار با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی (مطالعه موردی: صنعت قطعه سازی)

سیدمحمدعلی خاتمی فیروزآبادی[1]، لعیا الفت[2]، سعید دولابی[3]

تاریخ دریافت: ۹٤/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش:۹۵/۳/۱۷

چکیده

زنجیره‌های تامین در سال‌های اخیر به سرعت رشد یافته اند و تنها تمرکز نمودن بر عملکرد اقتصادی برای بهینه سازی هزینه ها یا بازگشت سرمایه نمی تواند باعث توسعه پایدار در زنجیره تامین گردد. اثر فعالیت‌های گوناگون درگیر در زنجیره تامین بر زندگی اجتماعی و مسائل زیست محیطی که منجر به توسعه پایدار می‌شود را نیز باید در نظر گرفت. به همین منظور، مفاهیم مدیریت زنجیره تامین سبز و مدیریت زنجیره تامین پایدار به منظور اهمیت نگرانی‌های اجتماعی و زیست محیطی همراه با عوامل اقتصادی در برنامه ریزی زنجیره تامین ظهور یافته اند. این پژوهش بر آن است تا شاخص‌های اساسی پایداری در سه بعد (اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی)، در بخش تامین کنندگان صنعت قطعه سازی ایران را با استفاده از روش مصاحبه شناسایی کرده و با استفاده از روش دیمتل فازی، الگویی نظام مند را برای تاثیرگذاری شاخص‌ها

---

۱. دانشیار، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

۲. دانشیار، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول) a.khatami@atu.ac.ir

ارائه کند. در مرحله بعد با استفاده از تکنیک ANP فازی به رتبه بندی تامین کنندگان شرکت مورد مطالعه پرداخته شده است. براساس نتایج پژوهش از بین سه بعد پایداری، بعد اقتصادی بیشترین اثرگذاری را بر دو بعد اجتماعی و زیست محیطی را داراست. در مرحله رتبه بندی نیز تامین کنندگان، باتوجه اوزان بدست آمده شرکت آرا صنعت آسیا به عنوان تامین کننده مناسب معرفی و انتخاب شده است.

واژه‌های کلیدی: تکنیک ANP فازی، تکنیک دیمتل فازی، زنجیره تامین پایدار، مدیریت زنجیره تامین.

۱. مقدمه

از دیرباز جمعیت‌های مردم نهاد به مسئولیت‌های سازمان‌ها در قبال جامعه و محیط زیست توجه ویژه‌ای داشته‌اند و با ابزارهای مختلف سعی در نهادینه کردن این مسئولیت‌ها در سازمان‌ها به خصوص شرکت‌های تولید مضر برای محیط زیست داشته‌اند. امروزه توجه ویژه به این مسئولیت‌ها به عنوان بستری برای سودآوری و رشد پایدار در خود سازمان‌ها دنبال گردیده است. حوزه مدیریت زنجیره تامین و دستیابی به پایداری در زنجیره تامین یکی از اساسی‌ترین تصمیمات، انتخاب تامین کننده و سیاست‌گذاری‌های مرتبط با تامین کنندگان است که موضوع جهانی سازی و نیز برون‌سپاری‌های فرا قاره‌ای و نیز توجه به موضوع پایداری در این تصمیمات به شدت باعث افزایش اهمیت این موضوع در تدوین استراتژی‌های سازمانی و نیز تلاش برای بقا در فضای رقابتی شده است (سورینگ و مولر[1]، ۲۰۰۸).

در یک نگاه کلی پرداختن به زنجیره تامین می‌تواند گامی مهم برای حرکت به سمت ارتقای پایداری در کسب و کار باشد. چرا که مدیریت زنجیره تامین کلیه مراحل تولید از ابتدا تا مدیریت پایان عمر محصول را در بر می‌گیرد و بنابراین تلفیق مباحث پایداری و مدیریت زنجیره تامین می‌تواند تاثیر شگرفی در بهبود پایداری کسب‌وکار داشته باشد. از این رو مباحثی نظیر مدیریت زنجیره سبز و مدیریت زنجیره تامین پایدار در ادبیات مطرح شده و مورد توجه هستند. هدف اصلی در مدیریت زنجیره تامین پایدار توجه به مسائل زیست محیطی، مسائل اقتصادی و مسائل اجتماعی در کلیه مراحل تولید یک محصول شامل خرید مواد خام، تولید، توزیع و فروش محصولات است. بنابراین انتخاب تامین کننده نیز یکی از گام‌های مهم در نیل به یک زنجیره تامین پایدار است. در مطالعات صورت گرفته در زنجیره تامین، بیشتر انتخاب تامین کننده در محیط سنتی و بدون در نظر گرفتن عوامل پایداری مورد توجه بوده است (کو و وانگ[2]، ۲۰۱۰).

---

1. Seuring & Muller
2. Kuo & Wang

اهمیت مداوم برای اندازه‌گیری عملکرد و انتخاب تامین کننده با توجه به تغییر رقابت بین سازمان‌هایی که رقابت‌شان با یکدیگر زنجیره تامین است وجود دارد. بنابراین، ارزیابی زنجیره تامین و بهبود عملکرد زنجیره تامین نیاز به توسعه سیستم اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تامین پایدار دارد. سابقا سیستم انتخاب تامین کننده تنها از معیار اقتصادی تشکیل شده بود، با اضافه کردن پایداری در حال حاضر دامنه معیارهای انتخاب شامل معیارهای اجتماعی، زیست محیطی و منابع است. مدیریت مسائل اجتماعی و محیطی در زمینه زنجیره‌های تامین شرکت‌ها توجهات پراهمیتی را درسال‌های اخیر به خودت جلب نموده است. از این رو یک افزایش آگاهی سریعی در صنایع امروزی بر زنجیره تامین جریان گرفته است، از آنجایی که بسیاری از شرکت‌ها محیط زیست و محیط اطراف را به شدت آلوده می‌کنند که این به شدت شرکت‌ها را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهند تا مسائل محیطی را در فعالیت‌های خود مدنظر قرار دهند. درحالی‌که جمعیت دنیا درحال افزایش است و منابع در دسترس درحال کاهش-اند، شرکت‌ها به این مهم رسیدند که تامین کنندگانشان باید قابل طراحی مجدد باشند. از دید شرکت‌ها آنها باید تصویر مساعد محیطی از محصولات، فرایندها، سیستم‌ها تکنولوژی را مجسم کنند (زیلانی و همکاران[1]، ۲۰۱۲).

مدیریت زنجیره تامین پایدار نیازمندی‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی را در جریان مواد و خدمات بین تامین کنندگان و مشتریان فراهم می‌کند. ساختار SSCM به عنوان یک پیش نیاز برای موفقیت پایدار در نظر گرفته می‌شود. طراحی یک ساختار مدیریت زنجیره تامین پایدار، مزیت رقابتی برای شرکت‌ها فراهم می‌کند. در این بین انتخاب تامین کننده بر اساس اصول و فاکتورهای پایداری نقش مهم و بسزایی در پشبرد اهداف زنجیره تامین پایدار دارد (بویوکوزان و برکول[2]،۲۰۱۱).

1. Zailani & et al
2. Buyu Ko Zkan & Berkol

طراحی زنجیره تامین پایدار یک فرآیند بحرانی می‌باشد که بدون توجه به زمان و این موضوع که هر تغییری در هر نقطه از این زنجیره به سرعت بر کل زنجیره تامین تاثیرگذار است، می‌تواند بطور کلی منجر به شکست شود. در تصمیمات مربوط به انتخاب تامین کننده دو مبحث دارای اهمیت ویژه است. اول اینکه چه معیارهایی را باید مورد استفاده قرار داد و دیگر اینکه از چه روش‌هایی می‌توان برای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان استفاده نمود. در این پژوهش با توجه به اینکه تحقیقات جامع و کاملی در زمینه شناسایی معیارها و زیرمعیارهای‌های پایداری برای صنعت قطعه سازی کشور انجام نشده است، در گام نخست به شناسایی معیارها و زیرمعیارهای انتخاب تامین کننده در زنجیره تامین پایدار، بر اساس نوع استراتژی شرکت، مصاحبه‌های حضوری، نظرسنجی از خبرگان و ادبیات تحقیق پرداخته شده است و به این ترتیب چارچوبی برای انتخاب تامین کننده بنا می‌شود. سپس با استفاده از تکنیک DEMATEL فازی به ارزیابی معیارها در صنعت قطعه‌سازی پرداخته شده است. و در آخر به رتبه بندی تامین کنندگان شرکت با استفاده از تکنیک ANP فازی پرداخته شده است.

۲. ادبیات پژوهش

طرح مفهومی با عنوان «توسعه پایدار» در گزارش کمیته محیط زیست و توسعه سازمان ملل در سال ۱۹۸۷، فصل جدیدی در گفتمان بحث توسعه گشود. از زمانی که تعریف پایداری و توسعه پایدار توسط این کمیسیون به چاپ رسیده است، این امر به عنوان یکی از بزرگترین چالش‌های پیش روی جهان شناخته شده است. همراه با گسترش جهانی شدن در طول دو دهه گذشته، پایداری از یک مفهوم تکنیکی و فنی به یک جریان اصلی سیاسی و پس از آن تجاری تبدیل شده است (لیو و همکاران[1]، ۲۰۱۲).

1. Liu et al.

مفهوم پایداری برای اولین بار در دهه هفتاد و اوایل دهه هشتاد مطرح شد، به سایر تعاریف پایداری در جدول (۱) اشاره شده است:

جدول۱. تعاریف پایداری

منبع	تعریف
(کارتر و رگرس، ۲۰۰۸)	پایداری، به معنی تلفیق مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیطی است.
(سیکدار، ۲۰۰۳)	پایداری، یک تعادل مناسب بین توسعه اقتصادی، نظارت محیطی و دارایی اجتماعی است.
(شیرواستاوا، ۱۹۹۵)	پایداری، توان کاهش ریسک‌های بلند مدت مرتبط با مصرف منابع، نوسانات هزینه انرژی، تعهدات محصول و مدیریت آلودگی و ضایعات است.
(کارتر و رگرس، ۲۰۰۸)	پایداری، دستیابی استراتژیک و تلفیق اهداف اجتماعی، محیطی و اقتصادی سازمان از طریق هماهنگی سیستماتیک فرایندهای تجاری درون سازمانی اصلی برای بهبود عملکرد اقتصادی بلند مدت یک شرکت و شبکه ارزش شرکت می‌باشد.
(پدرسن، ۲۰۰۹)	پایداری، تعقیب همزمان رونق اقتصادی، کیفیت محیطی و دارایی اجتماعی است، در حالی هیچ ضرری نرسانیم.
(ازدمیر، ۲۰۱۱)	توسعه پایدار به معنی ارضا نیاز نسل فعلی بدون محدود کردن توانایی نسل‌های بعدی در توسعه نیازهای‌شان می‌باشد.

با توجه به مرور ادبیات مشخص می‌شود که تعریف واژه پایداری می‌تواند از حالت یک فلسفه درون سازمانی تا واژه‌ای چند بعدی تغییر کند. فلسفه درون سازمانی، روی ایجاد اطمینان از اینکه نسل آینده از فعالیت‌های امروزی ما تأثیر منفی نگیرند تمرکز دارد. تمرکز چند بعدی، روی متوازن کردن ابعاد مختلف اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی تاکید دارد. برای پایداری اجتماعی باید اطمینان حاصل شود که نیازهای افراد برآورده می‌شود. برای پایداری اقتصادی باید سود، حداکثر شود. برای پایداری محیطی باید مصرف مواد غیر قابل تجدید و تولید ضایعات حداقل شود و آسیب دائمی به محیط زیست وارد نشود (ژو، چن و هوا[1]، ۲۰۰۰).

1. Zhou, Cheng & Hua

جهت وضوح بیشتر، در ادامه برخی از مدل‌های پایداری را توضیح می‌دهیم:

الف) مدل سود سه گانه: مدل سود سه گانه یا TBL در سال ۱۹۹۸ توسط الکینگتون مطرح شد که شامل سه جز محیط طبیعی، جامعه و عملکرد اقتصادی می‌باشد (الکینتون[1]، ۱۹۹۸).

ب) مدل آشیانه‌ای: مدل آشیانه‌ای که نشان‌دهنده روابط بین محیط، جامعه و اقتصاد می‌باشد در سال ۲۰۰۲ توسط گدینگ و همکاران معرفی شد (گیدینگ، هاپوود و ابرین[2]، ۲۰۰۲)

ج) مرزهای شکست: این مدل در سال ۲۰۰۲ توسط گدینگ و همکاران معرفی شده است. مدل مزبور بر اساس این ایده می‌باشد که همه فعالیت‌هایی که در جامعه و در اقتصاد انجام می‌شوند، می‌توانند به عنوان فعالیت‌های انسانی محسوب شده و سهمی در رفاه افراد داشته باشند (گیدینگ، هاپوود و ابرین، ۲۰۰۲).

د) مدل سود سه گانه و چهار جنبه پشتیبان: کارتر و راجرز بر اساس مدل سود سه گانه مدلی را برای پایداری ارائه داده‌اند که شامل عملکرد سازمان در سه بعد اجتماعی، اقتصادی و محیطی به همراه چهار جنبه پشتیبان شامل مدیریت ریسک، شفافیت، استراتژی و فرهنگ می‌باشد و به مدل TBL+ 4 facets معروف است.

ه) مدل خانه مدیریت زنجیره تامین پایدار: این مدل که در سال ۲۰۱۰ توسط توتیرگ و ویتس تراک معرفی شده به صورت بنایی می‌باشد که سه ستون دارد. ستون‌های این بنا، سه بعد اصلی پایداری بوده که برای متعادل نگه داشتن بنا ضروری می‌باشند. مدیریت ریسک، فونداسیون بنا را تشکیل می‌دهد. مطابق این مدل، برای دستیابی به منافع و سود بلندمدت باید ریسک‌ها شناسایی و کاهش داده شوند (تیوتبرگ و ویتستراک[3]، ۲۰۱۰).

---

1. Elkington
2. Gidding, Hopwood, & O'Brien
3. Teuteberg & Wittstruck

در مدل‌های اشاره شده، مدل‌های سود آشیانه ای، مدل سود سه گانه و جنبه‌های حامی آن و خانه زنجیره تامین پایدار، همگی به سه بعد اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی به عنوان ابعاد اصلی پایداری توجه دارند. مدل پایداری مرزهای شکسته نیز تقریبا اشاره‌هایی به این سه بعد دارد. در نتیجه می‌توان از مدل‌ها اینگونه نتیجه‌گیری کرد که سه بعد زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی، ابعاد اصلی پایداری زنجیره تامین هستند.

تعریف زنجیره تامین پایدار

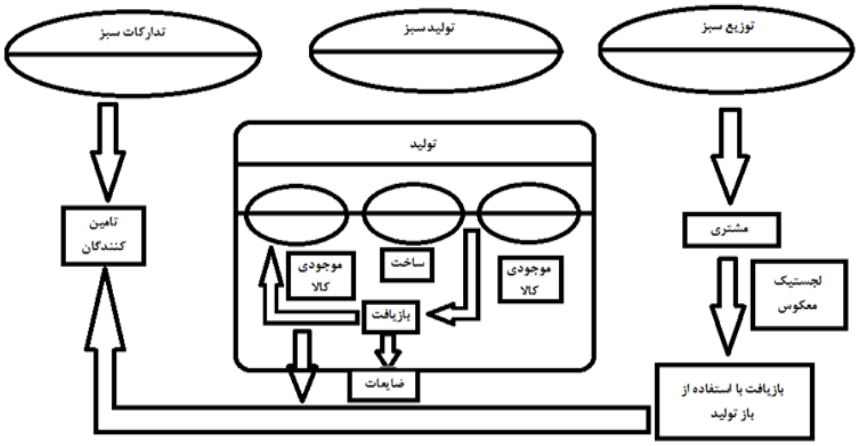
مفهوم زنجیره تامین (SC) برای سال‌ها وجود داشته است، زنجیره تامین می‌تواند بعنوان سیستمی از سازمان، مردم، تکنولوژی، فعالیت‌ها، اطلاعات و منابع دیگر در حرکت یک محصول یا خدمت از تامین کننده به مشتری تعریف می‌شود، اما می‌توان زنجیره تامین پایدار را بعنوان یک سیستم از فعالیت‌های کسب‌وکار یکپارچه در طول عمر محصولات که ارزش افزوده را برای ذی‌نفعان ایجاد نموده و سلامتی مردم را بهبود می‌بخشد (حسین[1]، ۲۰۱۱).

همچنین بیشترین تعریف پذیرفته شده برای مدیریت زنجیره تامین پایدار، فرآیند مدیریت زنجیره تامین با در نظر گرفتن مسائل محیطی، اقتصادی و اجتماعی برای افزایش اهداف اقتصادی بلند مدت شرکت‌ها و زنجیره تامین‌شان است (ال-اوده و اسمالوود[2]، ۲۰۱۲).

چارچوب هدف کلی برای SSCM در شکل (۱) نشان داده شده است. این شکل یک زنجیره تامین پایدار است که بسیار شبیه به زنجیره تامین معمولی است، با این تفاوت که فعالیت‌های لجستیکی معکوس، بازیافت، باز استفاده، باز تولید در زنجیره تولید معمولی گنجانده شده است (حسین، ۲۰۱۱).

---

1. Hussain
2. Al-Odeh & Smallwood



شکل ۱. چارچوب زنجیره تامین پایدار

از مباحث بالا مشخص است که زنجیره تامین و پایداری دو مفهوم متفاوت ولی بسیار نزدیک و ترکیب شده هستند. در جدول (۲) تفاوت‌های کلیدی میان زنجیره تامین پایدار و زنجیره تامین سنتی آورده شده است (حسین، ۲۰۱۱).

جدول۲. تفاوت‌های کلیدی میان زنجیره تامین پایدار و زنجیره تامین سنتی

زنجیره تامین سنتی	زنجیره تامین پایدار
تمرکز تنها برروی عرضه کالا از تامین کننده تا مشتری نهایی	مفاهیم اقتصادی، اجتماعی و محیطی در طول زنجیره تامین در نظر گرفته می‌شوند.
جریان مواد و اطلاعات خطی هستند	جریان مواد به منظور ترکیب سه شاخص فوق پیچیده اند
در اینجا همکاری محدود وجود دارد	در اینجا سطح بالایی از همکاری وجود دارد
لجستیک معکوس جز مکمل فرایند نیست	لجستیک معکوس یکی از قسمت‌های مهم فرآیند زنجیره تامین است

۳. پیشینه تجربی

هر چند مقالات زیادی در دهه گذشته در حوزه پایداری به رشته تحریر درآمده است. لیکن بیشتر به بیان مزایای پایداری و اثرات آن پرداخته‌اند و کمتر وارد بحث معیارها و سنجه‌های اندازه گیری پایداری شده‌اند. مقالات منتشر شده‌ای هم که به ارائه معیارهای اندازه‌گیری پایداری پرداخته‌اند، بیشتر بعد محیط را به عنوان ستون اصلی

پایداری در نظر گرفته و معیارهای ارائه شده، بیشتر در آن حوزه می‌باشد. روش‌های مختلفی برای اندازه گیری ابعاد پایداری مطرح شده‌اند. این روش ها نتوانسته‌اند جامعیت خود را نشان دهند. بدین منظور در جدول (۳) خلاصه‌ای از جدیدترین پژوهش‌های داخلی و خارجی انجام شده در زمینه پایداری بیان شده است:

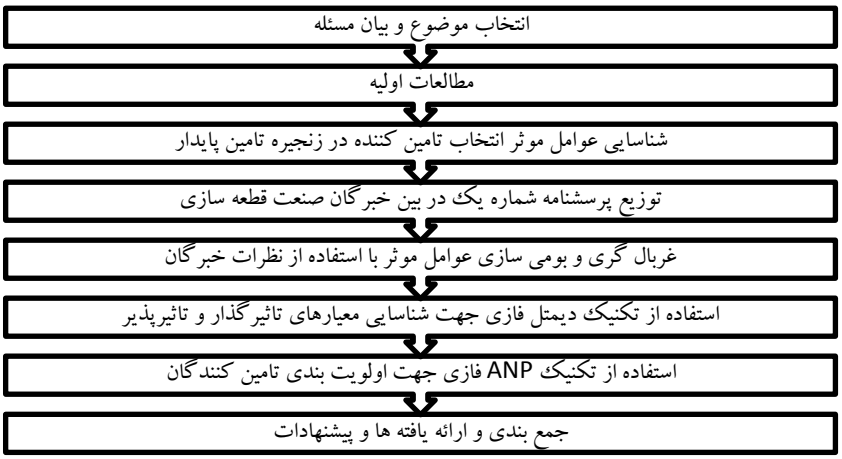
جدول ۳. خلاصه پژوهش‌های انجام شده

ردیف	سال	محقق	نتایج مختصر تحقیق
۱	۲۰۱۱	یاکولوا و همکاران	یک متدولوژی برای اندازه گیری پایداری زنجیره تامین مواد غذایی همراه با ٤٥ شاخص در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ارائه دادند. چارچوب پیشنهادی با استفاده از داده‌های آماری برای زنجیره تامین سیب زمینی و مرغ در انگلستان با بکارگیری تکنیک AHP و نظر خبرگان ارزیابی گردید.
۲	۲۰۱۱	ارول و همکاران	یک چار چوب چند معیاره فازی جدید برای اندازه گیری عملکرد زنجیره تامین ارائه دادند. در این چارچوب از دو FA ntropy و FMAUT برای رتبه بندی پایداری یک شرکت خرده فروشی در طول سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ استفاده گردید. سه بعد پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی همراه با ۳۷ شاخصی برای اندازه گیری این ابعاد معرفی شد.
۳	۲۰۱۱	بویوکوزکان و سیفسی	به شناسایی یک مدل مؤثر بر مبنای اصول پایداری برای انتخاب تامین کننده در زنجیره‌های تامین پرداختند و رویکردی جدید را بر اساس فرآیند تحلیل شبکه، تحت مدل تصمیم گیری جند تقره و شرایط ترجیحی ناقص توسعه دادند.
٤	۲۰۱۲	گویدان و همکاران	به منظور اندازه گیری عملکرد تامین کنندگان در زنجیره تامین پایدار مدلی را بر مبنای رویکرد زمینه ساز سه گانه ارائه دادند. سپس بر اساس این مدل به ارزیابی و رتبه بندی چهار تامین کننده با استفاده از تکنیک FTOPSIS پرداختند.
٥	۲۰۱۲	زیلانی و همکاران	به منظور بررسی نتایج توسعه شیوه‌های مدیریت زنجیره تامین پایدار (خریدزیست محیطی و بسته بندی پایدار)، برآمد این شیوه ها بر عملکرد زنجیره تامین پایدار را مورد بررسی قرار داده اند. این بررسی قرار داده اند. این بررسی در میان ٤۰۰ شرکت تولیدی مالزیایی انجام شد.
٦	۱۳۸۸	درون پرور و همکاران	به ارزیابی عملکرد صنایع تولید آهن و فولاد در بازه زمانی سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰٦ میلادی بر اساس شاخص‌های پایداری مؤسسه بین المللی آهن و فولاد (IISI) با استفاده از روش تصمیم گیری سلسله مراتبی در محیط فازی پرداختند.
۱۱	۱۳۹۰	اشرفی و چهارسوقی	در مقاله ای به منظور تعیین معیارهای انتخاب تامین کننده در زنجیره تامین پایدار ابتدا با بررسی تعاریف مطرح، محورهای اصلی پایداری (عملکرد اقتصادی، عملکرد اجتماعی، عملکرد زیست محیطی) را استخراج و با مرور ادبیات حوزه‌های مربوط به محورهای اصلی را به عنوان عوامل پشتیبان در پایداری شناسایی نموده اند.

همانطور که در جدول ۳ مشاهده شد مطالعات متعددی برروی پایداری صورت گرفته است. نکته قابل توجه در این است که اکثر تحقیقات هر سه بعد پایداری (اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی) را در نظر نگرفته‌اند. همچنین این تحقیقات به بررسی میزان اثرگذاری و اثرپذیری معیارها و زیرمعیارها برروی یکدیگر نپرداخته‌اند. اما در این پژوهش به دنبال بررسی میزان اثرپذیری و اثرگذاری معیارها و زیرمعیارها برروی یکدیگر هستیم، و با استفاده از خروجی‌های تکنیک دیمتل فازی و ترکیب آن با تکنیک ANP فازی، به رتبه بندی تامین کنندگان پرداخته شده است.

٤. روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع تحقیق توصیفی محسوب می‌گردد و از میان انواع تحقیقات توصیفی، بررسی موردی است. همچنین، براساس هدف یک تحقیق کاربردی به حساب می‌آید. در شکل (۲) مراحل انجام تحقیق (نقشه راه) آورده شده است.



شکل ۲. مراحل انجام تحقیق (نقشه راه)

می توان مراحل بیان شده در شکل (۳) را در سه گام اصلی بیان کرد که این سه گام به شرح زیر است:

گام اول: غربالگری اولیه و حذف برخی از معیارها و زیر معیارها غیرمرتبط در زنجیره تامین صنعت قطعه سازی: ابزار جمع آوری اطلاعات در این مرحله پرسشنامه می‌باشد. در این مرحله، چارچوب اصلی پرسشنامه طراحی شده، براساس مدل سود سه گانه (شامل ۳ بعد، ۲۷ معیار) تهیه شده است و صرفا معیارها با نظر خبرگان بومی سازی شده است، ذکر این نکته ضروری است که منظور از بومی سازی در این مرحله صرفا غربالی سازی و تعیین میزان مرتبط بودن عوامل موجود در چارچوب مذکور با توجه به محیط، شرایط کشور و صنعت مربوطه است. نمونه گیری در این مرحله قضاوتی و انتخابی، و بر اساس شاخصی خبرگی می‌باشد. در مرحله بومی سازی با استفاده از مصاحبه‌های ساختمند حضوری با ۱۵ نفر از خبرگان انجام شده است. این متخصصان از بین افرادی که دارای حداقل دو سال سابقه کار مفید در زمینه قطعه سازی بوده‌اند.

گام دوم: در این مرحله با استفاده از تکنیک دیمتل فازی به تعیین روابط تأثیرگذاری و تاثیر پذیری میان زیرمعیارها و ابعاد پایداری و همچنین درجه تاثیر هر یک از عوامل در صنعت قطعه سازی (شرکت آذین خودرو) پرداخته شده است. نمونه گیری در این مرحله قضاوتی و انتخابی، و بر اساس شاخصی خبرگی است. ابزار جمع آوری اطلاعات پرسشنامه می‌باشد. ٦ نفر از افراد خبره شرکت به عنوان نمونه در این مرحله و مرحله سوم انتخاب شده اند.

گام سوم: در این مرحله با توجه به ابعاد و زیرمعیارهای پایداری به انتخاب و رتبه بندی تامین کنندگان با استفاده از تکنیک ANP فازی پرداخته می‌شود.

شاخص‌های انتخاب تامین کننده

با توجه به مرور صورت گرفته روی ادبیات، مشخص شد که بیشتر مدل‌های موجود در زمینه پایداری، سه بعد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را به عنوان ابعاد اصلی پایداری در نظر گرفته‌اند؛ در نتیجه در این تحقیق نیز این سه بعد به عنوان ابعاد اصلی مورد توجه قرار گرفته‌اند و سنجه‌ها در این سه بعد مطرح شده‌اند. برای بدست

آوردن سنجه‌های بومی سازی شده ابتدا از پژوهش‌های انجام شده، مصاحبه با خبرگـان و... معیارهای پایداری در سه بعد مذکور در زنجیره تامین بدست آمـد و در نهایـت بـا ایجاد یک پرسشنامه ساختارمند و توزیع آن بین خبرگان زنجیـره تـامین صـنعت قطعـه سازی، معیارهای جدول (٤) به عنوان معیارهای نهایی پذیرفته شده‌اند.

جدول ٤. معیارهای شناسایی شده و منبع استخراج

بعد	شاخص	منبع
اقتصادی (E)	موقعیت مالی و سم بازار(e1)	Govindan et al (2012); Hsu et al (2011)
	میزان درآمد ناشی از محصولات سبز(e2)	Hsu et al (2011); Hervani et al (2005)
	کیفیت و ایمنی محصول(e3)	Lozano & Huisingh (2011); Invalid source specified.
	قیمت پیشنهادی(e4)	Govindan et al (2012)
	تحویل به موقع کالا(e5)	Invalid source specified.;Invalid source specified.;Invalid source specified.
زیست محیطی (Z)	میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر(z1)	Carter & Easton (2011); Gri (2013)
	میزان بازیافت(z2)	Lozano & Huisingh (2011); Hervani et al (2005); Gri (2013)
	دفع آلودگی(z3)	Bai & Sarkis (2010);Gauthier (2005); Corbett (2007);
	استفاده از فناوری پاک(z4)	Bai & Sarkis (2010);Gauthier (2005); Corbett (2007);
	آلودگی ایجاد شده(z5)	Bai & Sarkis (2010);Gauthier (2005); Corbett (2007); Invalid source specified. Carter & Easton (2011)
اجتماعی (S)	میزان کارکنان آموزش دیده(s1)	Phillis & Andriantiatsaholiniaina (2001); Hsu et al (2011); Labuschange (2005); Hervni et al (2005); Lozano & Huisingh (2011); Gri (2013)
	میزان ساعات کاری کارکنان(s2)	Marques et al (2010); Gri (2013)
	تعامل با انجمن‌های محلی(s3)	Marques et al (2010); Gri (2013)
	رعایت تنوع جنسیت(s4)	Marques et al (2010); Gri (2013)
	نظم، انضباط و امنیت(s5)	Bai & Sarkis (2010);Gauthier (2005); Corbett (2007);

تکنیک DEMATEL فازی و مراحل آن

مؤسسه مموریال باتل روشی DEMATEL را در تحقیقی زیر نظر هسته تحقیـق زنـو ابداع نمود. از مـدل اولیـه DEMATEL بـرای دسـتیابی بـه شـیوه برخـورد مناسـب بـا

پدیده‌های اختلاف برانگیز در سطح جامعه جهانی استفاده شد. مزیت برتر این مدل در تجزیه و تحلیل روابط علی بین مجموعه ای از متغیرهاست (گابوس، ۱۹۷۳) تکنیک مورد استفاده در این مقاله مبتنی بر روش استفاده شده توسط وو و لین در سال ۲۰۰۸ است، که مراحل آن در ادامه تشریح شده است (وو و لین، ۲۰۰۸).

مرحله اول: طراحی ماتریس تصمیم گیری برای سنجش ارتباط و تاثیرات میان معیارهای مورد بررسی، ابتدا ماتریسی که شامل هدف و معیارها می‌باشد، طراحی شده که ارتباط میان آنها زوجی طراحی گردیده است. برای سنجش میزان تأثیر عوامل از یک مقیاسی پنج سطحی استفاده شده که این سطوح و اعداد مثلثی فازی متناظر با آن در جدول(۵) ارائه شده که مبتنی بر پیشنهاد لی در سال ۱۹۹۹ است.

جدول۵. کاربرد متغیرهای کلامی برای تعیین میزان تاثیر متغیرها

متغیر زبانی	تاثیر خیلی زیاد (VH)	تاثیر زیاد (H)	تاثیر کم (L)	تاثیر خیلی کم (VL)	بدون تاثیر (No)
ارزش زبانی	(۱و۱و۰,۷۵)	(۱و۰,۷۵و۰,۵)	(۰,۷۵و۰,۵و۰,۲۵)	(۰,۵و۰,۲۵و۰)	(۰,۲۵و۰و۰)

مرحله دوم: پس از جمع آوری نظرهای خبرگان در خصوص میزان تاثیرگذاری عوامل بر یکدیگر ماتریس ارتباطات مستقیم (Z) (ماتریس n*n) شکل می‌گیرد. سپس ماتریس میانگین برای تجمیع نظرهای خبرگان با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد.

رابطه ۱
$$\tilde{Z} = \frac{\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \tilde{x}^3 \oplus \ldots \oplus x^p}{p}$$

میانگین هر ماتریس، ماتریس که ماتریس فازی ارتباطات مستقیم نامیده می‌شود، بدست می‌آید. در این ماتریس اعداد فازی مثلثی هستند و با توجه به اعداد فازی مثلثی (۰،۰،۰) خواهد بود.

$$\tilde{Z} = \begin{pmatrix} 0 & \tilde{z}_{12} & \cdots & \tilde{z}_{1n} \\ \tilde{z}_{21} & 0 & \cdots & \tilde{z}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1} & \tilde{z}_{n1} & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

مرحله سوم: نرمالایز نمودن ماتریس ارتباطات مستقیم فازی: در این مرحله ماتریس نرمالایز شده ارتباطات مستقیم فازی را می‌توان براساس رابطه‌های (۲) و (۳) از ماتریس ارتباطات مستقیم فازی بدست آورد.

رابطه ۲و ۳

$$\tilde{X} = \begin{pmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{z}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n1} & \cdots & \tilde{x}_{nn} \end{pmatrix}$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = (\frac{l'_{ij}}{r}, \frac{m'_{ij}}{r}, \frac{u'_{ij}}{r}) = (l^{"}_{ij}, m^{"}_{ij}, u^{"}_{ij}$$

$$r = max_{1\le i\le n}(\sum_{j=1}^{n} u_{ij})$$

مرحله چهارم: محاسبه ماتریس ارتباطات کلی فازی: این ماتریس دارای درایه‌های فازی هست. به منظور محاسبه این ماتریس از رابطه‌های (٤) تا (۷) کمک گرفته می‌شود. در اینجا I همان ماتریس واحد است.

رابطه (٤) $$T = \lim_{k\to+\infty}(\tilde{H}^1 \oplus \tilde{H}^2 \oplus ... \oplus \tilde{H}^k)$$

رابطه (٥) $$[l^{t}_{ij}] = H_l \times (I - H_l)^{-1}$$

رابطه (٦) $$[m^{t}_{ij}] = H_m \times (I - H_m)^{-1}$$

رابطه (۷) $$[u^{t}_{ij}] = H_u \times (I - H_u)^{-1}$$

مرحله پنجم: ترسیم نمودار علی: در این مرحله مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس محاسبه می‌گردد. در صورتی که مجموع سطرها و ستون ها را به ترتیب ماتریس‌های D و R بنامیم، بیشترین مجموع ردیفی D نشان دهنده ترتیب معیارهایی است که قویا بر عناصر دیگر نفوذ دارند، و بیشترین مجموع ستونی R نشان دهنده ترتیب معیارهایی است که تحت نفوذ واقع می‌شوند. از جمع این دو، ماتریس (D+R)

که ماتریس برتری و از تفاضل آنها ماتریس (D-R) که ماتریس ارتباط نامیده می‌شود، بدست می‌آید.

مرحله ششم: دی فازی نمودن ماتریس‌های ارتباطات کلی

رابطه ۸
$$B = \frac{(a_1 + a_3 + 2 \times a_2)}{4}$$

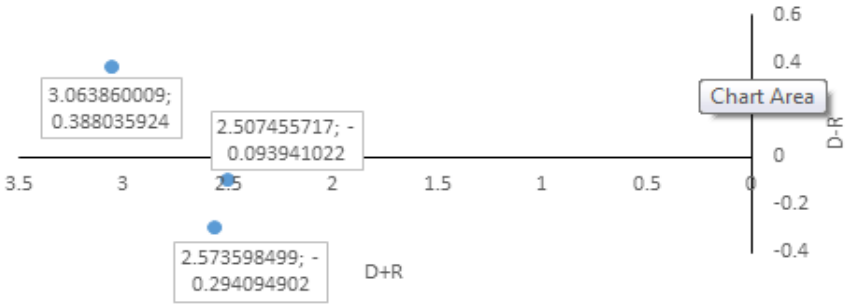
مرحله هفتم: محاسبه ماتریس ارتباطات درونی: بر اساس نتایج ماتریس ارتباطات کلی و نمودار علی، ماتریس ارتباطات درونی محاسبه می‌گردد. با نرمالایز نمودن ستونی ماتریس ارتباطات کلی از طریق نرم خطی، ماتریس ارتباطات درونی به دست می‌آید.

نتایج به کارگیری تکنیک FUZZY DEMATEL

در این مرحله نتایج حاصل از بکارگیری تکنیک DEMATEL فازی برای تعیین ارتباط میان معیارها با یکدیگر ارائه شده است. به علت حجم زیاد محاسبات و جداول، فقط جداول نهایی قطعی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها ارائه شده و نمودارهای علی که منتج از ماتریس ابعاد پایداری است، ترسیم و نمایش داده شده است. بر جدول اساس (٦) و شکل (۳) چنین استنباط می‌گردد که بعد اقتصادی با توجه به بیشترین مقدار D-R، قویا بر سایر ابعاد تأثیرگذار است، بعد زیست محیطی نیز به لحاظ برخورداری از بیشترین مقدار R قویا تحت تأثیر سایر ابعاد قرار می‌گیرد. به همین صورت سایر جداول نیز قابل تفسیر است. بر این اساس جداول (۷) تا (۹) استخراج شده است، که نشان دهنده اثرپذیری و اثرگذاری زیرمعیارهای، معیارهای اصلی می‌باشد.

جدول٦. ماتریس میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری ابعاد اصلی پایداری زنجیره تامین پایدار

ماتریس روابط کل	$\tilde{R}_i$	$\tilde{D}_i$	$\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$	$\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$
E	۱,۳۳۷۹۱۲	۱,۷۲۵۹٤۸	۰,۳۸۸۰۳٦	۳,۰٦۳۸٦
S	۱,٤۳۳۸٤۷	۱,۱۳۹۷۵۲	-۰,۲۹٤۰۹	۲,۵۷۳۵۹۸
Z	۱,۳۰۰٦۹۸	۱,۲۰٦۷۵۷	-۰,۰۹۳۹٤	۲,۵۰۷٤۵٦



شکل۳. نمودار علی ابعاد اصلی پایداری زنجیره تامین

براساس جدول (۷) چنین استنباط می‌گردد که معیار قیمت پیشنهادی با توجه به بیشترین مقدار D قویا بر سایر ابعاد تأثیرگذار است، معیار موقعیت مالی و سهم بازار نیز به لحاظ برخورداری از بیشترین مقدار R قویا تحت تأثیر سایر معیارها قرار می‌گیرد. به همین صورت سایر جداول نیز قابل تفسیر است و بر عکس.

جدول۷. ماتریس میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری بعد اقتصادی

بعد اقتصادی	R	D	D+R	D-R
(e1) موقعیت مالی و سهم بازار	۳,۷٦٤٥	۳,۰٥٤۲۰	٦,۸۱۸۷	-۰,۷۱۰۳
(e2) میزان درآمد ناشی از محصولات سبز	۲,۹۰۲۹	۲,۸۷٦۸	٥,۷۷۹۷	-۰,۰٥۷۲
(e3) کیفیت و ایمنی محصول	۳,۲٤۰٤	۳,۲۹۷٦	٦,٥۳۸۰	۰,۰۲٦۱
(e4) قیمت پیشنهادی	۳,۰٥۱۸	۳,٦۲٥۳	٦,٦۷۷۲	۰,٥۷۳٤
(e5) تحویل به موقع کالا	۳,۱۹۳۳	۳,٥۹۷٦	٦,۷۹۱۰	۰,٤۰٤۳

بر اساس جدول (۸) نتایج حاصل از تکنیک دیمتل در مورد زیر معیارهای معیار زیست محیطی نشان می‌دهد که، زیر معیارهای z1، z2، z3، z4 دارای D-R مثبت است، که زیر معیارهای علی و اثرگذار می‌باشند یعنی بر سایر زیر معیارها تاثیر می‌گذارند و بقیه زیر معیارها، زیر معیارهای معلولی در نظر گرفته می‌شوند، یعنی تاثیر پذیر هستند.

جدول۸. ماتریس میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری بعد زیست محیطی

بعد زیست محیطی	R	D	D+R	D-R
(z1) میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر	٤,۰۰۳۸	٤,٤۲۷۷	۸,٤۳۱٥	۰,٤۳۹۳
(z2) میزان بازیافت	٤,۰۲۳۳	۳,٦۳۹۳	۷,٦٦۲٦	۰,۳۸۳۹
(z3) دفع آلودگی	٤,۲۸۳٥	٤,۲۱٤٦	۸,٤۹۸۲	۰,۰٦۸۹
(z4) استفاده از فناوری پاک	٤,٤٤٦۱	٤,٤۲۱۷	۸,۸٦۷۸	۰,۰۲٤۳
(z5) آلودگی ایجاد شده	٤,٤۸۰۷	٤,۰٤۱۰	۸,٥۲۱۷	-۰,٤۲۳۸

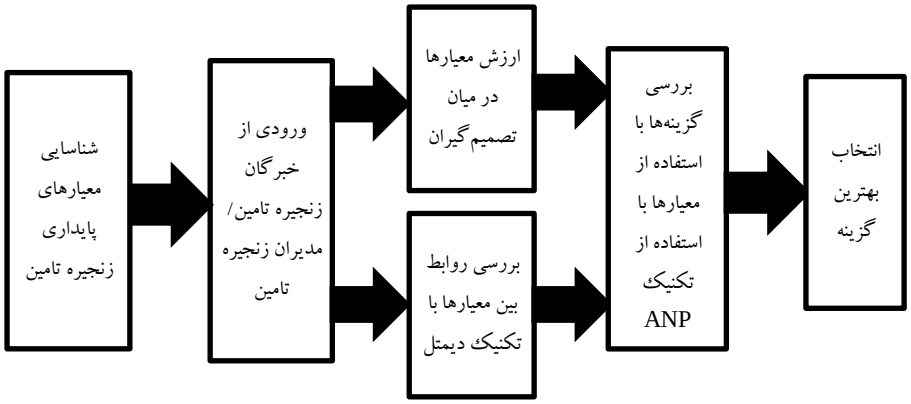
براساس جدول (۹) نتایج حاصل از تکنیک دیمتل در مورد زیر معیارهای معیار اجتماعی نشان می‌دهد که، زیر معیارهای s1، s2، s3، s5 دارای D-R مثبت است، که زیر معیارهای علی و اثرگذار می‌باشند یعنی بر سایر زیر معیارها تاثیر می‌گذارند و بقیه زیر معیارها، زیر معیارهای معلولی در نظر گرفته می‌شوند، یعنی تاثیر پذیر هستند.

جدول۹. ماتریس میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری بعد اجتماعی

بعد اجتماعی	R	D	D+R	D-R
(s1)میزان کارکنان آموزش دیده	۲,۹۲٦۸	۳,۱٥٦۰	٦,۰۸۲۹	۰,۲۲۹۲
(s2)میزان ساعات کاری کارکنان	۲,٤۲٥٤	۲,۸۱۲٤	٥,۲۳۷۸	۰,۳۸۷۰
(s3)تعامل با انجمن‌های محلی	۳,۰۲٦۸	۳,۱٤٥۲	٦,۱۷۲۱	۰,۱۱۸٤
(s4)رعایت تنوع جنسیت	۲,۹۸۹۸	۲,۸۲۰۱	٥,۸۰۹۹	-۰,۱٦۹۷
(s5) نظم، انضباط و امنیت	۲,۹۱۹۸	۳,۰٥۹	٥,۹۷۸۸	۰,۱۳۹۲

نحوه ارتباط بین تکنیک دیمتل و ANP فازی

در شکل ٤ ارتباط بین تکنیک دیمتل فازی و ANP فازی نمایش داده شده است:



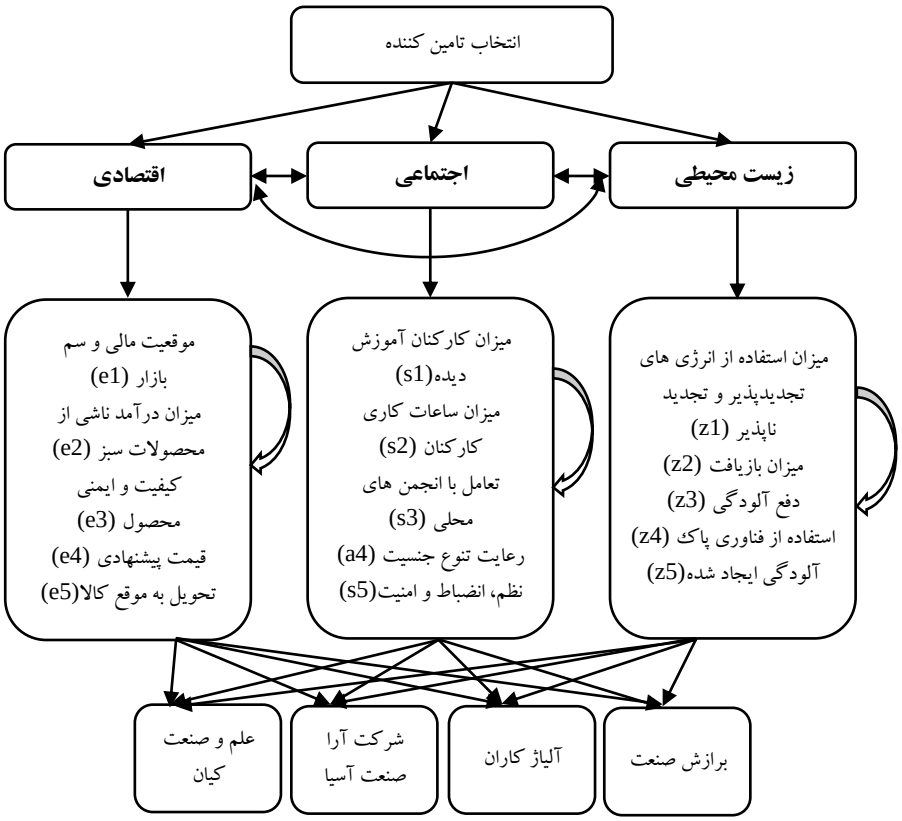
شکل ٤. ارتباط بین تکنیک دیمتل فازی و ANP فازی

تکنیک تحلیل شبکه ای فازی و مراحل آن

فرایند تحلیل شبکه ای ANP توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ در کتاب اصول تصمیم گیری مطرح گردید، و در سال ۱۹۹٦ در کتاب " تصمیم گیری با وابستگی و بازخورد" بسط داده شد. ANP حالتی از تعمیم یافته از AHP است. در حالی که AHP به ارائه چارچوبی با ارتباطات سلسله مراتبی یک سویه می‌پردازد. ANP ارتباطات درونی پیچیده تر بین سطوح تصمیم و نسبت ها را در نظر می‌گیرد (ساعتی ۱۹۹٦,۲۰۰٦)

مرحله اول: ساخت مدل و ساختاربندی مسأله:

برای ساخت مدل و ساختاربندی آن، مسأله به صورت واضح و شفاف بیان و به یک سیستم منطقی و به صورت یک شبکه تجزیه می‌شود. مساله این پژوهش دارای سه بعد، ۱۵ زیرمعیار و چهار گزینه است. در این بخش روابط میان ابعاد، زیرمعیارها و گزینه ها بسط داده شده و مدل و ساختار کلی مساله به صورت یک شبکه در شکل (۵) ترسیم گردیده است.



شکل۵. مدل شبکه ای برای انتخاب تامین کننده

مرحله دوم: ماتریس‌های مقایسات زوجی:

در روش تحلیل شبکه ای عناصر تصمیم در هر قسمت با توجه به اهمیت آنها در کنترل معیار به صورت زوجی مقایسه می‌گردد. ماتریس‌های مقایسات زوجی از طریق جدول زیر به داده‌های فازی تبدیل شدند. در این پژوهش هر یک از ابعاد با توجه به هدف، معیارها با توجه به بعد دربرگیرنده آن، معیارها نسبت به یکدیگر و گزینه ها نسبت به معیارها مقایسه شده اند. با توجه به وجود ۳ بعد، ۱۵ زیرمعیار و چهار گزینه ایهن مساله دارای ۲۲ ماتریس مقایسه زوجی است.

مرحله سوم: محاسبه بردارهای وزن با استفاده از روش آنالیز توسعه چنگ

در این پژوهش برای محاسبه بردارهای وزن، از فرایند تحلیل شبکه ای فازی که بر روش آنالیز توسعه مبتنی است، استفاده شده است. روش آنالیز توسعه ای توسط یک پژوهش گر چینی به نام چانگ در سال ۱۹۹۶ برای تکنیک AHP فازی ارائه شده است. تکنیک مورد استفاده در این پژوهش توسعه روش چانگ است (لینگ و تسون، ۲۰۰۹).

گام اول: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی: با استفاده از نظر تصمیم گیرنده، ماتریس مقایسات با بهره‌گیری از اعداد فازی مثلثی $\tilde{t}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ را بر اساس نظرات چندین تصمیم‌گیرنده تشکیل دهید. در جدول (۱۰) متغیرهای کلامی و در شکل (٦) ماتریس قضاوت فازی نمایش داده شده است.

جدول۱۰. کاربرد متغیرهای کلامی برای تعیین میزان اهمیت متغیرها

عبارات کلامی	ترجیح برابر	ترجیح کم	ترجیح زیاد	ترجیح خیلی زیاد	ترجیح کاملا زیاد
عدد فازی	(۱,۱,۱)	(۱,۳,۵)	(۳,۵,۷)	(۵,۷,۹)	(۷,۹,۹)

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{121} \\ \tilde{a}_{122} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{12P_{12}} \end{Bmatrix} & \dots & \dots & \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{1n1} \\ \tilde{a}_{1n2} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{1nP_{1n}} \end{Bmatrix} \\ \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{211} \\ \tilde{a}_{212} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{21P_{21}} \end{Bmatrix} & (1,1,1) & \dots & \dots & \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{2n1} \\ \tilde{a}_{2n2} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{2nP_{2n}} \end{Bmatrix} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{n11} \\ \tilde{a}_{n12} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{n1P_{n1}} \end{Bmatrix} & \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{n21} \\ \tilde{a}_{n22} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{n2P_{n2}} \end{Bmatrix} & \dots & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

شکل ٦. ماتریس قضاوت فازی

که در این ماتریس P_{ij} تعداد افراد نظر دهنده در مورد اولویت درایه i نسبت به j می‌باشد.

گام دوم: میانگین حسابی نظرات: میانگین حسابی نظرات تصمیم گیرندگان را به صورت ماتریس زیر محاسبه کنید،

در شکل (۷) میانگین نظرات تصمیم گیرندگان نشان داده شده است.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12} & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & (1,1,1) & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

شکل ۷. میانگین حسابی نظرات تصمیم‌گیرندگان

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{p_{ij}} a_{ijk}}{p_{ij}} \qquad i,j = 1,2,\dots,n \tag{۱}$$

گام سوم: محاسبه مجموع عناصر سطر: مجموع عناصر سطرها را محاسبه کنید:

$$\tilde{s}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{a}_{ij} \quad i = 1,2,\dots,n \tag{۲}$$

گام چهارم نرمالایز کردن: مجموع سطرها را به شیوه زیر نرمالایز کنید.

$$\widetilde{M}_i = \tilde{s}_i \times [\sum_{i=1}^{n} \tilde{s}_i]^{-1} \quad i = 1,2,\dots,n \tag{۳}$$

در صورتی که $\tilde{s}_i$ را به صورت (l_i, m_i, u_i) نشان دهیم رابطه فوق به ترتیب زیر محاسبه می‌شود.

$$\widetilde{M}_i = \left(\frac{l_i}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{u_i}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) \tag{٤}$$

گام پنجم: تعیین درجه احتمال بزرگتر بودن: درجه احتمال بزرگتر بودن هر μ_1 را نسبت به سایر μ_i ها محاسبه و آنرا $d'(Ai)$ می‌نامیم.

درجه احتمال بزرگتر بودن عدد مثلثی فازی $\mu_2=(l_2, m_2, u_2)$ نسبت به عدد مثلثی فازی $\mu_1= (l_1, m_1, u_1)$ برابر است با:

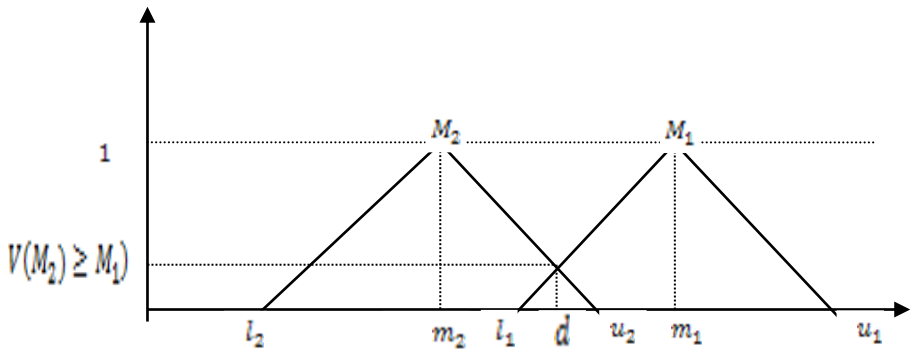
$$V(M_2 > M_1) = sub_{y \geq x}[\min\left(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)\right)] \quad (۵)$$

این رابطه را می‌توان مترادفاً به صورت زیر بیان کرد:

$$V(M_2 > M_1) = hgt(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_2}(d) \quad (۶)$$

$$\begin{cases} 1 & m_2 > m_1 \\ 0 & l_2 > u_1 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

که d مختصات بالاترین نقطه در منطقه اشتراک و برخورد دو تابع عضویت μ_{m1} و μ_{m2} می باشد. شکل (۸) اولویت دو عدد فازی مثلثی را نشان می‌دهد.



شکل ۸. اولویت دو عدد فازی مثلثی

برای مقایسه M_1و M_2محاسبه هر دو مقدار V(M1≥M2) , V(M2 ≥ M1) ضروری است. درجه احتمال بزرگتر بودن یک عدد فازی محدب (M) از K عدد فـازی محـدب دیگر (Mi ; i = 1,2,…,k) به صورت زیر تفکیک می‌شود:

$$d'(M) = V(M \geq M1, M2, \ldots, Mk) = V[(M \geq M1), (M \geq M2), \ldots, (M \geq Mk)]$$
$$= \min V(M \geq Mi) \qquad i = 1, 2, \ldots, k$$

گام ششم: نرمالایز کردن: با نرمالایز کردن بردار وزن‌ها، وزن‌های نرمالایز به دست می‌آیند.

$$w = [\frac{d'(A_1)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, \frac{d'(A_2)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, \dots, \frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_n)}]^T \quad (۸)$$

وزن‌های فوق، وزن قطعی (غیرفازی) هستند. با تکرار این فرایند، اوزان تمامی ماتریس‌ها به دست می‌آید.

نتایج آنالیز توسعه

نتایج نهایی حاصل از به کارگیری آنالیز توسعه که دربرگیرنده وزن‌های ابعاد و معیارهای تأثیرگذار بر انتخاب تامین کنندگان است، در جداول زیر ارائه شده است. در جدول (۱۱) وزن‌های هر یک از معیارها در بعد دربرگیرنده ارائه شده است، و در جدول (۱۲) وزن هریک از گزینه با توجه به تمامی معیارهای تأثیرگذار بر آن به تفکیه و به صورت معیار به معیار بیان شده است. در جدول زیر به ترتیب A، B، C، D نماد شرکت‌های شرکت آرا صنعت آسیا، شرکت علم و صنعت کیان، شرکت برازش صنعت و شرکت آلیاژ کاران است.

جدول۱۱. وزن معیارهای مؤثر انتخاب تامین کننده با توجه به بعد دربرگیرنده

وزن	اجتماعی	وزن	زیست محیطی	وزن	اقتصادی
۰,۳۳	میزان کارکنان آموزش دیده (s1)	۰,۲۳	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر	۰,۳۹	موقعیت مالی و سم بازار (e1)
۰۲۱	میزان ساعات کاری کارکنان (s2)	۰,۱۰	میزان بازیافت (z2)	۰,۱۷	میزان درآمد ناشی از محصولات سبز (e2)
۰,۱۲	تعامل با انجمن‌های محلی (s3)	۰,۱۸	دفع آلودگی (z3)	۰	کیفیت و ایمنی محصول (e3)
۰,۱۵	رعایت تنوع جنسیت (s4)	۰,۲۷	استفاده از فناوری پاک (z4)	۰,۲۵	قیمت پیشنهادی (e4)
۰,۱۷	نظم، انضباط و امنیت (s5)	۰,۱۹	آلودگی ایجاد شده (z5)	۰,۱۶	تحویل به موقع کالا (e5)

جدول۱۲. وزن گزینه ها با توجه معیارهای تأثیرگذار بر انتخاب تامین کنندگان

وزن	زیرمعیار اجتماعی	وزن	زیرمعیار زیست محیطی	وزن	زیر معیار اقتصادی
	میزان کارکنان آموزش دیده (s۱)		استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر		موقعیت مالی و سهم بازار (e۱)
۰,٤۱۰	A	۰,۲۹۷	A	۰,۵۲۹	A
۰,۲٦۰	B	۰,۵۵۵	B	۰,۱۳۹	B
۰,۲۱۹	C	۰	C	۰,۱۹۵	C
۰,۱۰۸	D	۰,۱٤٦	D	۰,۱۳۵	D
وزن	میزان ساعات کاری کارکنان (s۲)	وزن	میزان بازیافت (z۲)	وزن	درآمد ناشی از محصولات سبز (e۲)
۰,۳۳۲	A	۰,۱۷۰	A	۰,۲۳٦	A
۰,۳۹۳	B	۰,۲۰٦	B	۰,۱۸۹	B
۰,۲۷٤	C	۰,۳۵٦	C	۰,٤۱۹	C
۰	D	۰,۲٦٦	D	۰,۱۵٤	D
وزن	تعامل با انجمن‌های محلی (s۳)	وزن	دفع آلودگی (z۳)	وزن	کیفیت و ایمنی محصول (e۳)
۰,۲۳۲	A	۰,۳٦۷	A	۰,۲۸۳	A
۰,۳۱۱	B	۰,۲۹۱	B	۰,۲۵۷	B
۰,۱۹٤	C	۰,۱۹۲	C	۰,۲۲۳	C
۰,۲٦۲	D	۰,۱٤۸	D	۰,۲۳۵	D
وزن	رعایت تنوع جنسیت (s٤)	وزن	استفاده از فناوری پاک (z٤)	وزن	قیمت پیشنهادی (e٤)
۰,۳۳۸	A	۰,۲۰۲	A	۰,۱٦۹	A
۰,۱۷۵	B	۰	B	۰,۳۷۲	B
۰,۲۱۷	C	۰,٤٦۹	C	۰,۲۱٤	C
۰,۲٦۸	D	۰,۳۲۷	D	۰,۲٤۲	D
وزن	نظم، انضباط و امنیت (s۵)	وزن	آلودگی ایجاد شده (z۵)	وزن	تحویل به موقع کالا (e۵)
۰,۲۸۰	A	۰,۲۳۱۸	A	۰,۱۵۹	A
۰,۲۵۹	B	۰,٤۱۲۵	B	۰,۳۳۳	B
۰,۱۷۸	C	۰,۱۵۸٤	C	۰,۲۱۵	C
۰,۲۸۱	D	۰,۱۹۷۱	D	۰,۲۹۱	D

مرحله چهارم تشکیل سوپرماتریس

سوپر ماتریس قادر به محدود کردن ضرایب برای محاسبه تمامی اولویت ها و در نتیجه اثر تجمیعی هر عنصر بر سایر عناصری است که با آنها در تعامل است. سوپرماتریس تصمیم این مسأله شامل چهار سطح: هدف، معیار، زیرمعیارهای تصمیم و گزینه هاست.

در این ماتریس بردار نشان دهنده تأثیر هدف (انتخاب تامین کننده مناسب) بر ابعاد تصمیم بوده و به عبارتی اهمیت ابعاد را نشان می‌دهد. w_{32} برداری است که تأثیر ابعاد را بر هر یک از معیارهای تصمیم نشان می‌دهد. به همین ترتیب w_{22} و w_{33} به ترتیب نشان دهنده روابط داخلی میان ابعاد و معیارهای تصمیم است و w_{43} نشان دهنده تأثیر معیارها بر گزینه‌های انتخاب تامین کننده است. شکل (۹) نشاندهنده سوپر ماتریس حل مساله است.

$$\begin{array}{c} \\ G \\ C \\ I \\ A \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} G & C & I & A \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & w_{33} & 0 \\ 0 & 0 & w_{43} & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

شکل ۹. سوپر ماتریس مسأله انتخاب بهترین گزینه

مرحله پنجم: انتخاب بهترین گزینه ها

برای انتخاب بهترین گزینه، در این پژوهش از نرم افزارهای اکسل و متلب استفاده شده است. در این مرحله وزن‌های حاصل شده از تکنیک‌های دیمتل وآنالیز توسعه وارد سوپر ماتریس ناموزون (سوپرماتریسی که وزن متغیرها لحاظ نگردیده است) شده، سپس سوپرماتریس ناموزون اولیه به سوپرماتریس موزون تبدیل می‌گردد. پس از تعدیل وزن ها در سوپرماتریس موزون، این سوپرماتریس آنقدر به توان می‌رسد که ماتریس به ثبات رسیده یا به اصطلاح همگرا گردد، و سوپر ماتریس محدود تشکیل می‌گردد.در این پژوهش ماتریس در توان ۲۱ همگرا شده است با توجه به کوچک بودن اعداد تنها

وزن معیارها در جدول (۱۳) آورده اشده است. نتیجه نهایی رتبه بندی انتخاب تامین کننده در جدول (۱۳) نمایش داده شده است.

جدول۱۳. اولیت بندی نهایی تامین‌کنندگان شرکت

ترتیب اولویت	A	D	C	B
شرکت	شرکت آرا صنعت آسیا	شرکت آلیاژ کاران	شرکت برازش صنعت	شرکت علم و صنعت کیان
وزن	۰,۵۹۹۹۷۷۵۹	۰,۱۵۶۹۳۰٤۲۲	۰,۱۳۳۰۲۷۷۳۲	۰,۱۰۹۹۵۳٦۳

۵. بحث و نتیجه‌گیری

اهدافی که در این پژوهش دنبال شده است شامل موارد زیر می‌شود:

۱. شناسایی معیارها و شاخص‌های اثرگذار در زنجیره تامین پایدار

۲. شناسایی معیارهای اصلی انتخاب تامین کننده مبتنی بر زنجیره تامین پایدار در صنعت قطعه‌سازی

۳. انتخاب تامین کننده در شرکت مورد مطالعه با استفاده از تکنیک‌های تصمیم گیری چند شاخصه فازی

پایداری به موضوعی قابل تامل در زنجیره تامین مبدل شده است و در این بین انتخاب تامین کننده مناسب امری لازم و حیاتی برای بقای شرکت ها است. در پژوهش حاضر پس از بررسی و مرور ادبیات تحقیق، به شناسایی عوامل موثر بر انتخاب تامین کننده مناسب در زنجیره تامین در صنعت قطعه سازی پرداخته شده است. به منظور شناسایی این عوامل، با مطالعه و مراجعه به پژوهش‌های صورت گرفته در داخل و خارج از کشور، از خبرگان این صنعت خواسته شد نظر خود را در مورد عوامل موجود اعلام نمایند. در مدل طراحی شده در مجموع ۱۵ زیرمعیار در قالب ۳ معیار اصلی تحت عناوین اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی شناسایی گردید. در مرحله تحلیل با تکنیک دیمتل فازی از بین معیارها اصلی معیار زیست محیطی به عنوان اثرپذیرترین معیار شناخته شد و همانطور که پیش بینی می‌شد معیار اقتصادی با بیشترین مقدار

D+R به عنوان اثرگذارترین معیار انتخاب شد. زیر معیار قیمت پیشنهادی در بعد اقتصادی به عنوان اثرگذارترین زیر معیار انتخاب شده است و به همین ترتیب در دو بعد دیگر زیست محیطی و اجتماعی اثرپذیرترین زیرمعیارها به ترتیب عبارتند از: آلودگی ایجاد شده و رعایت تنوع جنسیت.

از آنجایی که هدف نهایی از این پژوهش انتخاب تامین کننده مناسب در زنجیره تامین پایدار صنعت قطعه سازی است پس در این مرحله با ترکیب دو تکنیک دیمتل فازی و ANP فازی، اولویت بندی تامین کنندگان با استفاده از این معیارها و زیر معیارها صورت گرفت. در نهایت شرکت آرا صنعت آسیا با دارا بودن بیشترین وزن در رتبه اول و شرکت شرکت آلیاژ کاران با کمترین وزن در اولویت آخر قرار گرفت.

منابع

- Al-Odeh, m., & Smallwood, J. (2012). Sustainable Supply Chain Management: Literature Review, Trends , and Framework , vol. 15 Issue 1,2230-7893. IJCEM International journal of omputational Engineering & Management, 15(1.2230-7893).
- Ashrafi, M. & Chaharsooghi, S. (2011). Criteria for sustainable supplier selection. 2nd international and 4th National Logistics and Supply Chain Conference (pp. 1-17). . 22,23 Nov. Tehran, Iran Logistics. (in Persian)
- Bai, C., & Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability in to supplier selection with grey system and rough set methodologies Int. *J. Production Economics*. 252-264.
- Büyüközkan, G. &. (2011). Designing a sustainable supply chain using an integrated analytic network process and goal programming approach in quality function deployment. *Expert Systems with Applications* , 38, 13731–13748.
- Carter, C., & Easton, P. (2011). Sustainable Supply Chain Management: Evolution and Future Direction. *International Journal of Physical Distribution & Logistic Management* , 46-62.
- Carter, C., & Rogers, D. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5):360-387.
- Cetinkaya, B., Cuthbertson, R., Ewer, G., klaasWissing, T., Piotrowicz, W., & Tyssen, C. (2011). Sustainable Supply Chain Management: Practical Ideas for Moving towards Best Practice. *Springer-verlag Berlin Heidelberg*.
- Corbett, C. R. (2007). Extending the horizons: environmental excellence as key to improving operations Manufacturing and Service Operations Management . 5-22.
- Daroonparvar, D., Daroonparvar, M., peyman dar, M. & Tohidi, N. (2009). Performance assessment of iron manufacturer industries based on the criteria affecting its sustainable development with hierarchical decision-making method in fuzzy environment. *Scientific Journal of Managemen*t, 6 (Special Issue), 5-28. (in Persian)
- Elkington, J. (1998). Cannibals with Forks: The Triple BottomLine of the 21st Century. *New Society Publishers, Stoney Creek, CT*.
- Erol, I., Sencer, S., & Sari, R. (2011). A new fuzzy multi-criteria framework for measuring sustainability performance of a supply chain. *Ecological Economics*, 70 , 1088–1100.
- Gabus, A., & Fontela, E. (1973). *Perceptions of the World Problematique: Communication Procedure, Communicating With Those Bearing Collective*

Responsibility,DEMATEL Report. Battelle Geneva Research Centre, Geneva, Switzerland.

- Gauthier, C. (2005). Measuring Corporate Social and Environmental Performance: The Extended Life-Cycle Assessment. *Journal of Business Ethics*, 199-206.
- Gidding, B., Hopwood, B., & O'Brien, G. (2002). Environment Economy and Society. Fitting Them Together into Sustainable Development. *wiley Inter-Science, 10*, 187-196.
- Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner Production*, 345-354.
- GRI. (2013). *Sustainability reporting guidelines.* Available at: http://www.globalreporting.org ReportsDatabase.
- Hervani, A., & Helms, M. (2005). Performance measurment for green supply chain management. *Benchmarking: An international journal, 12*(4), 330-353.
- Hervani, A., Helms, M., & Saikis, J. (2005). Performance measurement for green supply chain management. Benchmarking: Vol 12 No.4, pp. *An International Journal, 12*, 330-53.
- Hsu, C.-W. e. (2011). Using the FDM and ANP to construct a sustainability balanced scorecard for the semiconductor industry. *Expert Systems with Applications*, 38.12891–12899.
- Hussain, m. (2011). Modeling The Enablers And Alternativrs For Sustainable Supply Chain Management . Concordia University, A Thesis for the Degree Master of Applied Science(Quality Systems Engineering). The Department of Concordia Institute for In.
- Kuo, R., & Wang, Y. T. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, 18, 1161-1170.
- Labuschagne, C., Brent, A. C., & & Claasen, S. (2005). Environmental and social impact considerations for sustainable project life cycle management in the process industery. *Corporate Social-Responsibility and Enviromental Management*, 12(1),38-54.
- Lin, C., & Wu, W. (2008). A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment . *Expert Systems*
- *Ling- ZhongLina, Tsuen- Ho Hsub. (2009), Designing a model of FANP in brand image decision-making, Appl. Soft Comput. J. with Applications*, 34(1): 205-213.

- Liu, s., kasturiratne, d., & Mozier, j. (2012). Ahub and spoke nodek for multi dimensional integration of green marketing and sustainable supply chain management. *industrial marketing management*, 41,581-588.
- Lozano, R., & Huisingh, D. (2011). Inter-linking issues and dimensions in sustainability reporting. *Journal of Cleaner Production*, *19*(2&3), 99 -107.
- Özdemir, E. D. (2011). Aconfission oftongues orthe artofaggegating indicators—Reflections on four projective methodologies on sustainability measurement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15.2385–2395.
- Pedersen, A. (2009). A More Sustainable Global Supply Chain. *Supply Chain Management Review HITPERLINRI, 13*(7), 6.
- Phillis, Y. A., & Andriantiatsaholiniaina, L. A. (2001). Sustainability: an illdefined concept and its assessment using fuzzy logic. *Ecological Economics*, 37.435–456.
- Seuring, s., & Muller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710.
- Shirvastava. (1995). Economic management for a risk society. *Academy of management reviwe*, 20,118-37.
- Sikdar, S. (2003). Sustainable development and sustainability metrics. *AIChE Journal*, 49(8):1928-*1932.*
- Teuteberg, F., & Wittstruck, D. (2010). *Asystem review of sustainable supply chain management research* . accounting and information systems.
- T.L. Saaty. (2006). *Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierar chy/network rocesses*, Eur. J. Oper. Res. 168 .557–570
- T.L. Saaty. (1996). *The Analytic Network Process, RWS Publications, Expert Choice, Inc.*
- *Yakovleva, N., Sarkis, J. & Sloan, T. (2011). Sustainable benchmarking of supply chains: the case of the food industry. International Journal of Production Research, 5*(50): 1297-1317.
- Zailani, S., Jeyaraman, K., Vengadasan, G., & Premkumer, P. (2012). Sustainable supply chain management (SSCM) in Malaysia: A survey. *International Journal of Production Economics*. doi: doi: 10.1016/j.ijpe.2012.02.008.
- Zhang, Z. H. (2011). Designing Sustainable Supply Chain Networks, A Thesis for the Degree in Master of Applied Science (Quality System Engineering, Department of Concordia Institute for information systems engineering.

– Zhou, z., Cheng, s., & Hua, b. (2000). Supply chain optimization of continuous process industries with sustainability consideration. *Computers adna Chemical Engineering*, 24,1151-1158.