فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال پانزدهم، شماره ۴۶، پاییز ۹۶
صفحات ۲۶-۱

نگاشت مدل تولید پایدار با رویکرد مدل سازی ساختاری تفسیری و دیمتل فازی

عادل آذر*، علی رجب زاده قطری، عطیه اخوان*****

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۷

چکیده

اندازه‌گیری شاخص‌های تولید پایدار به علت دستورات دولت و افزایش آگاهی افراد برای حفاظت از محیط زیست و کاهش ضایعات، در حال تبدیل شدن به یک فعالیت مهم زیست محیطی است. شاخص‌های تولید پایدار می‌تواند برای ارزیابی اثر فعالیت‌های مختلف مدیریت و تولید استفاده شود و در نتیجه یک سازوکار مناسب برای نظارت بر عملکرد تولید پایدار به منظور حرکت به سمت پایداری شرکت فراهم کند.هدف از انجام این پژوهش، ارتقاء سطح پایداری در پالایشگاه نفت اصفهان از طریق شناسایی شاخص‌های تولید پایدار و تعیین روابط میان این شاخص‌ها به منظور تدوین مدل تولید پایدار و همچنین تعیین شدت اثر شاخص‌ها بر یکدیگر میباشد.بدین منظور با استفاده از مرور گسترده ادبیات موضوعو همچنین نظرات خبرگان، ۱۲ شاخص تولید پایدار در پالایشگاه شناسایی شدند. سپس با استفاده از تکنیک مدل سازی ساختاری تفسیری روابط میان این شاخص‌ها و اثرگذار یا اثرپذیر بودن آنها تعیین گردید. به منظور تعیین شدت این روابط از تکنیک دیمتل فازی بهره گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که انجام نظارت وکنترل، استفاده از منابع با بهره وری بالا، استفاده از فن آوری با بهره وری بالا، بهینه سازی برنامه تولید برای بهبود بهره‌وری شاخص‌های اساسی دستیابیبه تولید پایدار در پالایشگاهمی باشند.

واژگان کلیدی: پایداری، تولید پایدار، مدل سازی ساختاری تفسیری، تکنیک دیمتل فازی

Archive of SID

* استاد دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول) azara@modares.ac.ir
** دانشیار دانشگاه تربیت مدرس
*** کارشناس ارشد مدیریت صنعتی

www.SID.ir

مقدمه

امروزه سازمان‌ها و شرکت‌های دولتی و غیردولتی به دلایلی از جمله فشارهای سازمان‌های بالادستی دولتی فشارهای گروه‌های ذینفع در جامعه، الزامات استاندارد های فنی، الزام معیارهای مناسب جهت حضور در عرصه پروژه های بین المللی و ملی و آگاهی بیشتر افراد جامعه، باید علاوه بر معیارهای اقتصادی همچون کسب سود و کاهش هزینه، به کاهش اثرات زیست محیطی و افزایش رفاه و توسعه اجتماعی توجه نمایند.یکی از چالش‌های پیش روی صنایع، متعادل کردن پیشرفت اقتصادی و اجتماعی با حفظ محیط زیست میباشد. در حالی که صنایع اهمیت توسعه پایدار را درک کرده‌اند ممکن است لزوماً چگونگی عملیاتی کردن این مفهوم را درک نکرده باشند (سنگ و همکاران،۲۰۰۹). برای صنایع ترکیب جنبه‌های زیست محیطی در فرایند تولید و طراحی محصول برای جلوگیری از بهره برداری از منابع ناپایدار و تأثیرات زیست محیطی نامطلوب، بسیار مهم است. طرح‌هایی همچون محیط زیست صنعتی، طراحی و تولید پاک یکی از نتایج تحقق چنین درکی است(هروا و همکاران، ۲۰۱۱)

اندازه گیری شاخص‌های تولید پایدار به علت دستورات دولت و افزایش آگاهی در بین افراد برای حفاظت از محیط زیست و کاهش ضایعات، در حال تبدیل شدن به یک فعالیت مهم زیست محیطی است. رانگاناتان به وضوح اشاره کرد که بدون هیچگونه توافق بر سر اصول اندازه گیری شاخص‌های تولید پایدار، مدیریت غرق در ابهام، تناقض و اطلاعات ناقص و غیر قابل مقایسه خواهد شد. از این رو تعیین این شاخص‌های برای حرکت به سوی تولید پایدار ضرورت دارد(رانگاناتان،۱۹۹۸). ادبیات تحقیق در رابطه با شاخصهای تأثیرگذار بر پیاده سازی تولید پایدار همچنان محدود است. در نتیجه، این تحقیق به صورت ویژه بر شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار بر تولید پایدار و بررسی تعاملات میان آنها تأکید دارد. با توجه به سهم عمده صنعت نفت در اقتصاد کشور و اثرات قابل توجه آن بر محیط زیست و خطرات اجتماعی وشغلی که دارد، از این رو شناسایی شاخص‌های دستیابی به تولید پایدار در این صنعت ضرورت می‌یابد. هدف از انجام این تحقیق، ارتقاء سطح پایداری در پالایشگاه نفت اصفهان از طریق شناسایی شاخص‌های تولید پایدار و تعیین اثر این عوامل بر یکدیگر می‌باشد

Archive of SID

www.SID.ir

که نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند به کلیه پالایشگاه های کشور تعمیم داده شود و کمک شایانی به مدیران در راستای اجرایی کردن هر چه مؤثر تر تولید پایدار نماید.

ادبیات تحقیق

مفهوم تولید پایدار در کنفرانس ملل متحد درباره محیط زیست و توسعه در سال ۱۹۹۲ پدید آمده و مرتبط با مفهوم توسعه پایدار است. کنفرانس به این نتیجه رسید که علت اصلی زوال محیط زیست جهانی به ویژه در کشورهای صنعتی، الگوی ناپایدار تولید و مصرف است. تولید پایدار را می‌توان به عنوان(۱) ایجاد کالاها و خدمات با استفاده از فرایندها و سیستم های غیر آلوده، (۲) حفاظت از انرژی و منابع طبیعی، (۳) انجام عملیات اقتصادی و ماندگار، (۴) نگهداری محیط ایمن وسالم برای کارکنان، جوامع و مصرف کنندگان، (۵) پاداش خلاقانه و اجتماعی برای کارکنان تعریف کرد(مرکز لاول برای تولید پایدار، ۱۹۹۸). این تعریف سازگار با مفهوم رایج توسعه پایداراست، زیرا بر جنبه های زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی فعالیت‌های شرکت‌ها تأکید دارد (سنگ و لین ،۲۰۰۸).معیارهای اولیه‌ای که برای ارزیابی شاخص‌های تولید پایدار استفاده می‌شود معیارهای تعاملی بودند که در مطالعات قبلی در نظر گرفته شده‌اند(مرکز لاول برای تولید پایدار، ۱۹۹۸): ۱. تأثیر مواد و انرژی بر محیط زیست طبیعی ۲. عملکرد اقتصادی ۳. توسعه اجتماع یا عدالت اجتماعی ۴. بهداشت و ایمنی محیط زیست ۵. محصولات سبز. علاوه بر آن، ولوا و الن بکر، مجموعه ای از شاخص‌های تولید پایدار را در شش بعد برای ارتقای پایداری کسب و کار و همچنین بالا بردن آگاهی شرکت‌ها و اندازه‌گیری پیشرفتشان به سمت سیستم‌های تولید پایدار ارائه کردند: انرژی و مواد مورد استفاده، تأثیر بر محیط زیست طبیعی، عملکرد اقتصادی، توسعه اجتماعی و عدالت اجتماعی، کارگران و محصولات، در مراحل چندگانه ارزیابی چرخه عمر محصول.آنها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های تولید پایدار یک شرکت بر اساس معیارهای متعدد کمی و کیفی هستند(ولوا و الن بکر، ۲۰۰۱). شاخص‌های مربوط به عملکرد اقتصادی در مطالعات گذشته از جمله؛ کاهش هزینه های رعایت ایمنی و بهداشت محیط، حذف

Archive of SID

www.SID.ir

شکایات مشتریان و بازگشت ها، کاهش تعداد تأمین کننده مواد خام یا ارزیابی چرخه عمر بسته بندی می‌باشند. علاوه بر آن، درصد تأمین‌کنندگان از مناطق محلی، درصدی از مصرف محصولات به صورت محلی، افزایش فرصت شغلی برای جوامع محلی معیارهای لازم برای توسعه جامعه و عدالت اجتماعی هستند(مرکز لاول برای تولید پایدار، ۱۹۹۸). جنبه ایمنی و بهداشت محیط زیست نشان دهنده توانایی یک شرکت برای فراهم کردن یک محیط ایمن برای کارگران است. این جنبه متشکل از چندین شاخص است، از جمله؛ به صفر رساندن روزهای کاری از دست رفته به علت صدمات ناشی از کار و بیماری، افزایش نرخ کارکنان در زمینه بهبود کیفیت، عملکرد ایمنی و بهداشت زیست محیطی و اجتماعی، ارتقاء آموزش کارکنان در زمینه دانش سبز، افزایش رفاه و رضایت شغلی کارکنان(ولوا و همکاران ،۲۰۰۱).جنبه محصول سبز، نشانگر ارتقا و فروش محصولات سبز بر اساس درک تقاضای مشتری است. این جنبه از این حقیقت که محصولات سبز می‌توانند جدا سازی شوند، مورد استفاده مجدد قرار گیرند و یا بازیافت شوند، در آنها از بسته بندی صد درصد زیست تخریب پذیر استفاده شود، و درصدی از محصولات با سیاست بازگشت به محیط تولید شود، تأثیر می‌پذیرد(فارل و هارت،۱۹۹۸؛ ولوا و همکاران، ۲۰۰۱؛ ولوا و الن بکر، ۲۰۰۱).

شرکت‌ها باید به استفاده از شاخص‌های زیست محیطی، بهداشت و ایمنی و اجتماعی اقدام نمایند. مطالعات گذشته ساختارهای ارزشمندی را بر اساس برخی شاخص‌ها پیشنهاد کرده‌اند. برای مثال سازمانی که برای کاهش استفاده از آب شیرین، کاهش استفاده از مواد، کاهش استفاده از انرژی، افزایش استفاده از منابع تجدید پذیر، کاهش مقدار ضایعاتی که قبل از بازیافت تولید می‌شود، کاهش انتشار گاز گلخانه ای، کاهش مقدار زباله خطرناکی که تولید می‌شود، کاهش زباله ای که توسط خدمات قرارداد شده برای تهیه مواد تولید می‌شود سرمایه گذاری می‌کند (سو وهمکاران،۲۰۰۷؛ سنگ و همکاران،a۲۰۰۹؛ سنگ و چو،۲۰۱۳؛ لین و همکاران،۲۰۱۰؛ سنگ، ۲۰۱۰).تورس و همکاران در تحقیق خود هفت تا از مهمترین الزامات زیست محیطی و جنبه های اقتصادی را برای عمل پایدار به شرح زیر تعیین کردند: کاهش ضایعات وانتشار گاز گلخانه ای؛ کاهش در کثرت انرژی محصولات وخدمات؛ استفاده از

Archive of SID

www.SID.ir

منابع انرژی پایدار وتجدیدپذیر؛ حداکثر استفاده و استفاده مجدد از مواد و مؤلفه‌های بازیافتی؛ اندازه‌گیری و ارزیابی اثر کسب و کار بر اکوسیستم؛ اقدامات استاندارد برای ارزیابی عملکرد پایداری؛ نفوذ آگاهی زیست محیطی در فرهنگ سازمانی(رومینگر، تورس، الکساندر،۲۰۱۱)

دسپیس[1]و همکاراندر تحقیق خود با تجزیه وتحلیل مطالعات موردی و تعامل با صنعت، تاکتیک‌های تولید پایدار را برای هدایت تولیدکنندگان به سمت شناسایی فرصت های بهبود و توسعه، در ۵ گروه تاکتیک های پیشگیری، کاهش ضایعات، کاهش استفاده از منابع، استفاده مجدد(زباله به عنوان یک منبع)،تعویض(منابع و یا فن آوریجدید) ارائه کردند(دسپیس و همکاران، ۲۰۱۲)

تی سنگدر تحقیق خود ۲۱ شاخص تولید پایدار را با نظر خواهی از دانشگاهیان ومتخصصان وابسته به شرکت‌های(PCB (Printed Circuit Board پیشنهاد داده و با استفاده از روش مدل سازی ساختاری تفسیری و تئوری مجموعه فازی در یک ساختار سلسله مراتبی طبقه بندی نموده است. در این مطالعه از میان شاخص‌های تولید پایدار ارائه شده، ۵ شاخص کاهش مصرف مواد خطرناک، کاهش مقدار زباله خطرناک تولید شده، افزایش رفاه و رضایت شغلی کارمند، طراحی همه محصولات سبز به طور جداگانه، استفاده مجدد یا بازیافت، و استفاده از بسته بندی صد درصد زیست تخریب پذیر، با قدرت نفوذ و وابستگی بالا ارزیابی شدند(سنگ، ۲۰۱۳)

با استفاده از مرور ادبیات تحقیق، مطالعه استانداردهای مختلف مرتبط با بحث توسعه پایدار از جمله مطالعه استانداردهای زیست محیطی ایزو ۱۴۰۰۱، ایزو ۵۰۰۱، OHSAS18001، ایزو ۲۶۰۰۰(مسئولیت اجتماعی)، استانداردSA8000، استاندارد مدیریت ذی نفعان، مدل بنیاد کیفیت اروپایی[2]، جایزه کیفیت بالدریج[3]، شاخص پایداری داوجونز[4] و مقالات منتشر شده در

1-Despeisse

2- European Foundation For Quality Management (EFQM)

3- Malcolm Baldrige National Quality Award (MBNQA)

4- Dow Jones Sustainability Index

Archive of SID

www.SID.ir

مجلات معتبر دنیا، همچنین مصاحبه با دانشگاهیان در مجموع ۳۰ شاخص مرتبط با تولید پایدار شناسایی و فهرست شدند. سپس به منظور تأئید و انتخاب شاخص‌های دستیابی به تولید پایدار در پالایشگاه نفت اصفهاناز میان شاخص ها، ۱۲ شاخص توسط خبرگان برای دستیابی به تولید پایدار تأئید شدند. برای این کاراز روش مد نظرات استفاده شد؛

۱.مصرف آب شیرین ۲.مصرف مواد خطرناک ۳.مصرف انرژی ۴.بازیافت ضایعات۵.انجام نظارت وکنترل۶.استفاده از منابع با بهره وری بالا ۷. استفاده از منابع با بهره وری بالا ۸.استفاده از فن آوری با بهره وری بالا ۹. انتشار گاز گلخانه‌ای ۱۰. هزینه های رعایت ایمنی و بهداشت محیط ۱۱.نفوذ آگاهی زیست محیطی در فرهنگ سازمانی ۱۲.رفاه و رضایت شغلی کارمند.

روش شناسی تحقیق

مدل سازی ساختاری تفسیری

روش مدل سازی ساختاری تفسیری[1] (ISM)که توسط وارفیلد مطرح شد(وارفیلد ، ۱۹۷۴) یک فرایند یادگیری تعاملی است که در آن مجموعه ای از عناصر متفاوت در قالب یک مدل سیستماتیک جامع ساختاردهی می‌شوند. به عبارت دیگر، با استفاده از این رویکرد می‌توان روابط میان متغیرها را شناسایی نمود و مدل ساختاری تفسیری از این عامل ها را ارائه داد و در نهایت متغیرها را بر اساس قدرت نفوذ و میزان وابستگی طبقه بندی نمود (آذر ، خسروانی و جلالی ،۱۳۹۲،۲۵۹). رویکرد ISM افراد و گروه ها را قادر می‌سازد که روابط پیچیده بین تعداد زیادی از عناصر را در یک موقعیت پیچیده تصمیم ترسیم کنند و به عنوان ابزاری برای نظم بخشیدن و جهت دادن به پیچیدگی روابط بین متغیرها عمل می‌کند. در این روش با تحلیل تأثیر یک عنصر بر دیگر عناصر، ترتیب و جهت روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم بررسی و بدین وسیله بر پیچیدگی بین عناصر غلبه می‌شود (همان منبع،۲۵۸).

ازISM در تحقیقات متعددی استفاده شده است که برخی از آنها در جدول ۱ آمده است:

1-Interpretive Structural Modeling

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: کاربرد های ISMدر تحقیقات پیشین

رویکرد	هدف اصلی	منبع
ISM	تعیین سلسله مراتب اقدامات مورد نیاز برای دستیابی به اهداف آینده مدیریت ضایعات در هند	(شارما و گوپتا،۱۹۹۵)
ISM	تجزیه و تحلیل روابط میان موانع اجرای لجستیک معکوس	(راوی و شانکار،۲۰۰۵)
ISM & Fuzzy TOPSIS	اتتخاب تأمین کننده لجستیک معکوس	(کانان و همکاران،۲۰۰۹)
ISM	تحلیل روابط میان محرک های تأثیر گذار بر اجرای مدیریت زنجیره تأمین سبز	(دیابت و گاویندان،۲۰۱۱)
نظریه مجموعه های فازی وISM	مدل سازی شاخص های تولید پایدار با استفاده از ترجیحات زبانی و رویکرد های مجموعه فازی وISM	(تی سنگ، ۲۰۱۳)
ISM	شناسایی توانمندسازهای مؤثر برای اجرای مدیریت زنجیره تأمین پایدار در صنایع نساجی هند	(دیابت و همکاران، ۲۰۱۴)

برای اجرای تکنیکISM، به دست آوردن روابط و اولویت های عناصر در یک سیستم باید فرایند زیر طی شود:

۱-شناسایی متغیر های مرتبط با مسأله

در اینجا ۱۲ شاخص تولید پایدار مربوط به پالایشگاه با نظر خواهی از ده تن از خبرگاناز طریق پرسشنامه شناسایی شدند.

۲-تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری [1](SSIM)

در این مرحله متغیرهای مسئله به صورت دو به دو زوجی با هم بررسی می‌شوند و پاسخ دهنده با استفاده از نمادهای زیر به تعیین روابط بین متغیرها می‌پردازد.

V: متغیر i به تحقق متغیر j کمک می‌کند.

1-Structural Self-Interaction Matrix

Archive of SID

www.SID.ir

A: متغیر j به تحقق متغیر i کمک می‌کند.

X: متغیر i و j هر دو به تحقق هم کمک می‌کنند.

O: متغیر i و j با هم ارتباط ندارند.

به این منظور نخست پرسشنامه ای طراحی شد که کلیت آن همانند جدول ۲ می‌باشد، به این صورت که ۱۲ شاخص انتخاب شده در سطر و ستون جدول آورده شد و از پاسخ دهنده خواسته شد که با استفاده از نمادهای مذکور نوع ارتباطات دو به دوی شاخص‌ها را مشخص کند. این پرسشنامه در اختیار خبرگان قرار گرفت. سپس برای خانه‌هایی که در پرسشنامه‌ها اختلاف نظر وجود داشت با آنها مصاحبه شد. در نهایت روابطی به دست آمد که در جدول ۲ می‌توان مشاهده کرد.

جدول ۲: ماتریس خود تعاملی ساختاری

	شاخص ها	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱	مصرف آب شیرین	O	A	X	O	A	A	A	A	A	O	O	-
۲	مصرف مواد خطرناک	V	A	X	V	A	A	A	A	A	O	-	
۳	مصرف انرژی	O	A	O	V	A	A	A	A	A	-		
۴	بازیافت ضایعات	O	A	X	O	A	A	A	A	-			
۵	بهینه سازی برنامه تولید برای بهبود بهره وری	O	O	O	O	A	A	A	-				
۶	انجام نظارت و کنترل	V	O	V	O	O	O	-					
۷	استفاده از منابع با بهره وری بالا	O	O	V	V	O	-						
۸	استفاده از فن آوری با بهره وری بالا	V	O	V	V	-							
۹	انتشار گاز گلخانه ای	V	O	X	-								
۱۰	هزینه های رعایت ایمنی و بهداشت محیط	V	X	-									
۱۱	نفوذ آگاهی زیست محیطی در فرهنگ سازمانی	V	-										
۱۲	رفاه و رضایت شغلی کارمند	-											

Archive of SID

www.SID.ir

۳- ایجاد ماتریس دسترسی[1] اولیه:

از طریق تبدیل نمادهای O,X,V,Aبه صفر و یک برای هر متغیر، ماتریس خود تعاملی ساختاری به یک ماتریس دودویی تبدیل شده که به اصطلاح ماتریس دسترسی اولیه خواند می‌شود. قوانین تبدیل این نماد ها به شرح زیر است:

- چنانچه ورودی (i,j)، محل تلاقی سطر i و ستون j در ماتریس خود تعاملی V باشد، در ورودی (i,j) در ماتریس دسترسی ۱ و در ورودی (j,i)، صفر قرار داده می‌شود.
- در صورتی که ورودی (i,j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری A باشد، در ورودی (i,j) در ماتریس دسترسی صفر و در ورودی (j,i)، یک قرار داده می‌شود.
- در صورتی که ورودی (i,j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری X باشد، در ورودی (i,j) در ماتریس دسترسی یک و در ورودی (j,i)،یک قرار داده می‌شود.
- در صورتی که ورودی (i,j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری O باشد، در ورودی (i,j) در ماتریس دسترسی صفر و در ورودی (j,i)، صفر قرار داده می‌شود.

در صورتی که i=j باشد در ورودی ماتریس دسترسی یک قرار داده می‌شود. (آذر،خسروانی و جلالی ، ۱۳۹۲،۲۶۰)

1-Reaching Matrix

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳: ماتریس دسترسی اولیه

متغیر ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۲	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱
۳	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۴	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۵	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱
۷	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰
۸	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱
۱۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱
۱۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

٤- ایجاد ماتریس دسترسی نهایی

پس از آنکه ماتریس دسترسی اولیه بدست آمد، با وارد نمودن انتقال پذیری در روابط متغیرها، ماتریس دسترسی نهایی به دست می‌آید. این یک ماتریس مربعی است که هر یک از درایه های r_{ij}آن هنگامی که عنصر r_i به عنصر r_j با هر طولی دسترسی داشته باشد برابر با ۱ است و در غیر این صورت برابر با صفر است. روش به دست آوردن ماتریس دسترسی با استفاده از نظریه اویلر[1] است که در آن ماتریس مجاورت را به ماتریس واحد اضافه می‌کنیم و سپس این ماتریس را در صورت تغییر نکردن درایه های ماتریس به توان n می‌رسانیم.

فرمول زیر روش تعیین ماتریس دسترسی را با استفاده از ماتریس مجاورت نشان می‌دهد:

مرحله اول: A+I مرحله دوم: $M = (A + I)^n$

ماتریس A ماتریس دسترسی اولیه، I ماتریس همانی و M ماتریس دسترسی نهایی است.عملیات به توان رساندن ماتریس باید طبق قاعده بولین[2] باشد که براین اساس داریم:

1-Euler, L
2- Bolin Rule

Archive of SID

www.SID.ir

$1+1=1$ و $1\times 1=1$

نتیجه را می‌توان در جدول ۴ مشاهده کرد. در این شکل اعدادی که علامت * گرفته اند، نشان می‌دهند که در ماتریس دسترسی اولیه صفر بوده و پس از سازگاری عدد۱ گرفته اند.

جدول ۴: ماتریس دسترسی نهایی

متغیر ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۱	۱*	۱*	۱*	۰	۰	۰	۰	۱*	۱	۱*	۱*
۲	۱*	۱	۱*	۱*	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱*	۱
۳	۱*	۱*	۱	۱*	۰	۰	۰	۰	۱	۱*	۱*	۱*
۴	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱*	۱	۱*	۱*
۵	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱*	۱*	۱*	۱*
۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱*	۱	۱*	۱
۷	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱*	۱*
۸	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱*	۱
۹	۱*	۱*	۱*	۱*	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱*	۱
۱۰	۱	۱	۱*	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱
۱۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱*	۱	۱	۱
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

۵- بخش بندی سطح

در این گام، ماتریس دسترسی به سطوح مختلف دسته بندی می‌شود. با استفاده از ماتریس‌های دسترسی نهایی، مجموعه خروجی و ورودی برای هر متغیر به دست می‌آید.

مجموعه خروجی یک متغیر: شامل اجزایی از سیستم است که از آن نشأت می‌گیرد. برای تعیین مجموعه متأخر مربوط به هر جزءبایدسطر مربوط به آن را بررسی کرد. تعداد "۱" های این سطر نشان دهنده خطوط جهت داری است که از آن جزء خارج می‌شود

مجموعه ورودی یک متغیر: شامل اجزایی از سیستم است که به آن جزء منتهی می‌شود. برای تعیین مجموعه متقدم هر جزء ستون مربوط به آن بررسی می‌شود. تعداد "۱" های این ستون، نشان دهنده خطوط جهت داری است که به آن جزء وارد می‌شود. سپس اشتراک این

Archive of SID

www.SID.ir

دو مجموعه را بدست می‌آوریم. متغیرهایی که مجموعه خروجی و مشترک آنها کاملاً مشابه باشند، در بالاترین سطح از سلسله مراتب مدل ساختاری تفسیری قرار می‌گیرند. به منظور یافتن اجزای تشکیل دهنده سطح بعدی سیستم اجزای بالاترین سطح آن در محاسبات ریاضی جدول مربوط حذف می‌شود و عملیات مربوط به تعیین اجزای سطح بعدی مانند روش تعیین اجزای بالاترین سطح انجام می‌شود. (آذر،خسروانی و جلالی، ۱۳۹۲،۲۶۱). در تحقیق حاضر طی ۴ تکرار سطوح متغیر ها بدست آمد که به دلیل خلاصه نویسی نتیجه نهایی این سطح بندی در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵: تعیین سطوح متغیرها

متغیر ها	مجموعه ورودی	مجموعه خروجی	مجموعه مشترک	سطح
۱	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	دوم
۲	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	دوم
۳	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	دوم
۴	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	دوم
۵	۵،۶،۷،۸	۵	۵	سوم
۶	۶	۶	۶	چهارم
۷	۷	۷	۷	چهارم
۸	۸	۸	۸	چهارم
۹	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	دوم
۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	دوم
۱۱	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۹،۱۰،۱۱	دوم
۱۲	۱۲	۱۲	۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲	اول

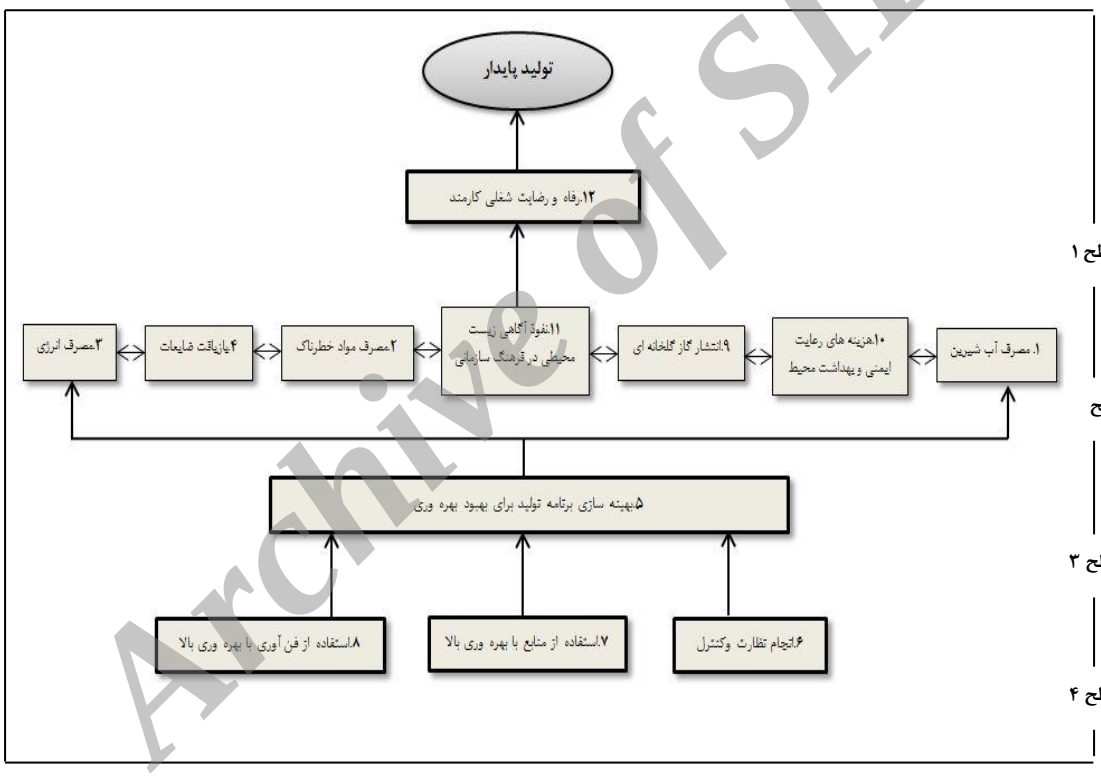
٦-ترسیم مدل

با توجه به سطوح متغیرها و ماتریس دسترسی نهایی مدل ISM ترسیم می‌گردد. به همین منظور ابتدا متغیرها را بر حسب سطح آنها از بالا به پایین تنظیم می‌شوند. در تحقیق حاضر متغیرها در ۴ سطح قرار گرفته اند (شکل ۱). در پایین ترین سطح مدل انجام نظارت و کنترل، استفاده از منابع با بهره وری بالا و استفاده از فن آوری با بهره وری بالا قرار گرفته است که

Archive of SID

www.SID.ir

همانند سنگ زیر بنای مدل عمل می‌کنند و رسیدن به تولید پایدار می‌بایست از این شاخص‌ها شروع شود. در سطح سوم شاخص بهینه سازی برنامه تولید برای بهبود بهره وری قرار دارد که از سه شاخص سطح چهارم تأثیر می‌پذیرد. مصرف آب شیرین، مصرف مواد خطرناک، مصرف انرژی، بازیافت ضایعات، انتشار گاز گلخانه‌ای، هزینه‌های رعایت ایمنی و بهداشت محیط و نفوذ آگاهی زیست محیطی در فرهنگ سازمانیبه صورت مشترک در سطح دوم جای می‌گیرند، که این شاخص ها دارای ارتباط متقابل می‌باشند و بر شاخص رفاه و رضایت شغلی کارمند در بالاترین سطح، تأثیر گذارند.



شکل ۱: مدل ISM تولید پایدار

Archive of SID

www.SID.ir

۷- تجزیه وتحلیل میک ماک(MICMAC)

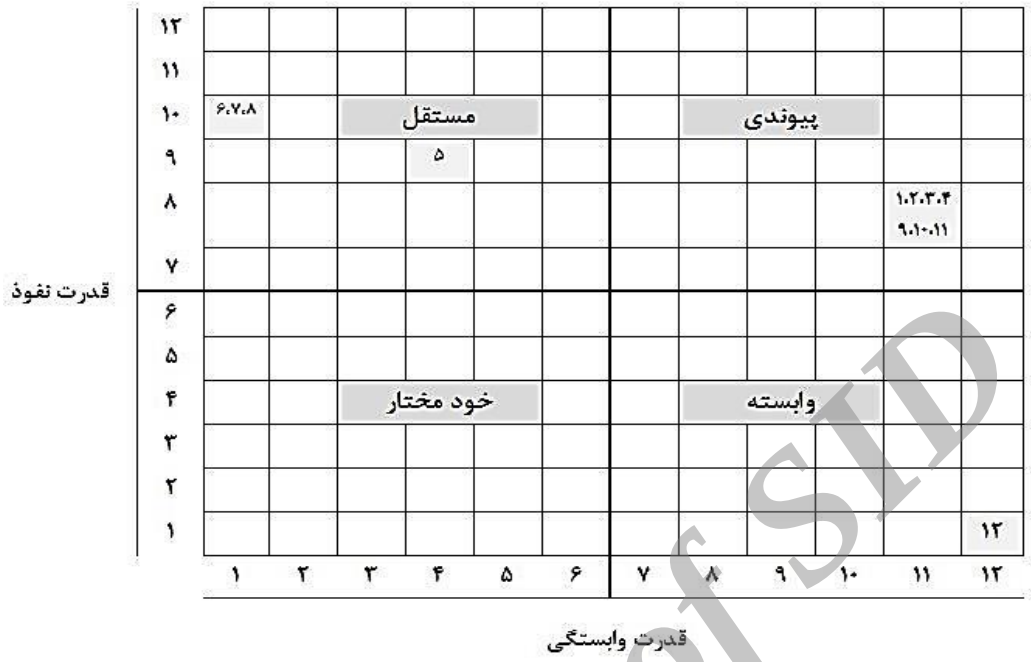
در تجزیه و تحلیل میک ماک شاخص‌ها بر حسب قدرت نفوذ و وابستگی به چهار دسته تقسیم می‌شوند (شکل۲). به منظور محاسبه قدرت نفوذ شاخص‌ها کافی است تعداد ۱ها در هر سطر ماتریس دسترسی نهایی را با هم جمع نماییم. به منظور محاسبه قدرت وابستگی شاخص‌ها نیز باید تعداد ۱ها در هر ستون مربوط به هر شاخص را با یکدیگر جمع کنیم. شاخص‌های خودمختار(ناحیه ۱) شامل شاخص‌هایی با قدرت نفوذ و وابستگی پایین هستند. این شاخص‌ها تا حدودی از سایر شاخص‌ها مجزا هستند و ارتباطات کمی دارند. شاخص‌های وابسته (ناحیه ۲) شامل شاخص‌هایی با قدرت نفوذ پایین و قدرت وابستگی بالا می‌باشد. شاخص رفاه و رضایت شغلی کارمند در این ناحیه قرار گرفته است. شاخص‌های پیوندی (ناحیه ۳) از قدرت نفوذ و وابستگی بالایی برخوردارند. این شاخص‌ها ناپایدارند، در واقع هر گونه تغییر در آنها می‌تواند منجر به تغییر کل سیستم شود. شاخص‌های مصرف آب شیرین، مصرف مواد خطرناک، مصرف انرژی، بازیافت ضایعات، انتشار گاز گلخانه ای، هزینه های رعایت ایمنی و بهداشت محیط و نفوذ آگاهی زیست محیطی در فرهنگ سازمانی در این ناحیه قرار گرفته اند. و در نهایت شاخص‌های مستقل (ناحیه ۴) که دارای قدرت نفوذ بالا و قدرت وابستگی پایین هستند. این دسته همانند سنگ زیر بنای مدل عمل می‌کنند و برای دستیابی به تولید پایدار باید در وهله اول روی آنها تأکید کرد. شاخص‌های بهینه سازی برنامه تولید برای بهبود بهره وری، انجام نظارت وکنترل، استفاده از منابع با بهره وری بالا و استفاده از فن آوری با بهره وری بالا در این ناحیه قرار گرفته اند.

جدول ٦: درجه قدرت نفوذ و وابستگی شاخص ها

متغیرها	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
قدرت نفوذ	۸	۸	۸	۸	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۸	۸	۱
قدرت وابستگی	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۴	۱	۱	۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۲

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲: خوشه بندی شاخص ها به روش تحلیل میک ماک

تکنیک دیمتل فازی

دیمتل یک روش جامع برای ساخت و تجزیه وتحلیل یک مدل ساختاری از روابط سببی میان عوامل پیچیده و متعدد است(لین، ۲۰۰۸). دیمتل از گراف‌ها به منظور دسته بندی کردن عوامل تأثیرگذار به دو گروه استفاده می‌کند: گروه علت و گروه اثر(تسای و همکاران،۲۰۰۸).با توجه به اینکه در استفاده از روش دیمتل از نظر خبرگان استفاده میشود و این نظرات اغلب غیر شفاف و به صورت توصیفات زبانی مطرح می‌شوند، برای یکپارچه نمودن و از حالت مبهم درآوردن آنها، بهتر است که واژگان زبانی خبرگان را به اعداد فازی برگردانیم.روش دیمتل فازی با استفاده از متغیر های زبانی فازی، تصمیم گیری را در شرایط عدم اطمینان محیطی آسان میسازد. این تکنیک در زمینه‌های تولید، مدیریت سازمان، سیستم اطلاعات و علوم اجتماعی کاربرد دارد(کوان و همکاران، ۲۰۱۱).بدین منظور لین و وُو

Archive of SID

www.SID.ir

(۲۰۰۸) مدلی را پیشنهاد کردند که از دیمتل در شرایط فازی استفاده می‌شود، مراحل روش به این شرح است؛ مرحله اول جمع آوری معیارها و یا عوامل مورد نظر برای بررسیکه در این تحقیق همان ۱۲ شاخص تولید پایدار میباشد. مرحله دوم تعریف یک مقیاس زبانی فازی است که در این تحقیق از مقیاس زبانی که در جدول ۷ آمده است، استفاده می‌شود.

جدول ۷: مقیاس های زبانی برای مقایسات زوجی

مقادیر زبانی	واژه های زبانی برای مقایسات زوجی
(۰/۷۵ ،۱ ،۱)	تأثیر خیلی زیاد(VH)
(۰/۷۵ ،۰/۵ ،۱)	تأثیر زیاد(H)
(۰/۵ ،۰/۲۵ ،۰/۷۵)	تأثیر پایین(L)
(۰/۲۵ ،۰ ،۰/۵)	تأثیر خیلی کم(VL)
(۰ ،۰ ،۰/۲۵)	بی تأثیر(NO)

با استفاده از پرسشنامه مقایسات زوجی،از خبرگان تحقیق خواسته شد تا شدت تأثیر روابط مشخص شده در روش مدل سازی ساختاری تفسیری را با واژگان زبانی ذکر شده مشخص نمایند. در مرحله بعد، ماتریس نظرات خبرگان در قالب اعداد فازی را برای هر خبره تشکیل داده و نظرات با استفاده از روش میانگین حسابی تجمیع می‌شود. ماتریس تجمیع نظرات افراد به صورت فازی به دست می‌آید:(جاسبی و همکاران،۲۰۱۰)

$$Z=\begin{bmatrix} o & \tilde{z}_{12} & \dots & \tilde{z}_{1n} \\ \tilde{z}_{21} & o & \cdots & \tilde{z}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1} & \tilde{z}_{n2} & \cdots & o \end{bmatrix}$$

این ماتریس، ماتریس اولیه روابط مستقیم فازی[1] نامیده می‌شود که در آن $\tilde{Z}_{ij}=(l_{ij},m_{ij},u_{ij})$ اعداد فازی مثلثی هستند و(i=1,2,… ,n)، $\tilde{Z}_{ii}$ به عنوان یک عدد فازی مثلثی (0,0,0) مورد نظر قرار می گیرد.

1-Initial direct-relation fuzzy matrix

Archive of SID

www.SID.ir

سپس با نرمال سازی ماتریس اولیه روابط مستقیم فازی، ماتریس روابط مستقیم فازی نرمال شده ($\tilde{X}$) به دست می‌آید:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} o & \tilde{X}_{12} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & o & \cdots & \tilde{X}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{n1} & \tilde{X}_{n2} & \cdots & o \end{bmatrix} \quad , \tilde{X}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r}\right)$$

که در آن r به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

جدول ۸: ماتریس نرمال سازی شده تجمیعی نظرات خبرگان

	I_1			I_2			I_3			I_4			I_5			I_6			I_7			I_8			I_9			I_{10}			I_{11}			I_{12}		
I_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0363	0.0604	0.0856	0	0	0	0	0	0
I_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1301	0.1449	0.137	0	0	0	0.1127	0.1127	0.1301
I_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.137	0	0	0	0	0	0	0	0
I_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0605	0.0805	0.1027	0	0	0	0	0	0
I_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0665	0.0845	0.1062	0	0	0	0.1089	0.1127	0.1233
I_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0726	0.0885	0.1096	0	0	0	0	0	0
I_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0968	0.1046	0.1164	0	0	0	0.0786	0.0926	0.113
I_9	0	0	0	0	0.1328	0.1391	0	0.1489	0.1633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1233	0.1087	0.1028	0	0	0	0	0	0
I_{10}	0.0856	0.0604	0.0363	0.137	0.1449	0.1573	0	0.137	0.1633	0.1027	0.0805	0.0605	0	0	0	0.1062	0.0845	0.0665	0.1096	0.0885	0.0726	0.1164	0.1046	0.0968	0.1233	0.1087	0.1028	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I_{12}	0	0	0	0	0	0.1089	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1089	0	0	0	0	0	0.0786	0.0926	0.113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	I_1			I_2			I_3			I_4			I_5			I_6			I_7			I_8			I_9			I_{10}			I_{11}			I_{12}		
I_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0363	0.0604	0.0856	0	0	0	0	0	0
I_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1301	0.1449	0.137	0	0	0	0.1127	0.1127	0.1301
I_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.137	0	0	0	0	0	0	0	0
I_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0605	0.0805	0.1027	0	0	0	0	0	0
I_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0665	0.0845	0.1062	0	0	0	0.1089	0.1127	0.1233
I_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0726	0.0885	0.1096	0	0	0	0	0	0
I_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0968	0.1046	0.1164	0	0	0	0.0786	0.0926	0.113
I_9	0	0	0	0	0.1328	0.1391	0	0.1489	0.1633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1233	0.1087	0.1028	0	0	0	0	0	0
I_{10}	0.0856	0.0604	0.0363	0.137	0.1449	0.1573	0	0.137	0.1633	0.1027	0.0805	0.0605	0	0	0	0.1062	0.0845	0.0665	0.1096	0.0885	0.0726	0.1164	0.1046	0.0968	0.1233	0.1087	0.1028	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I_{12}	0	0	0	0	0	0.1089	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1089	0	0	0	0	0	0.0786	0.0926	0.113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Archive of SID

www.SID.ir

I_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.127	0.1248	0.1199	0	0	0	0.0726	0.0885	0.1096
I_1	0.0786	0.0926	0.113	0.0968	0.1046	0.1199	0	0	0	0.1512	0.1409	0.137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1573	0.1449	0.137	0	0	0	0.1452	0.1368	0.1301	01694	0.1529	0.137
I_1	0.1452	0.1368	0.137	0.1331	0.1288	0.137	0.1452	0.1368	0.137	0.1573	0.1449	0.137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1633	0.1489	0.137	0	0	0	0.1633	0.1489	0.137
I_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

پس از محاسبه ماتریس های بالا، ماتریس روابط کلی فازی ($\tilde{T}$) به دست می‌آید.

$$\widetilde{\mathrm{T}} = \lim_{\mathrm{k}\to\infty} (\widetilde{\mathrm{X}}^1 + \widetilde{\mathrm{X}}^2 + \cdots + \widetilde{\mathrm{X}}^{\mathrm{k}})$$

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} o & \tilde{t}_{12} & \dots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & o & \cdots & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \cdots & o \end{bmatrix}$$

که در آن:

$$\tilde{t}_{ij} = (l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij})$$

$$[l''_{ij}] = X_l \cdot (I - X_l)^{-1}, \quad [m''_{ij}] = X_m \cdot (I - X_m)^{-1}, \quad [u''_{ij}] = X_u \cdot (I - X_u)^{-1}$$

جدول ۹: ماتریس نهایی روابط جمعی فازی (T Matrix)

	I_1			I_2			I_3			I_4			I_5			I_6			I_7			I_8			I_9			I_{10}			I_{11}			I_{12}		
I_1	0.0044	0.0892	0.0139	0.0051	0.0974	0.0146	0.0016	0.0226	0.0035	0.0069	0.1142	0.0145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0072	0.1199	0.0152	0.0395	0.7106	0.0938	0.0057	0.0972	0.0122	0.0087	0.1447	0.0181
I_2	0.0214	0.0238	0.0247	0.0247	0.0260	0.0259	0.0078	0.0071	0.0063	0.0332	0.0305	0.0259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1739	0.1648	0.1572	0.1906	0.1900	0.1672	0.0227	0.0260	0.0217	0.1610	0.1631	0.1766
I_3	0.0025	0.0027	0.0027	0.0029	0.0030	0.0028	0.0009	0.0008	0.0007	0.0039	0.0035	0.0028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1675	0.1526	0.1399	0.0226	0.0219	0.0180	0.0033	0.0030	0.0023	0.0168	0.0176	0.0185

Archive of SID

www.SID.ir

I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_1	I_1	I_1
0.0823	0.1337	0.1743	0.1433	0.1748	0.0155	0.1223	0.1820	0
0.1108	0.1457	0.1895	0.1683	0.2093	0.0184	0.1477	0.1905	0
0.1309	0.1489	0.1969	0.1867	0.1879	0.0194	0.1619	0.1828	0
0.0898	0.1230	0.1388	0.1870	0.1949	0.0180	0.1414	0.1748	0
0.1170	0.1415	0.1676	0.1989	0.2083	0.0201	0.1613	0.1869	0
0.1353	0.1463	0.1846	0.1985	0.1998	0.0204	0.1700	0.1848	0
0.1184	0.1600	0.1934	0.1613	0.2048	0.0057	0.0448	0.1726	0
0.1234	0.1553	0.1853	0.1635	0.1953	0.0055	0.0441	0.1659	0
0.1321	0.1555	0.1812	0.1721	0.1797	0.0049	0.0410	0.1621	0
0.0150	0.1216	0.1470	0.1708	0.2133	0.0241	0.1896	0.1966	0
0.0286	0.1377	0.1703	0.1846	0.2168	0.0236	0.1891	0.1972	0
0.0223	0.1384	0.1755	0.1822	0.1865	0.0203	0.1696	0.1692	0
0	0	0.1573	0.1634	0.1754	0	0	0	0
0	0	0.1449	0.1489	0.1570	0	0	0	0
0	0	0.1370	0.1370	0.1370	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0454	0.0493	0.0690	0.1777	0.1601	0.0252	0.1983	0.0880	0
0.0597	0.0609	0.0865	0.1977	0.1897	0.0248	0.1985	0.0967	0
0.0554	0.0477	0.0733	0.2000	0.1849	0.0213	0.1778	0.0747	0
0.0863	0.0387	0.1151	0.1435	0.1711	0.1384	0.0892	0.2259	0
0.1777	0.1309	0.2529	0.2639	0.3086	0.1468	0.1765	0.3256	0
0.1439	0.0573	0.1783	0.1990	0.2048	0.1313	0.0954	0.2080	0
0.0125	0.0056	0.0167	0.0208	0.0248	0.0201	0.1581	0.0328	0
0.0243	0.0179	0.0346	0.0361	0.0422	0.0201	0.1610	0.0445	0
0.0187	0.0070	0.0232	0.0259	0.0266	0.0171	0.1425	0.0271	0
0.0298	0.0245	0.1513	0.0610	0.1445	0.1031	0.2401	0.2324	0
0.0493	0.0440	0.1831	0.0856	0.1863	0.1184	0.2396	0.2349	0
0.0460	0.0326	0.1830	0.0786	0.1910	0.1349	0.2112	0.2014	0

سپس اعداد فازی را دی فازی میکنیم. برای هر i و j از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$T = \frac{(l + 4m + u)}{6}$$

جدول ۱۰: ماتریس دی فازی شده روابط جمعی کل

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}
I_1	0.0625	0.0682	0.0159	0.0797	0	0	0	0	0.0836	0.4950	0.0677	0.1009
I_2	0.0235	0.0257	0.0070	0.0302	0	0	0	0	0.1650	0.1863	0.0255	0.1650
I_3	0.0026	0.0029	0.0008	0.0034	0	0	0	0	0.1529	0/0213	0.0029	0.0176
I_4	0.1094	0.1155	0.1240	0.0252	0	0	0	0	0.0566	0.1568	0.0214	0.0455

Archive of SID

www.SID.ir

I_5	0.1442	0.1392	0.1561	0.1351	0	0	0	0	0.0770	0.1026	0.0140	0.0388
I_6	0.1882	0.1656	0.1859	0.1672	0.1456	0	0	0	0.0813	0.2175	0.0297	0.1777
I_7	0.1672	0.1968	0.1645	0.1819	0.1493	0	0	0	0.1947	0.2330	0.0318	0.0803
I_8	0.1999	0.2046	0.1942	0.2111	0.1567	0	0	0	0.1839	0.2683	0.0367	0.1801
I_9	0.0180	0.0198	0.0054	0.0231	0	0	0	0	0.0242	0.1428	0.0196	0.1186
I_{10}	0.1458	0.1594	0.0437	0.1859	0	0	0	0	0.195	0.1484	0.1574	0.2349
I_{11}	0.1878	0.1845	0.1663	0.1924	0	0	0	0	0.0915	0.2893	0.0396	0.2289
I_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

اگر مجموع سطرها و ستون ها در ماتریس T، به ترتیب با بردار r و d نمایش داده شوند، خواهیم داشت:

$$T = [t_{ij}]_{n\times n}$$

$$R = [r_i]_{n\times 1} = \left(\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right)_{n\times 1}$$

$$D = [d_j]_{1\times n} = \left(\sum_{i=1}^{n} t_{ij}\right)_{1\times n}$$

اگر r_i جمع سطری ردیفiام ماتریسTباشد، پس r_i نشان دهنده مجموع اثرات مستقیم و غیر مستقیم عامل i ام بر روی دیگر عوامل (معیارها) است. اگر d_j جمع ستونی ستونj ام ماتریسTباشد، پس d_j نشان دهنده جمع اثرات مستقیم و غیر مستقیمی است که عاملjام از دیگر عوامل می‌پذیرد. وقتی که i=jباشد، بدین معنی است که جمع سطر و جمع ستون $(r_i + d_j)$ نمایانگر قدرت اثرپذیری و اثرگذاری شاخص است. اگر $(r_i - d_j)$ مثبت باشد، بیانگر این است که عنصرiبر دیگر عناصر اثر می گذارد و اگر منفی باشد، نشان می‌دهد که عنصر iاز دیگر عناصر اثر می‌پذیرد(لین و وو ،۲۰۰۸).

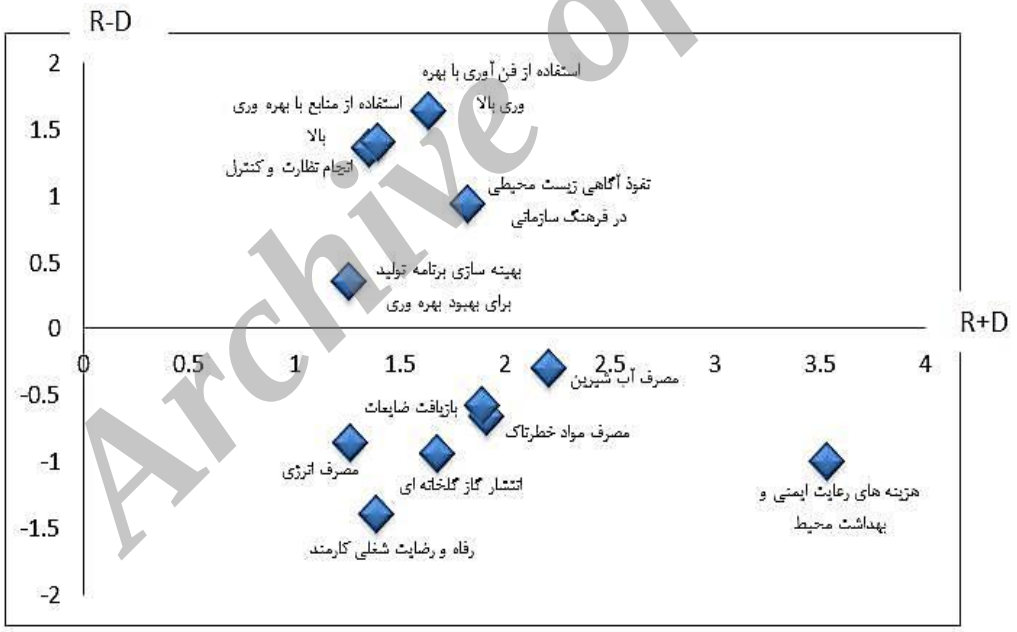
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱: شدت اثر تجمیعی و شدت اثر خالص شاخص‌ها

شاخص ها	R	D	R+D	R-D	رتبه
مصرف آب شیرین	0/9576	1/2491	2/2067	-0/2915	2
مصرف مواد خطرناک	0/6282	1/2822	1/9101	-0/6540	3
مصرف انرژی	0/2044	1/0638	1/2682	-0/8594	11
بازیافت ضایعات	0/6544	1/2352	1/8896	-0/5808	4
بهینه سازی برنامه تولید برای بهبود بهره وری	0/8070	0/4516	1/2586	0/3554	12
انجام نظارت و کنترل	1/3587	0	1/3587	1/3587	۱۰
استفاده از منابع با بهره وری بالا	1/3995	0	1/3995	1/3995	8
استفاده از فن آوری با بهره وری بالا	1/6355	0	1/6355	1/6355	7
انتشار گاز گلخانه ای	0/3715	1/3057	1/6772	-0/9342	6
هزینه های رعایت ایمنی و بهداشت محیط	1/2705	2/2613	3/5318	-0/9908	1
نفوذ آگاهی زیست محیطی در فرهنگ سازمانی	1/3803	0/4463	1/8266	0/9340	5
رفاه و رضایت شغلی کارمند	0	1/3883	1/3883	-1/3883	9

حال می‌توان نمودار علی دیمتل را با استفاده از مقادیر اثرگذاری کل و اثرگذاری خالص رسم نمود.



شکل ۳: نمودار روابط علّی دیمتل

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص‌هایی که در بالای خط افقی قرار می‌گیرند، شدت اثر خالص آن ها مثبت بوده و تحت عنوان شاخص های علّی، محرک و یا تأثیر گذار دسته بندی می‌شوند (استفاده از فن آوری با بهره وری بالا، استفاده از منابع با بهره وری بالا، انجام نظارت و کنترل، نفوذ آگاهی زیست محیطی در فرهنگ سازمانی، بهینه سازی برنامه تولید برای بهبود بهره وری). همچنین شاخص‌هایی که در پایین خط افقی قرار می‌گیرند، شدت اثر خالص آن‌ها منفی بوده و تحت عنوان شاخص‌های وابسته خوشه بندی می‌شوند (رفاه و رضایت شغلی کارمند، هزینه‌های رعایت ایمنی و بهداشت محیط، انتشار گاز گلخانه‌ای، مصرف آب شیرین، مصرف مواد خطرناک، مصرف انرژی، بازیافت ضایعات). هرچه شاخص‌ها بالاتر باشند، درجه تأثیر گذاریشان بیشتر و هرچه پایین‌تر باشند، درجه تأثیر پذیریشان بیشتر است. علاوه برآن، هرچه شاخص‌ها به سمت راست نمودار حرکت می‌کنند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند؛ چرا که مجموع تأثیرگذاری و تأثیرپذیریشان بیشتر است، به عبارت دیگر، شاخصی که تعامل بیشتری با سایر شاخص‌ها داشته باشد دارای اهمیت بالاتری است.

نتیجه گیری

حرکت به سمت تولید پایدار نیازمند شناسایی شاخص‌های اصلی و تأثیر گذار تولید پایدار و همچنین تعیین روابط میان این شاخص‌ها و شدت اثر آنها بر یکدیگر می‌باشد.از این رو در این تحقیق با مرور گسترده ادبیات موضوعو همچنین نظرات خبرگان پالایشگاه، ۱۲ شاخص تولید پایدار در پالایشگاه نفت اصفهان شناسایی شدند. آنگاه با استفاده از تکنیک مدل سازی ساختاری تفسیری ارتباط و توالی آنها تعیین گردید. و به منظور تعیین شدت این روابط از تکنیک دیمتل فازی بهره گرفته شد. با توجه به مدل ISM ، شاخص‌های استفاده از فن آوری با بهره وری بالا، استفاده از منابع با بهره وری بالا و انجام نظارت و کنترل، پایین ترین سطوح سلسله مراتب مدل سازی ساختاری تفسیری را اشغال کرده اند. این بدین معنی است که این شاخص‌ها بر سایر شاخص‌ها تأثیر گذاشته و خود تأثیری از بقیه نمی پذیرند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج تحلیل میک ماک حاکی از آن است که هیچ شاخصی در ناحیه خودمختار دسته بندی نشده است. شاخص‌های خودمختار آن دسته از شاخص‌ها هستند که تأثیر کوچکی بر سایر شاخص‌ها گذاشته و تأثیر کوچکی از آنها می‌پذیرند. فقدان این نوع شاخص‌ها به این صورت قابل تفسیر است که تمامی شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق نقش مهمی در حرکت به سمت تولید پایدار بازی می‌کنند. مصرف آب شیرین، مصرف مواد خطرناک، مصرف انرژی، بازیافت ضایعات، انتشار گاز گلخانه ای، هزینه‌های رعایت ایمنی و بهداشت محیط و نفوذ آگاهی زیست محیطی در فرهنگ سازمانی در بخش سوم نمودار یعنی شاخص‌های پیوندی دسته بندی شده اند. این شاخص‌ها در دسته کلیدی ترین شاخص‌ها قرار می‌گیرند چراکه هم قدرت تأثیرگذاری بالایی دارند، هم قدرت تأثیر پذیری بالایی دارند. این شاخص‌ها ناپایدارند، چراکه هر اتفاق کوچکی از جانب آنها می‌تواند عملکرد سایر شاخص‌ها و یا حتی خود آنها را تحت تأثیر قرار دهد.انجام نظارت و کنترل، استفاده از منابع با بهره وری بالا، استفاده از فن آوری با بهره وری بالا، بهینه سازی برنامه تولید برای بهبود بهره وری در بخش چهارم نمودار یعنی معیارهای مستقل دسته بندی شدند. کلیه شاخص‌هایی که در دسته شاخص-های مستقل قرار گرفتند را می‌توان در زمره «مهمترین» شاخص‌های تولید پایدار پالایشگاه دسته بندی کرد. در نتیجه، مدیریت سازمان باید گام‌های اساسی به منظور تقویت این شاخص‌ها بردارد، چراکه این شاخص‌ها قدرت بالایی در تأثیر گذاری بر سایر شاخص‌ها دارند.

در بخش دوم تحقیق به منظور دستیابی به بینشی عمیق تر در رابطه با شاخص‌های تولید پایدار، از روش دیمتل فازی استفاده شد. با توجه به نمودار روابط علی دیمتل، شاخص‌های استفاده از فن آوری با بهره وری بالا، استفاده از منابع با بهره وری بالا، انجام نظارت و کنترل، مرتبه نخست را از نظر شدت اثر خالص به خود اختصاص داده اند، بدان معنی که بیشترین تأثیر را بر سایر شاخص ها گذاشته و کمترین تأثیر را از آنها می‌پذیرند. همان‌طور که نتایج تحقیق نشان می‌دهد، در این روش نیز سه شاخص مذکور در زمره شاخص‌های اثرگذار قوی شناسایی شده اند. شاخص رفاه و رضایت شغلی کارمند نیز اثرپذیرترین شاخص شناسایی شده است. علاوه برآن، شاخص هزینه-های رعایت ایمنی و بهداشت محیط مهمترین شاخص شناسایی شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

آذر،عادل. خسروانی، فرزانه. جلالی، رضا.*تحقیق در عملیات نرم(رویکردها یساختاردهی مسئله)*. تهران: سازمان مدیریت صنعتی. (۱۳۹۲).

آذر،عادل.تیزرو،علی.مقبل باعرض،عباس.انواری رستمی،علی اصغر.*طراحی مدل چابکی زنجیره تأمین؛ رویکرد مدل سازی تفسیری – ساختاری*. مجله مدرس علوم انسانی. شماره ۶۹. (۱۳۸۹).

Diabat, A., &Govindan, K. *(*2011).*An analysis of the drivers affecting the implementation of green supplychain management*. Resources, Conservation and Recycling, 55(6), 656-667.

Despeisse, M., Ball, P.D., Evans, S.(2012b)*Modelling and tactics for sustainable manufacturing: an improvement methodology. In: Günther, S. (Ed.), Sustainable Manufacturing e Shaping Global Value Creation.* Springer, Berlin Heidelberg, Berlin (Germany), pp. 9-16.

Diabat, A., Kannan, D., and Mathiyazhagan, K.(2014).*"Analysis of enablers forimplementation of sustainable supply chain management–A textile case"*. Journal of cleaner production. 83, No. 1, pp. 391-403.

Farrell, A., Hart, M. (1998).*What does sustainability really mean*? Environment:Science and Policy for Sustainable Development.40 (9), 5-31.

Herva, M., Franco, A., Carrasco, E.F., Roca, E.(2011). *Review of corporate environmental indicators.* J. Clean. Prod. 19, 1687-1699.

Jassbimap, J.,Mohamadnejad, F., Nasrollahzadeh, H.(2010).*AFuzzy DEMATEL Framework for Modeling Cause and Effectrelationships of Trategy* .

Kannan, G., Pokharel, S., &Sasi Kumar, P.(2009).*A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for theselection of reverse logistics provider*. Resources, Conservation and Recycling, 54(1), 28-36.

Lowell Center for Sustainable Production, Sustainable production: a working definition.(1998).Informal meeting of the committee members.

Lin, C. J., & Wu, W. W.(2008).*A Causal Analytical Method for Group Decision Making Under FuzzyEnvironment*. *Expert Systems withApplications*, *34*, 205-213.

Archive of SID

www.SID.ir

Lin, K., & Lin, C. (2008).*Cognition map of experiential marketing strategy for hot spring hotels in Taiwanusing the DEMATEL method*. In Fourth International Conference on NaturalComputation. IEEE.

Lin, Y.H., Cheng, H.P., Tseng, M.L., Tsai, C.C.(2010).*Using QFD and ANP to analyze theenvironmental production requirements in linguistic preferences.* ExpertSystems with Applications. 37 (3), 2186-2196.

Quan Z., HuangWeilai., Zhang Y.(2011).*Identifying Critical Success Factorsin Emergency Management Using a Fuzzy DEMATEL Method*. SafetyScience; 243-252.

Ranganathan, J.(1998).*Sustainability Rulers: Measuring Corporate Environmental and Social Performance.* Sustainable Enterprise Perspectives. World Resource Institute, Washington, DC. http://www.wri.org/meb/pdf/janet/pdf.

Ravi, V., & Shankar, R.(2005). *Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics*. TechnologicalForecasting and Social Change, 72(8), 1011-1029.

Romiguer, Torres, Alexandre.(2011).*Sustainable Development: Objectives, Enablers and Challenges for Spanish Companies*. Master thesis.

Sharma, H. D., & Gupta AD, S.(1995). *The objectives ofwastemanagement in India: a futures inquiry.*Technological Forecasting and Social Change, 48, 285-309.

Tsai, W. H., Chou, W. C., Hsu, W., & Hsu, C. F.(2008).*The Sustainability Balanced Scorecard as aFramework for Selecting Socially Responsible Investment: An Effective MCDM Model.* Journal of theOperational Research Society, 60, 1396-1410.

Tseng, M.L., Lin, Y.H., Chiu, A.S.F., Liao, C.H.(2008a).*Using FANP approach onselection of competitive priorities based on cleaner production implementation: a case study in PCB manufacturer, Taiwan.* Clean. Technologies and Environmental Policy 10 (1), 17-29.

Tseng, M.L., Lin, Y.H.(2009).*Application of fuzzy DEMATEL to develop a cause and effect model of municipal solid waste management*

Archive of SID

www.SID.ir

in Metro Manila. Environmental Monitoring and Assessment 158, 519-533.

Tseng, M.L., Chiang, J.H., LanLawrence, W.(2009a).*Selection of optimal supplier insupply chain management strategy with analytic network process and choquetintegral.* Computer and Industrial Engineering 57 (1), 330-340.

Tseng, M.L.(2010).*Implementation and performance evaluation usingfuzzy network balanced scorecard.* Computers and Education 55 (1),188-201.

Tseng, M.L.(2013).*Modeling sustainable production indicators with linguistic preferences*. Journal of CleanerProduction, 40(0), 46-56.

Tseng, M.L., Chiu, A.S.F.(2013).*Evaluating firm's green supply chain management inlinguistic preferences.* Journal of cleaner production 40, 22-31.

Veleva, V., Ellenbecker, M.(2001). *Indicators of sustainable production: frameworkand methodology*. Journal of Cleaner Production 9, 519-549.

Veleva, V., Hart, M., Greiner, T., Crumbley, C.(2001).*Indicators of sustainableproduction.* Journal of Cleaner Production 9, 447-452.

Warfield, J. W.(1974).*Developing interconnected matrices in structural modelling*. IEEE Transcript onSystems, Men and Cybernetics, 4(1), 51-81.

Zhu, Q., &Sarkis, J.(2006).*An intersectoralcomparison of green supply chain management in China: driversand practices*. Journal of Cleaner Production, 14(5), 472-486.

Archive of SID

www.SID.ir