پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵

مدلسازی ساختاری تفسیری عوامل مؤثر در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی توسعه محصول سبز (مطالعه موردی: ارزیابی و انتخاب طرح محصول سبز در صنعت لوازم بهداشتی استان قزوین)

رویا پرهیزکاری[۱]، صفر فضلی[۲*]

۱- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
۲- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۱ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶

چکیده

امروزه محیط‌زیست به‌طور فزاینده‌ای به مسئله حیاتی و بسیار مهم برای همه اقشار مردم چه در جایگاه مشتری و چه در جایگاه تولیدکننده تبدیل شده است. هدف اصلی این پژوهش ارائه روشی برای ارزیابی اثرات زیست محیطی محصول بهداشتی برای شناسایی و توسعه محصول سبز است. این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM) و نوعی رویکرد تصمیم‌گیری فازی شامل تحلیل توسعه‌ای فازی (EA) و TOPSIS سلسله مراتبی فازی استفاده می‌کند. همچنین از خبرگان صنعت لوازم بهداشتی استان قزوین به منظور شناسایی معیارهای مؤثر و کلیدی در ارزیابی آثار زیست‌محیطی، شناسایی و توسعه محصول سبز بهره می‌برد. یافته‌ها نشان می دهد که طرح (۲) محصول شوینده عملکرد محیطی بهتری نسبت به طرح (۱) در چهار مرحله چرخه عمر دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده مدیران شرکت‌های تولیدکننده محصولات بهداشتی استان قزوین باید به منظور کاهش آثار زیست‌محیطی محصولات شوینده خود، هفت معیار کلیدی مذکور در پژوهش را در برنامه‌ریزی برای ارزیابی آثار زیست محیطی و تولید محصول بهداشتی سبز مدنظر قرار دهند. همچنین با مطالعه بیشتر در انتخاب روش مناسب ارزیابی آثار

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: Fazli@soc.ikiu.ac.ir

زیست‌محیطی، محصولات سبز را شناسایی و از ورود محصولات بهداشتی ناسازگار با محیط زیست به بازار جلوگیری نمایند.

واژه‌های کلیدی: محصول سبز، ارزیابی آثار زیست‌محیطی، لوازم بهداشتی، تحلیل توسعه‌ای فازی، تاپسیس سلسله مراتبی فازی.

۱- مقدمه

«سبز شدن» برای شرکت‌ها هم یک نیاز و هم یک فرصت محسوب می‌شود. ازجمله دلایلی که شرکت‌ها باید به دنبال سبز شدن باشند، می‌توان قوانین و مقررات دولت، رقابت و مسئولیت زیست‌محیطی را نام برد [۱؛ ۲ ؛۳، ص ۱۶۰۸]. همچنین با افزایش آگاهی‌ها و حساسیت‌های عموم افراد از مسائل زیست‌محیطی، طراحی و تولید محصول سبز که یکی از شیوه‌های مدیریت زیست‌محیطی است [۴، ص۱۴۷؛ ۵، ص۴۴۲]، به یک چالش جدید تبدیل شده است [۶، ص ۲۱۲]. امروزه مسائل و مشکلات زیست‌محیطی، شهروندان، سازمان‌ها و مؤسسات سراسر جهان را بیشتر از ۳۰ سال پیش نگران کرده است [۷]. در عصر محیط‌زیست بیشتر مردم برای خرید محصولات سبزی که برای محیط‌زیست مضر نیستند مشتاق هستند؛ به طوری که ۹۳ درصد از مردم تایلند، ۸۳ درصد از برزیلی‌ها و ۵۳ درصد از مردم آمریکا حاضر به پرداخت بیشتر برای خرید محصولات سبز هستند [۸، ص ۱۰۸].

با توجه به اهمیت این موضوع، در سال‌های اخیر شرکت‌های اروپایی برای به دست آوردن برچسب سبز برای محصولات خود روند رو به رشدی داشته‌اند، به طوری که در پایان سال ۲۰۰۰ بیش از ۵۰ شرکت و در آغاز سال ۲۰۱۰ بیش از ۱۰۰۰ شرکت برچسب سبز را دریافت نموده‌اند [۳، ص ۱۶۰۸]. برای کنترل تمام آثار زیست‌محیطی یک محصول، باید تأثیر زیست‌محیطی آن در طول چرخه عمرش مد نظر قرار گیرد [۹]. با کوتاه شدن چرخه عمر محصولات، ارزیابی آثار زیست‌محیطی آنها در کوتاه‌ترین زمان امری ضروری است [۴، ص۱۴۷؛ ۶، ص ۲۱۳]. مطالعه‌های متعددی نشان می‌دهند که تولید محصولات سبز به عنوان وسیله‌ای برای بالا بردن عملکرد شرکت‌ها بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است [۳، ص ۱۶۰۸؛ ۱۰؛ ۱۱]. حال با توجه به مطالب بیان شده، این سؤال مطرح می‌شود که چگونه می‌توان در

شرکت‌های تولیدکننده لوازم بهداشتی آثار زیست‌محیطی محصول را جهت شناسایی و توسعه محصول سبز[1](GPD) ارزیابی کرد؟

در این پژوهش از روش[2]ISM برای شناسایی و سطح‌بندی معیارهای مؤثر و نیز تعیین معیارهای کلیدی و از روش[3]EA به منظور محاسبه میزان اهمیت معیارهای اصلی و فرعی استفاده شده است. سپس روش TOPSIS سلسله مراتبی فازی برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی طرح‌های مختلف محصول شوینده با توجه به معیارها و ویژگی‌های زیست‌محیطی به کار می‌رود. در واقع هدف اصلی این پژوهش ارائه روشی برای مدلسازی عوامل مؤثر در ارزیابی آثار زیست‌محیطی محصول بهداشتی برای شناسایی و توسعه محصول سبز است. در ادامه مقاله نخست ادبیات نظری پیرامون محصول سبز، مراحل چرخه عمر محصول، معیارهای مؤثر در ارزیابی آثار زیست‌محیطی محصول سبز و مدل مفهومی پژوهش بیان می‌شود، در قسمت سوم به متدولوژی پژوهش پرداخته شده و در قسمت چهارم یافته‌های مدل به کار رفته در صنعت لوازم بهداشتی استان قزوین ارائه می‌شود. در نهایت نیز مقاله با بیان پیشنهادهای کاربردی برای مدیران خاتمه پیدا می‌کند.

۲- ادبیات نظری

۲-۱- محصول سبز، شناسایی و توسعه آن در مراحل چرخه عمر

اوتمان و همکاران[4] (۲۰۰۶) در تعریف محصول سبز بیان کرده‌اند «اگر چه هیچ محصول مصرفی نیست که تأثیر صفر بر محیط‌زیست داشته باشد، اما در کسب و کار اصطلاحات محصولات سبز، به طور معمول برای توصیف محصولاتی که تلاش می‌کنند با صرفه‌جویی در انرژی و منابع، کاهش یا حذف استفاده از عوامل سمی، آلودگی، زباله از محیط‌زیست طبیعی محافظت کنند، به کار می‌رود» [۱۲]. توسعه محصول سبز نقش مهمی در شرکت‌ها برای پاسخگویی به چالش‌های زیست‌محیطی بازی می‌کند [۸، ص ۱۰۸]. در مبحث زیست‌محیطی، چرخه عمر محصول محور بحث را تشکیل می‌دهد؛ زیرا که اجازه ارزیابی در همه جنبه‌های زیست‌محیطی مرتبط را می‌دهد [۱۳، ص ۲۰۴].

عمده مطالعات و پژوهش‌ها در گذشته روی بازاریابی سبز، زنجیره تأمین سبز و غیره در کشورهای توسعه یافته انجام شده است تا اینکه بر روی مدلسازی معیارهای مؤثر و نیز ارائه روشی برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی محصول متمرکز شده باشند. وانگ و همکاران[5] (۲۰۱۵) در پژوهشی به منظور بررسی توسعه محصول سبز و ارزیابی آثار محیطی طرح‌های مختلف یک محصول جدید از یک متدولوژی فازی ترکیبی شامل تحلیل توسعه‌ای، تاپسیس سلسله مراتبی فازی و روش LCA[6] استفاده کردند [۶، ص ۲۱۵]. در مطالعه‌ای دیگر جابور و همکاران[7] (۲۰۱۵) به ارزیابی نقش جنبه فنی[8](TA) و جنبه‌های انسانی یا سازمانی[9](HOA) در انتخاب شیوه توسعه محصول سبز و تأثیر آن بر عملکرد شرکت‌های برزیلی پرداختند. از نتایج مهم این پژوهش این بود که مدیریت زیست‌محیطی یک مزیت رقابتی برای سازمان‌ها به شمار می‌آید [۵، صص ۴۴۵-۴۴۶].

جانسون و ساندین[10] (۲۰۱۴) در پژوهشی با بهره‌گیری از نشریات ۱۰۲ مجله که از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ منتشر شده بودند، GPD و توسعه محصول ناب[11] (LPD) را مقایسه کردند. نتیجه اصلی این پژوهش این بود که LPD مانند کاتالیزور و محرک GPD عمل می‌کند [۱۴]. چن و چانگ[12] (۲۰۱۳) با ارائه چارچوبی طی یک پژوهش به بررسی تأثیر سه معیار قابلیت‌های پویای سبز، رهبری تحول‌آفرین سبز و خلاقیت سبز بر عملکرد توسعه محصول سبز پرداختند [۸، صص ۱۱۱-۱۱۰]. چان و همکاران[13] (۲۰۱۳) در پژوهش خود با استفاده از مفهوم LCA، منطق فازی و تکنیک[14](AHP) برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی طرح‌های مختلف یک محصول، یک مدل سلسله‌مراتبی پنج مرحله‌ای پیشنهاد دادند [۴، صص ۱۴۸-۱۴۹]. بلنگینی و همکاران[15] (۲۰۱۲) در پژوهشی یک روش تلفیقی از مدیریت ضایعات و تولید صنعتی با استفاده از روش LCA جهت توسعه محصول سبز ارائه دادند [۱۵].

کاپور و همکاران[16] (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای با استفاده از روش LCA به ارزیابی اثار زیست‌محیطی محصولات شوینده صنعتی و سازمانی معمولی و نیز مطابق با نشان سبز[17] GS -37 پرداخته‌اند [۱۶، صص ۳۷۸-۳۷۷]. کنینگ و همکاران[18] (۲۰۱۰) در پژوهشی با استفاده از مدل ردپای کربن[19] و روش LCA به مقایسه آثار کربن در دو محصول پودر شوینده فشرده و مایع فوق‌العاده فشرده پرداختند [۱۷]. کهلر و

ویلدبوز[20] (۲۰۰۹) در پژوهشی به مقایسه آثار زیست‌محیطی محصولات بهداشتی شخصی و خانگی با توجه به مراحل مختلف چرخه عمر پرداختند [۱۸]. مطالعات ساتر و وان هاف[21] (۲۰۰۱) نشان می‌دهد که محققان به منظور کمک به مدیران شرکت پراکتر و گمبل برای کنترل آثار زیست‌محیطی محصولات خود، آثار زیست‌محیطی چهار محصول شوینده این شرکت را با استفاده از مدل LCA بررسی کردند [۱۹، ص ۱۰۳].

۲-۲- معیارهای اصلی و فرعی مؤثر در ارزیابی آثار زیست‌محیطی محصول سبز

کل مدت عمر یک محصول را می‌توان مجموعه‌ای از فعالیت‌ها و فرایندها دانست که هریک از آنها به مقدار مشخصی منابع و انرژی نیاز دارد و در معرض مجموعه‌ای از دگرگونی‌ها قرار می‌گیرد و خروجی‌های مختلفی دارد [۲۰، ص ۵۱].

سیورینگ و همکاران[22] (۲۰۰۳) در پژوهشی برای ارزیابی پایداری نوعی شوینده شش مرحله چرخه عمر تولید مواد خام، تولید محصول شوینده نهایی، بسته‌بندی محصول، توزیع محصول نهایی و استفاده مصرف‌کننده نهایی، دفع ضایعات و بازیافت آنها را پیشنهاد داده‌اند [۱۳، ص ۲۰۴]. ساتر و وان هاف (۲۰۰۱) آثار زیست‌محیطی چهار محصول شوینده را با توجه به پنج مرحله چرخه عمر انتخاب مواد اولیه، تولید، توزیع، کاربرد و شستشو، پایان عمر محصول و معیارهای مرتبط با هر مرحله با هم مقایسه کردند [۱۹، صص ۱۰۵-۱۰۴]. کاپور و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای کل چرخه عمر محصول و نیز معیارهای غلظت، بسته‌بندی و برخی از الزام‌های سلامت بشر و محیط‌زیست را برای مقایسه آثار زیست‌محیطی دو محصول مد نظر قرار دادند [۱۶، صص ۳۷۹-۳۷۸].

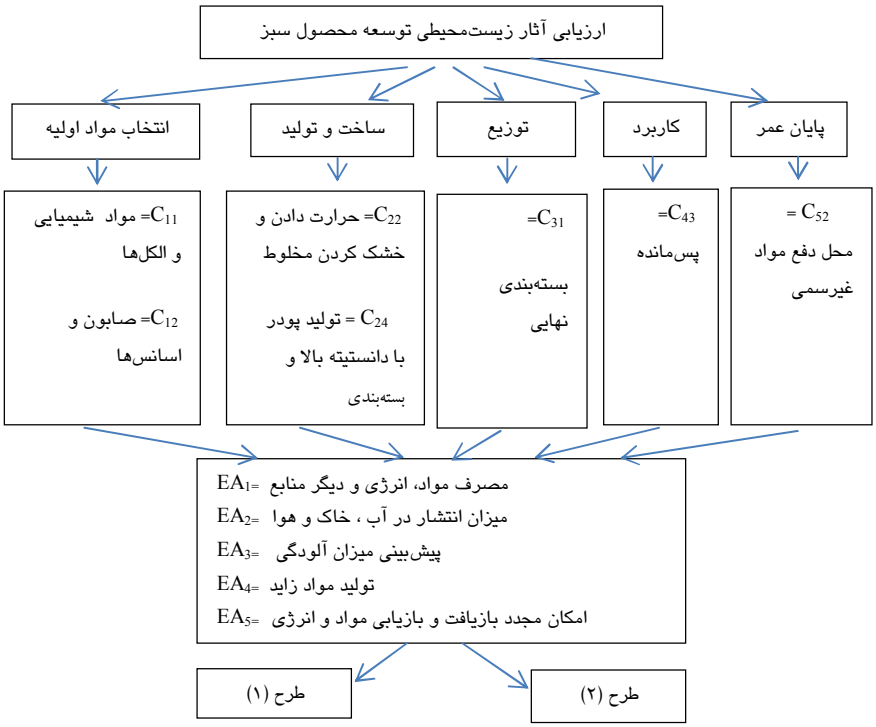
محصول بهداشتی- شوینده مورد مطالعه پژوهش حاضر یک پودر رخت‌شویی است. با جمع‌بندی سوابق پژوهشی موضوع و با استفاده از نظر خبرگان این صنعت، مراحل چرخه عمر محصول بهداشتی و معیارهای ضروری و مؤثر هر مرحله به دست آمد. در جدول ۱ معیارهای اصلی و فرعی برای محصول بهداشتی شوینده مورد مطالعه ارائه شده است.

جدول ۱ معیارهای شناسایی شده برای یک محصول بهداشتی- شوینده

ردیف	مراحل چرخه عمر	معیارهای هر مرحله	منبع
۱	انتخاب مواد اولیه	- مواد شیمیایی والکل‌ها - صابون و اسانس‌ها	[۱۹، صص ۱۰۴-۱۰۵]
۲	تولید	- مخلوط مواد جامد با مایع - حرارت دادن و خشک‌کردن مخلوط - جداسازی پودرهای درشت و بازیافت - تولید پودر با دانستیته بالا	[۱۹، صص ۱۰۴-۱۰۵]
۳	توزیع	- بسته‌بندی - انبار کردن و حمل ونقل	[۱۹، صص ۱۰۴-۱۰۵] [۲۰، ص ۵۱]
۴	کاربرد	- مصرف انرژی و.. - اتلاف انرژی - پس‌مانده	[۱۹، صص ۱۰۴-۱۰۵]
۵	پایان عمر	- بازیافت - محل دفع مواد غیرسمی	[۱۹، صص ۱۰۴-۱۰۵] [۲۰، ص ۵۱]

۲-۳- مدل مفهومی پژوهش

با توجه به هدف اصلی پژوهش، معیارهای[۲۳] (C_i) اصلی و فرعی، ویژگی‌های ارزیابی[۲۴] (EA_i) آثار زیست‌محیطی و طرح‌های مختلف مورد مطالعه محصول شوینده، مدل مفهومی پژوهش یک مدل پنج سطحی سلسله مراتبی خواهد بود. در سطح اول مدل مفهومی هدف اصلی پژوهش، در سطح دوم مراحل چرخه عمر محصول شوینده و در سطح سوم معیارهای فرعی کلیدی هر مرحله چرخه عمر و سپس در سطح چهارم ویژگی‌های ارزیابی و در نهایت در سطح پنجم طرح‌های مختلف محصول مورد مطالعه آمده است. در شکل ۱ مدل مفهومی پژوهش حاضر ارائه شده است.



شکل ۱ مدل مفهومی پژوهش

طرح (۱) و(۲) مذکور در سطح پنجم مدل مفهومی، طرح‌های مختلف یک پودر رخت‌شویی با دانستیته بالا می‌باشند که در صنعت لوازم بهداشتی استان قزوین تولید می‌شوند.

۳- متدولوژی پژوهش

هدف پژوهش حاضر، مدلسازی ساختاری تفسیری عوامل مؤثر در ارزیابی و نیز ارائه مدلی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محصول بهداشتی - شوینده در شناسایی و توسعه محصول سبز است. جامعه آماری این پژوهش خبرگان صنعت لوازم بهداشتی استان قزوین است. خبرگان باید به مسائل مربوط به فرایند کل چرخه عمر محصول آگاهی و اشراف داشته باشند. علاوه بر این از تجربه کاری و عملی در

حیطه مورد نظر برخوردار باشند، از این رو جامعه آماری پژوهش محدود است. در جدول ۲ به خصوصیات خبرگان منتخب اشاره می‌شود.

جدول ۲ خصوصیات خبرگان منتخب

ردیف	خصوصیات خبرگان		تعداد خبرگان
۱	سن	کمتر از ۴۰ سال	۲ نفر
		۴۰- ۴۵ سال	۳ نفر
		۴۵- ۵۰ سال	۳ نفر
		بالاتر از ۵۰ سال	۲ نفر
۲	تحصیلات	لیسانس	۲ نفر
		فوق لیسانس	۵ نفر
		بالاتر از فوق لیسانس	۳ نفر
۳	سابقه مدیریت	کمتر از ۱۰ سال	۴ نفر
		بیش از ۱۰سال	۶ نفر

برای گردآوری اطلاعات مرتبط با ادبیات و مباحث نظری از روش کتابخانه‌ای و برای گردآوری داده‌ها و اطلاعات مربوط به متغیرهای پژوهش از پرسشنامه استفاده شده است. در این پژوهش سه نوع پرسشنامه به منظور تعیین روابط بین معیارها، ماتریس مقایسه زوجی و ماتریس تصمیم‌گیری به‌وسیله ۱۰ خبره تکمیل شده است. درنهایت ۳۰ پرسشنامه برای تجزیه و تحلیل داده‌ها جمع‌آوری شد. این پژوهش از دو مرحله تشکیل شده است. مرحله اول سطح‌بندی و تعیین معیارهای کلیدی با استفاده از روش ISM و مرحله دوم شامل ارزیابی آثار زیست‌محیطی محصول با روش EA وTOPSIS سلسله مراتبی فازی است.

۳-۱- رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM)

مدلسازی ساختاری تفسیری که به وسیله وارفیلد[۲۵] مطرح شد، یک متدولوژی برای ایجاد و فهم روابط میان عناصر یک سیستم پیچیده است [۲۱، ص ۶]. این سیستم مدل‌سازی، تکنیکی مناسب برای تحلیل تأثیر یک عنصر بر دیگر عناصر است. این روش بر ترتیب و جهت روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم تمرکز می‌کند [۲۲]. این روش تفسیری است؛ بدین معنا که براساس قضاوت خبرگان تصمیم گرفته

می‌شود که کدام متغیرها، چگونه با هم ارتباط داشته باشند. همچنین ساختاری است، به این معنا که ساختاری کلی از یک مجموعه پیچیده از متغیرها را براساس ارتباطات، استخراج می‌کند و هم یک روش مدلسازی است؛ به این معنا که روابط ویژه متغیرها و همچنین ساختار کلی را در یک مدل گرافیکی نشان می‌دهد [۲۳]. در اجرای تکنیک ISM هفت مرحله باید انجام شود. نخست معیارهای مرتبط با مسئله شناسایی شده و سپس عناصر ماتریس[۲۶] SSIM به دست می‌آید. پس از آن ماتریس دسترسی اولیه[۲۷] RM و نهایی استخراج شده و در مرحله بعد سازگار می‌شود. در ادامه سطح‌بندی عناصر ماتریس دسترسی و درنهایت ترسیم مدل و تعیین معیارهای کلیدی صورت می‌گیرد [۲۱، صص ۱۱۶-۱۱۸].

۳-۲- روش تحلیل توسعه‌ای فازی (EA)

برای تعیین وزن مراحل چرخه عمر و معیارهای کلیدی در این پژوهش از روش تحلیل توسعه‌ای (EA) فازی استفاده شده است. روش استفاده شده در این پژوهش همان روش چانگ است که در سال ۱۹۹۶ توسعه یافته است. چانگ برای به دست آوردن وزن معیارها از اعداد فازی مثلثی استفاده کرده است. بعد از ایجاد ساختار سلسله مراتبی، ماتریس‌های مقایسات زوجی را باید با توجه به نظرات تصمیم‌گیرنده یا تصمیم‌گیرندگان به دست آورد. سپس با استفاده از طیف‌های موجود برای تبدیل مفاهیم زبانی به اعداد فازی، ماتریس‌های مقایسات زوجی به ماتریس‌هایی با اعداد فازی تبدیل می‌شود.

در ادامه باید سازگاری ماتریس‌ها محاسبه شود. تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی براساس قضاوت اولیه تصمیم‌گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود، صورت می‌پذیرد و هرگونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها، نتیجه نهایی به دست آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نرخ ناسازگاری[۲۸] IR وسیله‌ای است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱۰ باشد، سازگاری مقایسات قابل قبول بوده و در غیر این صورت مقایسه‌ها باید تجدیدنظر شوند [۲۴]. بعد از اطمینان از سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی،

جهت به دست آوردن وزن معیارها و مراحل چرخه عمر نخست باید ماتریس‌ها با هم ادغام شوند. برای ادغام ماتریس‌ها از رابطه میانگین هندسی باکلی که در سال ۱۹۸۵ پیشنهاد داده بود، استفاده می‌شود [۶، ص ۲۱۸].

۳-۳- روش تاپسیس سلسله مراتبی فازی

تکنیک اولویت‌بندی براساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل که نخستین بار توسط هوانگ و یون[۲۹] (۱۹۸۱) معرفی شد، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند AHP است. از این تکنیک برای رتبه‌بندی و مقایسه گزینه‌های مختلف، انتخاب گزینه برتر، تعیین فواصل بین گزینه‌ها و گروه‌بندی آنها استفاده می‌شود [۲۵]. نخست برای ارزیابی طرح‌های مختلف محصول شوینده ماتریس تصمیم‌گیری فازی با توجه به ویژگی‌های ارزیابی ساخته می‌شود. به طور کلی معیارها به دو دسته معیارهای هزینه و سود دسته‌بندی می‌شوند. برای معیارهای سود بالاترین مقدار و برای معیارهای هزینه عکس آن برقراراست.

سپس فرایند بی‌مقیاس سازی انجام می‌گیرد. برای به دست آوردن وزن نهایی برای هر معیار، مقدار وزن مراحل چرخه عمر و وزن هر معیار ارزیابی با استفاده از تحلیل توسعه‌ای چانگ در بخش قبل به دست می‌آید. ماتریس تصمیم‌گیری موزون با ضرب فازی وزن نهایی در هر یک از عناصر نرمالایز به دست آمده و سپس با استفاده از اصل جمع فازی مقدار معیارهای فرعی موجود در هر معیار اصلی جمع زده می‌شود، دوباره براساس اصل جمع فازی مقدار پنج ویژگی ارزیابی زیست‌محیطی (EA_i) از مجموع مؤلفه‌های ماتریس قبلی به دست می‌آید. سپس راه حل ایده‌آل مثبت فازی FPIS[۳۰] و راه حل ایده‌آل منفی فازی FNIS[۳۱] را یافته و فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی فازی محاسبه و درنهایت از شاخص شباهت برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود [۶، ص ۲۱۶].

۴- یافته‌های پژوهش

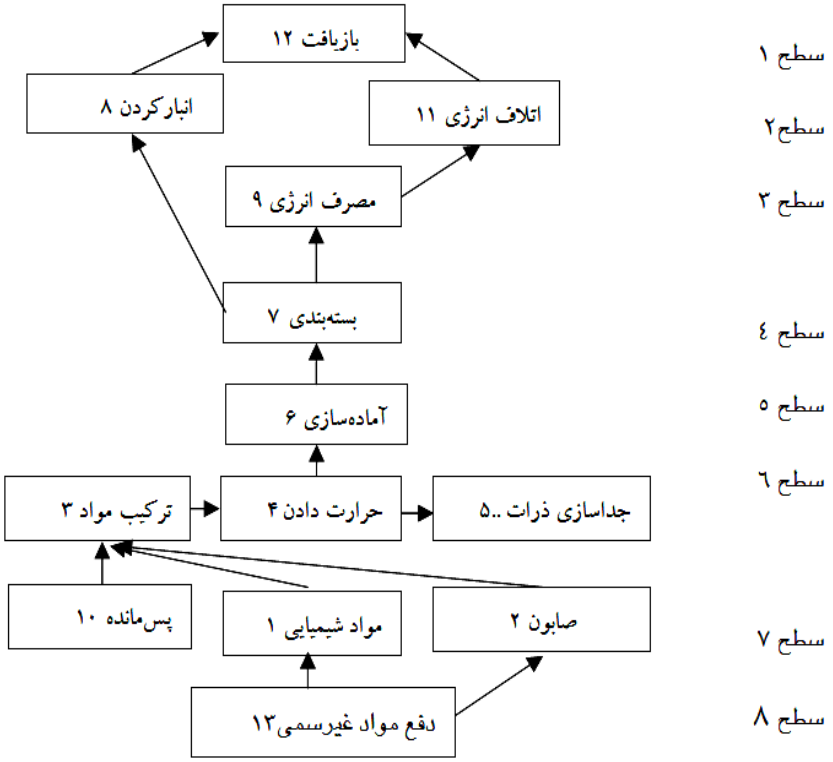
امروزه مدیران برای اینکه بتوانند در کنترل میزان آثار زیست‌محیطی محصولات تولیدی خود بهتر عمل نمایند تا محصول سبز را با زمان کمتر و آسان‌تر تولید کنند، چاره‌ای جز شناسایی و سطح‌بندی معیارهای مؤثر و کلیدی و نیز مراحل

چرخه عمر محصول سبز ندارند. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌های (تعیین روابط بین معیارها) تکمیل شده به‌وسیله خبرگان با مقایسه زوجی معیارهای مسئله ماتریس خودتعاملی ساختاری تشکیل شده و سپس ماتریس دسترسی اولیه محاسبه می شود. در ادامه ماتریس دسترسی نهایی تعیین و به سطح‌بندی معیارها پرداخته می‌شود. ماتریس دسترسی نهایی محصول شوینده در جدول ۳ و مدل ISM در شکل ۲ آورده شده است.

جدول ۳ ماتریس دسترسی نهایی

i \ j	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	قدرت نفوذ
۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱*	۰	۰	۰	۱	۱*	۰	۸
۲	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۰	۰	۰	۱	۱*	۰	۸
۳	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱*	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴
۴	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱*	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵
۵	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱*	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱*	۱*	۰	۱*	۱*	۰	۶
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۵
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۲
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱*	۰	۳
۱۰	۰	۰	۱	۱	۱*	۱*	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۷
۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۲
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱
۱۳	۱	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۰	۰	۱	۰	۱*	۰	۱	۹
وابستگی	۳	۳	۶	۶	۶	۸	۷	۳	۴	۱	۸	۹	۲	–

منبع: محاسبات محققان

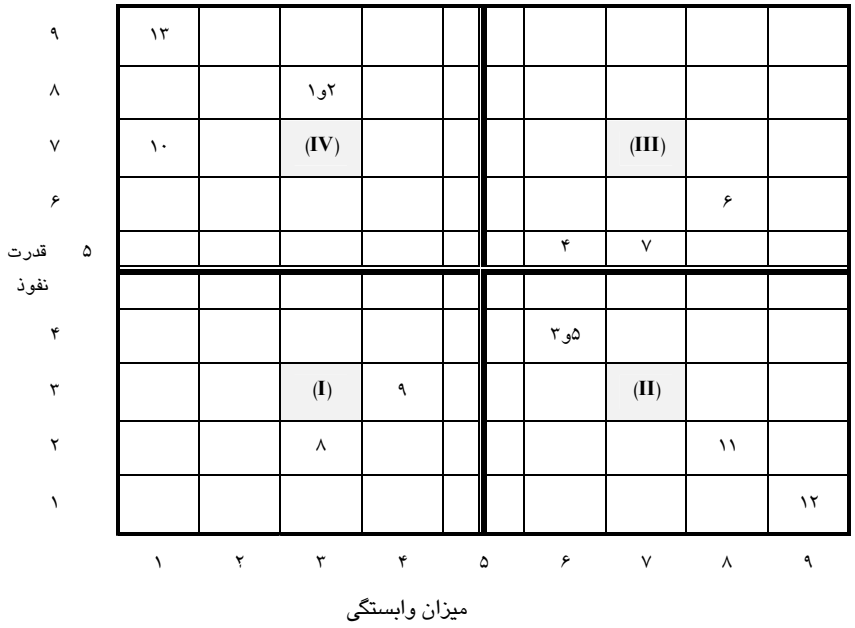


شکل ۲ مدل (ISM) برای بهبود میزان سبز بودن محصول با حذف روابط انتقال‌پذیری

در مدل (ISM) روابط متقابل و تأثیرگذاری بین معیارها و ارتباط معیارهای سطوح مختلف به‌خوبی نشان داده شده است که موجب درک بهتر فضای تصمیم‌گیری به‌وسیله مدیران می شود. معیارهای سطح هشتم (پایین‌ترین قسمت مدل) بیشترین ارتباط و تأثیر را بر سیستم دارند و با تغییر آنها سیستم دچار تغییر می‌شود. معیارهایی که در سطوح بالاتر هستند، از تأثیرگذاری کمتری برخوردارند و بیشتر تحت تأثیر سایر معیارها می‌باشند.

برای تعیین معیارهای کلیدی قدرت نفوذ و وابستگی معیارها در ماتریس دسترسی نهایی تشکیل می‌شود. شکل ۳ نمودار قدرت – وابستگی را برای متغیرهای مورد

بررسی با توجه به گروه‌های چهارگانه خودمختار[۳۲] (I)، وابسته[۳۳] (II)، پیوندی[۳۴] (III) و مستقل[۳۵] (IV) نشان می‌دهد.



شکل ۳ نمودار قدرت – وابستگی، نمودار (MICMAC)

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، ملاحظه می‌شود که در سطح‌بندی و بررسی عوامل مؤثر بر آثار زیست‌محیطی محصول سبز، معیارهای انبار کردن (۸) و مصرف انرژی (۹) که جزء معیارهای خودمختار هستند، قدرت نفوذ و وابستگی ضعیفی دارند و معیارهای ترکیب مواد (۳)، جداسازی ذرات ریز از درشت (۵)، اتلاف انرژی (۱۱)، بازیافت نهایی (۱۲) جزء معیارهای وابسته هستند که دارای قدرت نفوذ ضعیف و وابستگی قوی می‌باشند. معیار حرارت دادن و خشک کردن مخلوط (۴)، تولید پودر با دانستیته بالا و بسته‌بندی (۶)، بسته‌بندی نهایی (۷) در گروه معیارهای پیوندی قرار می‌گیرند. این معیارها دارای قدرت نفوذ و میزان وابستگی بالایی هستند. درنهایت معیارهای نوع مواد شیمیایی و الکل‌ها (۱)، صابون و اسانس‌ها (۲)، پسمانده (۱۰)، دفع مواد غیرسمی (۱۳)، در گروه معیارهای مستقل هستند که وابستگی ضعیف

و قدرت نفوذ بالایی دارند. معیارهای با قدرت نفوذ بالا مانند نوع مواد شیمیایی و الکل‌ها (۱)، صابون و اسانس‌ها (۲)، حرارت دادن و خشک‌کردن (۴)، تولید پودر با دانسیته بالا و بسته‌بندی (۶)، بسته‌بندی نهایی (۷)، پسمانده (۱۰) و دفع مواد غیرسمی (۱۳) جزء معیارهای کلیدی شناسایی شدند. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌های مقایسات زوجی تکمیل شده به‌وسیله خبرگان و محاسبه نرخ ناسازگاری آنها، با نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ برای تعیین وزن معیارها مورد تحلیل قرار گرفتند. نتیجه محاسبه وزن معیارهای اصلی و فرعی با استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴ وزن معیارهای اصلی، فرعی و وزن نهایی

وزن معیارهای اصلی		وزن معیارهای فرعی		وزن نهایی
انتخاب مواد اولیه	۰/۳۴۰	مواد شیمیایی و الکل‌ها	۰/۹۹	۰/۳۳۶
		صابون و اسانس‌ها	۰/۰۱	۰/۰۰۳
تولید	۰/۳۲۲	حرارت دادن و خشک کردن مخلوط	۰/۸۹	۰/۲۸۷
		تولید پودر با دانستیته بالا	۰/۱۱	۰/۰۳۵
توزیع	۰/۱۶۶	بسته‌بندی	۱	۰/۱۶۶
کاربرد	۰/۱۶۸	پسمانده	۱	۰/۱۶۸
پایان عمر	۰/۰۰۴	دفع مواد غیرسمی	۱	۰/۰۰۴

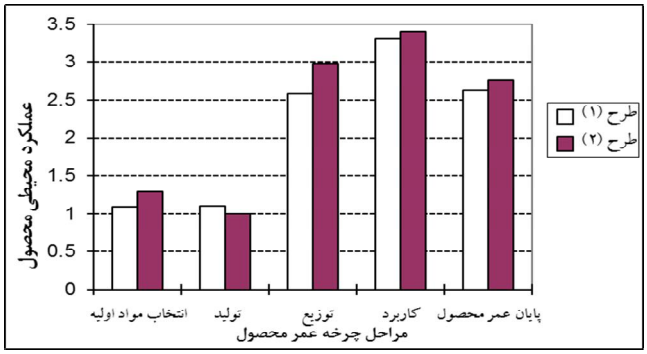
منبع: محاسبات محققان

درنهایت با استفاده از پرسشنامه‌های ماتریس تصمیم‌گیری جمع‌آوری شده و روش تاپسیس سلسله مراتبی فازی و وزن‌های به دست آمده در مرحله قبل ارزیابی آثار زیست‌محیطی طرح‌های محصول شوینده مورد مطالعه انجام می‌گیرد. نتایج حاصل از ارزیابی طرح‌های محصول شوینده در جدول ۵ آمده است.

جدول۵ فاصله گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی، شاخص نزدیکی، رتبه‌بندی طرح‌ها

رتبه گزینه‌ها	شاخص نزدیکی (نسبی)	فاصله گزینه‌ها تا ایده‌آل منفی	فاصله گزینه‌ها تا ایده‌آل مثبت	طرح‌های مختلف محصول
۲	۰/۴۹۱	۶/۰۱۶	۶/۲۳۹	طرح(۱)
۱	۰/۵۴۱	۶/۹۵۳	۵/۹۱۱	طرح(۲)

منبع: محاسبات محققان



شکل ۴ رتبه‌بندی عملکرد محیطی طرح‌های مختلف محصول شوینده

با توجه به یافته‌های جدول ۵ طرح (۲) محصول شوینده، یک محصول برتر و سبزتر است. همچنین با توجه به نمودار در شکل ۴ نقاط قابل بهبود، یعنی نقاطی که عملکرد محیطی پایین‌تری دارند، در طرح (۱) محصول شوینده مربوط به چهار مرحله، انتخاب مواد اولیه، توزیع، کاربرد و پایان عمر هستند و در طرح (۲) بهبود عملکرد محیطی آن فقط در مرحله فرایند تولید دیده می‌شود، به عبارت دیگر طرح (۲) در چهار مرحله از چرخه عمر و طرح (۱) فقط در یک مرحله فرایند تولید، عملکرد محیطی بهتری دارند.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در شرکت‌هایی نظیر شرکت‌های لوازم بهداشتی، ماهیت محصولات به‌خصوص مواد شوینده به‌گونه‌ای است که به طور عمده از مواد شیمیایی تهیه می شوند و ضایعات مربوط به این صنایع جزء ضایعات شیمیایی است که صدمات جبران‌ناپذیری را به محیط زیست وارد می‌کند. از این رو نیاز است که محصولات ناسازگار با محیط‌زیست قبل از تولید و ورود به بازار شناسایی شوند. در این راستا، در این پژوهش نخست عوامل مؤثر در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محصول بهداشتی در استان قزوین با استفاده از روش ISM شناسایی و سطح‌بندی شدند. درنهایت معیارهای، مواد شیمیایی و الکل‌ها (۱)، صابون و اسانس‌ها (۲)، حرارت دادن و خشک‌کردن (۴)، تولید پودر با دانستیته بالا (۶)، بسته‌بندی (۷)، پسمانده (۱۰) و دفع

مواد غیرسمی (۱۳) جزء معیارهای کلیدی شناسایی شدند. بنابراین مدیران شرکت تولیدکننده این محصول زمان تصمیم‌گیری‌های مهم و برنامه‌ریزی برای طراحی و تولید محصول سبز و همچنین ارزیابی آثار زیست‌محیطی آن باید هفت معیار مذکور را مدنظر قرار دهند. کلیدی بودن معیار مواد شیمیایی و الکل‌ها با نتایج پژوهش کهلر و ویلدبوز (۲۰۰۹) و نیز کلیدی بودن معیار بسته‌بندی نهایی با نتایج پژوهش کهلر و ویلدبوز (۲۰۰۹) و پژوهش کاپور و همکاران (۲۰۱۲) مشابهت دارد. همچنین کلیدی بودن معیار پسمانده در پژوهش حاضر با نتایج پژوهش ساتر و وان هاف (۲۰۰۱) در یک راستا می‌باشند. با توجه به اینکه این پژوهش در کارخانه‌های تولیدکننده لوازم بهداشتی – شوینده استان قزوین انجام شده است،از این رو به علت تعدد کارخانه‌ها در این شهر و وجود انبوهی از ضایعات و پسماندهای صنعتی و خانگی توجه به معیار دفع مواد غیرسمی در مرحله طراحی محصول بسیار مهم است، زیرا که تولید محصول با هزینه بازیافت و دفع نهایی کمتر مقرون به صرفه‌تر بوده و درنهایت میزان آسیب به محیط‌زیست کاهش پیدا می‌کند. با این اوصاف کلیدی بودن معیار دفع مواد غیرسمی از نظر خبرگان و مدیران این صنعت امری منطقی و از نتایج مهم پژوهش حاضر است.

به طور کلی نتیجه نهایی حاصل از این رتبه‌بندی با توجه به شاخص نزدیکی نسبی نشان می‌دهد که عملکرد محیطی طرح (۲) بهتر از عملکرد محیطی طرح (۱) است. این امر دلیل اصلی و کلیدی برای انتخاب طرح (۲) به عنوان گزینه برتر است. پس به مدیران شرکت تولیدکننده لوازم بهداشتی مورد مطالعه استان قزوین پیشنهاد می‌شود که برای سبزتر شدن طرح (۲) در فرایند تولید این محصول بازنگری کرده و عوامل بازدارنده را از بین ببرند. همچنین باید نسبت به اصلاح طرح (۱) اقدام‌های اساسی و برنامه‌ریزی دقیق‌تری صورت گیرد، زیرا که این طرح در سه مرحله توزیع، کاربرد و پایان عمر که آثار زیست‌محیطی بالاتری دارند، عملکرد محیطی ضعیفی دارد و این امر نشان‌دهنده آن است که این طرح می‌تواند آثار مخرب زیست‌محیطی بالایی داشته باشد.

این پژوهش از لحاظ شناسایی معیارهای ارزیابی محصولات بهداشتی- شوینده با پژوهش‌های کاپور و همکاران (۲۰۱۲)، کنینگ و همکاران، کهلر و ویلدبوز (۲۰۰۹) و ساتر و وان هاف (۲۰۰۱) مشابه است. همچنین از لحاظ کاربرد مفهوم ارزیابی چرخه

عمر محصول در کنار دیگر روش‌های ارزیابی و نیز استفاده از اعداد و منطق فازی با پژوهش‌های چان و همکاران (۲۰۱۳) و وانگ و همکاران (۲۰۱۵) تشابه دارد. با توجه به یافته‌های پژوهش پیشنهاد می‌شود که شرکت‌های تولیدکننده لوازم بهداشتی قبل از انجام ارزیابی ویژگی‌ها و شرایط محلی تولید، مراحل چرخه عمر و معیارهای خاص هر محصول به طور دقیق مورد بررسی قرار بگیرد. همچنین توصیه می‌شود که محققان در پژوهش‌های آینده از روش‌های دیگر تصمیم‌گیری مانند آنتروپی شانون برای تعیین وزن معیارها استفاده کرده و نیز علاوه بر عملکرد محیطی، عملکرد اقتصادی و اجتماعی محصول را هم مورد مطالعه قرار دهند.

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Green Product Development
2. Interpretive Structural Modeling
3. Extent Analysis
4. Ottman et al
5. Wang et al
6. Life Cycle Assessment
7. Jabbour et al
8. Technical aspects
9. Human/organizational aspects
10. Johansson & Sundin
11. Lean Product Development
12. Chen & chang
13. Chan et al
14. Analytic Hierarchy Process
15. Blengini et al
16. Kapur et al
17. Green Seal Standard
18. Koning et al
19. Carbon footprint model
20. Kohler & wildboz
21. Sauter & Von Hoof
22. Seuring et al
23. Criteria
24. Environmental assessment
25. Warfield
26. Structural Self-Interaction Matrix
27. Reachability Matrix
28. Inconsistency Ratio

29. Hwang & Yoon
30. Fuzzy positive Ideal Solution
31. Fuzzy Negative Ideal Solution
32. Autonomous variables
33. Dependent variables
34. Linkage variables
35. Independent variables

۷- منابع

[1] González-Benito J., González-Benito O. (2006) "A review of determinant factors of environmental proactivity ", *Business Strategy and the Environment*, 15(2): 87-102.

[2] Murillo-Luna J.L., Garcés-Ayerbe C., Rivera-Torres P. (2008) "Why do patterns of environmental response differ? A stakeholders' pressure approach", *Strategic Management Journal*, 29(11): 1225-1240.

[3] Dangelico Rosa Maria., Pontrandolfo Pierpaolo (2010)" From green product definitions and classifications to the Green Option Matrix", *Journal of Cleaner Production*, 18(1): 1608-1628.

[4] Chan Hing Kai., Wang Xiaojun., Chung Sai Ho. (2013) "A fuzzy-AHP framework for evaluation of Eco-design alternatives ", *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 4(1):78-91.

[5] Jabbour Charbe Jose Chiappetta., Jugend, Danie., Jabbour, Ana Beatriz Lopes de Sousa., Gunasekaran, Angappa., Latan, Hengky. (2015) "Green product development and performance of Brazilian firms: Measuring the role of human and technical aspects", *Journal of Cleaner Production*, 87:1, 442- 451.

[6] Wang, Xiaojun., Chan, Hing Kai., Li, Dong. (2015) "A case study of an integrated fuzzy methodology for green product Development", *European Journal of Operational Research,* 241: 212-223.

[7] Nakhai A., Kheyri B. (2012) "The impact Study selective factors on the intention to buy green", *Journal Marketing Management*, 15(1): pp. 105-130, (in Persian).

[8] Chen, Yu-shan., chang,ching-Hsun. (2013) "Capabilities, green transformational leadership and green creativity", *J Bus Ethics*, 116:107–119.

[9] Ramezaniyan M.R., Smailpor R., Tondkar S.H. (2010) "Green marketing mix impact on consumer purchase decision making process", *Journal of Business Management*, 2(5): 72-89, (in Persian).

[10] Chen Y.S., Lai S.B., Wen C.T. (2006) "The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan", *Journal of Business Ethics*, 67(4): 331-339.

[11] Chung Y., Tsai C. (2007) "The effect of green design activities on new product strategies and performance: an empirical study among high-tech companies", *International Journal of Management*, 24(2): 276-288.

[12] Ottman J. A., Stafford E.R., Hartman C.L. (2006) "Green marketing myopia", *Environment*, 48 (5): 22-36.

[13] Seuring Stefan., Koplin Julia., Behrens Torsten., Schneidewind Uwe (2003) "Sustainability assessment in the German detergent industry: from stakeholder involvement to sustainability indicators", *sust.dev*, 11:199-212.

[14] Johansson Glenn., Sundin Erik. (2014) "Lean and green product development: two sides of the same coin?", *Journal of Cleaner Production*, 85:104-121.

[15] Blengini Gian Andrea, Busto Mirko, Fantoni Moris, Fino Debora (2012) "ECO – efficient waste glass recycling: Integrated waste management and green product development through LCA", *Waste Management*, 32: 1000 – 1008.

[16] Kapur Amit, Baldwin Cheryl., Swanson Mary, Wilberforce Nana, McClenachan, Giovanna, Rentschler, Mark (2012) "Comparative life cycle assessment of conventional an Green Seal- compliant industrial and institutional cleaning products", *Int J Life Cycle Assess*, 17: 377 -387.

[17] Koning Arjan de., Schowanek Diederik., Dewaele Joost., Weisbrod Annie., Guinée Jeroen. (2010) "Uncertainties in a carbon footprint model for detergents; quantifying the confidence in a comparative result", *Int J Life Cycle Assess*, 15:79–89.

[18] Koehler A., Wildboz C. (2009) "Comparing the environmental footprints of home-care and personal-hygiene products: The relevance of different life-cycle phases", *Environ Sci Tech*, 43: 8643–8651.

[19] Saouter E., Van Hoof A. (2001) "A database for life-cycle assessment of Procter & Gamble laundry detergents", *Int J Life Cycle Assess*, 7(2):103 –114.

[20] Ajdari A.R., Mazarei A., Naghsh bishi H. (2012) "Designing Sustainable (green)", (First Edition), Venos, (in Persian).

[21] Azar A., Tizro A., Moghbel A., Rostami A.A. (2010) "Designing the model of supply chain agility , interpretive structural modeling approach", *Management Researches in Iran*, 14(4): 1-25, (in Persian).

[22] Zarei A., Izad khah M.M. (2015) "Interpretive structural modeling of strategy map in specialized parent company", *Management Researches in Iran*, 19(3): 135-160, (in Persian).

[23] Olfat L., Shahriyari nia A. (2014) "Interpretive structural modeling the factors affecting on the choice of fellow in supply chain agility", *Production and Operations Management*, 5(2): 109-128, (in Persian).

[24] Mehregan M. R. (2004) "Advanced operational Research", (First Edition), University Book Publishers, (in Persian).

[25] Kazazi A., Azar A., Zangoi Nejad A. (2010) "An algorithm to measure the capabilities of supply chain services, with the approach of MCDM Fuzzy", *Management Researches in Iran*,14 (2): 149-172, (in Persian).