

## تعیین درجه سبز بودن محصولات نفتی با استفاده از سیستم استنتاج سلسله مراتبی فازی

امیر یوسفلی، وحید کریم پور خامنه، رضا نوروزی

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۱۳

### چکیده

پالایشگاه‌ها از جمله صنایع تبدیلی از ماده اولیه نفت و گاز هستند که در صورت عدم مدیریت صحیح، فرآیند تولید آنها و همچنین محصولات تولید شده توسط این شرکت‌ها می‌تواند تأثیرات زیست محیطی بسیار نامطلوبی به همراه داشته باشد. امروزه این شرکت‌ها تمام تلاش خود را به کار می‌گیرند تا آسیب‌های زیست محیطی وارده از طریق محصولات و زنجیره تأمین، تولید و توزیع خود را به حداقل برسانند. اولین گام برای مدیریت صحیح تأثیرات زیست محیطی، توجه به شرایط فعلی و ارزیابی صحیح از محصولات تولیدی می‌باشد. در این مقاله روشی برای ارزیابی درجه سبز بودن محصولات پالایشگاه‌ها ارائه می‌شود که برای این منظور ابتدا پارامترهای موثر بر سبز بودن محصول تعیین شده و در ادامه در قالب یک ساختار سلسله مراتبی دسته بندی می‌شوند. با توجه به عدم امکان تعریف تابعی صریح برای ارزیابی نحوه تأثیر پارامترها در افزایش یا کاهش درجه تطابق محصول با شرایط زیست محیطی، از کنترل‌های فازی استفاده شده و با بکارگیری پایگاه قواعد ممدانی، یک سیستم استنتاج سلسله مراتبی برای تعیین درجه سبز بودن محصولات تولیدی پالایشگاه‌ها ارائه شده است. کارایی مدل ارائه شده با پیاده سازی آن بر روی تعدادی از محصولات پالایشگاه بندرعباس ارزیابی شده و نتایج بدست آمده عملکرد منطبق بر واقعیت سیستم استنتاج ارائه شده را تایید می‌کند.

**کلمات کلیدی:** زنجیره تأمین سبز، محصول سبز، درجه سبز بودن محصولات، پایگاه قواعد فازی، استنتاج سلسله مراتبی فازی

ژورنال علمی و مطالعات فزنی  
پرتال جامع علوم انسانی

\* عضو هیات علمی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه زنجان. (نویسنده مسئول)

ayousefli@znu.ac.ir.

کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندر عباس، بندر عباس.

کارشناسی ارشد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین.

## مقدمه

مدیریت زنجیره تأمین سبز، یکپارچه کننده مدیریت زنجیره تأمین با الزامات زیست محیطی در تمام مراحل طراحی محصول، انتخاب و تأمین مواد اولیه، تولید و ساخت، فرایندهای توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و بالاخره پس از مصرف، مدیریت بازیافت و مصرف مجدد به منظور بیشینه کردن میزان بهره‌وری مصرف انرژی و منابع همراه با بهبود عملکرد کل زنجیره تأمین است (ژو و سرکیس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). از جمله فعالیت‌هایی که در این حوزه انجام گرفته است می‌توان به پژوهش سرینگ و مولر<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) اشاره نمود، آنان در پژوهش خود ادبیات مربوط به زنجیره تأمین سبز را بررسی کرده و مشاهده نمودند که تنها هشت مقاله مروری طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۸ منتشر گردیده است. هسو و هو<sup>۳</sup> (۲۰۰۸) به ارزیابی رویکردهای عمده در عملیاتی کردن مدیریت زنجیره تأمین سبز پرداختند. آن‌ها ۲۰ رویکرد را شناسایی کرده و از طریق تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی، رویکردها را اولویت‌بندی کردند. ژو و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) در مجموع ۲۲ مؤلفه را برای ارزیابی مدیریت زنجیره تأمین سبز در برخی صنایع چین نظیر الکترونیک، پالایشگاه و خودرو شناسایی کردند. آن‌ها این معیارها را در پنج گروه شامل مدیریت محیطی داخلی، خرید سبز، همکاری با مشتری، بازیافت و طراحی محیطی طبقه‌بندی کردند. توزکایا و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۹) به ارزیابی عملکرد محیطی تأمین کنندگان با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی و روش ساختاریافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی برای ارزیابی‌های فازی پرداختند. در این مطالعه معیارهای مدیریت فرآیند سبز، کنترل آلودگی، مدیریت محیطی، هزینه‌های محیطی، تصویر سبز و محصول سبز برای ارزیابی عملکرد مطرح شده و با استفاده از روش ارزیابی فازی، وزن مربوط به معیارها محاسبه شده است. همچنین انجی<sup>۶</sup> (۲۰۰۹) روش ارزیابی فازی را برای ارزیابی گزینه‌های مربوط به طراحی سبز استفاده کرد. نینلاوان و

- 
1. Zhu & Sarkis
  2. Seuring & Müller
  3. Hsu & Hu
  4. Zhu et al .
  5. Tuzkaya et al .
  6. Ng

همکاران<sup>۱</sup>(۲۰۱۰)، معیارهایی را برای ارزیابی مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنعت الکترونیک تایلند شناسایی کردند. آن‌ها این معیارها را در چهار گروه شامل تدارکات سبز، تولید سبز و لجستیک طبقه‌بندی کردند. کو و همکاران<sup>۲</sup>(۲۰۱۰)، با در نظر گرفتن شش بعد، کیفیت، هزینه، تحویل، خدمت‌دهی، محیط و مسئولیت اجتماعی شرکت و با استفاده از روش ترکیبی شبکه‌های عصبی و تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله مراتبی به ایجاد سیستمی برای انتخاب تأمین‌کننده سبز پرداختند. لارج و تامسن<sup>۳</sup>(۲۰۱۱)، شاخص‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز را شناسایی کردند و تحت پنج مؤلفه قابلیت‌های مدیریت تأمین سبز، خرید سبز، تعهد محیطی، ارزیابی محیطی تأمین‌کنندگان و همکاری با تأمین‌کنندگان ارائه دادند. صبغی و همکاران<sup>۴</sup>(۲۰۱۶) در پژوهشی به ارائه روشی برای ارزیابی میزان سبز بودن محصولات با استفاده از روش استنتاج فازی پرداختند. آن‌ها در این پژوهش به بررسی میزان سبز بودن محصولات پرداختند. در این پژوهش علاوه بر استفاده از سیستم استنتاج فازی از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی همراه با فرمول آنتروپی شانون برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از محصولات و میزان سبز بودن آن‌ها، استفاده شده است. تسای و همکاران<sup>۵</sup>(۲۰۱۶) معیارهایی برای تعیین درجه سبز بوده تأمین‌کنندگان ارائه کرده و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی شبکه ای (ANP)، مدلی جهت ارزیابی درجه سبز بودن تأمین‌کنندگان توسعه دادند. ژاو و هی<sup>۶</sup>(۲۰۱۷) به بررسی مفهوم طراحی محصول سبز در زنجیره تأمین رقابتی پرداختند. در این تحقیق تاثیر سه موضوع ساختار زنجیره تأمین (متمرکز و غیر متمرکز)، نوع محصول و نوع رقابت (رقابت بر روی قیمت و یا رقابت بر روی میزان سبز بودن) بر روی تصمیمات مرتبط با سبز بودن محصول مورد توجه قرار گرفت و از تئوری بازی‌ها برای فرموله کردن مسئله استفاده شد. تاپگل و همکاران<sup>۷</sup>(۲۰۱۸) به بررسی معیارها و مدل‌های ارزیابی سبز بودن

---

1. Ninlawan et al

2. Kuo et al.

3. Large and Thomsen

4. Sabaghi et al

5. Tsai et al.

6. Zhu and He

7. Topgul et al.

زنجیره تامین پرداخته و با دسته بندی ادبیات، مسیرهایی برای مطالعات آینده ارائه کردند. رومرو گارسیا و همکاران (۲۰۱۸)<sup>۱</sup> مدلی برای ارزیابی زیست محیطی پالایشگاه‌های زیستی ارائه دادند که بر اساس پارامترهایی مانند پایداری، میزان استفاده از زمین، تاثیرات زیست محیطی و غیره به ارزیابی این نوع از پالایشگاه‌ها می‌پردازد. مونیوز ویلامیزر<sup>۲</sup> (۲۰۱۸) و همکاران بر اساس چارچوب تولید ناب، روشی برای ارزیابی عملکرد سبز سازمان‌ها ارائه دادند. مدل و شاخص‌های پیشنهادی آنها به سازمان‌ها کمک می‌کند که بتوانند میزان پیشرفت خود در بهبود تاثیرات زیست محیطی را اندازه بگیرند. هونگ و همکاران (۲۰۱۹)<sup>۳</sup> با در نظر گرفتن رفتار مصرف کننده، به بررسی مسئله طراحی محصول سبز در زنجیره تامین دو سطحی پرداختند. آنها در این مقاله تاثیر قوانین مالیاتی، میزان آگاهی‌های زیست محیطی مصرف کننده و همچنین استراتژی‌های قیمت گذاری بر طراحی محصولات سبز را بررسی کردند. تاپگل و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۹) با استفاده از رویکرد فازی شهودی<sup>۵</sup> به ارزیابی درجه سبز بودن زنجیره تامین در چهار مرحله زنجیره یعنی: لجستیک ورودی به کارخانه، لجستیک درون کارخانه، لجستیک خروجی از کارخانه و لجستیک معکوس پرداختند. احمدی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به شناسایی شاخص‌های اصلی مدیریت زنجیره تامین سبز و ارائه مدلی در این راستا و در نهایت انتخاب بهترین تامین کننده از دیدگاه ملاحظات زیست محیطی در شرکت فولاد آلیاژی ایران پرداخته‌اند. صفایی قادیکلایی (۱۳۹۲) در پژوهشی، با ارائه روش ادغامی تحلیل شبکه ای - دیمتل<sup>۶</sup> در فضای فازی، به اولویت بندی معیارهای ارزیابی عملکرد تامین کننده سبز در شرکت دیزل سنگین پرداخت. همچنین مهدوی و صفایی قادیکلایی (۱۳۹۵) در پژوهش خود، پس از بومی سازی مدل که به انتخاب تامین کننده سبز می‌پردازد با استفاده از تکنیک ویکور فازی به رتبه بندی تامین کنندگان پرداخته‌اند.

1. Romero-García et al.

2. Muñoz-Villamizar

3. Hong et al .

4. Topgul et al .

5. Intuitionistic Fuzzy Approach.

6. ANP-DEMATEL

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته دیده می‌شود که در صنایع مختلف، از جمله صنایع نفتی، ضرورت ارزیابی و انتخاب فناوری‌ها برای کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی در حال توسعه است. این مسئله نیاز به شناسایی عوامل مؤثر در سبز بودن محصول در شرکت‌های نفتی را به وجود می‌آورد. از سوی دیگر با سخت‌گیرانه‌تر شدن قوانین و استانداردها، این شرکت‌ها باید در مسیر بهبود و ارتقاء سطح سازگاری محصولات تولیدی خود با محیط گام بردارند، از این رو سنجش وضعیت فعلی و شرایط حال حاضر محصولات از نظر سبز بودن و تطابق با الزامات زیست‌محیطی، گام اول و اساسی در این راه می‌باشد. به عبارت دیگر پالایشگاه‌ها و سایر شرکت‌های تولیدکننده محصولات پایه نفتی باید بتوانند در قالب ساختاری نظام مند و بر اساس مدلی مدون، به ارزیابی دوره‌ای محصولات تولیدی خود پرداخته و رویکردهای صحیح جهت افزایش درجه سبز بودن محصولات را تعیین کنند. بدین منظور در این مقاله سعی شده است مدلی برای تعیین میزان درجه سبز بودن محصولات پالایشگاه‌ها ارائه شود تا فعالین این صنعت بتوانند با استفاده از آن، میزان سبز بودن محصولات خود را ارزیابی نمایند. اما دغدغه اصلی برای طراحی چنین سیستمی کیفی بودن موضوع درجه سبز بودن محصولات است. بدین معنی که نحوه تاثیرگذاری هر یک از پارامترهای شناسایی شده بر درجه سبز بودن محصول را نمی‌توان در قالب یک تابع صریح فرموله کرد. همچنین نوع ارتباط پارامترهای موثر با درجه سبز بودن محصول، لزوماً خطی نیست که بتوان از روش‌هایی مانند تحلیل عاملی یا تعیین مولفه‌های اصلی برای تعیین رابطه بین آنها استفاده کرد. لذا در این مقاله از کنترل‌های فازی برای تعیین نحوه ارتباط بین پارامترهای موثر و درجه سبز بودن محصولات استفاده شده است و با ایجاد یک ساختار استنتاج سلسله مراتبی فازی بر اساس مدل ممدانی، درجه سبز بودن محصولات ارزیابی شده است. نوآوری‌های اصلی این مقاله که آن را از سایر مدل‌های ارائه شده در ادبیات موضوع جدا می‌کند شامل موارد زیر است:

استفاده از کنترل‌های فازی به جای توابع ریاضی برای استنتاج سطح سبز بودن  
ایجاد ساختار سلسله مراتبی فازی برای افزایش سطح دقت استنتاج فازی

امکان پیگیری و علت یابی مشکلات شرکت در حالت پایین بودن درجه سبز بودن هر یک از محصولات  
 امکان تعیین نقاط قوت و ضعف شرکت در تولید سازگار با محیط زیست  
 امکان اتصال نتایج مدل به استراتژی‌های شرکت و تدوین استراتژی‌های توسعه محصولات سازگار با محیط زیست

سازماندهی این مقاله بدین ترتیب است که در بخش بعد به روش‌شناسی پژوهش پرداخته شده است و بخش سوم شامل یافته‌های پژوهش می‌باشد. در این بخش پارامترهای موثر بر درجه سبز بودن محصول معرفی شده و ساختار استنتاج سلسله مراتبی تعیین درجه سبز بودن محصولات نفتی ارائه می‌گردد. نحوه پیاده‌سازی مدل توسعه داده شده در بخش چهارم و در قالب مطالعه موردی بررسی می‌شود و آخرین بخش نیز شامل نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای پژوهش‌های آینده خواهد بود.

### روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر نوع، یک تحقیق توصیفی-تحلیلی می‌باشد. از آنجایی که هدف ما در این پژوهش بهبود وضع سازمان و اندازه‌گیری درجه سبز بودن محصولات سازمان در جهت کمک به مدیران است، از نظر هدف این پژوهش در دسته توسعه‌ای-کاربردی قرار می‌گیرد. به منظور ارائه مدل توسعه داده شده در این مقاله، چهار گام اصلی شامل موارد زیر طی شده است:

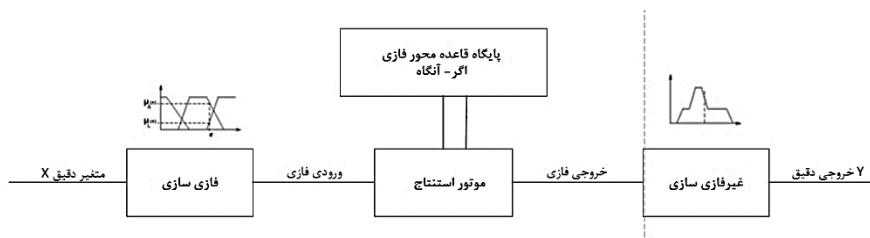
مرحله اول: تهیه فهرست پارامترهای تاثیرگذار بر سبز بودن محصولات نفتی

مرحله دوم: تشکیل ساختار سلسله مراتبی از پارامترهای موثر بر سبز بودن محصولات پالایشگاه‌ها

مرحله سوم: طراحی سیستم استنتاج فازی

مرحله چهارم: پیاده‌سازی مدل توسعه داده شده در پالایشگاه بندرعباس به عنوان مطالعه موردی.

در مرحله اول، ابتدا از طریق مطالعه ادبیات، پارامترهای موثر بر سبز بودن محصولات تولیدی پالایشگاه‌ها شناسایی و در قالب یک ساختار سلسله مراتبی دسته بندی گردید. در ادامه و در مرحله دوم، پارامترهای شناسایی شده به منظور اعلام نظر و تایید در اختیار خبرگان قرار گرفت. در این مرحله از ابزار پرسشنامه استفاده شد که روایی آن با نظر ۷ تن از اساتید دانشگاه و مدیران پالایشگاه‌های کشور تایید گردید و برای بررسی پایایی آن نیز از روش آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار آن ۰/۸۷ ارزیابی شد. در مرحله سوم مدل استنتاج سلسله مراتبی برای تعیین درجه سبز بودن محصول توسعه داده شده است. به علت ماهیت نادقیق و همچنین ناملموس موضوع درجه سبز بودن محصول و همچنین عدم امکان تعریف تابعی صریح از پارامترها برای اندازه گیری میزان سبز بودن محصولات تولیدی پالایشگاه‌ها از یک سو و وجود دانش مربوطه در ذهن خبرگان و سهولت اخذ این دانش در قالب عبارات زبانی و قواعد اگر- آنگاه، از سویی دیگر، باعث شد تا ابزار کنترلر فازی از نوع ممدانی به منظور تعیین درجه سبز بودن محصولات مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی کنترلرهای فازی به ویژه کنترلر ممدانی برای چنین موقعیت‌هایی ایجاد شده اند و در شرایطی که امکان ارائه توابعی برای تعریف رابطه بین پارامترها وجود نداشته باشد، این ابزار می تواند راهگشا باشد. روند کلی سیستم استنتاج فازی در شکل ۱ نشان داده شده است. بدین ترتیب در مرحله سوم، با استفاده از ساختار سلسله مراتبی از پارامترهای موثر بر درجه سبز بودن محصول و بر اساس نظر خبرگان که در قالب یک پرسشنامه جمع آوری شده است، سیستم استنتاج سلسله مراتبی تعیین درجه سبز بودن محصولات پایه نفتی توسعه داده شد. پرسشنامه تعیین قواعد فازی نیز بر اساس نظر هفت نفر از اساتید دانشگاه تایید روایی شده و برای ارزیابی پایایی آن ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد که مقدار آن ۰/۸۱ بود. مدل استنتاج فازی سلسله مراتبی توسعه داده شد در مرحله سوم، بر روی چهار محصول تولیدی پالایشگاه بندرعباس اجرا شد که نتایج آن در مرحله چهارم ارائه شده است.



شکل (۱): سیستم استنتاج فازی

با توجه به اینکه اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی مدل مورد نظر این پژوهش، مبتنی بر دانش خبرگان دانشگاهی و صنعت بوده و از سوی دیگر تعداد افراد در دسترسی که در زمینه تخصصی درجه سبز بودن محصولات نفتی دارای خبرگی و تجربه کافی باشند محدود بود، لذا برای انتخاب خبرگان از روش نمونه‌گیری قضاوتی و در دسترس استفاده شده است. نظر به اینکه پژوهش حاضر در حوزه مطالعات کیفی قرار می‌گیرد و حجم نمونه در مطالعات کیفی در مقالات مختلف برابر با ۶، ۱۲، ۱۸ و در حالت‌های پیچیده‌تر ۲۰ عنوان شده است (برتاکس، ۱۹۸۱؛ کازل، ۱۹۹۲؛ مورس، ۱۹۹۴؛ برنارد، ۱۹۹۵؛ مارشال، ۱۹۹۶؛ پاتون، ۲۰۰۲؛ گست و همکاران، ۲۰۰۶؛ اسکولموسکی و همکاران، ۲۰۰۹)، در این پژوهش علی‌رغم بالا بودن درجه خبرگی افراد پاسخ‌دهنده انتخاب شده، تعداد ۳۰ پرسشنامه در مرحله پالایش پارامترها توزیع شده که تعداد ۲۱ پرسشنامه بصورت تکمیل شده دریافت شد و همچنین در مرحله تعیین قواعد فازی نیز تعداد ۳۰ پرسشنامه توزیع شده که از این تعداد نیز ۲۳ پرسشنامه اخذ گردیده است.

### یافته‌های پژوهش

در این بخش ابتدا و بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای، لیست اولیه از پارامترهای تأثیرگذار بر درجه سبز بودن محصولات تهیه شده و در قالب یک ساختار سلسله مراتبی دسته بندی شده است. بعد از غربالگری بر اساس نظر خبرگان، درخت سلسله مراتبی نهایی عوامل تأثیرگذار بدست آمده و به عنوان مبنایی برای ارائه سیستم استنتاج سلسله مراتبی فازی در نظر گرفته



شده است. در انتها نیز بعد از ارائه سیستم استنتاج سلسله مراتبی برای اندازه گیری درجه سبز بودن محصولات، مدل بدست آمده بر روی ۴ محصول پالایشگاه بندرعباس به عنوان مطالعه موردی اجرا شده و نتایج ارائه شده اند.

### پارامترهای تأثیرگذار بر درجه سبز بودن محصولات

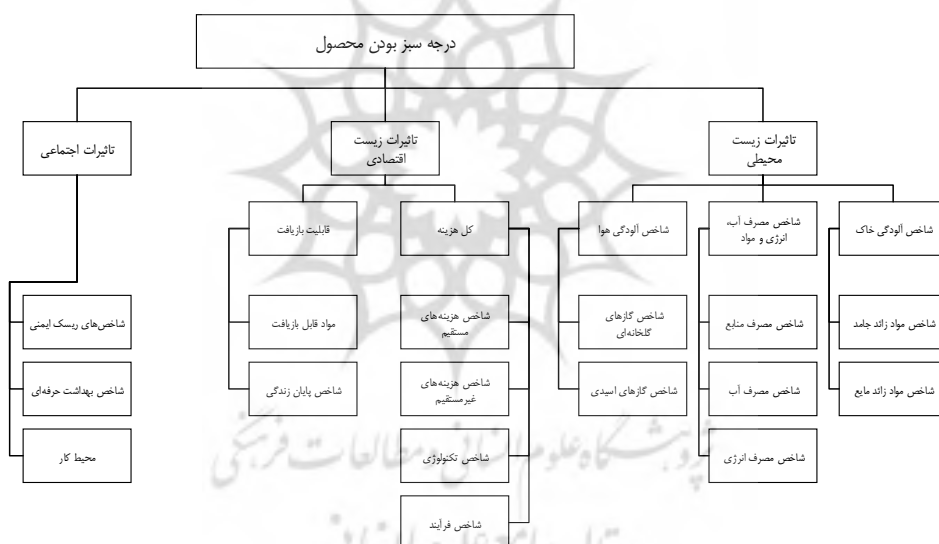
پارامترهای موثر بر درجه سبز بودن محصولات بر اساس بررسی ادبیات موضوع مطابق جدول ۱ شناسایی گردید.

جدول (۱): پارامترهای موثر بر درجه سبز بودن محصولات

معیار	مرجع	معیار	مرجع
مواد زائد مایع	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، توزکایا و همکاران (۲۰۰۹)، نینلاوان و همکاران (۲۰۱۰)، تیسایی و همکاران (۲۰۱۵)	تکنولوژی	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، توزکایا و همکاران (۲۰۰۹)
مواد زائد جامد	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، توزکایا و همکاران (۲۰۰۹) نینلاوان و همکاران (۲۰۱۰)	هزینه‌های مستقیم	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)
مصرف آب	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، تیسایی و همکاران (۲۰۱۴)، توزکایا و همکاران (۲۰۰۹)، آزپاجیک (۲۰۰۴)، آبريو و همکاران (۲۰۱۷)	هزینه‌های غیر مستقیم	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)
مصرف انرژی	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، توزکایا و همکاران (۲۰۰۹)، تیسایی و همکاران (۲۰۱۴)، آزپاجیک (۲۰۰۴)، آبريو و همکاران (۲۰۱۷)	مواد قابل بازیافت	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)
مصرف منابع	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، نینلاوان و همکاران (۲۰۱۰) تیسایی و همکاران (۲۰۱۴)، آزپاجیک (۲۰۰۴)، آبريو و همکاران (۲۰۱۷)	پایان زندگی	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)
گازهای اسیدی	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، آبريو و همکاران (۲۰۱۷)	محیط کار	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، توزکایا و همکاران (۲۰۰۹)، آبريو و همکاران (۲۰۱۷)
گازهای گلخانه‌ای	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، آزپاجیک (۲۰۰۴)، آبريو و همکاران (۲۰۱۷)	ریسک‌های ایمنی	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)
فرآیند	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)	بهداشت حرفه‌ای	صبغی و همکاران (۲۰۱۶)، تیسایی و همکاران (۲۰۱۴)، آزپاجیک (۲۰۰۴)

منبع: یافته‌های پژوهش

همانطور که در شکل ۲ قابل مشاهده است، لیست اولیه پارامترهای تاثیر گذار، در قالب یک ساختار سلسله مراتبی دسته‌بندی شده‌اند. این پارامترها در سطح اول به سه حوزه اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی دسته بندی گردیده‌اند. پارامترهای زیست محیطی در سه حوزه شاخص‌های آلودگی خاک، مصرف انرژی و آلودگی هوا تقسیم بندی شده و شاخص‌های اقتصادی نیز شامل شاخص کل هزینه و شاخص قابلیت بازیافت محصولات می‌باشد. در سطح سوم در مجموع ۷ زیر معیار برای ارزیابی تاثیرات زیست محیطی محصولات در نظر گرفته شده است. ۶ زیر معیار نیز تاثیرات اقتصادی را بررسی کرده و با ۳ زیر معیار هم اثرات اجتماعی محصولات را نشان داده می‌شوند.



شکل (۲): ساختار سلسله مراتبی پارامترهای تاثیر گذار بر درجه سبز بودن محصولات نفتی

منبع: یافته‌های پژوهش

ساختار سلسله مراتبی نمایش داده شده در شکل ۲ به سه منظور جهت دریافت نظر خبرگان به آنها ارائه شدند:

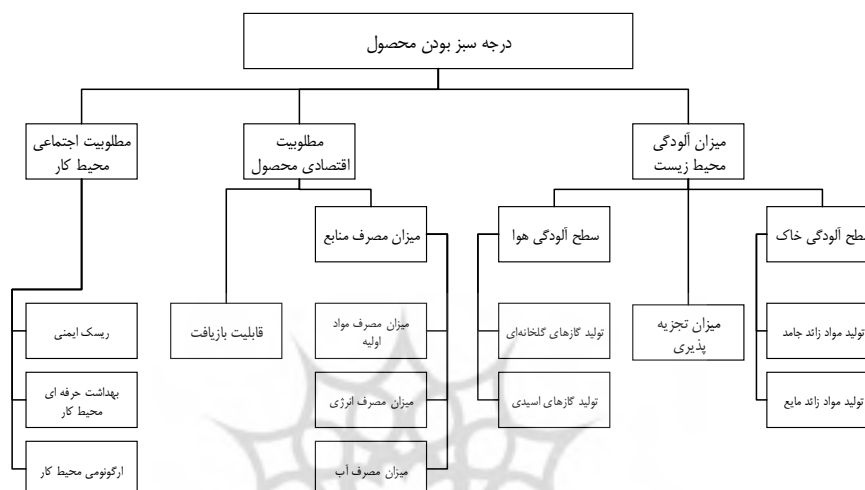
استفاده از نظر خبرگان جهت اطمینان از تناسب پارامترهای در نظر گرفته شده با موضوع «درجه سبز بودن محصولات تولیدی پالایشگاه‌ها در ایران» و صحت آنها.

حذف پارامترهای کم اهمیت و جزئی.

اضافه شدن پارامترهایی که در ادبیات موضوع دیده نشده بودند.

برای این منظور در پرسشنامه‌ای از خبرگان خواسته شد تا به ۱۶ پارامتر مستقل در آخرین سطح از شکل ۲، بر اساس سه معیار «مرتبط بودن» معیار با موضوع درجه سبز بودن محصول، «مفهوم بودن» معیار برای مدیران و «قابلیت اندازه‌گیری» معیار، امتیاز دهی کنند. ۳۰ خبره در این نظرسنجی مورد پرسش قرار گرفتند که از این تعداد، ۲۱ نفر پرسشنامه تکمیل شده را ارجاع دادند. علاوه بر این از خبرگان خواسته شد تا در صورت وجود، پارامترهایی که دارای اهمیت بالا بوده و در این مجموعه دیده نشده اند را پیشنهاد نمایند. برای امتیازدهی، بازه صفر تا پنج مد نظر قرار گرفت و برای تحلیل پرسشنامه‌های توزیع شده از روش لکسیکوگرافی استفاده گردید. بر اساس نظر خبرگان معیار «مرتبط بودن» دارای بالاترین اولویت بوده و معیارهای «قابلیت اندازه‌گیری» و «مفهوم بودن» در اولویت‌های بعدی قرار داشتند. بنابراین پارامترهایی که در معیار اول حداقل امتیاز لازم را کسب نمایند از مجموعه پارامترهای مورد مطالعه حذف خواهند شد. در ادامه، وضعیت پارامترهای باقی‌مانده در معیار دوم بررسی می‌شود و پارامترهایی که حداقل امتیاز را داشته باشند در معیار «مفهوم بودن» ارزیابی می‌گردند و در صورت کسب حداقل امتیاز در این معیار، به عنوان پارامتر نهایی در مجموعه پارامترهای تاثیر گذار بر درجه سبز بودن محصول مد نظر قرار می‌گیرند. بر این اساس و پس از بررسی نتایج ادغام شده پرسشنامه‌ها، ساختار نهایی پارامترهای موثر بر درجه سبز بودن محصولات مطابق شکل ۳ بدست آمد. همچنین با توجه به نظر پاسخ‌دهندگان شیوه نام‌گذاری برخی از شاخص‌ها تغییر یافته است. بنابراین شکل ۳ درخت سلسله مراتبی نهایی عوامل مؤثر بر سبز بودن محصول در شرکت‌های تولیدکننده مشتقات نفتی است که مورد تایید خبرگان می‌باشد.

ساختار سلسله مراتبی بدست آمده در شکل ۳، مبنایی برای تدوین سیستم استنتاج سلسله مراتبی برای تعیین درجه سبز بودن محصولات نفتی است که با استفاده از کنترلر فازی ممدانی در بخش بعد طراحی خواهد شد.

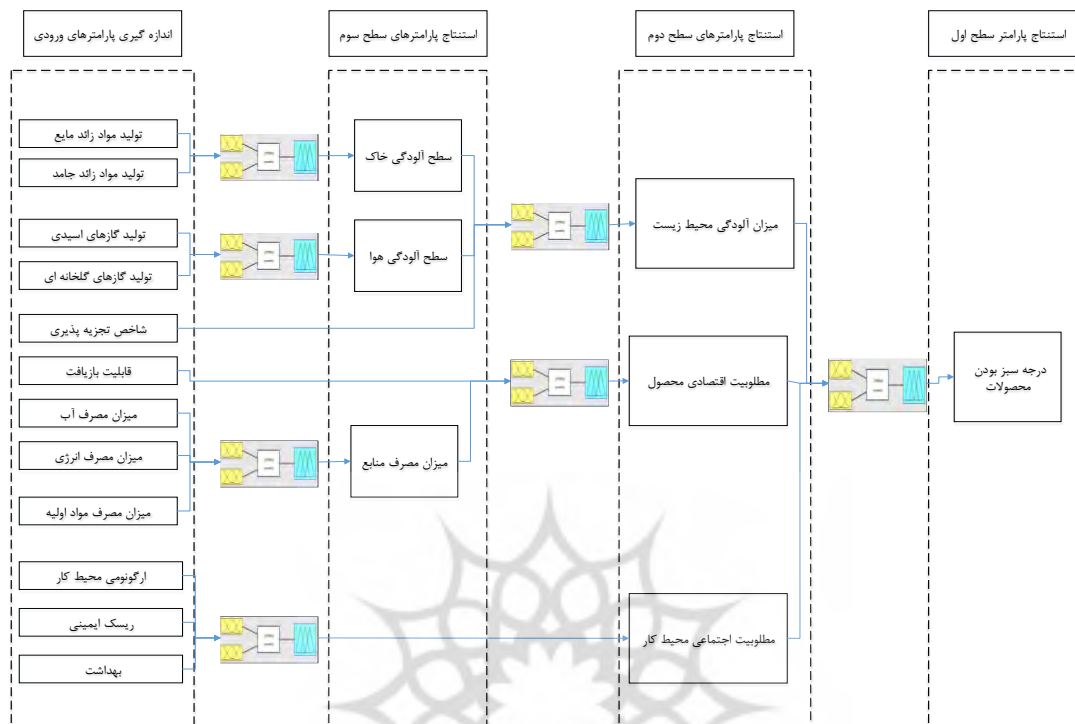


شکل (۳): ساختار سلسله مراتبی نهایی پارامترهای موثر بر درجه سبز بودن محصول

منبع: یافته‌های پژوهش

### سیستم استنتاج سلسله مراتبی فازی سنجش درجه سبز بودن محصولات

ساختار سلسله مراتبی بدست آمده از پارامترهای موثر بر درجه سبز بودن محصولات که در بخش قبل ارائه گردید، در این بخش برای طراحی سیستم استنتاج فازی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. به طوری که پارامترهای هر سطح از طریق یک پایگاه قواعد فازی به پارامترهای سطح بالاتر خود متصل می‌شوند. به عبارت دیگر هر پارامتر سطح سوم از طریق یک پایگاه قواعد فازی که قسمت مقدم آن پارامترهای زیر مجموعه آن در سطح چهارم است محاسبه می‌شود.



شکل (۴): مدل کلی استنتاج سلسله مراتبی درجه سبز بودن محصول

منبع: یافته‌های پژوهش

هر پارامتر سطح دوم نیز از طریق یک پایگاه قواعد فازی که ورودی آن پارامترهای مرتبط در سطح سوم هستند، استنتاج شده و در نهایت میزان درجه سبز بودن محصولات نیز از طریق یک پایگاه قواعد فازی که قسمت مقدم آن را سه معیار «میزان آلودگی زیست محیطی»، «مطلوبیت اقتصادی محصول» و «مطلوبیت اجتماعی محیط کار» تشکیل می‌دهند، استنتاج می‌شود. شکل ۴ مدل کلی استنتاج درجه سبز بودن محصول بر اساس پارامترهای موثر بر آن را نشان می‌دهد.

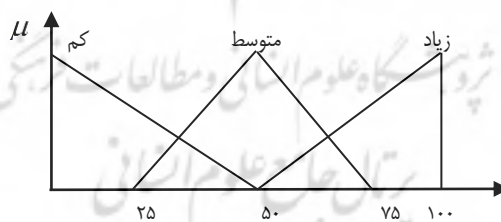
به منظور تعیین قواعد هر یک از کنترلرهای نمایش داده شده در شکل ۴، پرسشنامه‌ای مشابه جدول ۲ در اختیار ۳۰ تن از خیرگان صنعت و دانشگاه قرار گرفت و از آنها درخواست شد تا بر اساس آنچه در قسمت مقدم هر قاعده بیان شده است، یکی از گزینه‌های «بالا»، «متوسط» و «پایین» در قسمت تالی را انتخاب کنند.

جدول (۲): پرسشنامه قواعد فازی برای استنتاج پارامتر «سطح آلودگی هوا»

تالی		مقدم									
		نتیجه			شرط دوم			شرط اول			
پایین	متوسط	بالا	سطح آلودگی هوا	آنگاه	بالا	تولید گازهای اسیدی	و	بالا	تولید گازهای گلخانه‌ای	اگر	۱
پایین	متوسط	بالا	سطح آلودگی هوا	آنگاه	متوسط	تولید گازهای اسیدی	و	بالا	تولید گازهای گلخانه‌ای	اگر	۲
پایین	متوسط	بالا	سطح آلودگی هوا	آنگاه	پایین	تولید گازهای اسیدی	و	بالا	تولید گازهای گلخانه‌ای	اگر	۳
پایین	متوسط	بالا	سطح آلودگی هوا	آنگاه	بالا	تولید گازهای اسیدی	و	متوسط	تولید گازهای گلخانه‌ای	اگر	۴
پایین	متوسط	بالا	سطح آلودگی هوا	آنگاه	متوسط	تولید گازهای اسیدی	و	متوسط	تولید گازهای گلخانه‌ای	اگر	۵
پایین	متوسط	بالا	سطح آلودگی هوا	آنگاه	پایین	تولید گازهای اسیدی	و	متوسط	تولید گازهای گلخانه‌ای	اگر	۶
پایین	متوسط	بالا	سطح آلودگی هوا	آنگاه	بالا	تولید گازهای اسیدی	و	پایین	تولید گازهای گلخانه‌ای	اگر	۷
پایین	متوسط	بالا	سطح آلودگی هوا	آنگاه	متوسط	تولید گازهای اسیدی	و	پایین	تولید گازهای گلخانه‌ای	اگر	۸
پایین	متوسط	بالا	سطح آلودگی هوا	آنگاه	پایین	تولید گازهای اسیدی	و	پایین	تولید گازهای گلخانه‌ای	اگر	۹

منبع: یافته‌های پژوهش (محقق ساخته)

عبارات زبانی بر اساس تبدیل معرفی شده توسط چن و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) که در شکل ۵ نمایش داده شده، کمی شده اند.



شکل (۵): اعداد فازی متناظر با متغیرهای زبانی

منبع: چن و همکاران (۲۰۰۸)

به منظور ادغام نظر خبرگان در هر قاعده فازی از میانگین فازی استفاده شده است، به طوری که اگر تالی اعلام شده توسط خبره  $k$  ام برای قاعده  $i$  ام از پایگاه قواعد  $Z$  ام را با  $(c_{ijk}^l, c_{ijk}^m, c_{ijk}^r)$  نشان دهیم، آنگاه میانگین فازی از طریق فرمول (۱) محاسبه می‌شود (زیمرن،<sup>۱</sup> ۱۹۹۶).

$$C_{ij} = \left( \frac{\sum_{k=1}^K c_{ijk}^l}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K c_{ijk}^m}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K c_{ijk}^r}{K} \right) \quad (1)$$

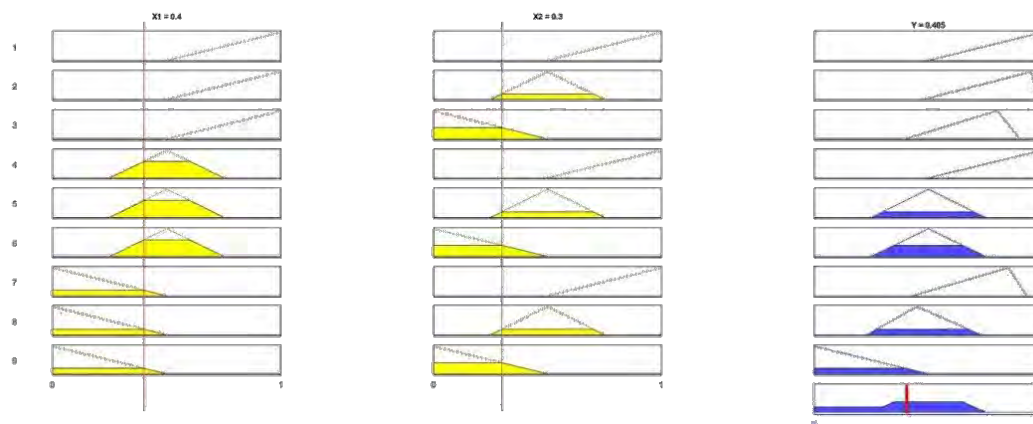
بدین ترتیب و بر اساس مدل سلسله مراتبی نشان داده شده در شکل ۴، تعداد هفت کنترلر برای استنتاج درجه سبز بودن محصولات نفتی ایجاد گردید که خروجی کنترلرهای سطح پایین‌تر، به عنوان ورودی کنترلرهای سطح بالاتر در نظر گرفته می‌شود. ورودی کنترلرهای پایین‌ترین سطح، مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای سطح چهارم از شکل ۳ و درجه سبز بودن محصول به عنوان خروجی کنترلر بالاترین سطح می‌باشد. شکل ۶، نمونه‌ای از کنترلرهای طراحی شده را نشان می‌دهد که برای استنتاج درجه «سطح آلودگی هوا» طراحی شده است. در این تصویر پارامتر «تولید گازهای گلخانه‌ای» با  $\alpha$ ، «تولید گازهای اسیدی» با  $\beta$  و «سطح آلودگی هوا» با  $\lambda$  نمایش داده شده است.

### مطالعه موردی

در این بخش با نظر مدیران پالایشگاه بندرعباس، ۴ محصول از مجموعه محصولات این پالایشگاه مد نظر قرار گرفته و با استفاده از سیستم استنتاج توسعه داده شده در بخش قبل، درجه سبز بودن این محصولات اندازه‌گیری شدند. این محصولات عبارتند از گاز ال پی جی<sup>۲</sup>، بنزین، قیر و گوگرد.

1 Zimmermann(1996)

2 LPG



شکل (۶): نمایش پایگاه قواعد فازی استنتاج پارامتر « سطح آلودگی هوا »  
منبع: یافته‌های پژوهش

۱۲ پارامتر سطح چهارم از ساختار سلسله مراتبی نشان داده شده در شکل ۴ برای این چهار محصول اندازه گیری شده که نتایج آن در جدول ۳ نمایش داده شده است.

جدول (۳): اطلاعات ورودی به مدل برای چهار محصول منتخب پالایشگاه بندرعباس

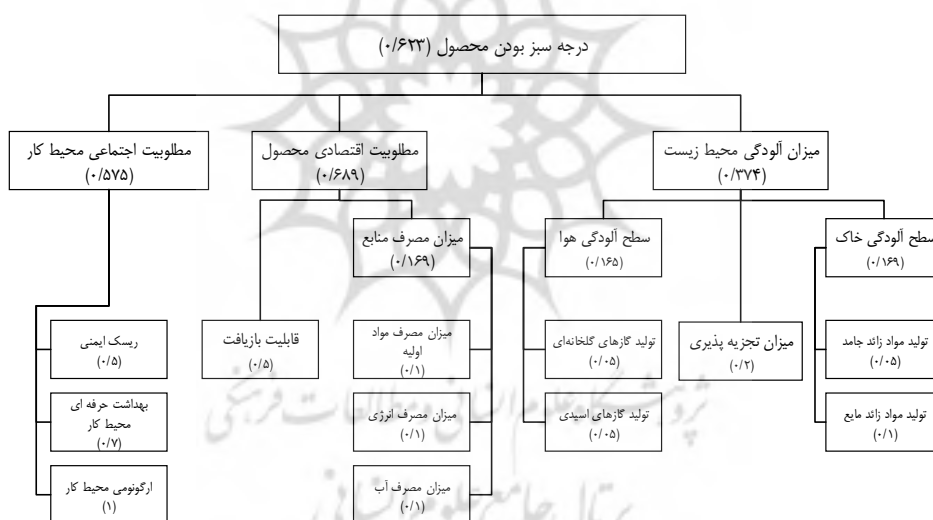
ردیف	معیار	گاز LPG	بنزین	قیر	گوگرد
۱	تولید مواد زائد جامد	۰	۳۰	۰	۵
۲	تولید مواد زائد مایع	۱۰	۱۰	۰	۱۰
۳	تولید گازهای گلخانه‌ای	۵	۲۰	۵	۵
۴	تولید گازهای اسیدی	۵	۲۰	۵	۵
۵	شاخص تجزیه پذیری	۱۰۰	۱۰۰	۵	۲۰
۶	قابلیت بازیافت	۰	۰	۹	۵۰
۷	میزان مصرف آب	۳	۱۵	۱۰	۱۰
۸	میزان مصرف انرژی	۲	۱۵	۱۰	۱۰
۹	میزان مصرف مواد اولیه	۶	۲۰	۲۵	۱۰
۱۰	ارگونومی محیط کار	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۱	ریسک ایمنی	۸۰	۸۰	۵۰	۵۰
۱۲	بهداشت حرفه‌ای	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰

منبع: اطلاعات پالایشگاه بندرعباس



برای هر یک از محصولات، مقادیر پارامترها وارد سیستم استنتاج سلسله مراتبی شده و درجه سبز بودن گاز LPG، بنزین، قیر و گوگرد به ترتیب ۰/۶۴۵، ۰/۶۴۹، ۰/۴۹۶ و ۰/۶۲۳ اندازه گیری شد. به منظور نشان دادن جزئیات استنتاج، مقادیر پارامترهای سطوح مختلف برای محاسبه درجه سبز بودن محصول گوگرد در شکل ۷ نمایش داده شده است.

یکی از ویژگی‌های برجسته ساختار سلسله مراتبی استنتاج که در این مقاله ارائه شد، امکان بررسی نقاط قوت و ضعف محصولات در هر یک از پارامترها است. به عنوان مثال در محصول گوگرد همانطور که در شکل ۷ قابل ملاحظه است، میزان «مطلوبیت اجتماعی محیط کار» چندان بالا نیست. از سوی دیگر این محصول از منظر آلودگی محیط زیست نیز وضعیت مناسبی ندارد و امتیاز ۰/۳۷۴ امتیاز مناسبی برای این محصول نیست.



شکل (۷): مقادیر پارامترهای مختلف در استنتاج درجه سبز بودن محصول گوگرد

منبع: یافته‌های پژوهش

به منظور مقایسه چهار محصول از منظر درجه سبز بودن و وضعیت آنها در هر یک از پارامترهای سطح دوم، نتایج اندازه گیری در جدول ۴ نمایش داده شده است. جدول ۵ نیز

رتبه هر یک از محصولات در هر کدام از پارامترهای سطح دوم را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود بنزین تولیدی پالایشگاه بندر عباس در هر سه معیار از سایر محصولات بالاتر بوده و از لحاظ درجه سبز بودن نیز رتبه اول را بدست آورده است.

جدول (۴): امتیاز محصولات پالایشگاه بندر عباس در درجه سبز بودن و معیارهای سطح دوم

معیار	گاز ال پی جی	بنزین	قیر	گوگرد
میزان آلودگی محیط‌زیست	۰/۲۶۲	۰/۲۱۳	۰/۵۶۴	۰/۳۷۴
مطلوبیت اقتصادی محصول	۰/۶۱۷	۰/۶۱۷	۰/۷۵۲	۰/۶۸۹
مطلوبیت اجتماعی محیط کار	۰/۴۶۳	۰/۴۶۳	۰/۵۷۵	۰/۵۷۵
درجه سبز بودن محصول	۰/۶۴۵	۰/۶۴۹	۰/۴۹۶	۰/۶۲۳

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۵): رتبه محصولات پالایشگاه بندر عباس در درجه سبز بودن و معیارهای سطح دوم

معیار	گاز ال پی جی	بنزین	قیر	گوگرد
میزان آلودگی محیط‌زیست	۲	۱	۴	۳
مطلوبیت اقتصادی محصول	۱	۱	۳	۲
مطلوبیت اجتماعی محیط کار	۱	۱	۲	۲
درجه سبز بودن محصول	۲	۱	۴	۳

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج بدست آمده برای چهار محصول به منظور بررسی و تعیین میزان دقت در اختیار مدیران پالایشگاه بندر عباس قرار گرفت که پس از بررسی نتایج توسط کارشناسان مربوطه، میزان تطابق امتیازات با شرایط فعلی و برداشت‌های مدیران، رضایت بخش اعلام شد. این بدان معنی است که این سیستم توانسته است درجه سبز بودن محصولات تولیدی این پالایشگاه را با دقت قابل قبول برای مدیران ارزیابی نماید و می‌تواند به عنوان ابزاری جهت کمک به تصمیم‌گیری‌های مدیران تبدیل شود.

## نتیجه گیری

در این مقاله به منظور ارزیابی درجه سبز بودن محصولات شرکت‌های تولید کننده مشتقات نفتی، روشی مبتنی بر استنتاج فازی ارائه گردید و به منظور راستی آزمایی مدل به دست آمده چهار محصول گاز ال پی جی، بنزین، قیر و گوگرد از پالایشگاه بندر عباس به عنوان مطالعه موردی، مورد بررسی قرار گرفتند. در مسائلی که امکان تعریف تابعی صریح برای تعیین رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته امکان پذیر نباشد، استفاده از سیستم‌های استنتاج فازی همواره می‌تواند راهگشا باشد. در این مقاله نیز با توجه به عدم وجود تابعی خطی و یا غیر خطی برای تعیین نحوه تاثیر گذاری عوامل مختلف بر درجه سبز بودن محصول، استفاده از کنترلرهای فازی این امکان را فراهم ساخت تا درجه سبز بودن محصولات را بتوان بر مبنای مقادیر پارامترهای موثر اندازه گیری کرد. این ویژگی سیستم‌های استنتاج فازی، این ساختارهای استنتاج را به ابزاری قدرتمند برای اندازه گیری پارامترهای کیفی تبدیل کرده است و با استفاده از آنها و با کمک ساختارهای سلسله مراتبی، می‌توان به تعیین موضوعات کیفی در سازمان‌ها پرداخت. موضوعاتی مانند اندازه گیری درجه چابکی زنجیره تامین، سطح رقابت پذیری در زنجیره تامین، میزان پایداری زنجیره تامین و غیره از جمله مواردی هستند که با استفاده از سیستم پیشنهادی قابل فرموله کردن می‌باشند. همچنین در سطح سازمان نیز موضوعاتی مانند میزان انعطاف پذیری سازمان، سنجش سطح اعتماد سازمانی و غیره نیز موضوعاتی هستند که می‌توانند با استفاده از مدل پیشنهادی اندازه گیری شوند.

## منابع

احمدی، سید علی اصغر، افشاری، محمد علی و شکاری، حمیده (۱۳۹۲)، «ارائه مدلی برای سنجش موفقیت سازمان‌ها در مدیریت زنجیره تامین سبز با رویکرد انتخاب تامین کننده سبز (مورد: شرکت فولاد آلیاژی ایران)»، پژوهشنامه بازرگانی، سال ۱۷، شماره ۶۶، صص ۹۵-۱۲۷.

صفایی قادیکلایی، عبدالحمید، طیبی، محمد رضا و حاجی آبادی، فاطمه (۱۳۹۲)، «ارائه رویکرد ترکیبی ANP-DEMATEL فازی جهت اولویت بندی معیارهای ارزیابی عملکرد تامین کننده سبز: شرکت دیزل سنگین ایران، پژوهش‌های مدیریت در ایران، سال ۷، شماره ۱۷، صص ۱۹۵-۲۱۵.

مهدوی، علی و قادیکلایی، عبدالحمید صفایی (۱۳۹۵)، «رتبه بندی تامین کنندگان در زنجیره تامین سبز با تکنیک ویکور فازی مطالعه موردی: شرکت سوربن شمال»، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، شرکت خدمات برتر.

Abreu, M. Florentina , Alves, Anabela C. and Moreira, Francisco. (2017" ,Lean-Green models for eco-efficient and sustainable production ,"Energy ,No.137 , PP.۸۵۳-۸۴۶ .

Azapagic, Adisa. (2004" ,(Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry ,"Journal of Cleaner Production ,No.12(6 ,(PP. 639-662.

Chen, T. Y., Ku, T. C. and Tsui, C. W. (2008" ,(Determining attribute importance based on triangular and trapezoidal fuzzy numbers in (z ( fuzzy measures ."Paper presented at the 19th International Conference on Multiple Criteria Decision Making ,PP. 75-76.

Hong, Z., Wang, H & ,Gong, Y. (2019" ,(Green product design considering functional-product reference ."International Journal of Production Economics ,۲۱۰ ,PP. 155-168.

Hsu, C. W., and Hu, A. H. (2008" ,(Green supply chain management in the electronic industry ,"International Journal of Environmental Science & Technology ,No.5(2),PP. 205-216.

Kuo, R. J., Wang, Y. C., and Tien, F. C. (2010) ,(Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection , "*Journal of Cleaner Production* ,No,(۱۲)۱۸ .PP. 1161-1170

Large, R. O., and Thomsen, C. G. (2011" ,(Drivers of green supply management performance: Evidence from Germany ." *Journal of Purchasing and Supply Management* ,No,(۳)۷۷ .PP. 176-184.

Muñoz-Villamizar, A., Santos, J ,Montoya-Torres, J. R & , Ormazábal, M. (2018). Environmental Assessment Using a Lean Based Tool. In *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing* pp. 41-50). Springer, Cham.

Ng, C. Y. (2010" ,(Evaluation of Eco Design Alternatives using Fuzzy AHP Methodology ," *Design Principles & Practice: An International Journal* ,NO.4 (1). PP. 1-13.

Ninlawan, C., Seksan, P., Tossapol, K., and Pilada ,W. (2010, March" ,(The implementation of green supply chain management practices in electronics industry ," *In Proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists, No.3 ,PP.17-19.*

Romero-García, J. M., Gutiérrez, C .D. B., Toro, J. C. S., Alzate, C. A. C & ,Castro, E. (2018“ .(Environmental Assessment of Biorefineries” . In *Biosynthetic Technology and Environmental Challenges*) pp. 377-401). Springer, Singapore.

Sabaghi, M., Mascle, C., Baptiste, P., and Rostamzadeh, R. (2016 ,( "Sustainability assessment using fuzzy-inference technique (SAFT): A methodology toward green products ," *Expert Systems with Applications* ,No. 56,PP. 69-79.

Seuring, S., and Müller, M. (2008" ,(From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management , "*Journal of cleaner production* ,No.16(15 ,(PP.1699-1710.

Topgul, M. H., Kilic, H. S & ,Tuzkaya, G“ .(۲۰۱۸) .Assessment of Supply Chain Greenness: A Literature Review” . In *Green Production Strategies for Sustainability*) pp. 27-53). IGI Global.

Topgul, M. H., Kilic, H. S & ,Tuzkaya, G. (2019, July). “Supply Chain Greenness Assessment Based on Intuitionistic Fuzzy

Approaches". In *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems*) pp. 472-480). Springer, Cham.

Tsai, Sang-Bing, Xue, You-Zhi, Huang, Po-Yu, Zhou, Jie, Li, Guo-Dong, Guo, Wei-Feng; ... Shang, Zhi-Wen. (2015) "(Establishing a criteria system for green production)", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, No. (A) 229, PP.1395-1406.

Tsai, S. B., Wei, Y. M., Chen, K. Y., Xu, L., Du, P & Lee, H. C. (2016). "Evaluating green suppliers from a green environmental perspective." *Environment and Planning B: Planning and Design*, (5) 43, 909-941.

Tuzkaya, G., Ozgen, A., Ozgen, D., and Tuzkaya, U. R. (2009) "(Environmental performance evaluation of suppliers: A hybrid fuzzy multi-criteria decision approach)", *International Journal of Environmental Science & Technology*, No.6 (3), PP.477-490.

Zhu, Q., and Sarkis, J. (2006) "(An inter-sectoral comparison of green supply chain management in China: drivers and practices)", *Journal of cleaner production*, No.14 (5), (PP. 472-486).

Zhu, Q., Sarkis, J., and Lai, K. H. (2008) "(Green supply chain management implications for "closing the loop")", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, No. (1) 44, PP.1-18.

Zhu, W & He, Y. (2017). "Green product design in supply chains under competition." *European Journal of Operational Research*, (1) 258, 180-165.

Zimmermann, H. J. (1992). *Fuzzy Set Theory and Its Applications Second*, Revised Edition. Kluwer academic publishers.