***چشم‌انداز مدیریت صنعتی***
سال یازدهم، شماره ۴۲، تابستان ۱۴۰۰
شاپای چاپی: ۹۸۷۴-۲۲۵۱، شاپای الکترونیکی: ۴۱۶۵-۲۶۴۵
ص‌ص ۱۴۴ – ۱۲۵

# طراحی سیستم استنتاج فازی برای ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌های تولیدی صادراتی

**عیسی نریمانی قورتلار*، ناصر فقهی فرهمند**، نازنین پیله‌وری***، کمال‌الدین رحمانی****، محمدرضا معتدل*****

**چکیده**

هدف پژوهش حاضر طراحی سیستم استنتاج فازی برای ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌های تولیدی صادراتی است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی می‌باشد. جامعه آماری پژوهش شامل شرکت‌های تولیدی صادراتی در شمال‌غرب کشور است که نمونه آماری به‌صورت هدفمند و به تعداد ۱۴۳ شرکت تعیین شد. برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه پژوهشگرساخته مبتنی بر مبانی نظری پژوهش استفاده شد. برای بررسی روایی پرسشنامه از روایی سازه بر اساس تحلیل عاملی تأییدی بهره‌گیری شد. برای بررسی پایایی پرسشنامه نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. پرسشنامه‌های پژوهش، پس از تأیید روایی و پایایی در میان اعضای نمونه آماری پژوهش توزیع شد. به‌منظور ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌ها از سیستم استنتاج فازی، بر اساس توابع عضویت مثلثی و استنتاج ممدانی، بهره گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که سیستم طراحی‌شده قادر است میزان سبزبودن زنجیره تأمین شرکت‌های صادراتی را بر اساس مقادیر عددی و واژه‌های زبانی نشان دهد.

**کلیدواژه‌ها: سیستم استنتاج فازی؛ زنجیره تأمین سبز؛ شرکت‌های تولیدی صادراتی؛ عملیات ورودی؛ عملیات تولیدی، عملیات خروجی.**

---

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۲۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵.

* دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امارات.
** دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز (نویسنده مسئول).
Email: farahmand@iaut.ac.ir
*** دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران غرب.
**** دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز.
***** استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی.

### ۱. مقدمه

در عصر حاضر و دنیای رقابتی امروز، داشتن مزیت رقابتی و مدیریت هزینه‌ها جزو لاینفک تمامی صنایع است. حال با توجه به انواع بازارهایی که شرکت‌ها در آن فعالیت می‌کنند، انتخاب استراتژی مناسب برای مدیریت زنجیره تأمین سبز بسیار مهم است. برای بسیاری از شرکت‌ها، زنجیره تأمین سبز از مهم‌ترین اهداف مدیریت زنجیره تأمین محسوب می‌شود [۲۴].

در دنیای تجارت امروز، شیوه‌های سبز یا سازگار با محیط‌زیست بسیار رایج است. در سال‌های اخیر مشاهده می‌شود که در هر نقطه از جهان، شرکت‌های تجاری و به‌خصوص شرکت‌های فعال در حوزه بین‌المللی، ضمن مدیریت عملیات تجاری خود شروع به اتخاذ نوعی فعالیت‌های حساس به محیط‌زیست می‌کنند [۳۰]. این موضوع تا حدودی نتیجه این واقعیت است که بیشتر افراد و مشتریان کسب‌وکارها، عملکرد محیطی یک شرکت را در حین تصمیم‌گیری در مورد خرید خود در نظر می‌گیرند [۱۲]. سایر عوامل مانند الزامات نظارتی دولت‌ها یا الزامات مسئولیت اجتماعی نیز شرکت‌ها را وادار به انجام اقدامات سبز می‌کند [۱۴]. در این میان شرکت‌های صادراتی بیشتر از سایر شرکت‌ها مجبور به رعایت مسائل زیست‌محیطی هستند. این شرکت‌ها با توجه به قوانین زیست‌محیطی حاکم بر مقاصد صادراتی خود، ملزم هستند که زنجیره تأمین سبز و سازگار با محیط‌زیست داشته باشند. بر اساس نظر برخی از پژوهشگران، یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد صادراتی، سبزبودن زنجیره تأمین شرکت‌ها است [۱]. شناسایی عوامل تعیین‌کننده عملکرد صادراتی به‌منظور بهبود عملکرد صادراتی هر کشور مهم‌ترین عامل ایجاد تعادل بین اقتصاد کشور با اقتصاد جهانی است [۳۲]؛ ازاین‌رو برای شرکت‌های صادراتی مهم است که بتوانند زنجیره‌های تأمین خود را با مسائل زیست محیطی سازگار سازند.

به‌طور سنتی، شیوه‌های سبز برای سازمان‌های تولیدی مهم‌تر از سازمان‌های خدماتی است [۷]؛ چراکه تصور می‌شود تولید و فعالیت‌های مرتبط با آن، مشکلات بیشتری را برای محیط‌های طبیعی ایجاد می‌کند [۲۸]. به همین دلیل، دولت‌ها برای سازمان‌های تولیدی، محدودیت‌های زیست‌محیطی سخت‌تری اعمال می‌کنند؛ علاوه بر این، مشتریان انتظار دارند که سازمان‌های تولیدکننده مسئولیت بیشتری نسبت به محیط‌زیست داشته باشند. درنتیجه، سازمان‌های تولیدی با عملکرد خوب محیطی نسبت به رقبای خود برتری دارند [۲۰]

رائو و هولت (۲۰۰۵)[1]، دریافتند که روش‌ها و ابزارهای زنجیره تأمین سبز با هدف بهبود عملکردهای محیطی، صرفه‌جویی در هزینه‌ها و به‌حداقل‌رساندن ضایعات، در بین شرکت‌های همکار به کارایی و هم‌افزایی منجر می‌شود [۲۵]. روش‌ها و ابزارهای زنجیره تأمین سبز در

1. Rao & Holt

مواجهه با فشارهای محیطی از طریق سازمان‌های ملّی و بین‌المللی با تحقق مؤثر اهداف زیست‌محیطی، به‌عنوان یک اقدام پیشگیرانه عمل می‌کند؛ بر همین اساس هدف از این پژوهش، ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌های صادراتی در جهت شناخت مناسب از وضعیت سبزبودن زنجیره تأمین شرکت‌ها به‌منظور رقابت در بازارهای بین‌المللی و در صورت نیاز تصمیم‌گیری در جهت بهبود میزان سبزبودن زنجیره تأمین است. برای شرکت‌های صادراتی که مقاصد صادراتی مختلفی دارند، با توجه به قوانین سخت‌گیرانه زیست‌محیطی در کشور مبدأ به نظر می‌رسد که وجود یک سیستم پشتیبان تصمیم که بتواند در شرایط مختلف و زمان‌های متفاوت برای تصمیم‌گیری مناسب به مدیران کمک کند، ضروری است. بااین‌حال، سؤال این است که روش مناسب برای ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌های صادراتی کدام است؟ به نظر می‌رسد که بیشتر پژوهشگران از روش‌های فازی، به‌دلیل ابهام موجود در واژه‌های زبانی، به‌منظور ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌ها استفاده کرده‌اند تا بتوانند ارزیابی درستی داشته باشند. بااین‌حال به نظر می‌رسد که در همه این پژوهش‌ها، ارزیابی نیازمند وجود واحدهای مشابه است تا ارزیابی‌کننده بتواند با مقایسه این واحدها با یکدیگر، بهترین زنجیره تأمین سبز را انتخاب کند؛ درحالی‌که شرکت‌ها نیاز دارند، بتوانند به‌تنهایی میزان سبزبودن زنجیره تأمین خود را ارزیابی کنند و در جهت بهبود عملکرد، برنامه‌ریزی مناسبی در این زمینه داشته باشند. به‌عبارتی شرکت‌ها باید بتوانند از روشی برای ارزیابی سبزبودن زنجیره تأمین خود استفاده‌کننده که این روش به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم به آن‌ها کمک کند. در این میان یکی از روش‌های مناسب برای ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌ها «سیستم استنتاج فازی» است که می‌تواند به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم عمل کند و شرکت‌ها در هر زمانی و در صورت نیاز بتوانند سازگاری زنجیره تأمین خود را با مسائل زیست‌محیطی ارزیابی کرده و تصمیم‌های مناسبی در جهت بهبود زنجیره اتخاذ کنند؛ بنابراین هدف این پژوهش، ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌های صادراتی با استفاده از سیستم استنتاج فازی است.

## ۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

**زنجیره تأمین سبز.** افزایش نگرانی‌های جهانی مبنی بر حفاظت از محیط‌زیست و به‌طور متناظر افزایش قوانین و مقررات، خرید سبز را به موضوع مهمی برای شرکت‌ها تبدیل کرده است تا بتوانند به یک توسعه پایدار زیست‌محیطی برسند. رویکردهای زنجیره تأمین سبز و مدیریت آن با چنین نگرش‌هایی پا به عرصه وجود نهاد [۱۰]. مدیریت زنجیره تأمین شامل مدیریت همه سطوح زنجیره از نقطه شروع تا مشتریان است و تمامی جریان‌های درون شبکه از استخراج مواد تا ارزش نهایی محصولات را دربرمی‌گیرد [۲۳]. صنعتی‌شدن باعث ایجاد خسارت به سیستم‌های زیست‌محیطی و طبیعی انسانی شده است. این مسائل باعث افزایش علاقه به مدیریت زنجیره

تأمین سبز شده و توجه بیشتر پژوهشگران و مدیران اجرایی را به خود جلب کرده است [۳۴، ۱۷]. اجرای مدیریت زنجیره تأمین در فعالیت‌های تجاری، افزایش مزیت رقابتی شرکت‌ها را به همراه دارد [۴۱]. علی‌رغم این، شرکت‌ها به‌دلیل فشارهای وارده از طرف ذی‌نفعان، ازجمله مقررات دولتی، مشتریان، خریداران و جامعه می‌توانند مدیریت زیست‌محیطی را در زنجیره تأمین خود ترکیب کنند تا نگرانی‌های زیست‌محیطی را کاهش دهند. وقتی یک شرکت توانایی مقابله مؤثر با مشکلات زیست‌محیطی را داشته باشد، می‌تواند با به‌کارگیری زنجیره تأمین سبز فرصت‌های شغلی بیشتری ایجاد کند [۲۱]. نخستین بار، مفهوم مدیریت زنجیره تأمین سبز توسط گرین[1] و همکاران(۱۹۹۶)، ارائه شد [۱۱]. این پژوهشگران اصطلاح «زنجیره تأمین سبز» را معرفی کردند که به نوآوری در مدیریت زنجیره تأمین و خرید صنعتی با زمینه محیط‌زیست اشاره دارد. از نظر گرین و همکاران(۱۹۹۶)، این فعالیت‌ها شامل طراحی سبز، صرفه‌جویی در منابع، کاهش مواد مضر و بازیافت یا استفاده مجدد از محصول است که به همین ترتیب توسط آن‌ها تعریف شده است.

در طی سال‌های اخیر، با افزایش علاقه به زنجیره تأمین سبز، پژوهشگران تعاریف مختلفی برای روشن‌تر شدن این مفهوم ارائه کرده‌اند که برخی از تعاریف ارائه‌شده در جدول ۱، نشان داده شده است.

*جدول ۱. تعاریف مختلف زنجیره تأمین سبز از نظر پژوهشگران*

| تعریف | منبع |
|---|---|
| زنجیره تأمین سبز رویکرد معاصر در قرن بیست‌ویکم برای دستیابی به سود، کارایی، تصویر برند، سهم بازار و کاهش نگرانی‌های زیست‌محیطی و حذف محصولات زیستی است. | [۳۰] |
| زنجیره تأمین سبز مدیریت خلاق زنجیره تأمین در زمینه توسعه پایدار برای به‌حداقل‌رساندن تأثیرات زیست‌محیطی از تأمین‌کنندگان به مشتریان نهایی است. | [۴۳] |
| زنجیره تأمین سبز یک رویکرد مهم برای افزایش عملکرد فرآیندهای محیطی از نظر حفاظت از منابع و مواد و حذف اتلافات (ضایعات) است. | [۸] |
| زنجیره تأمین سبز به انواع مختلفی از رویکردها و عواملی اشاره دارد که شرکت‌ها می‌توانند از آن‌ها برای افزایش و حفظ عملکرد در محصولات یا فرایندهای خود استفاده کرده و هم‌زمان بر روی منافع اقتصادی، اجتماعی و محیطی بین مشتریان و تأمین‌کنندگان تمرکز کنند. | [۴۲] |
| زنجیره تأمین سبز به‌عنوان یک رویکرد جامع مدیریت محیط داخلی و خارجی سازمان به‌منظور بهبود بهره‌وری زیست‌محیطی و عملکرد اقتصادی در مراحل مختلف زنجیره تأمین و در کل چرخه زندگی محصول ظهور می‌یابد. | [۵] |
| فرآیند ترکیب عوامل یا نگرانی‌های محیطی در روابط طولانی‌مدت با تأمین‌کنندگان و سازمان‌های خریدار است. | [۱۹] |

1. Green

| تعریف | منبع |
|---|---|
| زنجیره تأمین سبز یک استراتژی مهم در حوزه پایداری با فعالیت‌های مختلفی از خرید سبز تا بازیافت محصول با همکاری مشتریان و تأمین‌کنندگان است. | [۳۸] |
| زنجیره تأمین سبز شامل فعالیت‌های پیش‌رونده و فعالیت‌های معکوس است. فعالیت‌های روبه‌جلو شامل خرید یا تهیه، طراحی و توزیع به مشتریان است، درحالی‌که فعالیت‌های معکوس در زنجیره تأمین سبز شامل بازرسی، مرتب‌سازی و جداسازی قطعات است که هدف از آن استفاده مجدد، پردازش مجدد و طراحی مجدد تقاضا از بازارها است. | [۳۹] |

به‌طورکلی هدف اصلی استفاده از زنجیره تأمین سبز، به‌حداقل‌رساندن آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های زنجیره تأمین است [۲۷]؛ ازاین‌رو سازمان‌دهی مجدد فعالیت‌های خرید، تولید و توزیع برای زنجیره تأمین سبز ضروری است [۳۷].

**ارزیابی زنجیره تأمین سبز.** در مطالعات مختلف به روش‌ها و ابزارهای متفاوتی در جهت ارزیابی زنجیره تأمین سبز اشاره شده است [۳۵، ۳۱]. با توجه به مطالعات انجام‌شده و تعریف زنجیره تأمین که شامل کلیه فعالیت‌هایی است که در زمینه خرید، تهیه، تغییر و تبدیل و به‌طورکلی لجستیک انجام می‌شود [۲۷]. می‌توان شیوه‌های زنجیره تأمین سبز را بر اساس چارچوب نظری ساری[1] (۲۰۱۷) در چهار گروه اصلی طبقه‌بندی کرد [۲۷]. این فعالیت‌ها مربوط به عملیات ورودی، عملیات تولیدی، عملیات خروجی و تدارکات معکوس است. جدول ۲، نشان‌دهنده شاخص‌های ارزیابی زنجیره تأمین در این چهار حوزه است.

*جدول ۲. شاخص‌های ارزیابی زنجیره تأمین سبز*

| سازه | معرف (نماد) | منبع |
|---|---|---|
| عملیات ورودی | انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس شاخص‌های زیست‌محیطی (C11) | [۳، ۲۵، ۲۶] |
| | راهنمایی تأمین‌کنندگان برای تدوین برنامه‌های زیست‌محیطی خود (C12) | [۳، ۲۵، ۲۶] |
| | ترغیب/ فشارآوردن به تأمین‌کنندگان برای انجام اقدامات محیطی (C13) | [۳، ۲۵، ۲۶] |
| | خرید اقلام سازگار با محیط‌زیست (C14) | [۳، ۲۵، ۲۶، ۳۱] |
| | نظارت و ممیزی انطباق با محیط‌زیست (C15) | [۳۶، ۲۲، ۳] |
| | برنامه‌های پیشگیری از آلودگی (C16) | [۳۶، ۲۲] |
| | مدیران زیست‌محیطی و آموزش کارمندان (C17) | [۳۶] |
| عملیات تولیدی | طراحی محصولات برای بازیافت (C21) | [۲، ۳۱] |
| | استفاده از فناوری پاک (C22) | [۲، ۲۵، ۲۶، ۳۱] |
| | بهبود استفاده از ظرفیت بهره‌برداری (C23) | [۲۶، ۳۵] |
| | ارتقای تولید مجدد (C24) | [۲] |

1. Sari

| سازه | معرف (نماد) | منبع |
|---|---|---|
| | ادغام فرآیند داخلی و اتوماسیون تولید (C25) | [۴، ۱۳، ۲۲] |
| | استفاده از مراکز سخت‌افزاری و کارآمد انرژی (C26) | [۳، ۱۶، ۴۰] |
| | افزایش کارایی عملیاتی وسایل نقلیه (C31) | [۱۸] |
| | کاهش ضایعات مرتبط با تجهیزات منسوخ (C32) | [۳، ۱۶، ۴۰] |
| | استفاده از بسته‌بندی سازگار با محیط‌زیست (C33) | [۲۵، ۲۶] |
| عملیات | کاهش ظرفیت استفاده‌نشده در عناصر مختلف تولید و انتقال (C34) | [۱۸] |
| خروجی | بهبود مسیریابی وسایل نقلیه با استفاده از GPS (سیستم موقعیت‌یابی جهانی) و سیستم‌های دیگر (C35) | [۱۸] |
| | کاهش حوادث و یا جریمه‌های زیست‌محیطی (C36) | [۹] |
| | کاهش مصرف انرژی (آب، برق، سوخت و غیره) (C37) | [۹] |
| | استفاده مجدد از محصولات و قطعات (C41) | [۲، ۳۵] |
| | فروش مجدد قطعات و اجزای استفاده‌شده (C42) | [۲۹] |
| | بازیافت مواد (C43) | [۳۵] |
| تدارکات | مدیریت پسماند (C44) | [۳، ۲۵] |
| معکوس | بازگشت یا پس‌گرفتن بسته‌بندی محصول مانند پالت، جعبه و غیره(استفاده مجدد از بسته‌بندی محصول) (C45) | [۳، ۲۵] |
| | جمع‌آوری محصولات نهایی (محصولات خارج از مشخصات، نقص عملکرد، آسیب‌دیده در حمل‌ونقل و غیره) (C46) | [۳] |

عملیات ورودی شامل خرید و تنظیم حرکت ورودی مواد اولیه، قطعات و عناصر به یک شرکت تولیدی است. عملیات تولیدی شامل مجموعه‌ای از روش‌ها در جهت تولید و طراحی سازگار با محیط‌زیست در سراسر زنجیره تأمین است. عملیات خروجی شامل مجموعه‌ای از روش‌ها است که نتیجه مرحله قبلی را مشخص می‌کند. درنهایت تدارکات معکوس قرار دارد که مربوط به گردش محصولات و مواد در جهت مخالف جریان در تدارکات روبه‌جلو است [۲۷].

در رابطه با روش‌های ارزیابی زنجیره تأمین سبز نیز پژوهشگران روش‌های مختلفی را به‌منظور ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌ها ارائه داده‌اند. برای مثال تنگ و چیو[1] (۲۰۱۳) در پژوهش خود از تحلیل رابطه فازی خاکستری استفاده کرده و بهترین تأمین‌کنندگان سازگار با محیط‌زیست را انتخاب کردند [۳۳]. رستم‌زاده[2] و همکاران (۲۰۱۵) از روش ویکور فازی برای ارزیابی سبزبودن زنجیره تأمین یک تولیدکننده لپ‌تاپ در مالزی استفاده کرده و شاخص‌های مهم زنجیره تأمین سبز را بر اساس اولویت آن‌ها رتبه‌بندی کردند [۲۶]. وو[3] و همکاران (۲۰۱۵) از روش دیمتل برای بررسی روابط درونی بین شاخص‌های زنجیره تأمین سبز شرکت‌ها بهره

1. Tseng & Chiu
2. Rostamzadeh
3. Wu

گرفتند [۴۲]. کوسی ـ سارپونگ و همکاران از روش ترکیبی دیمتل فازی و تحلیل شبکه‌ای فازی برای شناخت روابط درونی بین شاخص‌های زنجیره تأمین سبز و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بر اساس سبزبودن زنجیره تأمین استفاده کردند [۱۷]. ساری (۲۰۱۷) از روش تحلیل سلسله-مراتبی فازی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده سبز بهره گرفت [۲۷]. اسلام[1] و همکاران (۲۰۱۸)، به‌منظور ارزیابی زنجیره تأمین سبز از یک روش کنترل فازی امتیاز ارزیابی متناظر با عملکرد استفاده کردند [۱۵]. ساری و سوسلو[2] (۲۰۱۸)، از روش ترکیبی وزن‌دهی و تاپسیس برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین سبز بهره گرفتند [۲۸]. با توجه به مطالعات انجام‌شده، ارزیابی زنجیره تأمین سبز با روش‌های مختلفی انجام شده است؛ ولی دراین‌بین استفاده از سیستم استنتاج فازی به‌عنوان سیستمی که می‌تواند رفتار یک پدیده یا فرآیند را صرفاً در قالب استفاده از قواعد توصیفی و تجربی بدون نیاز به شناخت مدل دقیق فرمول‌بندی کند، در مبانی نظری پژوهش و روش‌شناسی ارزیابی زنجیره تأمین سبز وجود ندارد. سیستم‌های استنتاج فازی بر خلاف مدل‌های رگرسیون و شبکه عصبی بدون نیاز به داده‌های فرآیند نیز می‌توانند برای شبیه‌سازی رفتار یک فرآیند استفاده شوند. بر همین اساس استفاده از سیستم استنتاج فازی می‌تواند در ارزیابی زنجیره تأمین شرکت‌های صادراتی به مبانی نظری این حوزه نیز کمک کند.

## ۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ روش انجام کار از نوع توصیفی- مدل‌سازی است. در این پژوهش به‌منظور ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌های صادراتی، یک سیستم استنتاج فازی طراحی شده است. بدین منظور ابتدا برای شناسایی متغیرهای ورودی و تأیید سازه‌های استخراجی از مبانی نظری (جدول ۲) و اطمینان از اینکه این سازه‌ها در جامعه آماری شرکت‌های صادراتی نیز به‌عنوان ابزارهای زنجیره تأمین سبز تأیید می‌شوند، از تحلیل عاملی تأییدی استفاده شده است. بدین منظور پرسشنامه‌ای بر اساس معرف‌های جدول ۲ و بر اساس طیف لیکرت پنج‌تایی طراحی شد. جامعه آماری در این بخش شامل کلیه شرکت‌های تولیدی صادراتی در شمال غرب کشور (آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، زنجان و کردستان) است. نمونه آماری به‌صورت هدفمند و از میان شرکت‌هایی استخراج شد که در سال ۱۳۹۸ صادرات داشته‌اند. بر همین اساس ۱۴۵ واحد تولیدی صادراتی شناسایی و پرسشنامه‌های پژوهش در میان مدیران آن‌ها توزیع شد. روایی پرسشنامه بر اساس روایی سازه و با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی شد که نتایج آن در جدول ۴، ارائه شده است. پایایی پرسشنامه نیز بر

1. Islam
2. Sari & Suslu

اساس ضریب آلفای کرونباخ و به تفکیک هر سازه به‌دست آمد که نتایج در جدول ۳، نشـان داده شده است.

*جدول ۳. مقدار ضریب آلفای کرونباخ به تفکیک سازه‌ها*

| سازه | مقدار ضریب آلفای کرونباخ |
|---|---|
| عملیات ورودی | ۰/۸۵۷ |
| عملیات تولیدی | ۰/۷۹۱ |
| عملیات خروجی | ۰/۸۲۲ |
| تدارکات معکوس | ۰/۸۰۳ |

با توجه به نتایج جدول ۳ که مقدار آلفای کرونباخ برای تمامی سازه‌های پژوهش بـزرگ‌تـر از ۰/۷ به‌دست آمده است، پایایی پرسشنامه تأیید می‌شود.

در مرحله بعدی پس از شناسـایی و تأییـد سـازه‌هـای پـژوهش (متغیرهـای ورودی) سیسـتم استنتاج فازی تدوین شده است. درنهایـت ارزیـابی زنجیـره تـأمین سـبز، بـا اسـتفاده از سیسـتم طراحی‌شده، ابتدا برای کل شرکت‌های صادراتی انجـام شـد و در ادامـه بـرای نمونـه بـرای سـه شرکت نیز این ارزیابی صورت گرفت.

## ٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

**تحلیل عاملی تأییدی.** در مرحله اول برای تأیید سازه‌های پژوهش و به‌نوعی شناسـایی متغیـر-های ورودی در جامعه آماری موردبررسی از تحلیل عاملی تأییدی در نرم‌افزار آموس استفاده شـده است. در انجام تحلیل عاملی تأییدی ضمن توجـه بـه بارهـای عـاملی، از شـاخص‌هـای کـای‌دو بهنجارشده[1] (CMIN)، نیکویی برازش[2] (GFI)، نیکویی بـرازش تعـدیل‌شـده[3] (AGFI)، بـرازش تطبیقی[4] (CFI)، ریشه میانگین مربعات خطـای بـرآورد[5] (RMSEA) و ریشـه میـانگین مجـذور باقیمانده[6] (RMR) برای بررسی مناسب‌بودن هر یک از مدل‌های تأییدی استفاده شده اسـت کـه نتایج در جدول ۴، مشاهده می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. minimum discrepancy per degree of freedom
2. Goodness of Fit Index
3. Adjusted Goodness of Fit Index
4. Comparative Fit Index
5. Root Mean Square Error of Approximation
6. Root Mean square Residual

*جدول ۴. شاخص‌های ارزیابی زنجیره تأمین سبز*

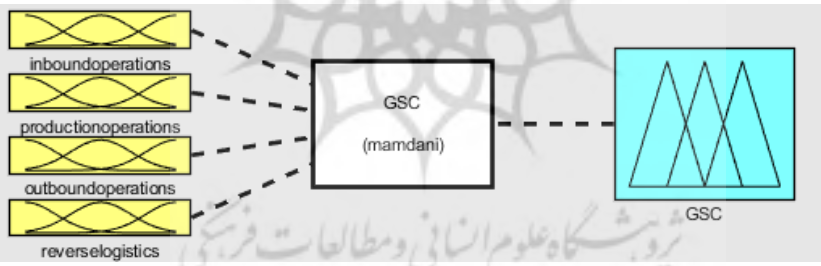
| سازه | معرف | بار عاملی | CMIN | GFI | AGFI | CFI | RMSEA | RMR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عملیات ورودی | C11 | ۰/۸۴ | ۱/۶۰۰ | ۰/۹۷ | ۰/۹۳ | ۰/۹۶ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۳۴ |
| | C12 | ۰/۶۹ | | | | | | |
| | C13 | ۰/۷۱ | | | | | | |
| | C14 | ۰/۷۶ | | | | | | |
| | C15 | ۰/۸۲ | | | | | | |
| | C16 | ۰/۸۹ | | | | | | |
| | C17 | ۰/۷۵ | | | | | | |
| عملیات تولیدی | C21 | ۰/۸۱ | ۱/۸۴۱ | ۰/۹۵ | ۰/۹۱ | ۰/۹۳ | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۴۰ |
| | C22 | ۰/۸۶ | | | | | | |
| | C23 | ۰/۷۹ | | | | | | |
| | C24 | ۰/۵۵ | | | | | | |
| | C25 | ۰/۸۳ | | | | | | |
| | C26 | ۰/۸۸ | | | | | | |
| عملیات خروجی | C31 | ۰/۶۳ | ۱/۷۷۷ | ۰/۹۶ | ۰/۹۱ | ۰/۹۵ | ۰/۰۷۳ | ۰/۰۳۸ |
| | C32 | ۰/۶۹ | | | | | | |
| | C33 | ۰/۵۷ | | | | | | |
| | C34 | ۰/۶۶ | | | | | | |
| | C35 | ۰/۷۱ | | | | | | |
| | C36 | ۰/۵۲ | | | | | | |
| | C37 | ۰/۷۴ | | | | | | |
| تدارکات معکوس | C41 | ۰/۹۰ | ۱/۸۹۱ | ۰/۹۴ | ۰/۹۰ | ۰/۹۲ | ۰/۰۷۸ | ۰/۰۴۸ |
| | C42 | ۰/۸۰ | | | | | | |
| | C43 | ۰/۸۴ | | | | | | |
| | C44 | ۰/۹۲ | | | | | | |
| | C45 | ۰/۸۴ | | | | | | |
| | C46 | ۰/۷۷ | | | | | | |

نتایج تحلیل عاملی تأییدی برای هر یک از سازه‌های پژوهش در جدول ۴، نشان می‌دهد که مقدار شاخص کای‌دو بهنجار شده (CMIN) برای تمامی سازه‌ها کمتر از ۲ به‌دست آمده که نشان‌دهنده مناسب‌بودن مدل‌های تأییدی بر اساس این شاخص است. مقدار شاخص‌های نیکویی برازش (GFI)، نیکویی برازش تعدیل‌شده (AGFI) و برازش تطبیقی (CFI) برای تمامی سازه‌ها بزرگ‌تر از ۰/۹ به‌دست آمد که نشان‌دهنده مناسب‌بودن مدل‌های تأییدی بر اساس این شاخص‌ها است. مقدار شاخص ریشه میانگین مربعات خطای برآورد (RMSEA) برای تمامی سازه‌ها کمتر از ۰/۰۹ به‌دست آمد که مناسب‌بودن مدل‌های تأییدی بر اساس این شاخص را

نشان می‌دهد. درنهایت ریشه میانگین مجذور باقیمانده (RMR) برای تمامی سازه‌ها کوچک‌تر از ۰/۰۵ است که نشان می‌دهد بر اساس این شاخص نیز تمامی مدل‌های تأییدی به شکل مناسبی در جامعه آماری موردبررسی تأیید شده‌اند؛ همچنین مقدار بار عاملی که نشان‌دهنده ارتباط بین سازه و هر یک از معرف‌ها است، بزرگ‌تر از ۰/۵ به‌دست آمد. این مقدار نشان‌دهنده ارتباط مناسب بین سازه و معرف‌های مربوط به آن است.

بر اساس نتایج برای تحلیل عاملی تأییدی می‌توان عنوان کرد که تمامی مدل‌های تأییدی در جامعه آماری موردبررسی تأیید شده است و می‌توان سازه‌های برگرفته از مبانی نظری پژوهش را به‌عنوان متغیرهای ورودی در جامعه موردبررسی برای طراحی سیستم استنتاج فازی در نظر گرفت.

**طراحی سیستم استنتاج فازی.** پس از تأیید مؤلفه‌های ابزارهای زنجیره تأمین سبز شرکت‌های صادراتی، به‌منظور ارزیابی ابتدا سیستم استنتاج فازی طراحی شده است. در طراحی سیستم استنتاج فازی، گام نخست تعیین متغیرهای ورودی و خروجی مربوط به مسئله موردنظر است. در این پژوهش ورودی‌های سیستم استنتاج فازی برای زنجیره تأمین سبز شرکت‌های صادراتی، ابزارهای تأییدشده از طریق تحلیل عاملی تأییدی شامل عملیات ورودی، عملیات تولیدی، عملیات خروجی و تدارکات معکوس بوده است. خروجی سیستم نیز نمیزان سبزبودن زنجیره تأمین را نشان می‌دهد. بر همین اساس سیستم استنتاج فازی با چهار متغیر ورودی و یک متغیر خروجی به‌صورت شکل ۱، طراحی شده است.




*شکل ۱. سیستم استنتاج فازی طراحی‌شده در این پژوهش*

در ادامه، فازی‌سازی متغیرهای ورودی و خروجی بر اساس واژه‌های زبانی و اعداد فازی مثلثی انجام شده است. جدول ۵، واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای متغیرهای ورودی را نشان می‌دهد.

جدول ۵. واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای ورودی‌های سیستم

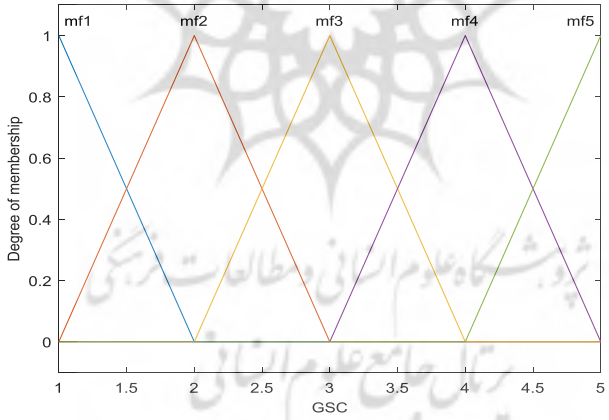
| | عملیات ورودی | عملیات تولیدی | عملیات خروجی | تدارکات معکوس | عدد فازی معادل |
|---|---|---|---|---|---|
| ورودی | نامناسب | نامناسب | نامناسب | نامناسب | (۳، ۱، ۱) |
| | تا حدودی مناسب | تا حدودی مناسب | تا حدودی مناسب | تا حدودی مناسب | (۵، ۳، ۱) |
| | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | (۵، ۵، ۳) |

واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای متغیر خروجی در جدول ۶، نشان داده شده است.

جدول ۶. واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای خروجی سیستم

| | میزان سبز بودن زنجیره تأمین | عدد فازی معادل | نماد |
|---|---|---|---|
| خروجی | خیلی کم | (۲، ۱، ۱) | mf1 |
| | کم | (۳، ۲، ۱) | mf2 |
| | متوسط | (۴، ۳، ۲) | mf3 |
| | زیاد | (۵، ۴، ۳) | mf4 |
| | خیلی زیاد | (۵، ۵، ۴) | mf5 |

با توجه به اینکه هر یک از واژه‌های زبانی، بر اساس اعداد فازی مثلثی نشان داده شده‌اند؛ بنابراین می‌توان اعداد فازی مربوط به متغیر خروجی را برای مثال به‌صورت شکل ۲، در نرم‌افزار متلب نشان داد.




شکل ۲. اعداد فازی متغیر خروجی

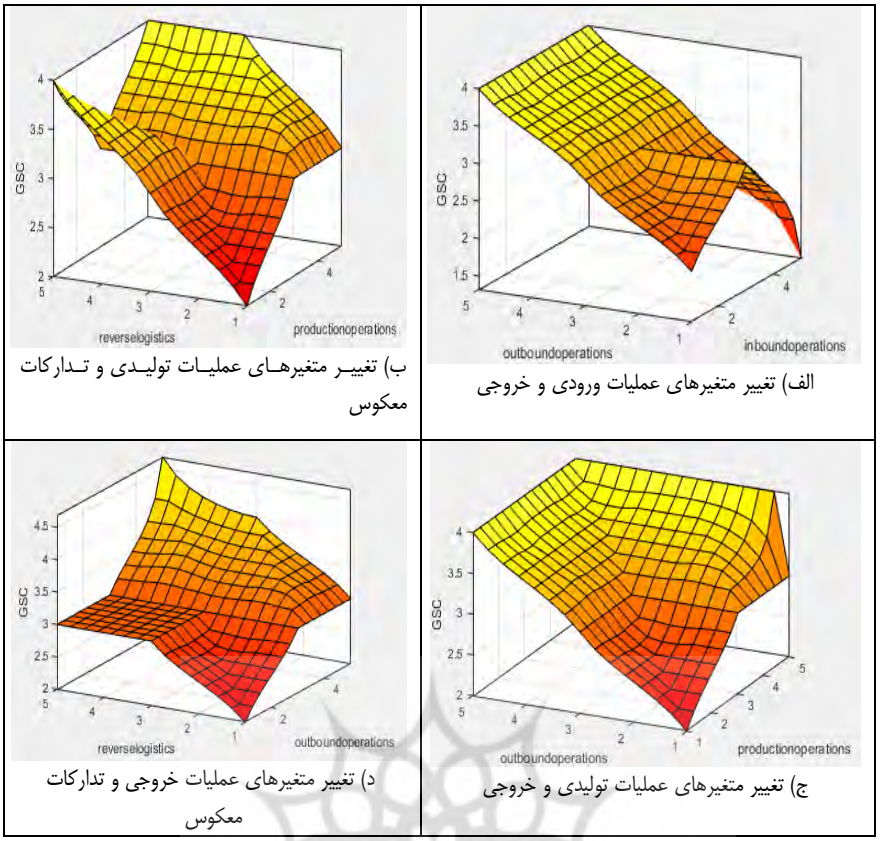
قوانین فازی، پس از فازی‌سازی متغیرهایی ورودی و خروجی انجام می‌گیرد. برای این منظور ابتدا حداکثر قوانین تدوین شده است. با توجه به اینکه در سیستم ارائه‌شده، چهار متغیر

ورودی وجود دارد که هر یک به سه واژه زبانی تقسیم شده‌اند، حداکثر تعداد قوانین قابل تدوین برابر با $k^n$ خواهد بود. در این رابطه $k$ نشان‌دهنده تعداد واژه‌های زبانی و $n$ نشان‌دهنده تعداد متغیرهای ورودی سیستم خواهد بود؛ بنابراین $۳^۴ \cong ۸۱$ قانون برای این سیستم وجود دارد. بر همین اساس ابتدا قوانین اولیه‌ای بر اساس مبحث گفته‌شده تدوین شده و سپس این قوانین در اختیار خبرگان (۱۰ فرد خبره) قرار داده شده است. خبرگان پژوهش در سه مرحله که به روش دلفی انجام شده بود، درنهایت ۵۲ قانون را نهایی کردند. در روش دلفی از نظر اکثریت استفاده شده و از خبرگان خواسته شد تا میزان موافقت خود را با هر یک از قوانین با عدد یک و در صورت موافق‌نبودن با قانون مربوطه با عدد صفر نشان دهند. بر همین اساس در مرحله اول ۲۰ قانون با اکثریت موافق کمتر از ۵ از مجموع قوانین حذف شد و در مرحله دوم ۹ قانون از مجموع قوانین حذف و در مرحله سوم ۵۲ قانون باقی‌مانده دارای موافقت بالای ۷ خبره بود و روش دلفی پایان یافت. برای مثال یکی از قوانین به‌صورت زیر تدوین شده است:

«اگر عملیات ورودی شرکت‌های تولیدی صادراتی در زنجیره تأمین سبز مناسب، عملیات تولیدی شرکت‌های تولیدی صادراتی در زنجیره تأمین سبز مناسب، عملیات خروجی شرکت‌های تولیدی صادراتی در زنجیره تأمین سبز مناسب و تدارکات معکوس شرکت‌های تولیدی صادراتی در زنجیره تأمین سبز مناسب باشد، آنگاه میزان سبزبودن زنجیره تأمین این شرکت‌ها خیلی زیاد خواهد بود».

پس از تدوین قوانین برای بررسی رفتارهای خروجی و انطباق آن با مبانی نظری پژوهش و انتظارات خبرگان، رفتارهای خروجی به‌صورت سه‌بُعدی بررسی شد. شکل ۳، چهار رفتار خروجی در سیستم طراحی‌شده را نشان می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




الف) تغییر متغیرهای عملیات ورودی و خروجی

ب) تغییر متغیرهای عملیات تولیدی و تدارکات معکوس

ج) تغییر متغیرهای عملیات تولیدی و خروجی

د) تغییر متغیرهای عملیات خروجی و تدارکات معکوس

*شکل ۳. رفتارهای خروجی در سیستم طراحی شده*

مبانی نظری پژوهش نشان می‌دهد هر شرکتی که بتواند از ابزارهای زنجیره تأمین به طرز مناسبی استفاده کند، سبزبودن زنجیره تأمین افزایش خواهد یافت. برای مثال، اگر عملیات ورودی در رابطه با سبزبودن زنجیره تأمین رعایت شود، می‌تواند موجب افزایش کلی زنجیره تأمین سبز شود. شکل ۳، در دو بخش به‌صورت سه‌بُعدی، رفتارهای متغیرهای مختلف ورودی را با ثابت‌نگه‌داشتن سایر متغیرها نشان می‌دهد. قسمت عمودی نمودارها در شکل ۳، مربوط به متغیر خروجی است. قسمت الف شکل ۳، نشان می‌دهد که با افزایش عملیات ورودی و خروجی، میزان سبزبودن زنجیره تأمین افزایش می‌یابد. قسمت ب شکل ۳، نشان می‌دهد که با افزایش عملیات تولیدی و تدارکات معکوس، میزان سبزبودن زنجیره تأمین افزایش می‌یابد. قسمت ج شکل ۳، نشان‌دهنده این است که با افزایش عملیات تولیدی و خروجی، میزان سبزبودن زنجیره تأمین افزایش می‌یابد. قسمت د شکل ۳، نیز نشان می‌دهد که با افزایش عملیات خروجی و تدارکات معکوس، میزان سبزبودن زنجیره تأمین افزایش می‌یابد. نتایج به‌دست‌آمده در این بخش منطبق با مبانی نظری پژوهش است و می‌توان سیستم طراحی‌شده را مناسب برای ارزیابی

زنجیره تأمین دانست. در ادامه از سیستم طراحی‌شده برای ارزیابی زنجیره تأمین شرکت‌های صادراتی استفاده شده است.

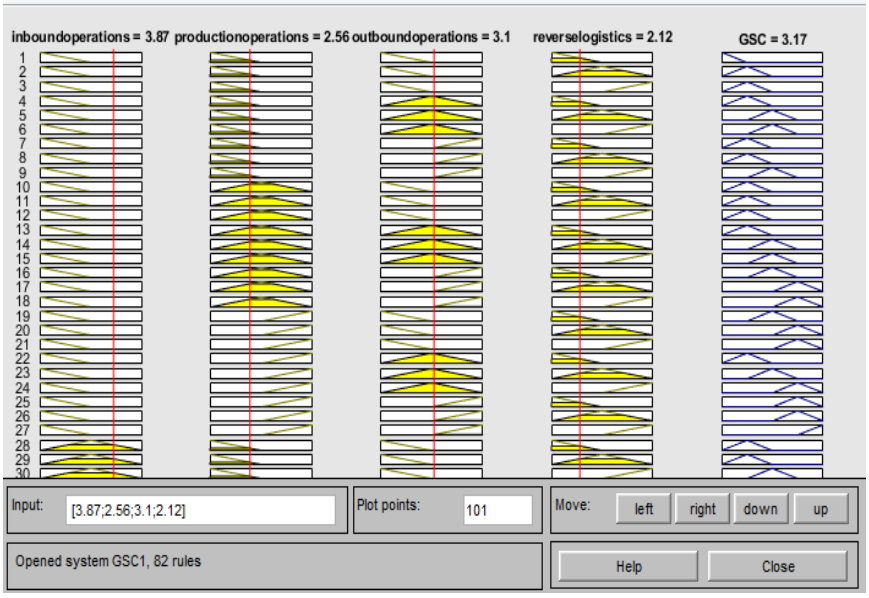
**ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌های صادراتی.** با توجه به اینکه سیستم استنتاج فازی، ورودی‌های قطعی را گرفته و آن‌ها را فازی‌سازی می‌کند و سپس بر اساس دی‌فازی-سازی، تبدیل به عدد قطعی می‌کند. لذا در این بخش ابتدا میانگین امتیازات پرسشنامه برای هر متغیر ورودی محاسبه شده و میانگین امتیازات وارد سیستم گردیده است. درنهایت خروجی سیستم نشان‌دهنده میزان سبز بودن زنجیره تأمین شرکت‌ها بوده است. برای ارزیابی، ابتدا میزان سبز بودن زنجیره تأمین کل شرکت‌های تولیدی صادراتی محاسبه شده و در ادامه برای مثال برای سه شرکت نمونه نیز این کار بر اساس امتیازات داده شده انجام شده است. نتایج ارزیابی سبزبودن زنجیره تأمین در شکل ۴ و جدول ۷، برای کل شرکت‌های تولیدی صادراتی نشان داده شده است.

*جدول ۷. میزان سبزبودن زنجیره تأمین شرکت‌های تولیدی صادراتی بر اساس سیستم استنتاج*

| ورودی | مقدار ورودی | خروجی | مقدار خروجی |
|---|---|---|---|
| عملیات ورودی | ۳/۸۷ | سبزبودن زنجیره تأمین | ۳/۱۷ |
| عملیات تولیدی | ۲/۵۶ | | |
| عملیات خروجی | ۳/۱۰ | | |
| تدارکات معکوس | ۲/۱۲ | | |

شکل ۴، خروجی به‌دست‌آمده را نشان می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




*شکل ۴. خروجی سیستم استنتاج فازی در نرم‌افزارمتلب*

تبدیل مقدار به‌دست‌آمده به واژه‌های زبانی بر اساس توابع عضویت مثلثی، نشان می‌دهد که میزان سبزبودن زنجیره تأمین شرکت‌های تولیدی صادراتی با درجه عضویت ۰/۸۳ در حد متوسط و با درجه عضویت ۰/۱۷ در حد زیاد است. در ادامه به‌منظور نشان‌دادن کارایی سیستم طراحی‌شده، از سیستم طراحی‌شده برای ارزیابی زنجیره تأمین سه شرکت به‌طور نمونه استفاده شده است. برای هر شرکت میانگین امتیاز هر متغیر ورودی بر اساس شاخص‌ها محاسبه و وارد نرم‌افزار شده است. جدول ۸، میزان سبزبودن زنجیره تأمین این سه شرکت را نشان می‌دهد.

*جدول ۸. میزان سبزبودن سه شرکت نمونه بر اساس سیستم طراحی‌شده*

| شرکت | ورودی | مقدار ورودی | مقدار خروجی |
|---|---|---|---|
| ۱ | عملیات ورودی | ۳/۱۴ | ۲/۹۰ |
| | عملیات تولیدی | ۲/۸۳ | |
| | عملیات خروجی | ۲/۷۱ | |
| | تدارکات معکوس | ۲/۳۳ | |
| ۲ | عملیات ورودی | ۴/۱۶ | ۳/۶۰ |
| | عملیات تولیدی | ۳/۶۷ | |
| | عملیات خروجی | ۴/۰۰ | |
| | تدارکات معکوس | ۳/۸۶ | |
| ۳ | عملیات ورودی | ۳/۷۱ | ۳/۲۱ |
| | عملیات تولیدی | ۱/۸۳ | |
| | عملیات خروجی | ۴/۴۳ | |
| | تدارکات معکوس | ۲/۱۷ | |

## ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در سال‌های اخیر، توجه به محیط‌زیست و سبزبودن فعالیت‌های تولیدی به مسئله اصلی بسیاری از کشورها تبدیل شده است. این مسئله باعث شده تا شرکت‌ها نیز بر اساس فشارهای وارده و یا در راستای ایفای مسئولیت‌های اجتماعی خود، توجه بیشتری به مسائل زیست‌محیطی داشته باشند. در این راستا پژوهشگران مختلف شروع به پژوهش در جنبه‌های مختلف سازمان برای تطبیق فعالیت‌های سبز در شیوه‌های سازمانی کرده‌اند. یکی از مهم‌ترین بخش‌های سازمانی و بین‌سازمانی، زنجیره تأمین شرکت‌ها است که شامل فعالیت‌های خرید یا تهیه، طراحی و توزیع به مشتریان است. زنجیره تأمین شرکت‌ها و به‌خصوص شرکت‌های صادراتی، به دلیل فعالیت‌های برون‌سازمانی زنجیره تأمین، در معرض دید مشتریان، تأمین‌کنندگان و ذی‌نفعان مختلفی قرار دارد. با توجه به این مسئله، نخستین جایی که مدیران شرکت‌ها می‌کوشند تا فعالیت‌های آن‌ها منطبق با مسائل زیست‌محیطی باشد، زنجیره تأمین است. هرچند این بخش به‌طور مستقیم در اختیار شرکت قرار ندارد، ولی شرکت‌ها می‌توانند با اتخاذ ابزارها و شیوه‌های مختلف، نسبت به سبزکردن زنجیره تأمین تلاش کنند. شرکت‌های صادراتی بیشتر از سایر شرکت‌ها مجبور به رعایت مسائل زیست‌محیطی هستند. این شرکت‌ها با توجه به قوانین زیست‌محیطی حاکم بر مقاصد صادراتی خود ملزم هستند که زنجیره تأمین سبز و سازگار با محیط‌زیست داشته باشند. از طرفی نیز بررسی مبانی نظری پژوهش نشان می‌دهد که نخستین گام در سبزکردن زنجیره تأمین شرکت‌ها، آگاهی از وضعیت زنجیره تأمین در رابطه با فعالیت‌های سبز است. بر همین اساس نیز تلاش‌ها در جهت ارائه مدل‌ها و روش‌های ارزیابی زنجیره تأمین سبز در سال‌های اخیر بیشتر شده است. بررسی‌های این پژوهش نشان داد که بیشتر پژوهشگران مانند ساری و سوسلو (۲۰۱۸)، اسلام و همکاران (۲۰۱۸)، و تنگ و چیو (۲۰۱۳) از روش‌های فازی به دلیل ابهام موجود در واژه‌های زبانی در ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌ها، استفاده نموده‌اند تا بتوانند ارزیابی درستی داشته از سبز بودن زنجیره تأمین به جهت استفاده از واژه‌های زبانی داشته باشند [۲۸، ۱۵، ۳۳]. بااین‌همه به نظر می‌رسد که در همه این پژوهش‌ها، ارزیابی نیازمند وجود واحدهای مشابه است تا ارزیابی‌کننده بتواند با مقایسه این واحدها با یکدیگر، بهترین زنجیره تأمین سبز را انتخاب کند؛ درحالی‌که شرکت‌ها نیاز دارند، بتوانند به‌تنهایی میزان سبزبودن زنجیره تأمین خود را ارزیابی و در جهت بهبود عملکرد، برنامه‌ریزی مناسبی در این زمینه داشته باشند. به‌عبارتی شرکت‌ها باید بتوانند از روشی برای ارزیابی سبزبودن زنجیره تأمین خود استفاده کنند که این روش به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم به آن‌ها کمک کند. در این میان یکی از روش‌های مناسب برای ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌ها «سیستم استنتاج فازی» است که می‌تواند به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم عمل کند و شرکت‌ها در هر زمانی و در صورت نیاز می‌توانند سازگاری زنجیره تأمین خود را با مسائل زیست محیطی ارزیابی کنند و تصمیم‌های

مناسبی در جهت بهبود زنجیره در پیش بگیرند. بر همین اساس نیز در این پژوهش، یک سیستم استنتاج فازی برای ارزیابی زنجیره تأمین سبز شرکت‌های تولیدی صادراتی طراحی شد. نتایج نشان داد که سیستم طراحی‌شده قادر است در هر زمانی و بدون نیاز به واحدهای مشابه، میزان سبزبودن شرکت‌ها را ارزیابی کند تا مدیران بتوانند با آگاهی از وضعیت سبزبودن زنجیره تأمین، نسبت به رفع نقاط ضعف و تقویت نقاط قوت اقدام کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع


*1.* Al-Ghwayeen, W. S., & Abdallah, A. B. (2018). Green supply chain management and export performance. *Journal of Manufacturing Technology Management, 29(7), 1233-1252.*

2. Awasthi, A., & Kannan, G. (2016). Green supplier development program selection using NGT and VIKOR under fuzzy environment. *Computers & Industrial Engineering, 91,* 100-108.

3. Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Machado, V. C. (2011). The influence of green practices on supply chain performance: A case study approach. *Transportation research part E: logistics and transportation review, 47(6),* 850-871.

4. Carter C. R. & Easton, P. L. (2011). Sustainable supply chain management: evolution and future directions. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 41(1),* 46-62.

5. Charkha, P. G., & Jaju, S. B. (2014). Supply chain performance measurement system: an overview. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling, 6(1),* 40-60.

6. Chou, D. C., & Chou, A. Y. (2012). Awareness of Green IT and its value model. *Computer Standards & Interfaces, 34(5),* 447-451.

7. Dangelico, R. M., Pujari, D., & Pontrandolfo, P. (2017). Green product innovation in manufacturing firms: A sustainability-oriented dynamic capability perspective. *Business strategy and the Environment, 26(4),* 490-506.

8. Das, K., & Posinasetti, N. R. (2015). Addressing environmental concerns in closed loop supply chain design and planning. *International Journal of Production Economics, 163,* 34-47.

9. Eltayeb, T. K., Zailani, S., & Ramayah, T. (2011). Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: Investigating the outcomes. *Resources, conservation and recycling, 55(5),* 495-506.

10. Eydi, A., & Bakhtiari, M. (2016). Evaluating and Selecting Two-Layers of Suppliers in Green Supply Chain using Hierarchical Fuzzy Topsis based on Alpha Levels. *Journal Of Industrial Management Perspective, 6(22),* 163-185.(In Persian)

11. Green, K., Morton, B., & New, S. (1996). Purchasing and environmental management: interactions, policies and opportunities. *Business strategy and the environment, 5(3),* 188-197.

12. Guyader, H., Ottosson, M., & Witell, L. (2017). You can't buy what you can't see: Retailer practices to increase the green premium. *Journal of Retailing and Consumer Services, 34,* 319-325.

13. Hajmohammad, S., Vachon, S., Klassen, R. D., & Gavronski, I. (2013). Reprint of Lean management and supply management: their role in green practices and performance. *Journal of Cleaner Production, 56,* 86-93.

*14.* Hsu, C. C., Tan, K. C., Zailani, S. H. M., & Jayaraman, V. (2013). Supply chain drivers that foster the development of green initiatives in an emerging economy. *International Journal of Operations & Production Management.33(6), 656-688*

15. Islam, M. S., Tseng, M. L., Karia, N., & Lee, C. H. (2018). Assessing green supply chain practices in Bangladesh using fuzzy importance and performance approach. *Resources, Conservation and Recycling, 131,* 134-145.

16. Jenkin, T. A., Webster, J., & McShane, L. (2011). An agenda for 'Green'information technology and systems research. *Information and Organization, 21(1),* 17-40.
17. Kusi-Sarpong, S., Sarkis, J., & Wang, X. (2016). Assessing green supply chain practices in the Ghanaian mining industry: A framework and evaluation. *International Journal of Production Economics, 181,* 325-341.
18. Laari, S., Töyli, J., Solakivi, T., & Ojala, L. (2016). Firm performance and customer-driven green supply chain management. *Journal of cleaner production, 112,* 1960-1970.
19. Lee, V. H., Ooi, K. B., Chong, A. Y. L., & Seow, C. (2014). Creating technological innovation via green supply chain management: An empirical analysis. *Expert Systems with Applications, 41(16),* 6983-6994.
20. Li, S., Ngniatedema, T., & Chen, F. (2017). Understanding the impact of green initiatives and green performance on financial performance in the US. *Business Strategy and the Environment, 26(6),* 776-790.
21. Mardani, A., Kannan, D., Hooker, R. E., Ozkul, S., Alrasheedi, M., & Tirkolaee, E. B. (2020). Evaluation of green and sustainable supply chain management using structural equation modelling: A systematic review of the state of the art literature and recommendations for future research. *Journal of Cleaner Production, 249,* 119383.
22. Min, H., & Galle, W. P. (2001). Green purchasing practices of US firms. *International Journal of Operations & Production Management, 21, 1222-1238.*
23. Mortazavi, S., & Seif Barghy, M. (2018). Two-objective modeling of location-allocation problem in a green supply chain considering transportation system and CO2 emission. *Journal of Industrial Management Perspective, 8(1),* 163-185. (In Persian)
24. Radfar, A., & Mohammaditabar, D. (2019). Bi-Objective Optimization of Vendor Managed Inventory Problem in a Mult Echelon Green Supply Chain. *Journal of Industrial Management Perspective, 9(3),* 109-134. (In Persian)
*25.* Rao, P., & Holt, D. (2005). Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance?. *International journal of operations & production management, 25(9), 898-916.*
26. Rostamzadeh, R., Govindan, K., Esmaeili, A., & Sabaghi, M. (2015). Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices. *Ecological Indicators, 49,* 188-203.
27. Sari, K. (2017). A novel multi-criteria decision framework for evaluating green supply chain management practices. *Computers & Industrial Engineering, 105,* 338-347.
28. Sari, K., & Suslu, M. (2018). A modeling approach for evaluating green performance of a hotel supply chain. *Technological Forecasting and Social Change, 137,* 53-60.
29. Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of cleaner production, 11(4),* 397-409.
30. Sharma, V. K., Chandna, P., & Bhardwaj, A. (2017). Green supply chain management related performance indicators in agro industry: A review. *Journal of Cleaner Production, 141,* 1194-1208.
31. Shen, L., Olfat, L., Govindan, K., Khodaverdi, R., & Diabat, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply

chain with linguistic preferences. *Resources, Conservation and Recycling, 74,* 170-179.
32. Tan, Q., & Sousa, C. M. (2015). Leveraging marketing capabilities into competitive advantage and export performance. *International Marketing Review, 32(1),* 78-102.
33. Tseng, M. L., & Chiu, A. S. (2013). Evaluating firm's green supply chain management in linguistic preferences. *Journal of cleaner production, 40,* 22-31.
34. Tseng, M.L., Lim, K. M., Wong, W.P. (2015). Sustainable supply chain management: a closed-loop network approach. *Industrial Management & Data System, 115(3),* 436 – 461.
35. Uygun, Ö., & Dede, A. (2016). Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques. *Computers & Industrial Engineering, 102,* 502-511.
36. Vachon, S., & Klassen, R. D. (2008). Environmental management and manufacturing performance: The role of collaboration in the supply chain. *International journal of production economics, 111(2),* 299-315.
37. Vahabzadeh, A. H., Asiaei, A., & Zailani, S. (2015). Green decision-making model in reverse logistics using FUZZY-VIKOR method. *Resources, Conservation and Recycling, 103,* 125-138.
38. Walker, H., & Jones, N. (2012). Sustainable supply chain management across the UK private sector. *Supply Chain Management, 17(1),* 15-28.
39. Wang, H. F., & Gupta, S. M. (2011). *Green supply chain management: Product life cycle approach.* McGraw Hill Professional.
40. Watson, R. T., Boudreau, M. C., Chen, A., & Huber, M. H. (2008). *Green IS: Building sustainable business practices*. In R. T. Watson (Ed.), Information Systems. Athens, GA, USA: Global Text Project.
41. Wouters, M., Anderson, J. C., Narus, J. A., & Wynstra, F. (2009). Improving sourcing decisions in NPD projects: Monetary quantification of points of difference. *Journal of Operations Management, 27(1),* 64-77.
42. Wu, K. J., Liao, C. J., Tseng, M. L., & Chiu, A. S. (2015). Exploring decisive factors in green supply chain practices under uncertainty. *International Journal of Production Economics, 159,* 147-157.
43. Zhou, L., Naim, M. M., & Disney, S. M. (2017). The impact of product returns and remanufacturing uncertainties on the dynamic performance of a multi-echelon closed-loop supply chain. *International Journal of Production Economics, 183,* 487-502.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

# Design of Fuzzy Inference System for Green Supply Chain Evaluation of Export Manufacturing Companies

**Easa Narimani Ghourtoular[*], Naser Feg-Hi Farahmand[**], Nazanin Pilevari[***], Kamaleddin Rahmani[****], Mohammad Reza Motadel[*****]**

**Abstract**

This paper aims to design a fuzzy inference system to evaluate the green supply chain of export manufacturing companies. This research has been applied from the point of view of purpose. The statistical population of this study included export manufacturing companies in the northwest of the country. The statistical sample is targeted, and 143 companies are determined. A research questionnaire based on the research literature was used to collect the data. In order to examine the validity of the questionnaire, while using formal validity, the validity of the structure has been used based on confirmatory factor analysis. Cronbach's alpha coefficient was also used to evaluate the reliability of the questionnaire. The research questionnaires were distributed among the statistical sample members of the research after confirming the validity and reliability. In order to evaluate the green supply chain of companies, a fuzzy inference system has been used based on triangular membership functions and Mamdani inference. The results show that the designed system is able to show how green the supply chain of companies is based on numerical values and linguistic terms.

**Keywords: Fuzzy Inference System; Green Supply Chain; Export Manufacturing Companies. Input Operation; Production Operations, Output Operations**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Received: Jun. 18, 2020; Accepted: Jan. 4, 2021.

– Ph.D. Student, Islamic Azad University, UAE Branch.
— Associate Professor, Islamic Azad University, Tabriz Branch (Corresponding Author)
Email: farahmand@iaut.ac.ir
—— Associate Professor, Islamic Azad University, West Tehran Branch.
——— Associate Professor, Islamic Azad University, Tabriz Branch.
———— Assistant Professor, Islamic Azad University, Central Tehran Branch.