Scientific Journal of Packaging Science and Art
Vol. 14, No. 3, Autumn 2023, Serial No. 55
ISSN: 2228-6675 , E-ISSN: 2980-7824

# Determining the Importance and Prioritization of Sustainability Indicators in Cellulose Industries Using the Combined Fuzzy BWM-AHP-ARAS Method

Meisam Mehri Charvadeh *, Shadman Pour Mosa
*Ph.D., Department of Wood and Paper Science and Industry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Karaj Azad University, Karaj, Iran
(Received: 14/06/2023, Revised: 05/07/2023, Accepted: 14/10/2023, Published: 23/10/2023)
DOR: 20.1001.1.22286675.1402.14.55.3.1

## ABSTRACT

*Considering the ever-increasing growth of the world's population and the increasing needs for cellulosic products, it is very important to maintain sustainability in this industry. Therefore, it is necessary to determine the importance of sustainability indicators in cellulose industries, to improve the performance and environmental, social and economic effects of this industry. Because, by determining the importance of sustainability indicators in cellulose industries, it is possible to determine appropriate strategies and policies to improve sustainable performance in this industry and help achieve sustainable development and environmental protection.Therefore, the main goal of this research is to rely on the presented importance of developing a decision-making model that is able to identify the importance of categories (indices) affecting the sustainability of cellulose industries and also calculate the prioritization of sub-factors by analyzing through multi-criteria decision-making techniques. In this research, a combined method using hierarchical analysis and best-worst methods to calculate the weight of categories and Aras prioritization method is used to select the best option and suggest the order of preferred ranking of the options. From the analysis, it has been determined that 11 main categories and three sub-categories affect the sustainability of cellulose industries. According to the results, among the main categories of strategic supplier cooperation with a consolidated weight score of 0.1801, continuous improvement is the least important with a consolidated weight score of 0.0252. Also, among the sub-factors, environmental management with a desirability degree of 1 has the first priority and environmental pressure with a desirability degree of 0.555 has the last priority. In addition, with the introduction of this decision-making framework, the analyzes of previous researchers have been reconstructed, and the framework of alternative rankings has been proposed in a hybrid way.*

**Keywords:** Pioritize, Decision Making, Consolidated Weights, Cellulose Industries, Sustainability

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

**Publisher:** Imam Hussein University © Authors

* Corresponding Author Email: mehri1334@gmail.com

نشریه علمی «علوم و فنون بسته‌بندی»
سال چهاردهم، شماره ۵۵، پاییز ۱۴۰۲؛ ص ۳۹-۲۵
شاپای چاپی: ۲۲۲۸-۶۶۷۵| شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۷۸۲۴
علمی – پژوهشی

# تعیین اهمیت و اولویت بندی شاخص‌های پایداری در صنایع سلولزی با استفاده از روش ترکیبی Fuzzy BWM-AHP-ARAS

میثم مهری چروده*[۱]، شادمان پورموسی[۲]

۱- دکترای تخصصی، ۲- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد کرج، کرج، ایران

DOR: 20.1001.1.22286675.1402.14.55.3.1

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۱۴ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱

## چکیده

با توجه به رشد روزافزون جمعیت جهان و نیازهای رو به افزایش برای محصولات سلولزی، حفظ پایداری در این صنعت بسیار اهمیت دارد. بنابراین، تعیین اهمیت شاخص های پایداری در صنایع سلولزی، بهبود عملکرد و تأثیرات محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی این صنعت ضروری است. زیرا، با تعیین اهمیت شاخص‌های پایداری در صنایع سلولزی، می‌توان استراتژی‌ها و سیاست‌های مناسبی را برای بهبود عملکرد پایدار در این صنعت تعیین کرد و به دستیابی به توسعه پایدار و حفظ محیط زیست کمک کرد. از این رو، هدف اصلی این پژوهش تکیه بر اهمیت ارائه شده توسعه یک مدل تصمیم‌گیری است که قادر می‌باشد ضمن شناسایی، اهمیت مقوله‌های (شاخص‌های) اثرگذار بر پایداری صنایع سلولزی و همچنین، اولویت‌بندی عوامل فرعی را با تجزیه و تحلیل از طریق تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره محاسبه نماید. در این تحقیق، یک روش تلفیقی با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و بهترین بدترین برای محاسبه وزن مقوله‌ها و روش اولویت‌بندی آراس برای انتخاب بهترین گزینه و پیشنهاد ترتیب رتبه‌بندی ترجیحی گزینه‌ها استفاده شده است. از تجزیه و تحلیل، مشخص شده است که ۱۱ مقوله اصلی و سه مقوله فرعی بر روی پایداری صنایع سلولزی تأثیرگذار است. طبق نتایج بدست آمده، در میان مقوله‌های اصلی همکاری تأمین‌کننده استراتژیک با امتیاز وزن تلفیقی ۰/۱۸۰۱ بیشترین اهمیت و بهبود مستمر با امتیاز وزن تلفیقی ۰/۰۲۵۲ کمترین اهمیت را دارند. همچنین، در میان عوامل فرعی مدیریت محیطی با درجه مطلوبیت ۱ اولویت اول و فشار محیطی با درجه مطلوبیت ۰/۵۵۵ اولویت آخر را دارند. علاوه‌بر این، با معرفی این چارچوب تصمیم‌گیری، تحلیل‌های محققین قبلی بازسازی شده است و چارچوب رتبه‌بندی‌های گزینه‌ها به‌صورت ترکیبی پیشنهاد شده است.

**کلیدواژه‌ها: اولویت‌بندی، تصمیم‌گیری، اوزان تلفیقی، صنایع سلولزی، پایداری**

## ۱- مقدمه

امروزه یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران سازمان‌ها و صاحبان شرکت‌ها، بهبود و ارتقاء بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها می‌باشد [۱]. شرکت‌ها و سازمان‌ها برای انجام فرآیندهای اصلی تولید و ارائه خدمات خود، باید منابعی را تهیه و تأمین نمایند [۲]. در صورتی که بتوانند یک استراتژی موفق را پایه ریزی نمایند و هزینه‌های تأمین سازمان خود را کاهش دهند، سودآوری خود را افزایش خواهند داد [۳]. این افزایش حاشیه سود با کاهش هزینه‌ها بیشتر می‌گردد. همان‌طور که می دانیم، هزینه‌های تولید و عملیات و همچنین هزینه‌های خرید، تأمین و تدارکات، جزء هزینه‌های اصلی و اساسی می‌باشند. زنجیره تأمین یا لجستیک، بخش فیزیکی زنجیره تأمین را در بر می‌گیرد و عمدتاً شامل کلیه فعالیت‌های مربوط به جریان مواد و کالاها از مرحله تهیه مواد خام تا تولید محصول نهایی از جمله حمل‌ونقل، انبارداری و غیره است [۴]. برای این منظور، طراحی شبکه زنجیره تأمین یک سؤال پرکار بوده است و علاقه زیادی را در طیف وسیعی از صنایع به خود جلب کرده است [۵]. دلایل متعددی مانند توسعه پایدار، نگرانی‌های زیست محیطی، کمبود انرژی، کاهش منابع طبیعی و همچنین مسائلی مانند استفاده مجدد از محصولات معیوب، کاهش هزینه‌های بازگشت محصولات مرجوعی و بهبود آوازه شرکت موجب افزایش توجه به مدیریت زنجیره معکوس گردیده است. بازیافت، چرخه مجدد و یا استفاده مجدد از محصولات، امروزه به‌عنوان یک استراتژی علمی در سطح اول مدیریت شهری کشورهای توسعه‌یافته قرار دارد [۶]. به‌طور کلی یک زنجیره تأمین شبکه‌ای از سازمان‌ها است که از طریق پیوندهای بالادستی و پایین دستی درگیر فرآیندها و فعالیت‌های مختلفی هستند که در قالب محصولات یا خدمات در دست مصرف کننده نهایی با

* رایانامه نویسنده مسئول: mehri1334@gmail.com

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.
ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع) © نویسندگان

تولید ارزش ایجاد می‌کنند. مدیریت زنجیره تأمین عبارت است از مدیریت در شبکه‌ای از سازمان‌های بالادستی و پایین دستی، جریان‌های مواد، اطلاعات و منابع که منجر به ایجاد ارزش در قالب محصولات یا خدمات می‌شود [۷]. در نوع جدیدی از زنجیره تأمین بنام لجستیک معکوس، محصولاتی که به پایان عمر مفیدشان می‌رسند، مجدداً از مصرف‌کننده نهایی خریداری می‌شوند و پس از دمونتاژ، قسمت‌هایی از محصول که قابلیت استفاده مجدد را دارند، دوباره در قالب محصولات اسقاطی به چرخه حیات برمی‌گردند[۸]. در واقع یکی از کارهای ضروری برای این که سازمانی بتواند محصولاتش را بازیافت کند، راه‌اندازی زنجیره تأمین معکوسش است. طراحی و اجرای شبکه لجستیک معکوس برای محصولات برگشتی، نه تنها هزینه‌های موجودی و حمل و نقل را کاهش می‌دهد بلکه باعث افزایش وفاداری مشتری نیز می‌گردد [۹]. به‌طور کلی تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین به دو شکل متمرکز و غیر متمرکز (که بحث مورد نظر می‌باشد) صورت می‌پذیرد [ ۱۰].

با توجه به اینکه صنایع سلولزی ارتباط نزدیکی با منابع طبیعی بخصوص جنگل‌ها دارند، مواد مورد استفاده در ساخت این محصولات بعضاً روانه محیط زیست می‌شوند. به همین دلیل این صنایع قادر خواهند بود که محیط زیست را تحت تأثیر خود قرار دهند. بنابراین، وجود یک سیستم مدیریتی تصمیم گیری که قادر به ملحوظ دانستن عوامل پایداری در زنجیره تأمین مربوط به محصولات موجود در صنایع سلولزی است، احساس می‌شود. تحقق این هدف، از طریق پیدا کردن تأثیرگذارترین عوامل پایداری در صنایع سلولزی امکان پذیر است که در این تحقیق با استفاده از یک تحلیل عمیق ابتدا عوامل مؤثر با استفاده از کدگذاری انتخاب شوند. نظر به اینکه مطالعات تصمیم‌گیری وابستگی زیادی به نظرات خبرگان دارند، در تحقیقات مشابه قبلی عموماً از یک وزن ترجیحی که توسط خبرگان انتخاب می‌شود، استفاده شده است. در این مقاله برای غلبه بر این ضعف و بالابردن دقت محاسباتی از یک وزن تجمیعی با استفاده از روش ترکیبی تصمیم‌گیری استفاده بعمل آمده است تا ضمن رفع این مشکل، نتایج معتبرتری در خصوص اولویت‌بندی عوامل پایداری در صنایع سلولزی ارائه شود.

برطبق موارد اشاره شده، مهم‌ترین اهداف این تحقیق به صورت زیر مطرح می‌شود:

- ارائه یک مدل تصمیم گیری که قادر است ضمن شناسایی، اهمیت مقوله‌ها (شاخص‌های) اثرگذار بر پایداری صنایع سلولزی و همچنین، اولویت‌بندی را با استفاده از آن تعیین کرد.
- اعمال خصوصیت فازی به‌منظور اینکه مسأله به دنیای واقعی نزدیک‌تر شود.

باقیمانده مقاله به‌صورتی که مشخص می‌شود سازماندهی می‌شود. در بخش دوم، یک مرور ادبیات از مطالعاتی که در گذشته حول موضوع اصلی تحقیق انجام شده است ارائه می‌شود. در بخش سوم، روش تحقیق پیشنهادی ارائه می‌شود. در بخش چهارم، نتایج محاسباتی در یک مطالعه موردی واقعی به اجرا در می‌آید و سرانجام در بخش پنجم یک نتیجه‌گیری کلی به‌همراه پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی ارائه می‌شود.

## ۲- ادبیات تحقیق

در این بخش مهم‌ترین مقالاتی که به استفاده و قابلیت‌های روش‌های بکارگرفته شده در مطالعات قبلی اشاره می‌شود. برای مثال، فخرزاد و همکاران [۱۱] به مدل‌سازی چندهدفه یک زنجیره تامین حلقه بسته سبز پرداختند. عدم قطعیت درنظرگرفته‌شده بصورت فازی بوده. مهم‌ترین اهداف این پژوهش شامل کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین به‌همراه کمینه کردن میزان دی‌اکسیدکربن آزاد شده می‌باشد. از جمله نوآوری‌های در نظر گرفته شده در نظر گرفتن قابلیت اطمینان برای مراکز می‌باشد. برای حل پیشنهادی از الگوریتم رقابتی[1] استفاده شده است. یان و همکاران [۱۲] به طراحی یک زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار با معیارهای اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی پرداختند. اهداف در نظر گرفته شده شامل کمینه کردن هزینه‌های کل، کمینه کردن میزان در دی‌اکسیدکربن آزاد شده و بیشینه کردن اثرات اجتماعی می‌باشد. سه نوع کانال توزیع شامل تحویل نرمال، تحویل مستقیم و جابه‌جایی مستقیم در این پژوهش در نظر گرفته شده است. در نهایت مدل با الگوریتم ژنتیک ترکیبی حل شده است. ریحانی و همکاران [۱۳] یک مدل ریاضی چندهدفه را برای زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار برای محصولات کشاورزی ارائه نمودند. اهداف اصلی تحقیق تعیین میزان جریان در هر سطح و مکانیابی تسهیلات می‌باشد. لذا در این پژوهش کمینه کردن هزینه‌ها و هزینه‌های دی‌اکسیدکربن آزاد شده می‌باشد. نتایج بیانگر عملکرد مناسب مدل پیشنهادی می‌باشد. ربانی و همکاران [۱۴] یک مدل چندهدفه و چند دوره‌ای جهت مکانیابی و تخصیص در یک زنجیره تأمین پایدار ارائه نمودند. در نظر گرفتن تکنولوژی‌های مختلف برای خودروها که منجر به هزینه‌های مختلف از جمله هزینه‌های آزاد شدن دی‌اکسید کربن مختلف می‌شود از جمله نوآوری‌های این پژوهش است. به منظور مقابله با عدم قطعیت مسائله از رویکرد ترکیبی پایدار استفاده شده است. در نهایت مطالعه موردی با رویکرد محدودیت اپسیلون حل گردیده است. علی و همکاران[۱۵] به مدل‌سازی یک زنجیره تأمین معکوس محصولات تهویه هوا را مورد بررسی قرار دادند. عدم قطعیت در نظر گرفته شده در زنجیره تأمین پایدار درنظر گرفته شده بصورت فازی می‌باشد.

[1] Imperialist competitive algorithm

مکانیابی مراکز جمع‌آوری و بازیافت از جمله مهم‌ترین اهداف این پژوهش می‌باشد. مطالعه موردی مورد نظر صنایع کشور عربستان و هند می‌باشند. در نهایت مکان‌های شناسایی شده با رویکرد تحلیل سلسله مراتبی اولویت بندی شده است. پارسا و همکاران[۱۶]در این تحقیق یک مدل موجودی تولید-بازیافت را برای محتوای محصولات بازیافتی پس از مصرف که از ترکیبی از مواد دست نخورده و بازیافتی با نسبت‌های خاص ساخته شده‌اند، ارائه می‌کند. برای این منظور، یک زنجیره تأمین حلقه بسته که در آن یک مرکز بازیافت و یک تأمین کننده به ترتیب مواد خام بازیافتی و دست نخورده را به یک تولید کننده می‌فرستند در نظر گرفته شده است. این مقاله یک مدل اقتصادی مشترک با اندازه بهینه را برای به حداکثر رساندن سود کل زنجیره توسعه می‌دهد. بای این منظور، یک الگوریتم شاخه و کران، همراه با تجزیه و تحلیل محدب برای یافتن راه حل دقیق توسعه داده شده است.

نصر و همکاران[۱۷]یک مدل فازی چندهدفه را جهت کمینه سازی هزینه‌ها در زنجیره تأمین حلقه بسته ارائه داده‌اند. مدل دو سطحی ارائه شده به انتخاب تأمین کنندگان و تخصیص آنها به تولیدکنندگان می‌پردازد. هدف اصلی این پژوهش کمینه کردن هزینه‌های زیست محیطی، هزینه‌های عملیاتی، تقاضای از دست رفته و بیشینه کردن اشتغالزایی می‌باشد. نوآوری در نظر گرفته شده شامل در نظر گرفتن پایداری در زنجیره تأمین می‌باشد. در نهایت مدل پیشنهادی توسط برنامه ریزی آرمانی حل گردیده است. دیابت و همکاران[۱۸]یک مدل چند دوره‌ای، چندکالایی در زنجیره تأمین حلقه بسته تحت شرایط عدم قطعیت ارائه نمودند. کالاهای در نظر گرفته شده دارای کیفیت‌های متفاوتی می‌باشد و براساس این کیفیت بازیابی انجام می‌شود. همچنین برای هر برگشت به عقب یک جریمه خاص در نظر گرفته شده است. اهداف در نظر گرفته شده شامل کمینه کردن هزینه‌های زنجیره به همراه کیمنه کردن اثرات زیست محیطی می‌باشد.

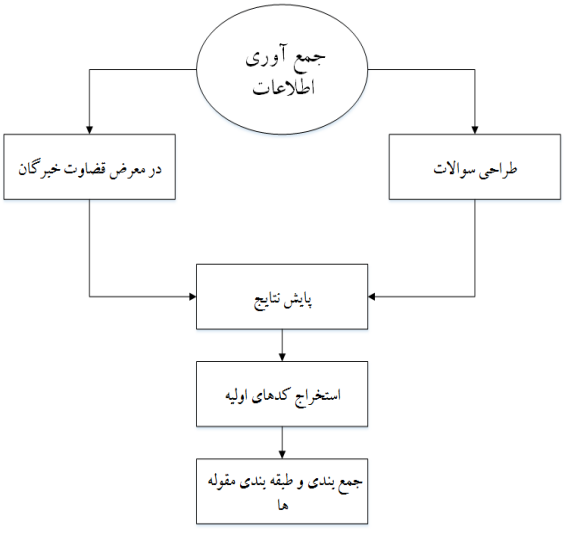
نتایج تحلیل حساسیت بیانگر آن است که با افزایش تقاضا مقدار هزینه‌های حمل بشدت افزایش می‌یابد. دنگ و همکاران[۱۹]یک مدل ریاضی برای مدیریت زنجیره تأمین حلقه بسته با در نظر گرفتن تقاضای تصادفی و سیستم بازتولید ارائه نمودند. مدل پیشنهادی دارای ۳ هدف می‌باشد که شامل:۱- تعیین تولیدکنندگانی که بیشترین کانال سود را به همراه دارند.۲- تخصیص توزیع کنندگان به مشتریان ۳-بررسی جریان بین سطوح زنجیره تأمین. نتایج برای مطالعه موردی در نظر گرفته شده بیانگر آن است که با افزایش هزینه‌های حمل و نقل هزینه‌های کل سیستم بصورت نمایی افزایش می‌یابد. خاکباز و بابایی تیرکلائی[۲۰]، در این تحقیق به برنامه‌ریزی تولید یک سیستم تولید هیبریدی پایدار شامل فرآیندهای تولید و ساخت مجدد یکپارچه در یک شبکه لجستیک معکوس حلقه بسته با جایگزینی دو طرفه و دستورالعمل زباله‌های الکترونیکی پرداخته‌اند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، با افزایش نرخ جایگزینی، سود مورد انتظار و نرخ بازیافت افزایش می‌یابد. علاوه بر این، با افزایش هزینه‌های تولید، سود مورد انتظار و نرخ بازیافت کاهش می‌یابد. احمد و همکاران[۲۱]در این مقاله، یک مدل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح مختلط چند هدفه جدید برای پیکربندی و بهینه‌سازی یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته چند مرحله‌ای، چند محصولی برای لاستیک اتومبیل پیشنهاد کرده‌اند. برای این منظور، یک روش جدید تصمیم گیری مبتنی بر منطق فازی توسعه داده شده است. در نهایت، مدل پیشنهادی بر اساس روش محدودیت اپسیلون حل شده است. مصلی نژاد و همکاران[۲۲]در این مطالعه، یک شبکه زنجیره تأمین جدید برای غذاهای دریایی تازه، با در نظر گرفتن جنبه‌های پایداری، توسعه داده‌اند به طوری که قادر خواهد بود تا به طور ایده‌آل جنبه مالی شبکه را متعادل کند و در عین حال بازیافت محصولات زائد را افزایش دهد. علاوه بر این، چهار روش فراابتکاری برای غلبه بر پیچیدگی محاسباتی روش‌های راه‌حل دقیق پیشنهاد شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از اجرای الگوریتم‌های فراابتکاری، می‌توان نتیجه گرفت که بهینه‌سازهای گرگ خاکستری چند هدفه و عقاب طلایی چند هدفه از نظر کیفیت راه‌حل‌ها از دو روش حل دیگر برتری دارند. بنابراین، آن‌ها را می‌توان به طور مؤثر در حل مشکلات شبکه زنجیره تأمین غذاهای دریایی در دنیای واقعی به کار برد. هاشمی امیری و همکاران[۲۳]در این مطالعه، یک چارچوب برای مدیریت یکپارچه هوشمند زباله را برای مراحل جمع‌آوری و بازیافت به منظور بهبود عملکرد سیستم زباله در نظر گرفته شده است. از آنجایی که مدیریت یکپارچه هوشمند زباله معمولاً شامل همکاری ذینفعان مختلف است و تحت تأثیر منابع مختلف عدم قطعیت قرار می‌گیرد، یک مدل چندهدفه جدید برای به حداکثر رساندن سود احتمالی شبکه و در عین حال به حداقل رساندن کل زمان سفر و هزینه‌های حمل و نقل پیشنهاد شده است. در مدل پیشنهادی، رویکرد برنامه‌ریزی با محدودیت شانس برای مقابله با عدم قطعیت سود حاصل از بازیافت زباله و فعالیت‌های بازیابی اعمال می‌شود. علاوه بر این، برخی از بهترین الگوریتم‌های فراابتکاری چندهدفه برای پرداختن به پیچیدگی مسئله بکار گرفته شده‌اند. در نهایت، مطمئن‌ترین الگوریتم بر اساس بهترین- بدترین روش تعیین می‌شود.

براساس موارد اشاره شده از مرور تحقیقات گذشته بیشتر تمرکز محققان بر روی بررسی زنجیره تأمین از حیث مدلسازی معطوف بوده است. در میان مطالعات مورد بررسی شده، تحقیقی با محوریت شناسایی و اتخاذ تصمیم گیری مناسب در مواجهه با شناسایی، تعیین اهمیت و اولویت بندی مقوله‌ها در زنجیره تأمین پایدار مشاهده نمی‌شود. از این رو مهم‌ترین سهم مشارکت و نوآوری در این تحقیق، با توجه به کاربرد گسترده روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره و اضافه کردن رویکرد فازی برای ارضای

عدم قطعیت‌های موجود در تصمیم‌گیری و نزدیک کردن آن به واقعیت، از این روش برای اولویت بندی عوامل اثرگذار بر زنجیره‌های تأمین صنایع سلولزی استفاده بعمل می‌آوریم. بنابراین، در این تحقیق، به ارائه یک مدل تصمیم‌گیری ترکیبی برای غلبه بر ضعف‌های ذاتی روش‌های تصمیم‌گیری می‌پردازیم. برای این منظور، ابتدا شناسایی و تحلیل مقوله‌ها و گزینه‌های مورد نیاز با استفاده از کدگذاری انجام می‌شود. سپس، با استفاده از رویکرد فازی بهترین-بدترین و تحلیل سلسله مراتبی اوزان تلفیقی جهت تعیین اهمیت مقوله‌های اصلی استفاده می‌شود. همچنین، از روش آراس برای اولویت‌بندی عوامل فرعی (گزینه‌ها) استفاده می‌شود. نظر به اینکه دنیای واقعی و رفتار جوامع هدف و مصرف کنندگان همواره با عدم قطعیت‌هایی روبرو است، از استنتاج فازی برای نزدیک شدن مسأله به دنیای واقعی استفاده می‌شود.

## ۳- روش تحقیق

در این تحقیق، برای تعیین اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌های پایداری در صنایع سلولزی که از طریق یک بررسی عمیق و بر مبنای کدگذاری اولیه و محوری انجام گرفته شده است؛ یک چارچوب تصمیم‌گیری ترکیبی چندمعیاره با بکارگیری روش‌های بهترین-بدترین[1]، تحلیل سلسله مراتبی[2] و آراس[3] ارائه شده است. برای انجام تحقیق کارآمد، لازم است به‌طور دقیق شاخص‌های مورد نیاز برای سنجش مشخص شوند. زیرا در صورت وارد کردن ورودی خوب؛ نتایج خوب حاصل می‌شود. فرآیند انتخاب شاخص‌ها متناسب با تئوری داده بنیاد و اجرای مرحله کدگذاری باز که شامل کدگذاری اولیه و محوری است، اجرا شده است. در شکل(۱) فرآیند جمع آوری اطلاعات نشان داده شده است.




**شکل (۱):** مراحل جمع‌آوری اطلاعات تحقیق

[1] Best-Worst method
[2] Analytic Hierarchy Process (AHP)
[3] Additive Ratio Assessment

پس از اجرای مراحل جمع آوری اطلاعات و تحلیل و پایش مصاحبه‌های برگزاری شده از طریق فیش‌هایی که در لحظه مصاحبه با خبرگان تهیه شده است، کدهای اولیه برای تعیین شاخص‌های پایداری صنایع سلولزی شناسایی شده‌اند. با اجرای یک طبقه بندی میان کدهای اولیه، ۱۱ مقوله اثرگذار برای اولویت‌بندی شاخص‌های پایداری شناسایی شده‌اند. این ۱۱ مقوله در جدول (۱) نشان داده شده‌اند.

به‌منظور اجرای فرآیند تصمیم‌گیری و ارائه اولویت‌بندی در صنایع سلولزی، لازم است این شاخص‌ها در معرض مقایسه با گزینه‌هایی قرار بگیرند که برای ۱۱ عامل اصلی در نظر گرفته شده‌اند. این گزینه‌ها عبارت‌اند از: سازمان و شرکت محور؛ مدیریت محیطی و فشارهای محیطی. در ادامه این بخش، فرآیند تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی شاخص‌های شناسایی شده معرفی می‌شود.

**جدول(۱):** کدهای اولیه و مقوله‌های استخراج شده

| کدگذاری باز | | نماد |
|---|---|---|
| کدگذاری اولیه | مقولات | |
| ۱. بیشینه کردن استفاده از محل ذخیره | انبارداری سبز | $C_1$ |
| ۲. کاهش هزینه بازیابی و ذخیره | | |
| ۳. کاهش مصرف انرژی | | |
| ۱. برنامه ریزی همکاری | همکاری تأمین کننده استراتژیک | $C_2$ |
| ۲. سیستم پیش بینی | | |
| ۱. بهبود پیش بینی تقاضا | حفظ محیط زیست | $C_3$ |
| ۲. توزیع مشترک | | |
| ۳. اتخاذ شبکه اتصال متقابل | | |
| ۱. ارزیابی | بهبود مستمر | $C_4$ |
| ۲. حسابرسی | | |
| ۳. استانداردسازی | | |
| ۱. مدیریت ضایعات | توانمندسازی فناوری اطلاعات | $C_5$ |
| ۲. فناوری پایدار | | |
| ۱. تقاضای مشتریان | بهینه سازی لجستیک | $C_6$ |
| ۲. میزان و کیفیت برگشتی‌ها | | |
| ۳. هزینه‌های حمل و نقل | | |

| کدگذاری باز | | نماد |
|---|---|---|
| کدگذاری اولیه | مقولات | |
| ۱. مقاومت داخلی<br>۲. نبود وفاداری کارکنان | فشارهای درون سازمانی | $C_7$ |
| ۱. فشارهای اجباری<br>۲. فشارهای هنجاری<br>۳. فشارهای تقلیدی<br>۴. ایجاد حس مهم بودن | فشارهای نهادی | $C_8$ |
| ۱. اصول اخلاقی<br>۲. مسئولیت پذیری | ارزش‌های اجتماعی | $C_9$ |
| ۱. سیاست استراتژیک<br>۲. اجرای استراتژی پایدار<br>۳. همکاری استراتژیک | تعهد و استراتژی شرکت | $C_{10}$ |
| ۱. کوتاه شدن خط عرضه<br>۲. کانال عرضه چابک<br>۳. هزینه پایین در مدیریت عرضه | ثبات اقتصادی | $C_{11}$ |

## ۳-۱- روش تحقیق اوزان ترکیبی مقوله‌ها

### ۳-۱-۱- روش بهترین- بدترین

روش بهترین- بدترین برای حل مسأله تصمیم گیری چند معیاره معرفی می‌گردد. در یک مسأله تصمیم گیری چند معیاره، تعدادی آلترناتیو (گزینه) با توجه به تعدادی معیار (شاخص) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند تا بهترین آلترناتیو انتخاب گردد. این روش توسط جعفر رضایی[ ۲۴]مطرح گردید. نتایج آماری نشان می‌دهد که روش بهترین- بدترین به طور قابل توجهی از روش تحلیل سلسله مراتبی با توجه به نرخ سازگاری و دیگر معیارهای عملکردی مانند: حداقل خطا، انحراف کل و سازگاری، عملکرد بهتری دارد. از جمله ویژگی‌های برجسته روش ارائه شده نسبت به روش‌های تصمیم-گیری چندمعیاره موجود عبارتند از:

- نیاز به داده‌های مقایسه‌ای کمتر دارد،
- این روش منجر به مقایسه‌ای پایدارتر و استوارتری می‌شود، بدین معنی که جواب‌های قابل اطیمنان‌تری بدست می‌آید.

مراحل روش بهترین- بدترین را که می‌تواند برای به دست آوردن وزن معیارها مورد استفاده قرار گیرد در ادامه معرفی می‌نماییم.

مرحله اول: مشخص کردن مجموعه معیارها:

در این مرحله ما معیارهای $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$که باید در تصمیم گیری مورد استفاده قرار گیرند را درنظر می‌گیریم.

مرحله دوم: مشخص کردن بهترین (به عبارت دیگر مطلوب‌ترین و مهم‌ترین) و بدترین (نامطلوب‌ترین و بی اهمیت‌ترین معیارها):

در این بخش تصمیم گیرنده به طور کلی بهترین و بدترین معیارها را مشخص می‌کند. در این بخش مقایسه‌ای صورت نمی‌گیرد.

مرحله سوم: مشخص کردن میزان عملکرد بهترین معیار در برابر سایر معیارها:

بردار نتایج بهترین معیار نسبت به بقیه معیارها ممکن به شکل زیر بیان می‌شود که عبارت‌اند از:

$$AB = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

مرحله چهارم: مشخص کردن عملکرد همه معیارهای نسبت به بدترین معیار:

بردار نتایج مقایسات معیارها نسبت به بدترین معیار می‌تواند به شکل زیر باشد:

$$AW = (a_{1w}, a_{2w}, \dots, a_{nw})$$

مرحله پنجم: یافتن وزن‌های بهینه

مقادیر بهینه برای معیارها منحصربفرد است که برای هر جفت از $\frac{W_B}{W_j} = a_{Bj}$ و $\frac{W_j}{W_w} = a_{jW}$ خواهیم داشت. برای ارضای این شروط برای همه j ها باید راه حلی را پیدا کنیم که مقدار قدر مطلق حداکثر اختلاف $\left|\frac{W_B}{W_j} - a_{Bj}\right|$ و $\left|\frac{W_j}{W_w} - a_{jW}\right|$ حداقل گردد. با توجه به اینکه وزن‌ها غیرمنفی و جمع‌پذیر می‌باشند مسأله غیرخطی به‌صورت رابطه (۱) بیان می‌شود.

(۱)

$$\text{Min Max}\left\{\left|\frac{W_B}{W_j} - a_{Bj}\right| \text{ و } \left|\frac{W_j}{W_w} - a_{jW}\right|\right\}$$
$$\text{S.t}$$
$$\sum w_j = 1$$
$$w_j \geq 0 \text{ for all j}$$

مسأله موجود در رابطه (۱) به‌صورت مسأله موجود در رابطه (۲) خطی می‌شود.

(۲)

$$\text{Min Max}\{|W_B - a_{Bj}W_j| \text{و} |W_j - a_{jW}W_w|\}$$
$$\text{S.t}$$
$$\sum w_j = 1$$
$$w_j \geq 0 \text{ for all j}$$

مسأله ۲ که عملیات جبری بر روی آن انجام شده است یک مسأله برنامه‌ریزی مرکب می‌باشد. برای تبدیل این مسأله برنامه ریز به یک مسأله برنامه‌ریزی خطی عبارت $\text{Max}\{|W_B - a_{Bj}W_j| \text{و} |W_j - a_{jW}W_w|\}$ را برابر با $\varepsilon$ در نظر می‌گیریم. سپس، هر یک از جملات $|W_j - a_{jW}W_w|$ و $|W_B - a_{Bj}W_j|$ را با توجه به اینکه مسأله اصلی کمینه‌سازی است کوچکتر مساوی با $\varepsilon$ در نظر می‌گیریم. با اعمال موارد فوق می‌توانیم معادله خطی شده را به‌صورت رابطه (۳) بیان نماییم.

$$\begin{aligned} &\text{Min } \varepsilon \\ &\text{S. t} \\ &\left|W_B - a_{Bj}W_j\right| \le \varepsilon \\ &\left|W_j - a_{jW}W_w\right| \le \varepsilon \\ &\sum w_j = 1 \\ &w_j \ge 0 \text{ for all j} \end{aligned} \qquad (۳)$$

با حل رابطه (۳)، مقادیر بهینه وزن‌های $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$ و مقدار $\varepsilon^*$ بدست خواهد آمد.

### ۳-۱-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی

این روش توسط یک دانشمند به نام توماس آل ساعتی پیشنهاد شده است. این روش یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این روش امکان فرموله‌کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی را در مسأله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها دارد. گام‌های روش تحلیل سلسله مراتبی به‌طور خلاصه طی ششم مرحله انجام می‌شود. که هر یک از این گام‌ها در ادامه توضیح داده شده‌اند.

**مرحله اول**: در این مرحله، هدف را مشخص می‌کنیم و سایر گزینه‌های دیگر را مشخص می‌کنیم. در این مرحله قضاوت‌های عملی برای انتخاب معیارهایی که یک جنبه قابل اندازه‌گیری دارند، الزامی است.

**مرحله دوم**: در این مرحله، یک مقایسه عقلمند بین معیارها و پارامترهای هر معیار انجام می‌دهیم. ماتریس مقایسات زوجی با کمک متخصصان اعم از استادان و محققان در زمینه‌های مدیریت، مهندسی و پروژه، با استفاده از مقیاس اساسی از ۱ تا ۹ ایجاد می‌شود. بدین شکل ماتریس مقایسات زوجی $n \times n$ بدست می‌آید. که n نشان دهنده تعداد معیارها است.

**مرحله سوم**: در این مرحله، وزن ضرایب را براساس مقادیر داده شده در مرحله قبل محاسبه می‌کنیم. اگر $X_{ij}$ را به عنوان مقدار i امین فاکتور وقتی که با j امین فاکتور مقایسه می‌شود در نظر بگیریم در اینصورت $X_{ji} = \frac{1}{X_{ij}}$.. مجموع هر یک از ستون‌های ماتریس محاسبه می‌شود و از تقسیم هر یک از مقادیر موجود در سلول‌ها بر مجموع ستون‌های نظیر آن، مقدار نرمال شده به‌دست می‌آید. میانگین حسابی هر سطر ماتریس مقایسات زوجی نشان دهنده وزن آن شاخص می‌باشد.

**مرحله چهارم:** بردار ویژه را محاسبه می‌کنیم. حداکثر مقدار ویژه را ساعتی به‌صورت معادلات موجود در روابط (۴) پیشنهاد کرده است.

$$AW = A_{n\times n}.W_{n\times 1} = B_{n\times 1} \qquad (۴)$$
$$\lambda_{maxi} = \frac{b_i}{w_i}$$
$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\lambda_{maxi}}{n}$$

در این مرحله، ماتریس مقایسه زوجی $A_{n\times n}$ در اوزان شاخص‌ها $W_{n\times 1}$ که از طریق میانگین حسابی بدست آمده است ضرب می‌شود. حاصلضرب یک ماتریس ستونی $B_{n\times 1}$ است. برای محاسبه مقدار ویژه هر یک از شاخص‌ها لازم است مقدار $b_i$ که مربوط به هر یک از سطرهای ماتریس ستونی $B_{n\times 1}$ است را در وزن اختصاصی هر یک از شاخص‌ها $w_i$ تقسیم نماییم. سرانجام، میانگین تمامی مقادیر ویژه محاسبه شده محاسبه می‌شود که به عنوان مقدار بردار ویژه در نظر گرفته می‌شود.

**مرحله پنجم:** محاسبه نرخ شاخص ناسازگاری و شاخص ناسازگاری تصادفی، با استفاده از حداکثر مقدار ویژه‌ای که در مرحله قبل بدست آمده است. نرخ شاخص ناسازگاری با استفاده از معادله (۵) بدست می‌آید.

$$II = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \qquad (۵)$$

که $\lambda_{max}$، مقدار بردار ویژه از ماتریس مقایسه زوجی بدست می‌آید و n تعداد معیارها است. مقدار شاخص ناسازگاری برای ماتریس‌هایی که اعداد آن‌ها کاملاً تصادفی اختیار شده باشند از پیش محاسبه شده‌اند و آن را شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (IIR) می‌نامند. که مقادیر آنها برای ماتریس‌های n بعدی مطابق جدول (۲) به‌دست می‌آید.

**مرحله ششم:** سرانجام در مرحله ششم، نرخ IR به عنوان نرخ ناسازگاری با استفاده از رابطه (۶) بدست می‌آید.

$$IR = \frac{II}{IIR} \qquad (۶)$$

برای هر ماتریس، حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری (II) بر شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (IIR) هم بعدش، معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری است که آن را نرخ ناسازگاری (IR) می‌نامیم. چنانچه این عدد کوچکتر یا مساوی با ۰/۱ باشد سازگاری سیستم قابل قبول است. در غیر اینصورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر نمود.

**جدول(۲):** شاخص‌های ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی

| n | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IIR | ۰ | ۰ | ۰/۵۸ | ۰/۹ | ۱/۱۲ | ۱/۲۴ | ۱/۳۲ | ۱/۴۱ | ۱/۴۵ | ۱/۴۵ |

**تعریف ۱: وزن تلفیقی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و بهترین-بدترین:** فرض کنیم وزن محاسبه شده با استفاده از روش بهترین- بدترین برای مقوله‌های در نظر گرفته شده برابر با $\delta_j$ و وزن محاسبه شده برای شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی برابر با $\gamma_j$ فرض شود، در اینصورت وزن تلفیقی $W_j$ با استفاده از این دو روش برابر خواهد با معادله شماره ۶:

$$W_j = \frac{\delta_j \gamma_j}{\sum_{j=1}^{n} \delta_j \gamma_j} \quad (۶)$$

### ۳-۱-۳- روش اولویت بندی آراس

روش آراس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط آقای زاوادسکاس و تورسکیس [۲۵] معرفی شده است. روش آراس همانند روش‌های تاپسیس یا ویکور یا الکتره می‌باشد، یعنی ماتریس تصمیم آن به‌صورت معیار-گزینه است. مراحل پیاده‌سازی روش آراس طی چهار مرحله قابل انجام است. این مراحل عبارتند از (زاوادسکاس و تورکیس، ۲۰۱۰):

مرحله اول، بی مقیاس سازی:: برای بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم گیری در این روش از رابطه ۷ که به نرم ساعتی معروف است، استفاده می‌شود.

$$r_{ij}^{*} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}} \quad (۷)$$

مرحله دوم، بی مقیاسی موزون: با در نظر داشن وزن شاخص‌های در نظر گرفته شده به صورت $[w_1, w_2, \dots, w_n]$، مقادیر بی مقیاس وزین هر شاخص از رابطه (۸) بدست می آید:

$$r_{ij} = r_{ij}^{*} * w_j \quad (۸)$$

مرحله سوم، تعیین مقدار تابع بهینگی: تابع بهینگی S مقداری است که هر چقدر بزرگتر باشد، بهتر است. این مقدار برای گزینه i از رابطه (۹) بدست می‌آید:

$$S_i = \sum_{i=1}^{m} r_{ij} \quad (۹)$$

مرحله چهارم، تعیین درجه مطلوبیت: جهت رتبه بندی نهایی گزینه‌ها از درجه مطلوبیت استفاده می‌شود. مقدار درجه مطلوبیت (K) برای گزینه i از رابطه زیر بدست می‌آید: در این رابطه $S_o$ مقدار تابع بهینگی گزینه‌ای است که بیشترین مقدار را داشته باشد.

$$K_i = \frac{S_i}{S_o} \quad (۱۰)$$

### ۳-۲- فازی زدایی

در این مرحله با جمع‌آوری اطلاعات از پرسشنامه طراحی شده از مقایسه زوجی شاخص‌ها بر یکدیگر بر مبنای روش بهترین- بدترین و تحلیل سلسله مراتبی با در نظر گرفتن مقیاس موجود در جدول( ۳)، ماتریس‌های تصمیم‌گیری لازم برای تحلیل‌های بیشتر با استفاده از جدول (۴) تکمیل می‌گردد. در جدول (۴)، ماتریس ارتباط مستقیم فازی زدایی شده که براساس میانگین حسابی نظرات خبرگان مشارکت کننده در تحقیق بر اساس مقیاس در نظر گرفته شده را نشان می‌دهد.

**جدول(۳)**: مقیاس روش دیمتل (جهانگیری و همکاران، ۲۰۲۱)

| عبارت کلامی | عدد متناظر |
|---|---|
| خیلی مهم‌تر | ۵۰۰ |
| مهم | ۴۰۰ |
| بینابین | ۳۰۰ |
| کم اهمیت | ۲۰۰ |
| خیلی کم اهمیت | ۱۰۰ |

برای تبدیل این حالت به مقدار قطعی از طیف لیکرت ۵ درجه در این تحقیق استفاده می‌شود. اعداد فازی مثلثی متناظر با طیف لیکرت ۵ درجه به صورت جدول (۴) است. در این جدول، با استفاده از روش مینکوفکسی فازی زدایی انجام شده است که مقدار قطعی متناظر هر مقدار کلامی و مقدار فازی و عدد مثلثی نوشته شده است. اعداد فازی با استفاده از فرمول مینکوفسکی مطابق با رابطه $x = m + u - l/4$ به اعداد قطعی تبدیل می‌شوند. در این رابطه m مرکز بازه، u کران بالا و l کران پایین بازه می باشد.

**جدول(۴)**: اعداد فازی طیف لیکرت ۵ درجه (جهانگیری و همکاران، ۲۰۲۱)

| متغیر کلامی | مقدار فازی | عدد فازی مثلثی | مقدار قطعی |
|---|---|---|---|
| خیلی مهم‌ترین | ۱ | (۰،۰،۰/۲۵) | ۰/۰۶۲۵ |
| مهم | ۲ | (۰،۰/۰،۲۵/۲۵) | ۰/۳۱۲۵ |
| بینابین | ۳ | (۰/۰،۲۵/۵، ۰/۲۵) | ۰/۶۲۵ |
| کم اهمیت | ۴ | (۰/۰،۵/۱،۷۵) | ۰/۸۷۵ |
| خیلی کم اهمیت | ۵ | (۰/۱،۱،۷۵) | ۱/۰۶۲۵ |

## ۴- نتایج محاسباتی تحقیق

برای نشان دادن قابلیت بکارگیری چارچوب پیشنهادی با طی کردن مراحل نتایج محاسباتی به شرح زیر گزارش می‌گردد. در جدول(۵)، مقایسه زوجی مربوط به اهمیت بهترین معیار در مقایسه با سایر معیارها برای اولویت بندی شاخص‌های پایداری در صنایع سلولزی برای ورودی به مدل برنامه‌ریزی خطی مربوطه اشاره شده در رابطه (۵) نشان داده شده است. این جدول براساس مقایسه زوجی کلامی و تبدیل آنها از فازی به قطعی مطابق با جدول (۴) تهیه و تکمیل شده است.

**جدول( ۵):** مقایسه زوجی بهترین معیار با سایر معیارهای پایداری در صنایع سلولزی

| معیار | $c_1$ | $c_2$ | $c_3$ | $c_5$ | $c_6$ | $c_7$ | $c_8$ | $c_9$ | $c_{10}$ | $c_{11}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **بهترین معیار (بهبود مستمر) $c_4$** | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۸۷۵ | ۰/۸۷۵ | ۰/۶۲۵ | ۰/۶۲۵ | ۱/۰۶۲۵ |

همچنین، اهمیت بدترین معیار با سایرمعیارها را نیز همانند بهترین معیارها مشخص می‌نماییم. در جدول( ۶ )مقایسه زوجی مربوط به این اهمیت برای بدترین معیارها نشان داده شده است. اطلاعات جداول( ۵ و ۶) به عنوان ورودی به مدل در نرم افزار گمز قرار می‌گیرد.

**جدول( ۶):** مقایسه زوجی بدترین معیار با سایر معیارهای پایداری در صنایع سلولزی

| معیار | کم اهمیت‌ترین معیار $c_7$ |
|---|---|
| $c_1$ | ۰/۰۶۲۵ |
| $c_2$ | ۰/۰۶۲۵ |
| $c_3$ | ۰/۳۱۲۵ |
| $c_4$ | ۰/۳۱۲۵ |
| $c_5$ | ۰/۶۲۵ |
| $c_6$ | ۰/۸۷۵ |
| $c_8$ | ۱/۰۶۲۵ |
| $c_9$ | ۰/۳۱۲۵ |
| $c_{10}$ | ۰/۸۷۵ |
| $c_{11}$ | ۰/۶۲۵ |

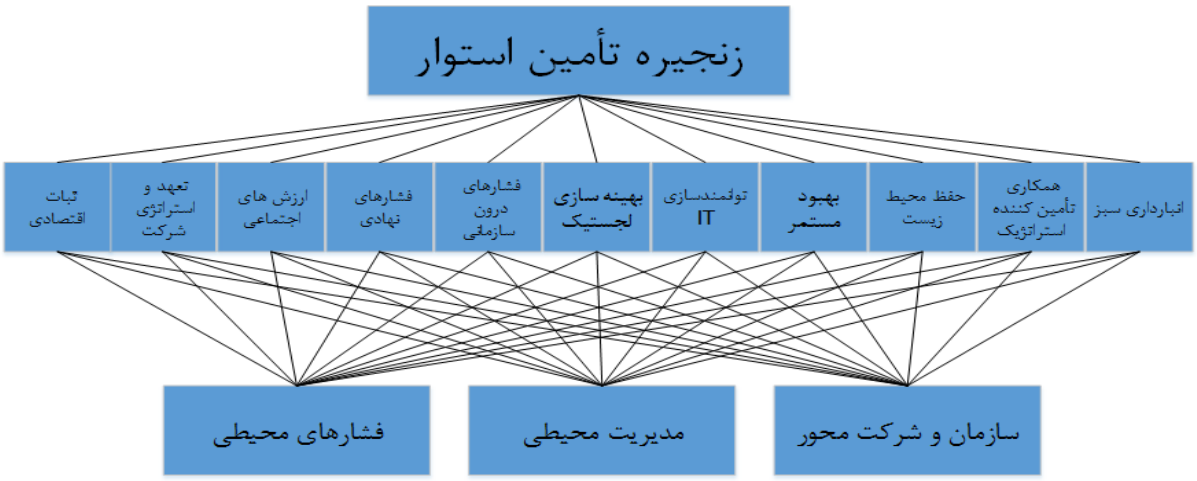
در پایان، روابط معیارها براساس مدل ۵ در نرم افزار GAMS نوشته می‌شود. پس از اجرای آن از حل مسأله برنامه ریزی خطی تشکیل داده شده نتایج آن برای تعیین وزن اولیه معیارهای پایداری صنایع سلولزی مطابق جدول (۷) محاسبه می‌شود. براساس نتایج حاصل شده طبق روش بهترین بدترین، در جدول (۷) اوزان شاخص‌ها محاسبه شده است. براساس نتایج بدست آمده مجموع اوزان برابر با یک و مقدار تابع هدف $\varepsilon^*$ برابر با ۰/۰۰۹ می‌باشد که هر چه این مقدار نزدیک به صفر باشد نتایج حاصل شده بهتر خواهد بود.

مقوله‌های انبارداری سبز و همکارای تأمین کننده استراتژیک بیشترین اهمیت را به‌طور مشترک با درجه اهمیت ۰/۳۶۲ دارند و فشارهای درون سازمانی کمترین اهمیت با درجه اهمیت ۰/۰۱۴ دارد.

**جدول( ۷):** اوزان عوامل کلیدی پایداری صنایع سلولزی

| شاخص | وزن $W_j$ |
|---|---|
| $C_1$ | ۰,۳۶۲<br>۰/۳۶۲ |
| $C_2$ | ۰,۳۶۲<br>۰/۳۶۲ |
| $C_3$ | ۰/۰۷۲ |
| $C_4$ | ۰/۰۱۷ |
| $C_5$ | ۰/۰۳۶ |
| $C_6$ | ۰/۰۲۶ |
| $C_7$ | ۰/۰۱۴ |
| $C_8$ | ۰/۰۲۱ |
| $C_9$ | ۰/۰۴۱ |
| $C_{10}$ | ۰/۰۲۶ |
| $C_{11}$ | ۰/۰۲۴ |
| مجموع اوزان | ۱/۰۰ |
| $\varepsilon^*$ | ۰/۰۰۹ |

به‌منظور تعیین وزن تلفیقی شاخص‌ها طبق تعریف ۱ در این تحقیق، لازم است فرآیند تعیین وزن علاوه بر روش بهترین بدترین با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی نیز انجام گیرد. برای تعیین وزن با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، ابتدا سلسله مراتب مربوط به هدف، شاخص‌ها، و گزینه‌ها را مطابق با شکل( ۲)، در سه سطح طراحی می‌کنیم.




**شکل (۲):** ساختار سلسله مراتب مقوله‌های تحقیق

برطبق مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی، با اجرای مقایسه زوجی میان مقوله‌ها، اوزان شاخص‌ها مطابق با روش تحلیل سلسله مراتبی قابل محاسبه است. در جدول (۸)، ماتریس مقایسه زوجی دیفازی شده نشان داده شده است. در این ماتریس، درآیه های زیر قطر اصلی برعکس مقادیر بالای قطر اصلی می‌باشد. همچنین، در جدول (۹)، ماتریس نرمال شده مقایسه زوجی مقوله‌ها نشان داده شده است. سرانجام، با محاسبه میانگین حسابی هر سطر از ماتریس بی مقیاس اوزان شاخص‌ها را محاسبه می‌نماییم.

در جدول (۱۰)، اوزان شاخص‌ها محاسبه شده نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده تعهد و استراتژی شرکت با وزن ۰/۱۷۹۳ بیشترین اهمیت و انبارداری سبز با وزن ۰/۰۰۵۹ کمترین اهمیت را در میان شاخص‌ها با استفاده از روش تعیین وزن تحلیل سلسله مراتبی به خود اختصاص می‌دهند. همچنین، نرخ ناسازگاری برای ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شده برابر با ۰/۱ است که نشان می‌دهد نتایج مقایسات زوجی از سازگاری قابل قبولی برخوردار است. در شکل (۳)، مقدار اوزان بدست آمده طبق هر دو روش نشان داده شده است.

**جدول( ۸):** ماتریس مقایسه زوجی مقوله‌ها

| ماتریس مقایسه زوجی | انبار داری سبز | همکاری تأمین کننده استراتژیک | حفظ محیط زیست | بهبود مستمر | توانمندساز ی فناوری اطلاعات | بهینه سازی لجستیک | فشارها ی درون سازمانی | فشارها ی نهادی | ارزش‌ها ی اجتماعی | تعهد و استراتژ ی شرکت | ثبات اقتصاد ی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| انبار داری سبز | ۱ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ |
| همکاری تأمین کننده استراتژیک | | ۱ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ |
| حفظ محیط زیست | | | ۱ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ |
| بهبود مستمر | | | | ۱ | ۰/۸۷۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ |
| توانمند سازی فناوری اطلاعات | | | | | ۱ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۳۱۲۵ |
| بهینه سازی لجستیک | | | | | | ۱ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۸۷۵ | ۰/۸۷۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۶۲۵ |

| ماتریس مقایسه زوجی | انبار داری سبز | همکاری تأمین کننده استراتژیک | حفظ محیط زیست | بهبود مستمر | توانمندسازی فناوری اطلاعات | بهینه سازی لجستیک | فشارهای درون سازمانی | فشارهای نهادی | ارزش‌های اجتماعی | تعهد و استراتژی شرکت | ثبات اقتصادی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | |
| فشارهای درون سازمانی | | | | | | | ۱ | ۱/۰۶۲۵ | ۱/۰۶۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۱/۰۶۲۵ |
| فشارهای نهادی | | | | | | | | ۱ | ۱/۰۶۲۵ | ۱/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ |
| ارزش‌های اجتماعی | | | | | | | | | ۱ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۶۲۵ |
| تعهد و استراتژی شرکت | | | | | | | | | | ۱ | ۱/۰۶۲۵ |
| ثبات اقتصادی | | | | | | | | | | | ۱ |

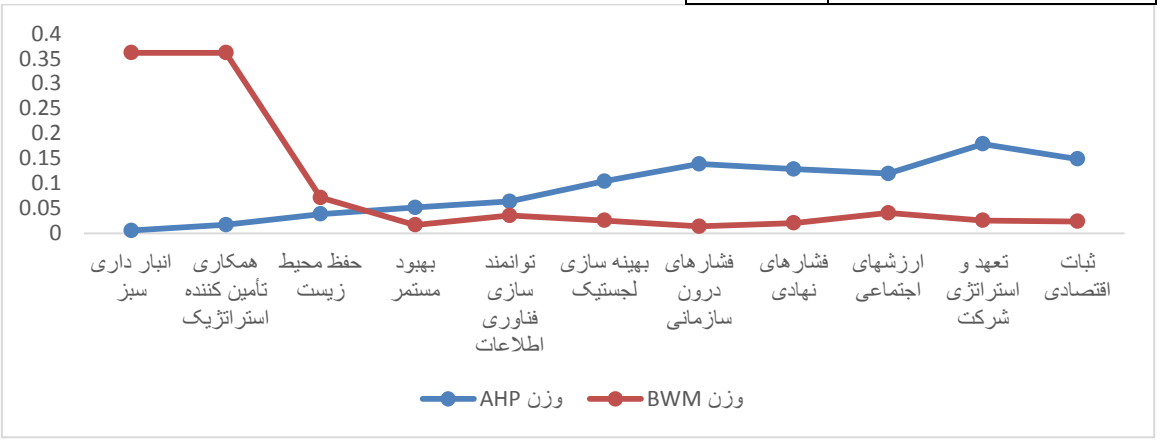
**جدول (۹):** ماتریس بی مقیاس مقایسه زوجی مقوله‌ها

| ماتریس بی مقیاس | انبار داری سبز | همکاری تأمین کننده استراتژیک | حفظ محیط زیست | بهبود مستمر | توانمندسازی فناوری اطلاعات | بهینه سازی لجستیک | فشارهای درون سازمانی | فشارهای نهادی | ارزش‌های اجتماعی | تعهد و استراتژی شرکت | ثبات اقتصادی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| انبار داری سبز | ۰/۰۶۲۰ | ۰/۰۰۰۵ | ۰/۰۰۲۳۰ | ۰/۰۰۲۸۰ | ۰/۰۰۲۹ | ۰/۰۰۵۱ | ۰/۰۰۷۴ | ۰/۰۰۸۴ | ۰/۰۰۷۶ | ۰/۰۱۱۸ | ۰/۰۱۰۳۰ |
| همکاری تأمین کننده استراتژیک | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۰۰۸۶ | ۰/۰۰۲۳۰ | ۰/۰۲۸۰۰ | ۰/۰۰۲۹ | ۰/۰۰۵۱ | ۰/۰۰۷۴ | ۰/۰۰۸۴ | ۰/۰۰۷۶ | ۰/۰۱۱۸ | ۰/۰۱۰۳۰ |
| حفظ محیط زیست | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۰۰۹۹ | ۰/۰۳۷۴۰ | ۰/۰۱۴۰۰ | ۰/۰۱۴۵ | ۰/۰۲۵۳ | ۰/۰۳۷۲ | ۰/۰۴۱۸ | ۰/۰۳۷۸ | ۰/۰۵۸۸ | ۰/۰۵۱۵۰ |
| بهبود مستمر | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۰۱۳۸ | ۰/۱۱۹۷۰ | ۰/۰۴۴۸۰ | ۰/۰۴۰۷ | ۰/۰۲۵۳ | ۰/۰۳۷۲ | ۰/۰۴۱۸ | ۰/۰۳۷۸ | ۰/۰۵۸۸ | ۰/۰۵۱۵۰ |
| توانمند سازی فناوری اطلاعات | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۱۳۸۲ | ۰/۱۱۹۷۰ | ۰/۰۵۱۲۰ | ۰/۰۴۶۵ | ۰/۰۲۵۳ | ۰/۰۳۷۲ | ۰/۰۴۱۸ | ۰/۰۳۷۸ | ۰/۰۵۸۸ | ۰/۰۵۱۵۰ |
| بهینه سازی لجستیک | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۱۳۸۲ | ۰/۱۱۹۷۰ | ۰/۱۴۳۲۰ | ۰/۱۴۸۸ | ۰/۰۸۱۰ | ۰/۰۳۷۲ | ۰/۱۱۶۹ | ۰/۱۰۵۹ | ۰/۰۵۸۸ | ۰/۱۰۳۱۰ |
| فشارهای درون سازمانی | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۱۳۸۲ | ۰/۱۱۹۷۰ | ۰/۱۴۳۲۰ | ۰/۱۴۸۸ | ۰/۲۵۹۱ | ۰/۱۱۹۱ | ۰/۱۴۲۰ | ۰/۱۲۸۶ | ۰/۰۵۸۸ | ۰/۱۷۵۳۰ |
| فشارهای نهادی | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۱۳۸۲ | ۰/۱۱۹۷۰ | ۰/۱۴۳۲۰ | ۰/۱۴۸۸ | ۰/۰۹۲۶ | ۰/۱۱۲۱ | ۰/۱۳۳۶ | ۰/۱۲۸۶ | ۰/۱۹۹۹ | ۰/۱۰۳۱۰ |
| ارزش‌های اجتماعی | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۱۳۸۲ | ۰/۱۱۹۷۰ | ۰/۱۴۳۲۰ | ۰/۱۴۸۸ | ۰/۰۹۲۶ | ۰/۱۱۲۱ | ۰/۱۲۵۸ | ۰/۱۲۱۰ | ۰/۱۱۷۶ | ۰/۱۰۳۱۰ |
| تعهد و استراتژی شرکت | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۱۳۸۲ | ۰/۱۱۹۷۰ | ۰/۱۴۳۲۰ | ۰/۱۴۸۸ | ۰/۲۵۹۱ | ۰/۳۸۱۰ | ۰/۱۲۵۸ | ۰/۱۹۳۶ | ۰/۱۸۸۱ | ۰/۱۷۵۳۰ |
| ثبات اقتصادی | ۰/۰۹۹۴۰ | ۰/۱۳۸۲ | ۰/۱۱۹۷۰ | ۰/۱۴۳۲۰ | ۰/۱۴۸۸ | ۰/۱۲۹۶ | ۰/۱۱۲۱ | ۰/۲۱۳۸ | ۰/۱۹۳۶ | ۰/۱۷۷۰ | ۰/۱۶۴۹ |

**جدول (۱۰)**: محاسبه اوزان شاخص‌ها

| شاخص | وزن |
|---|---|
| انبار داری سبز | ۰/۰۰۵۹ |
| همکاری تأمین کننده استراتژیک | ۰/۰۱۷۴ |
| حفظ محیط زیست | ۰/۰۳۸۹ |
| بهبود مستمر | ۰/۰۵۱۹ |
| توانمند سازی فناوری اطلاعات | ۰/۰۶۴۳ |
| بهینه سازی لجستیک | ۰/۱۰۴۷ |
| فشارهای درون سازمانی | ۰/۱۳۹۳ |
| فشارهای نهادی | ۰/۱۲۹۰ |
| ارزش‌های اجتماعی | ۰/۱۲۰۱ |
| تعهد و استراتژی شرکت | ۰/۱۷۹۳ |
| ثبات اقتصادی | ۰/۱۴۹۱ |

با توجه به شکل (۳)، مشاهده می‌شود که نتایج وزن‌دهی بر طبق هر دو روش کامل با دیگری متفاوت است. البته دقت محاسباتی روش بهترین بدترین نسبت به‌روش تحلیل سلسله مراتبی بیشتر است. بنابراین، با توجه به اینکه فرآیند تصمیم‌گیری کاملاً تحت تأثیر روش‌های تعیین وزن و نظرات خبرگان می‌باشد و در صورت تغییر روش یا تغییر نظر خبرگان کاملاً فرآیند تصمیم‌گیری را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. برای غلبه بر این محدودیت ذاتی روش‌های تصمیم‌گیری، وزن تلفیقی پیشنهاد شده است. در جدول (۱۱)، اوزان تلفیقی مقوله‌ها محاسبه شده است. این اوزان تلفیقی برای اولویت‌بندی بر طبق روش آراس به‌عنوان یکی از ورودی‌های تعیین شده در نظر گرفته می‌شوند.




**شکل( ۳)**: مقایسه اوزان بدست آمده برای مقوله‌ها در دو روش بهترین بدترین و تحلیل سلسله مراتبی

**جدول( ۱۱)**: وزن تلفیقی محاسبه شده

| شاخص‌ها (مقوله‌ها) | وزن AHP | وزن BWM | $\delta_j\gamma_j$ | وزن تلفیقی | درجه اهمیت |
|---|---|---|---|---|---|
| انبار داری سبز | ۰/۰۰۵۹ | ۰/۳۶۲ | ۰/۰۰۲۱ | ۰/۰۶۱۱ | نهم |
| همکاری تأمین کننده استراتژیک | ۰/۰۱۷۴ | ۰/۳۶۲ | ۰/۰۰۶۳ | ۰/۱۸۰۱ | اول |
| حفظ محیط زیست | ۰/۰۳۸۹ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۰۲۸ | ۰/۰۸۰۱ | پنجم |
| بهبود مستمر | ۰/۰۵۱۹ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۰۰۹ | ۰/۰۲۵۲ | یازدهم |
| توانمند سازی فناوری اطلاعات | ۰/۰۶۴۳ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۰۲۳ | ۰/۰۶۶۲ | هشتم |
| بهینه سازی لجستیک | ۰/۱۰۴۷ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۰۲۷ | ۰/۰۷۷۸ | ششم |
| فشارهای درون سازمانی | ۰/۱۳۹۳ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۰۲۰ | ۰/۰۵۵۸ | دهم |
| فشارهای نهادی | ۰/۱۲۹ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۰۲۷ | ۰/۰۷۷۴ | هفتم |
| ارزش‌های اجتماعی | ۰/۱۲۰۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۱۴۰۸ | دوم |
| تعهد و استراتژی شرکت | ۰/۱۷۹۳ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۰۴۷۰ | ۰/۱۳۳۳ | سوم |
| ثبات اقتصادی | ۰/۱۴۹۱ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۰۳۶ | ۰/۱۰۲۳ | چهارم |
| مجموع | | | ۰/۰۳۴۹ | ۱/۰۰۰۰ | |

برطبق جدول (۱۱)، اوزان تلفیقی با استفاده از دو روش تعیین وزن انتخاب شده در این تحقیق محاسبه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، همکاری تأمین کننده استراتژیک بیشترین اهمیت و بهبود مستمر کمترین اهمیت را در مقایسه با سایر مقوله‌های در نظر گرفته شده در پایداری صنایع سلولزی به خود اختصاص می‌دهند. سه اولویت برتر مقوله‌ها عبارت‌اند از: همکاری تأمین کننده استراتژیک؛ ارزش‌های اجتماعی و تعهد و استراتژی شرکت. همچنین، مجموع اوزان بدست آمده برابر با یک می‌باشد. سرانجام، با تعیین اوزان بدست آمده نسبت به اولویت بندی سه گزینه در نظر گرفته شده (سازمان و شرکت محور؛ مدیریت محیطی و فشارهای محیطی) با استفاده از روش آراس و ملحوظ دانستن اوزان تلفیقی بدست آمده اقدام شده است. در جدول (۱۲)، ماتریس تصمیم دیفازی شده برای اجرای روش آراس نشان داده شده است. همچنین، ماتریس بی مقیاس شده که از تقسیم عناصر ماتریس تصمیم بر مجموع محاسبه شده هر ستون این ماتریس بدست می‌آید در جدول (۱۳) نشان داده شده است. سرانجام، در جدول (۱۴)، ماتریس موزون که از حاصلضرب درآیه های ماتریس بی مقیاس شده در اوزان تلفیقی محاسبه شده مطاق با روش ترکیبی قابل محاسبه است.

**جدول(۱۲):** ماتریس تصمیم روش آراس

| ماتریس تصمیم | انبار داری سبز | همکاری تأمین کننده استراتژیک | حفظ محیط زیست | بهبود مستمر | توانمند سازی فناوری اطلاعات | بهینه سازی لجستیک | فشارهای درون سازمانی | فشارها ی نهادی | ارزش‌ها ی اجتماع ی | تعهد و استراتژ ی شرکت | ثبات اقتصاد ی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **سازمان و شرکت محور** | ۰/۶۲۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۰/۶۲۵ | ۱/۰۶۲۵ | ۰/۸۷۵ | ۰/۶۲۵ | ۰/۶۲۵ | ۰/۸۷۵ | ۱/۰۶۳ | ۱/۰۶۲۵ | ۱/۰۶۳ |
| **مدیریت محیطی** | ۱/۰۶۲۵ | ۰/۸۷۵ | ۱/۰۶۲۵ | ۰/۸۷۵ | ۰/۶۲۵ | ۰/۸۷۵ | ۰/۸۷۵ | /۰۶۲۵ ۱ | ۰/۳۱۳ | ۱/۰۶۲۵ | ۱/۰۶۳ |
| **فشارهای محیطی** | ۰/۶۲۵ | ۰/۶۲۵ | ۰/۸۷۵ | ۰/۶۲۵ | ۰/۸۷۵ | ۰/۳۱۲۵ | ۱/۰۶۲۵ | /۰۶۲۵ ۱ | ۰/۰۶۳ | ۰/۶۲۵ | ۱/۰۶۳ |
| **مجموع** | ۱/۷۵ | ۱/۸۱۲۵ | ۲/۵۶۲۵ | ۲ | ۲/۳۷۵ | ۱/۲۵ | ۲/۵۶۲۵ | ۳ | ۱/۴۳۸ | ۲/۱۸۷۵ | ۳/۱۸۸ |

**جدول (۱۳):** ماتریس بی مقیاس شده روش آراس

| ماتریس بی مقیاس | انبار داری سبز | همکاری تأمین کننده استراتژیک | حفظ محیط زیست | بهبود مستمر | توانمندساز ی فناوری اطلاعات | بهینه سازی لجستیک | فشارهای درون سازمانی | فشارها ی نهادی | ارزش‌ها ی اجتماع ی | تعهد و استراتژ ی شرکت | ثبات اقتصاد ی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **سازمان و شرکت محور** | ۰/۳۵۷ | ۰/۱۷۲. | ۰/۲۴۴ | ۰/۵۳۱ | ۰/۳۶۸ | ۰/۰۵ | ۰/۲۴۴ | /۲۹۲. ۰ | ۰/۷۳۹ | ۰/۴۸۶ | ۰/۳۳۳ |
| **مدیریت محیطی** | ۰/۶۰۷ | ۰/۴۸۳ | ۰/۴۱۵ | ۰/۴۳۸ | ۰/۲۶۳ | ۰/۷ | ۰/۳۴۱. | ۰/۳۵۴ | ۰/۲۱۷ | ۰/۴۸۶ | ۰/۳۳۳ |
| **فشارهای محیطی** | ۰/۰۳۶ | ۰/۳۴۵ | ۰/۳۴۱ | ۰/۰۳۱ | ۰/۳۶۸ | ۰/۲۵ | ۰/۴۱۵ | ۰/۳۵۴ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۲۹ | ۰/۳۳۳ |
| **وزن تلفیقی** | ۰/۰۶۱ | ۰/۱۸۰ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۷۷۸ | ۰/۰۵۶ | ۰/۰۷۷ | ۰/۱۴۱ | ۰/۱۳۳ | ۰/۱۰۲ |

**جدول (۱۴):** ماتریس موزون روش آراس

| ماتریس موزون | انبار داری سبز | همکاری تأمین کننده استراتژیک | حفظ محیط زیست | بهبود مستمر | توانمندسازی فناوری اطلاعات | بهینه سازی لجستیک | فشارهای درون سازمانی | فشارهای نهادی | ارزش‌های اجتماعی | تعهد و استراتژی شرکت | ثبات اقتصادی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سازمان و شرکت محور | ۰/۰۲۲۰ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۱۳۰ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۲۳ | ۰/۱۰۴ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۳۴۰ |
| مدیریت محیطی | ۰/۰۳۷۰ | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۱۱۰ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۵۴ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۳۴۰ |
| فشارهای محیطی | ۰/۰۰۲۰ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۰۱۰ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۳۴۰ |

براساس ماتریس موزون، مقدار تابع بهینگی $S_i$ برای هر یک از گزینه‌های سازمان و شرکت محور، مدیریت محیطی و فشارهای محیطی از طریق مجموع مقادیر هر سطر محاسبه می‌شود. سپس، با تعیین بیشترین مقدار تابع بهینگی، درجه مطلوبیت $k_i$ از طریق تقسیم مقدار تابع بهینگی به بهترین مقدار تابع بهینگی محاسبه می‌شود. سپس، با مرتب کردن مقدار درجه مطلوبیت اولویت بندی گزینه‌ها قابل محاسبه خواهد بود. نتایج مربوط به تابع بهینگی و درجه مطلوبیت در جدول (۱۵) نشان داده شده است.

**جدول(۱۵):** تابع بهینگی و درجه مطلوبیت

| گزینه‌ها | $S_i$ | $k_i$ |
|---|---|---|
| **سازمان و شرکت محور** | ۰/۳۵۳ | ۰/۸۴۹ |
| **مدیریت محیطی** | ۰/۴۱۶ | ۱ |
| **فشارهای محیطی** | ۰/۲۳۱ | ۰/۵۵۵ |

براساس نتایج بدست آمده از درجه مطلوبیت تعیین شده برای گزینه‌ها، مدیریت محیطی با بیشترین درجه مطلوبیت در اولین رتبه؛ سازمان و شرکت محور با درجه مطلوبیت ۰/۸۴۹ در رتبه دوم و سرانجام، فشارهای محیطی با درجه مطلوبیت ۰/۵۵۵ در رتبه سوم اولویت بندی می‌شوند.

### ۴-۱- نتایج کاربردی تحقیق

شناسایی عوامل پایداری در صنایع سلولزی می‌تواند به طراحی و بهبود فرآیندها، کاهش تأثیرات زیست‌محیطی، افزایش بهره‌وری منابع بهبود عملکرد کسب و کارهای سلولزی کمک کند. در ادامه تعدادی از کاربردهای شناسایی عوامل پایداری در صنایع سلولزی به عنوان پیشنهادات کاربردی آورده شده است:

۱. بهبود مدیریت منابع: شناسایی عوامل پایداری می‌تواند به شرکت‌های سلولزی کمک کند تا منابع طبیعی مورد نیاز خود را بهینه سازی کنند. با تحلیل و بررسی فرآیندهای تولید و مصرف، می‌توان به دست آورد که چگونه می‌توان مصرف منابع را کاهش داد تا بهره‌وری افزایش نماید.

۲. کاهش تأثیرات زیست محیطی: شناسایی عوامل پایداری می‌توانند به شرکت‌های سلولزی کمک کند تا تأثیرات زیست‌محیطی فعالیت‌های خود را کاهش دهند. با ارزیابی و کاهش آلودگی ناشی از فعالیت‌ها، مدیریت پسماندها و استفاده از فناوری‌های پاک، صنایع سلولزی می‌توانند به حفظ محیط زیست و پایداری منابع طبیعی کمک کنند.

۳. بهبود فرآیندها: شناسایی عوامل پایداری می‌توانند به بهبود فرآیندهای تولید در صنایع سلولزی کمک کند. با بررسی و بهبود فرآیندهای تولید، می‌توان به دست آورد که چگونه می‌توان بهبود کیفیت محصولات، کاهش ضایعات و افزایش بهره وری دست یافت.

۴. رقابت‌پذیری بالا: با توجه به نیاز روزافزون جامعه به محصولات پایدار، شناسایی عوامل پایداری می‌تواند به شرکت‌های سلولزی کمکند تا رقابت‌پذیری خود را افزایش دهند. با تأمین نیازهای مشتریان برای محصولات پایدار و استفاده از فناوری‌های نوین می‌توانند به این مهم دست یابند.

## ۵- نتیجه گیری

نتایج اصلی تحقیق: اولاً، می‌توان نتیجه گرفت که علی رغم اینکه اهمیت عوامل اصلی از طریق روش‌های بهترین-بدترین و تحلیل سلسله مراتبی با یکدیگر متفاوت است اما با تعریف وزن تلفیقی؛ یک وزن جامع از عوامل (مقوله‌های) اصلی تعیین نماییم. براین اساس، همکاری تأمین کننده استراتژیک با اهمیت‌ترین و بهبود مستمر کم اهمیت‌ترین مقوله شناسایی شده‌اند.. براساس نتایج بدست آمده از درجه اهمیت تلفیقی طبق روش ترکیبی انبارداری سبز اهمیت ۰/۰۶۱۱، همکاری تأمین کننده استراتژیک اهمیت ۰/۱۸۰۱، حفظ محیط زیست اهمیت ۰/۰۸۱، بهبود مستمر اهمیت ۰/۰۲۵۲ ، توانمندسازی فناوری اطلاعات اهمیت ۰/۰۶۶۲، بهینه سازی لجستیک اهمیت ۰/۰۷۷۸ ، فشارهای

درون سازمانی اهمیت ۰/۰۵۵۸ ، فشارهای نهادی اهمیت ۰/۷۷۴، ارزش‌های اجتماعی اهمیت ۰/۱۴۰۸، تعهد استراتژی شرکت اهمیت ۰/۱۳۳۳ و ثبات اقتصادی اهمیت ۰/۱۰۲۳ دارند ثانیاً، مدیریت محیطی با بیشترین درجه مطلوبیت بهترین عامل فرعی و فشارهای محیطی با کمترین درجه مطلوبیت بدترین عامل محیطی شناسایی می‌شوند. ثالثاً، می‌توان نتیجه گرفت که ترتیب رتبه بندی گزینه‌ها به شدت به وزن معیارها بستگی دارد که تغییر آنها ممکن است نتایج خروجی را تغییر دهد.

**محدودیت تحقیق:** همانطورکه گفته شد وزن معیارها نقش مهمی در انتخاب بهترین گزینه‌ها و ایجاد ترتیب رتبه بندی دارند. بنابراین، اگر سایر تکنیک‌های تصمیم گیری چندمعیاره برای محاسبه وزن‌ها استفاده شود، ممکن است رتبه‌بندی گزینه‌ها را تغییر دهد. نه تنها این، بلکه تکنیک‌های مختلف تصمیم گیری چندمعیاره نیز ممکن است رتبه‌بندی متفاوتی از گزینه‌ها (عوامل فرعی) ارائه دهد که ممکن است در بین تصمیم‌گیرندگان برای انتخاب بهترین گزینه سردرگمی ایجاد کند.

**پیشنهادات تحقیق:** سایر ابزارهای تصمیم گیری چندمعیاره مانند EDAS، PROMETHEE، ELECTRE و غیره را می‌توان در روش فوق اعمال کرد و نتایج خروجی را با نتایج موجود مقایسه کرد. وزن معیارها را نیز می‌توان با استفاده از FUCOM یا CRITIC بدست آورد و ممکن است تغییر در نتایج نهایی ذکر شود. معیارهای بیشتری را نیز می‌توان در کنار این ۱۱ معیار اصلی و سه معیار فرعی برای انتخاب دقیق‌تر در نظر گرفت.

## ۶- مراجع


[1] H. Peng, N. Shen, H. Liao, H. Xue, and Q. Wang, "Uncertainty factors, methods, and solutions of closed-loop supply chain—a review for current situation and future prospects," J Clean Prod, vol. 254, p. 120032, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120032

[2] N. Nikbin, and S. Mahdavi, "Application of starch in paper and cardboard industries". Scientific Quarterly Journal of Packaging Sciences and Techniques, vol. 2, no. 8. 2010. (In Persian) packaging.ihu.ac.ir/article_201294.html

[3] M. S. Bhatia, S. K. Jakhar, S. K. Mangla, and K. K. Gangwani, "Critical factors to environment management in a closed loop supply chain," J Clean Prod, vol. 255, p. 120239, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120239

[4] C. N. Samuel, U. Venkatadri, C. Diallo, and A. Khatab, (2020). "Robust closed-loop supply chain design with presorting, return quality and carbon emission considerations". J Clean Prod, vol. 247, p. 119086. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119086

[5] M. Rezaei Kallaj, M. Abolghasemian, S. Moradi Pirbalouti, M. Sabk Ara, and A. Pourghader Chobar, "Vehicle Routing Problem in Relief Supply under a Crisis Condition considering Blood Types," Math Probl Eng, vol. 2021, 2021. https://doi.org/10.1155/2021/7217182

[6] J. Guo, H. Yu, and M. Gen, "Research on green closed-loop supply chain with the consideration of double subsidy in e-commerce environment," Comput Ind Eng, vol. 149, p. 106779, 2020. https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106779

[7] S. Jahangiri, M. Abolghasemian, A. Pourghader Chobar, A. Nadaffard, and V. Maghi, "Ranking of key resources in the humanitarian supply chain in the emergency department of Iranian hospital: a real case study COVID-19 conditions," Journal Applied Research on Industrial Engineering, vol. 8, no. Special Issue, pp. 1-10. https://doi.org/10.22105/jarie.2021.275255.1263

[8] Y. Ranjbar, H. Sahebi, J. Ashayeri, and A. Teymouri, "A competitive dual recycling channel in a three-level closed loop supply chain under different power structures: Pricing and collecting decisions," J Clean Prod, vol. 272, p. 122623, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122623

[9] A. M. Fathollahi-Fard, A. Ahmadi, and S. M. Al-e-Hashem, "Sustainable closed-loop supply chain network for an integrated water supply and wastewater collection system under uncertainty," Environ Chall, vol. 275, p. 111277, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111277

[10] F. Asadia and M. Abolghasemianb, "Review coordination of advertising policy and its effect on competition between retailer and manufacture in the supply chain," Computational Research Progress in Applied Science and Engineering, vol. 4, no. 3, pp. 62-66, 2018. www.crpase.com/viewmore.php?pid=92

11] J. Zhao and N. Sun, "Government subsidies-based profits distribution pattern analysis in closed-loop supply chain using game theory," Adv Comput Vis, vol. 32, no. 6, pp. 1715-1724, 2020. https://doi.org/10.1007/s00521-019-04245-2

[12] Y. Yun, A. Chuluunsukh, and M. Gen, "Sustainable Closed-Loop Supply Chain Design Problem: A Hybrid Genetic Algorithm Approach," Mathematics, vol. 8, no. 1, p. 84, 2020. https://doi.org/10.3390/math8010084

[13] H. Reyhani Yamchi, Y. Jabarzadeh, N. Ghaffarinasab, V. Kumar, and J. A. Garza-Reyes, "A multi-objective linear optimization model for designing sustainable closed-loop agricultural supply chain," (2020) http://hdl.handle.net/10545/624695

[14] M. Rabani, S. A. A. Hosseini-Mokhallesun, A. H. Ordibazar, and H. Farhi-Asl, "A hybrid robust possibilistic approach for a sustainable supply chain location-allocation network design," Int J Sys Sci, vol. 7, no. 1, pp. 60-75, 2020. https://doi.org/10.1080/23302674.2018.1506061

[15] S. S. Ali, T. Paksoy, B. Torğul, and R. Kaur, "Reverse logistics optimization of an industrial air conditioner manufacturing company for designing sustainable supply chain: a fuzzy hybrid multi-criteria decision-making approach," Wire Net, pp. 1-24, 2020. https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.062.

[16] M. Parsa, A. Shahandeh Nookabadi, Z. Atan, and Y. Malekian, "An optimal inventory policy for a multi-echelon closed-loop supply chain of postconsumer recycled content products," Oper Res, pp. 1-52, 2020. https://doi.org/10.1007/s12351-020-00604-3

[17] A. K. Nasr, M. Tavana, B. Alavi, and H. Mina, "A novel fuzzy multi-objective circular supplier selection and order allocation model for sustainable closed-loop supply chains," J Clean Prod, p. 124994, 2021. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124994

[18] A. Diabat and A. Jebali, "Multi-product and multi-period closed loop supply chain network design undertake-back legislation," Int J Pro Eco, vol. 231, p. 107879, 2021. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107879

[19] J. Dong, L. Jiang, W. Lu, and Q. Guo, Closed-loop supply chain models with product remanufacturing under random demand," Opt, vol. 70,. 1, pp. 27-53, 2021. https://doi.org/10.1080/02331934.2019.1696341

[20] A. Khakbaz and E. B. Tirkolaee, "A sustainable hybrid manufacturing/remanufacturing system with two-way substitution and WEEE directive under different market conditions," Opt, vol. 71, no. 11, pp. 3083-3106, 2022. https://doi.org/10.1080/02331934.2021.1935937

[21] J. Ahmed, S. H. Amin, and L. Fang, "A multi-objective approach for designing a tire closed-loop supply chain network considering producer responsibility," Math Appl Sci Eng, vol. 115, pp. 616-644, 2023. https://doi.org/10.1016/j.apm.2022.10.028

[22] B. Mosallanezhad, M. A. Arjomandi, O. Hashemi-Amiri, F. Gholian-Jouybari, M. Dibaj, M. Akrami, and M. Hajiaghaei-Keshteli, "Metaheuristic optimizers to solve multi-echelon sustainable fresh seafood supply chain network design problem: A case of shrimp products," Alex Eng J, vol. 68, pp. 491-515, 2023. https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.01.022

[23] O. Hashemi-Amiri, M. Mohammadi, G. Rahmanifar, M. Hajiaghaei-Keshteli, G. Fusco, and C. Colombaroni, "An allocation-routing optimization model for integrated solid waste management," Exp Sys App, vol. 227, p. 120364, 2023. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120364

[24] J. Rezaei, "Best-worst multi-criteria decision-making method," Omg, vol. 53, pp. 49-57, 2015. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009

[25] E. K. Zavadskas and Z. Turskis, "A New Additive Ratio Assessment (ARAS) Method in Multicriteria Decision Making," Tech Eco Dep Eco, vol. 16, no. 2, 159-172, 2010. https://doi.org/10.3846/tede.2010.10