

ارائه یک روش تصمیم‌گیری گروهی ترکیبی برای بررسی توسعه بیودیزل نسل سوم در ایران

مینا علوی نائینی^۱، مصطفی زندیه^{۲*}، سید اسماعیل نجفی^۳، سید مجتبی سجادی^۴

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

minaini@yahoo.com

^۲ استاد، گروه مدیریت صنعتی و فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

m_zandieh@sbu.ac.ir

^۳ استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

seyedesmailnajafi@gmail.com

^۴ دانشیار، دانشکده کارآفرینی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

msajadi@ut.ac.ir

چکیده: افزایش مصرف انرژی و محدود بودن ذخایر سوخت‌های فسیلی و آلاینده‌گی آنها باعث کشف منابع انرژی تجدیدپذیر از جمله سوخت‌های زیستی شده است. بیودیزل را به‌عنوان یک نوع سوخت زیستی می‌توان از منابع مناسبی از جمله میکروجلبک‌ها تولید کرد که امکان کشت آنها در جنوب ایران وجود دارد. لذا برای توسعه تولید بیودیزل از این منابع باید استراتژی‌های مناسب تعیین شود. در این مقاله، عوامل استراتژیک در توسعه تولید این نوع سوخت در ایران با مطالعه در ادبیات و نظرسنجی از خبرگان تعیین شده و نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید (ساختار SWOT) به دست آمده و به کمک آن، استراتژی‌های مناسب (گزینه‌ها) تعیین و با در نظرگیری معیارها (عوامل استراتژیک) و استفاده از یک روش تصمیم‌گیری گروهی در محیط فازی، رتبه‌بندی شده‌اند. برای وزن‌دهی به معیارها دو روش به ترتیب ذهنی و عینی افزایش تحلیل گام‌به‌گام مقیاس ارزیابی وزن (SWARA) و آنتروپی یکپارچه شده‌اند تا قابلیت اطمینان وزن‌دهی افزایش یابد. با رتبه‌بندی استراتژی‌ها به کمک یک رویکرد توسعه‌یافته برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی مبتنی بر برنامه‌ریزی آرمانی، تعیین یارانه و سیاست‌های مالیاتی توسط دولت در رتبه اول قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: بیودیزل، میکروجلبک، تحلیل گام‌به‌گام مقیاس ارزیابی وزن، آنتروپی، برنامه‌ریزی آرمانی.

۱. مقدمه

مصرف انرژی به‌طور مداوم افزایش می‌یابد. همچنین صادرات نفت و گاز نقش مهمی در اقتصاد ایران ایفا می‌کند و نوسان قیمت نفت تأثیر منفی بر توسعه کشور دارد [۴]. بنابراین در سال‌های اخیر، دولت ایران منابع انرژی تجدیدپذیر را بخش مهمی در عرضه انرژی در نظر گرفته است و سازمان انرژی تجدیدپذیر، انجمن انرژی تجدیدپذیر و سازمان انرژی‌های نو ایران (سنا) نقش مهمی در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران داشته‌اند [۴]. باید توجه داشت که ایران یکی از کشورهای است که نقش زیادی در تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان داشته و در تولید دی‌اکسید کربن از حدود تعیین‌شده توسط پروتکل کیوتو^۶ تخطی کرده است [۸ و ۹]. استفاده از سوخت‌های زیستی می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده و به بهبود کیفیت محیط‌زیست کمک کند.

ایران کشوری با اقلیم متنوع آب‌وهوایی است که امکان کشت انواع بیومس را برای تولید سوخت زیستی دارد [۵]. کشت این بیومس‌ها همچنین نقش زیادی در توسعه مناطق روستایی و کاهش فقر در این مناطق دارد [۵].

در سال‌های اخیر، پژوهشگران بسیاری، مطالعات تصمیم‌گیری را در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر انجام داده‌اند. جدول (۱) مطالعات مربوطه را با در نظرگیری نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید (SWOT)، روش تحلیل گام‌به‌گام مقیاس ارزیابی وزن^۷ (SWARA)، آنتروپی^۸، برنامه‌ریزی آرمانی^۹ و دیگر روش‌های تصمیم‌گیری و موارد کاربرد آن‌ها طبقه‌بندی کرده است.

در مطالعات تصمیم‌گیری برای وزن‌دهی به معیارها از دو رویکرد ذهنی^{۱۰} یا عینی^{۱۱} استفاده می‌شود که هر کدام مزایا و معایبی دارند. در روش ذهنی، نظرات خبرگان مبنای وزن‌دهی به معیارهاست، درحالی‌که اساس رویکرد عینی (آنتروپی)، استفاده از روش‌های ریاضی بوده و وزن معیارها بر اساس ارتباط بین داده‌ها در جدول تصمیم‌گیری و کاملاً بی‌طرفانه تعیین می‌شود. از معایب استفاده از روش ذهنی این است که در آن‌ها، وزن‌دهی تحت‌تأثیر ذهنیت و سلیقه خبرگان قرار می‌گیرد، درحالی‌که استفاده از رویکرد عینی، این مشکل را کاهش می‌دهد. از طرفی دیگر، گاهی اوقات وزن‌های عینی متفاوت از واقعیت هستند، درحالی‌که استفاده از رویکرد ذهنی کمک می‌کند که از تجربه واقعی خبرگان استفاده شود. ترکیب این دو روش وزن‌دهی کمک می‌کند که از مزایای هر دو روش استفاده شده و در عین حال با یکپارچه‌سازی، معایب هر دو رویکرد

امروزه انرژی بخش مهمی در پایداری جوامع ایفا می‌کند. انرژی می‌تواند از سوخت‌های فسیلی، منابع تجدیدپذیر و منابع هسته‌ای به دست آید [۱]. استفاده پیوسته از منابع انرژی تجدیدناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی باعث کاهش ذخیره این سوخت‌ها و افزایش قیمت آن‌ها و از طرفی برخی مسائل زیست‌محیطی مانند افزایش گرمای جهانی حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است [۱]. در نتیجه، جوامع استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر را گزینه مناسبی برای غلبه بر این مسائل می‌دانند. بیومس^۱ یکی از انواع منابع انرژی تجدیدپذیرند که می‌توانند بعد از پردازش تبدیل به سوخت‌های زیستی^۲ شوند. بیودیزل^۳ و بیواتانول^۴ دو نوع سوخت زیستی رایج هستند. بیودیزل می‌تواند در موتورهای دیزلی در ترکیب با سوخت‌های فسیلی به کار رود و یکی از مهم‌ترین سوخت‌های زیستی در کشورهای آسیایی به شمار می‌رود [۲-۴] و می‌توان آن را از دانه‌های روغنی، بقایای جنگلی، چربی‌های حیوانی، میکروجلبک^۵، روغن‌های ضایعاتی آشپزی و... به دست آورد [۲، ۳، ۵ و ۶].

به‌طور کلی سوخت‌های زیستی به سه نسل طبقه‌بندی می‌شوند. سوخت‌های زیستی نسل اول سوخت‌هایی هستند که اگرچه باعث کاهش دی‌اکسید و بهبود امنیت انرژی می‌شوند، تنوع زیستی را کاهش می‌دهند و چون از منابع گیاهی خوراکی به دست می‌آیند، رقابت بین غذا و انرژی را مطرح کرده باعث افزایش قیمت غذا می‌شوند. سوخت‌های زیستی نسل دوم از بیومس‌های گیاهی حاصل می‌شوند که اغلب از مواد غیر خوراکی ارزان تهیه شده و به میزان فراوانی در دسترس هستند. این سوخت‌های زیستی رقابت بین غذا و انرژی را مطرح نمی‌کنند و برخی از انواع آن‌ها عملکرد موتورها را بهبود می‌دهند. سوخت‌های زیستی نسل سوم از میکروجلبک‌ها به دست می‌آیند که دارای مقادیر فراوانی چربی هستند و تولید آن‌ها به‌طور گسترده مورد توجه قرار گرفته و به نظر می‌رسد که تقاضای جهانی را برای سوخت حمل‌ونقل برآورده سازد [۷]. بنابراین، بیودیزل نسل اول از روغن‌های گیاهی خوراکی، بیودیزل نسل دوم از بیومس‌های غیر خوراکی مثل محصولات انرژی، روغن‌های ضایعاتی آشپزی، بقایای جنگلی، چربی‌های حیوانی و... و بیودیزل نسل سوم از بیومس‌هایی مانند میکروجلبک به دست می‌آیند [۵].

ایران یک کشور در حال توسعه با مقدار زیادی منابع نفت و گاز تجدیدناپذیر است. اما ذخیره این منابع رو به کاهش بوده، درحالی‌که

6. Kyoto Protocol
7. Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis
8. Entropy
9. Goal Programming
10. Subjective
11. Objective

1. Biomass
2. Biofuels
3. Biodiesel
4. Bioethanol
5. Microalgae

کاهش یافته و قابلیت اطمینان وزندهی افزایش یابد [۱۰-۱۲].

تعدادی از مقالات، تصمیم‌گیری از دو رویکرد ذهنی و عینی برای وزندهی معیارها در مسائل استفاده کرده‌اند [۱۲ و ۱۳]، ولی استفاده از این رویکرد یکپارچه‌سازی در مطالعات مربوط به مسائل مدیریت انرژی بسیار محدود است [۱۴]. در مقالات پیشین مبتنی بر رویکردهای وزندهی ترکیبی، بیشتر از روش‌های ذهنی مقایسات زوجی مانند فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی در ترکیب با آنتروپی استفاده شده است [۱۲ و ۱۳].

یکی از جدیدترین روش‌های وزندهی ذهنی، SWARA است که در آن خبرگان بر اساس دانش، اطلاعات و تجربه و بر اساس نیازها و آرمان‌هایشان، وزن معیارها را تعیین می‌کنند. به‌کارگیری این روش، ساده بوده و زمان‌بر و پیچیده نیست و در مقایسه با رویکردهای وزندهی مقایسات زوجی مثل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^۱ و فرایند تحلیل شبکه‌ای^۲ نیاز به ارزیابی کمتری داشته و نیازی به بررسی سازگاری قضاوت‌ها ندارد [۱۵]. همچنین برخی مطالعات تصمیم‌گیری در حوزه انرژی این روش را در وزندهی به معیارها به کار برده‌اند [۱۶]. لذا در این مقاله این رویکرد به‌عنوان روش وزندهی ذهنی استفاده می‌شود.

بر اساس آخرین مطالعات نویسندگان و جدول (۱)، SWARA تا به حال با روش‌های وزندهی عینی مانند آنتروپی یکپارچه نشده است. همچنین بر اساس مطالعات موجود در ادبیات، مقالات بسیاری، ساختار SWARA را با روش‌های تصمیم‌گیری ترکیب و از رویکردهایی مانند فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی و شبکه سلسله‌مراتبی تحلیلی در وزندهی به معیارها استفاده کرده‌اند [۱۳، ۱۶-۲۲]، ولی بر اساس مطالعات انجام‌شده توسط نویسندگان، پژوهشی یافت نشد که در آن از روش SWARA برای وزندهی به عوامل SWARA استفاده شود. مطالعه حاضر این شکاف‌های مطالعاتی را در وزندهی به معیارها پوشش می‌دهد.

بر اساس مطالعات صورت‌گرفته، روش برنامه‌ریزی آرمانی در انواع مختلفی از مسائل مرتبط با انرژی مانند برنامه‌ریزی انرژی، تخصیص منابع انرژی، مدیریت انرژی حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی در پروژه‌های مربوط به انرژی استفاده شده است [۲۳]؛ زیرا استفاده از آن ساده بوده و این مزیت، به‌کارگیری گسترده آن را در حل مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره توجیه می‌کند [۲۳]. در این مقاله، یک روش برنامه‌ریزی آرمانی وزنی^۳ در محیط فازی برای انتخاب بهترین استراتژی توسعه بیودیزل نسل سوم، توسعه داده شده است. مطالعات انجام‌شده توسط نویسندگان نشان می‌دهد که روش SWARA برای وزندهی به معیارها، در برنامه‌ریزی آرمانی تا به حال مورد استفاده قرار نگرفته است و از طرفی

از آنجایی که در این روش وزندهی، آرمان‌ها و استراتژی‌ها توسط خبرگان در نظر گرفته می‌شود، به نظر می‌رسد استفاده از آن در وزندهی به معیارها در برنامه‌ریزی آرمانی وزنی مناسب باشد که در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است.

همچنین سوخت‌های زیستی نسل سوم به‌عنوان یک مورد مطالعاتی در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره چندان مورد توجه قرار نگرفته‌اند که در این مقاله به آن پرداخته شده است.

۲. روش بررسی

هدف این مطالعه بررسی و تعیین استراتژی‌های مربوط به توسعه تولید بیودیزل از میکروجلبک‌ها در ایران و رتبه‌بندی آن‌ها با یک رویکرد تصمیم‌گیری ترکیبی است. برای تعیین استراتژی‌های توسعه، باید وضعیت کنونی ایران را در تولید بیودیزل نسل سوم مورد توجه قرار داد که برای این منظور از تحلیل SWOT استفاده شد. به این ترتیب، عوامل مهم استراتژیک در تولید بیودیزل از میکروجلبک در تحلیل بررسی شدند. پس از تشکیل ساختار SWOT، معیارها (عوامل SWOT) و گزینه‌های تصمیم‌گیری (استراتژی‌های توسعه) تعیین شدند.

سپس برای وزندهی به معیارها از یکپارچه‌سازی روش وزندهی ذهنی SWARA و عینی آنتروپی در محیط فازی استفاده شد و در نهایت روش برنامه‌ریزی آرمانی وزنی در محیط فازی برای بررسی تولید بیودیزل از میکروجلبک در ایران ارائه گردید. در ادامه به تفصیل، مراحل رویکرد مورد نظر شرح داده شده است.

۲.۱. تحلیل SWOT

تحلیل SWOT ابزاری کارا برای تحلیل عوامل داخلی و خارجی و دستیابی به اهداف استراتژیک در مسئله مورد مطالعه است. در این تحلیل، نقاط قوت و ضعف، عوامل داخلی و فرصت‌ها و تهدیدها، عوامل خارجی هستند [۳۸]. بعد از تعیین عوامل، این روش تحلیلی می‌تواند در تعیین استراتژی‌های آینده با در نظرگیری وضعیت کنونی مورد مطالعه به کار رود [۳۴]. برای این منظور، ابتدا به جمع‌آوری داده‌های مربوطه از طریق مصاحبه، مطالعه در مقالات، گزارش‌ها و مستندات پرداخته و بر آن اساس نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید در توسعه بیودیزل نسل سوم در ایران مشخص شد. سپس پرسش‌نامه‌ای طراحی شد که هدف آن بررسی میزان موافقت خبرگان با نتایج به‌دست‌آمده از مرحله قبل بود. جامعه آماری در این مطالعه شامل همه اساتید دانشکده‌های محیط زیست دانشگاه‌های تهران، کارشناسان سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان شیلات ایران، شرکت ملی نفت ایران و تولیدکنندگان تجهیزات سوختی هستند.

1. Analytic Hierarchy Process (AHP)
2. Analytic Network Process (ANP)
3. Weighted Goal Programming

جدول (۱): پیشینه تحقیق

دیگر موارد	مطالعه موردی				روش تصمیم‌گیری					سال	مرجع
	بیوانرژی				دیگر موارد	برنامه‌ریزی آرمانی	SWARA	آنتروپی	SWOT		
	دیگر موارد	نسل سوم	نسل دوم	نسل اول							
*					*	*				۲۰۰۹	[۲۴]
*					*	*				۲۰۱۰	[۲۵]
*					*		*			۲۰۱۱	[۲۶]
*					*		*			۲۰۱۳	[۲۷]
	*				*					۲۰۱۳	[۲۸]
*							*			۲۰۱۳	[۲۹]
			*	*	*					۲۰۱۳	[۳۰]
*					*		*			۲۰۱۴	[۳۱]
*					*		*			۲۰۱۴	[۳۲]
*					*		*			۲۰۱۵	[۳۳]
	*					*			*	۲۰۱۵	[۳۴]
			*		*				*	۲۰۱۶	[۳۵]
	*								*	۲۰۱۶	[۳۶]
*					*				*	۲۰۱۶	[۱۹]
				*	*				*	۲۰۱۶	[۲۰]
*					*				*	۲۰۱۷	[۲۱]
*					*				*	۲۰۱۷	[۲۲]
*					*		*			۲۰۱۸	[۳۷]
		*				*	*	*	*		مطالعه حاضر

قرار گرفت. برای این منظور از نسبت روایی محتوا^۳ و شاخص روایی محتوا^۴ استفاده شد [۳۹]. در نسبت روایی محتوا، هر متخصص باید به سؤالات مربوط بر اساس طیف سه قسمتی «ضروری، مفید ولی غیرضروری و غیرضروری» پاسخ دهد. این نسبت از رابطه (۱) به دست می‌آید.

$$CVR = \frac{n_E - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (1)$$

که در آن، n_E تعداد افراد خبره‌ای است که گزینه ضروری را انتخاب کرده‌اند و N تعداد کل افراد خبره است.

با توجه به تعداد خبرگان در این مطالعه، حداقل مقدار نسبت روایی محتوا با توجه به مقدار تعیین‌شده توسط لاوشه^۵ [۳۹]، ۰/۳۳ است.

در این مطالعه، برای بررسی روایی صوری^۱، پرسش‌نامه برای یک نمونه ۱۵ تایی از این جامعه آماری شامل ۳ استاد محیط زیست، ۲ متخصص از سازمان انرژی‌های نو، ۲ خبره از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی، ۳ خبره از وزارت جهاد کشاورزی، ۳ متخصص از شرکت ملی نفت ایران و ۲ تولیدکننده تجهیزات سوختی ارسال شد تا نظرات خود را در مورد نگارش پرسش‌ها و داده‌های جمع‌آوری‌شده مطرح کنند. نظرات آن‌ها در پرسش‌نامه اولیه اعمال و اصلاحات لازم انجام شد و در نهایت پس از تأیید روایی صوری توسط خبرگان، روایی محتوایی^۲ این پرسش‌نامه نیز توسط ۳۰ خبره با حداقل ۱۵ سال سابقه در این حوزه، شامل ۱۰ استاد محیط زیست، ۴ متخصص از سازمان انرژی‌های نو، ۲ خبره از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی، ۵ متخصص از وزارت جهاد کشاورزی، ۴ کارشناس ارشد از شرکت ملی نفت ایران و ۵ متخصص در زمینه تولید تجهیزات سوختی مورد بررسی

3. Content Validity Ratio (CVR)
4. Content Validity Index (CVI)
5. Lawshe

1. Face Validity
2. Content Validity

همچنین شاخص روایی محتوا طبق رابطه (۲) محاسبه شد.

$$CVR_i = \frac{\sum_{i=1}^K CVR_i}{K} \quad (2)$$

که در آن، CVR_i نسبت روایی محتوا برای سؤال i و K تعداد سؤالات باقی مانده در پرسش نامه هستند.

پایایی^۱ پرسش نامه نهایی نیز توسط نمونه ۱۵ تایی اولیه با ضریب آلفای کرونباخ^۲ مورد بررسی قرار گرفت و میزان موافقت هر خبره با هر مورد نوشته شده در پرسش نامه بر اساس یک طیف ۵ درجه‌ای لیکرت^۳ تعیین شد و به این ترتیب بر اساس نظرات خبرگان ضریب آلفای کرونباخ برای ۴ عامل تشکیل دهنده ساختار SWOT جداگانه و همچنین برای کل پرسش نامه به کمک نرم افزار SPSS محاسبه شد.

۲.۲. تعیین گزینه‌ها

برای این منظور، پس از تشکیل ساختار SWOT، استراتژی‌های مربوط بر اساس ارتباط بین ۴ عامل تعریف شده در SWOT تعیین می‌شوند [۲۰]. این استراتژی‌ها شامل ۴ نوع استراتژی ST، SO، WO و WT با هدف به ترتیب افزایش نقاط قوت با استفاده از فرصت‌های موجود، غلبه بر تهدیدها به کمک نقاط قوت، استفاده از فرصت‌ها برای غلبه بر ضعف‌ها و در نهایت ممانعت از تهدیدها و کاهش نقاط ضعف هستند. این استراتژی‌ها باید بر اساس میزان اثربخشی شان در اعمال نقاط قوت، بهره‌برداری از فرصت‌ها، حذف نقاط ضعف و ممانعت از تهدیدها تعیین شوند [۳۴]. بنابراین در فرایند تصمیم‌گیری مربوطه، نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید، معیارهای تصمیم‌گیری و استراتژی‌های تعیین شده، گزینه‌های مربوطه هستند. استراتژی‌های نهایی به دست آمده از ساختار SWOT پس از تأیید نمونه ۱۵ تایی اولیه وارد فرایند تصمیم‌گیری شدند. نخست، وزن معیارها بر اساس روش‌های SWARA و آنتروپی به صورت گروهی در محیط فازی محاسبه شد.

۳.۲. تعیین وزن معیارها

۳.۲.۱. تعیین وزن معیارها با روش ذهنی SWARA در محیط فازی با تصمیم‌گیری گروهی

برای اولویت‌دهی گزینه‌ها (استراتژی‌ها) بر اساس معیارهای مربوط، ابتدا باید میزان اهمیت (وزن) معیارها (۴ عامل SWOT) مشخص شود. برای این منظور از ترکیب دو رویکرد وزن‌دهی ذهنی (SWARA) و عینی (آنتروپی) استفاده شده است. ترکیب این دو رویکرد کمک می‌کند که

قابلیت اطمینان وزن‌دهی افزایش یابد؛ زیرا اساس رویکردهای ذهنی، نظرات خبرگان بوده و ذهنیت و سلیقه آن‌ها در وزن‌دهی مؤثر خواهد بود، درحالی‌که رویکردهای عینی مبتنی بر روش‌های ریاضی هستند و وزن معیارها در آن‌ها بر اساس ارتباط بین داده‌ها در جدول تصمیم‌گیری تعیین می‌شود. در برخی موارد ممکن است وزن‌های عینی با وزن‌های واقعی متفاوت باشند. بنابراین هر دو رویکرد عیب‌های یکدیگر را پوشش داده و در عین حال با یکپارچه‌سازی آن‌ها می‌توان از مزایای هر دو روش استفاده کرد [۱۰-۱۲].

در این مطالعه، SWARA به‌عنوان یک روش وزن‌دهی ذهنی مورد استفاده قرار گرفته که وزن‌دهی به معیارها در آن، بر اساس نظرات خبرگان، دانش، اطلاعات و تجربه آن‌ها و بر اساس نیازها و آرمان‌هایشان است. از مزیت‌های این روش، سادگی و عدم صرف زمان طولانی و عدم پیچیدگی آن بوده و به‌رغم رویکردهای وزن‌دهی مقایسات زوجی نیاز به ارزیابی کمتری داشته و سازگاری قضاوت‌ها در آن بررسی نمی‌شود [۱۵]. این روش وزن‌دهی در شرایط فازی مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش، کارشناسان اهمیت نسبی معیارها را با عبارات بیانی تعیین می‌کنند.

بعد از تعیین معیارها و گزینه‌ها، هر کارشناس معیارها را بر اساس اهمیتشان رتبه‌بندی می‌کند. میانگین رتبه‌های کارشناسان برای هر معیار محاسبه شده و رتبه‌های نهایی برای معیارها تعیین می‌شوند. معیار با کمترین میانگین رتبه، در رتبه اول قرار می‌گیرد و به این ترتیب این روند تکرار می‌شود [۱۵]. سپس کارشناس، کاهش نسبی میزان اهمیت را با عبارات بیانی تعیین می‌کند. مقادیر عددی عبارات بیانی بر اساس جدول (۲) تعیین و میانگین این مقادیر عددی برای کاهش نسبی محاسبه شده و وزن‌های نهایی معیارها با روش SWARA به‌عنوان یک روش ذهنی به دست می‌آید.

جدول (۲): عبارات بیانی و مقادیر عددی

اهمیت نسبی با عبارات بیانی	مقادیر عددی
اهمیت یکسان	۱/۰۰۰
کمی کم‌اهمیت‌تر	۰/۳۳۳
کم‌اهمیت‌تر	۰/۲۰۰
خیلی کم‌اهمیت‌تر	۰/۱۴۳
خیلی خیلی کم‌اهمیت‌تر	۰/۱۱۱

۳.۲.۲. تعیین وزن معیارها با روش عینی (آنتروپی) در محیط

فازی با تصمیم‌گیری گروهی

آنتروپی به‌عنوان یک روش وزن‌دهی عینی مبتنی بر اطلاعات بوده و ارتباط داده‌ها در آن، نقش اصلی در تعیین وزن معیارها دارد [۱۲]. در

1. Reliability
2. Cronbach's Alpha
3. Five Option Likert Scale

۳.۳.۲. تعیین وزن‌های نهایی

در مرحله نهایی وزن هر معیار طبق معادله (۹) محاسبه می‌شود.

$$w_j^{final} = \lambda q_j + (1 - \lambda) \beta_j \quad (9)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1$$

۴.۲. رتبه‌بندی استراتژی‌ها با برنامه‌ریزی آرمانی

در این مقاله، برای رتبه‌بندی استراتژی‌ها (گزینه‌ها) از روش برنامه‌ریزی آرمانی وزنی استفاده شده است. برنامه‌ریزی آرمانی، به‌طور گسترده در مطالعات تحقیق در عملیاتی و در انواع مختلف مسائل تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گرفته است [۲۳].

در این رویکرد برای هر معیار، یک آرمان (G_j) تعریف می‌شود. همچنین متغیرهایی تحت عنوان متغیرهای انحراف از آرمان تعریف می‌شوند که فاصله بین آرمان و نتایج به‌دست‌آمده در ماتریس تصمیم‌گیری را نشان می‌دهند. اگر مقدار گزینه مورد نظر نسبت به معیار مربوطه، از مقدار آرمان بالاتر یا پایین‌تر باشد، انحراف از آرمان به‌ترتیب با انحراف مثبت (d_j^+) یا انحراف منفی (d_j^-) تعیین و تابع هدف به‌گونه‌ای تعریف می‌شود که انحرافات نامطلوب از آرمان را کمینه سازد. جواب به‌دست‌آمده از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی، سازگارترین جوابی است که می‌تواند توسط تصمیم‌گیرنده به دست آید [۲۳]. مدل برنامه‌ریزی آرمانی شامل دو نوع محدودیت‌های سیستمی و آرمانی است. محدودیت‌های سیستمی بر اساس تسوری برنامه‌ریزی خطی بوده، درحالی‌که محدودیت‌های آرمانی، بر اساس آرمان هر معیار تعریف می‌شوند [۳۴].

برنامه‌ریزی آرمانی به‌دلیل ساده بودن، به‌طور گسترده در حل مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به کار می‌رود [۲۳]. یکی از انواع مدل‌های این رویکرد، برنامه‌ریزی آرمانی وزنی است که در این مقاله، برای رتبه‌بندی استراتژی‌ها مورد استفاده قرار گرفته و به‌صورت روابط (۱۰) تا (۱۴) تعریف می‌شود. رابطه (۱۰) نشان‌دهنده تابع هدف برنامه‌ریزی آرمانی وزنی، رابطه (۱۱) محدودیت آرمانی و رابطه (۱۲) محدودیت سیستمی بوده و روابط (۱۳) و (۱۴) نوع متغیرهای تصمیم مورد استفاده را نشان می‌دهد.

$$MinZ = \sum_{j=1}^n \frac{W_j}{G_j} (D_j^+ + D_j^-) \quad (10)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} X_j + D_j^- - D_j^+ = G_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^m X_i = 1 \quad (12)$$

$$X_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

این روش، ماتریس تصمیم D با m گزینه و n معیار با اجزای x_{ij} در نظر گرفته می‌شود که در آن x_{ij} وضعیت گزینه i را نسبت به معیار j نشان می‌دهد. سپس اجزای ماتریس D بی‌مقیاس شده و به p_{ij} تبدیل می‌شوند. برای هر شاخص، مقدار آنتروپی با معادله (۳) تعیین می‌شود. R یک مقدار ثابت است و با معادله (۴) به دست می‌آید. سپس درجه انحراف (d_j) برای هر معیار با معادله (۵) محاسبه می‌شود. وزن معیار z_j با روش آنتروپی با معادله (۶) به دست می‌آید [۱۵].

$$E_j = -R \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$R = \frac{1}{\ln m} \quad (4)$$

$$d_j = |1 - E_j| \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$\beta_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

در این مقاله، هر کارشناس t وضعیت گزینه i نسبت به معیار j را با عبارات بیانی به‌صورت ($x_{ijt}^l, x_{ijt}^m, x_{ijt}^u$) تعیین کردند. این عبارات بیانی با اعداد فازی مثلثی^۱ بر اساس جدول (۳) تعیین شدند.

جدول (۳): عبارات بیانی و اعداد فازی

عبارات بیانی	عدد فازی مثلثی
خیلی کم (خ ک)	(۰/۰ و ۰/۱ و ۰/۳)
کم (ک)	(۰/۱ و ۰/۳ و ۰/۵)
متوسط (م)	(۰/۳ و ۰/۵ و ۰/۷)
زیاد (ز)	(۰/۵ و ۰/۷ و ۰/۹)
خیلی زیاد (خ ز)	(۰/۷ و ۰/۹ و ۱/۰)

برای این منظور، از یک نمونه ۱۲ تایی از جامعه آماری استفاده شد که شامل ۳ نفر با رشته تحصیلی محیط زیست، ۲ نفر بیوتکنولوژی، ۲ نفر مهندسی کشاورزی، ۳ نفر مهندسی مکانیک و ۲ نفر مهندسی شیلات بودند و ۷ نفر از آن‌ها دارای درجه تحصیلی کارشناسی ارشد بوده و ۵ نفر درجه دکتری داشتند. ۸ نفر این افراد مرد و ۴ نفر از آن‌ها زن بودند. هر یک از کارشناسان وضعیت هر گزینه نسبت به هر معیار را با عبارات بیانی تعیین کردند و میانگین نظرات آن‌ها پس از تبدیل به اعداد فازی مطابق رابطه (۷) به دست آمد. این عبارات بیانی مطابق با معادله (۸) به مقادیر عددی تبدیل شدند.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{T} \left(\sum_{t=1}^T x_{ijt}^l, \sum_{t=1}^T x_{ijt}^m, \sum_{t=1}^T x_{ijt}^u \right) \quad (7)$$

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}^l + 4x_{ij}^m + x_{ij}^u}{6} \quad (8)$$



شکل (۱): رویکرد کلی مورد استفاده در مطالعه حاضر

جدول (۴): مقادیر نسبت روایی محتوا برای زیرعوامل SWOT

عامل	CVR	عامل	CVR
S1	۱/۰۰	W2	۰/۷۳
S2	۱/۰۰	O1	۰/۴۶
S3	۱/۰۰	O2	۰/۶۰
S4	۰/۷۳	O3	۰/۴۶
S5	۰/۷۳	T1	۰/۸۷
S6	۰/۶۰	T2	۰/۷۳
S7	۰/۶۰	T3	۰/۸۷
W1	۱/۰۰		

برای بررسی پایایی پرسش‌نامه ضریب آلفای کرونباخ بر اساس نمونه ۱۵ تایی اولیه برای ۴ عامل SWOT (نقطه قوت، نقطه ضعف، فرصت و تهدید) و برای کل پرسش‌نامه محاسبه شد که اطلاعات آن در جدول (۵) موجود است. از آنجایی که مقدار این ضریب در همه موارد بالاتر از مقدار مجاز ۰/۷ است [۴۰]، بنابراین پرسش‌نامه پایاست. به این ترتیب ساختار SWOT با توجه به وضعیت کنونی تولید بیودیزل نسل سوم مطابق جدول (۶) به دست آمد.

جدول (۵): بررسی پایایی عوامل SWOT با مقدار آلفای کرونباخ

عامل	تعداد موارد	مقدار آلفای کرونباخ
S	۷	۰/۸۹۳
W	۲	۰/۸۵۶
O	۳	۰/۷۲۹
T	۳	۰/۸۵۳
کل پرسش‌نامه	۱۵	۰/۸۱۱

$$D_j^-, D_j^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

در این مدل، منظور از W_j وزن تخصیص داده شده به معیارها بوده که در این مقاله از ترکیب دو رویکرد SWARA و آنتروپی به دست آمده است. بر اساس مطالعات انجام شده توسط نویسندگان، روش وزن‌دهی SWARA برای وزن‌دهی به معیارها در برنامه‌ریزی آرمانی تابعه حال مورد استفاده قرار نگرفته و از طرفی از آنجایی که در این روش، آرمان‌ها و استراتژی‌ها توسط خبرگان در نظر گرفته می‌شود [۱۵]، به نظر می‌رسد استفاده از این روش ذهنی در وزن‌دهی به معیارها در برنامه‌ریزی آرمانی مناسب باشد که در این مقاله از این رویکرد به عنوان یک روش وزن‌دهی ذهنی استفاده شده است. این رویکرد با روش وزن‌دهی عینی آنتروپی برای دستیابی به وزن‌های با قابلیت اطمینان بالا یکپارچه شده و در مدل برنامه‌ریزی آرمانی وزنی مورد استفاده قرار گرفته است.

D_j^- و D_j^+ به ترتیب انحرافات مثبت و منفی از آرمان، G_j بیانگر آرمان معیار j ، A_{ij} نشان‌دهنده وضعیت گزینه i نسبت به معیار j و X_i یک متغیر صفر و یک است. در صورتی که گزینه i انتخاب شود، متغیر، مقدار ۱ و در صورت عدم انتخاب، مقدار صفر خواهد گرفت. توجه به این نکته لازم است که تنها یک گزینه باید از بین گزینه‌ها انتخاب شود که این محدودیت در رابطه (۱۲) نشان داده شده است. همچنین از آنجایی که معیارها و به تبع آن‌ها انحراف از آرمان‌ها دارای واحدهای یکسانی نیستند، این انحرافات با تقسیم شدن بر آرمان مربوطه بی‌مقیاس شده‌اند. رویکرد کلی مورد استفاده در این مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.

۳. نتایج مطالعه

در مطالعه حاضر، ابتدا روایی صوری پرسش‌نامه توسط یک نمونه ۱۵ تایی از جامعه آماری بررسی شد که مشخصات آن‌ها در بخش ۲ به تفصیل بیان شده است. سپس روایی محتوایی این پرسش‌نامه توسط ۳۰ خبره با حداقل ۱۵ سال سابقه در این حوزه و با مشخصات ذکر شده در بخش ۲، مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از نسبت روایی محتوا و شاخص روایی محتوا استفاده شد. مقدار محاسبه شده نسبت روایی محتوا مطابق با رابطه (۱)، برای هر سؤال پرسش‌نامه نهایی در جدول (۴) نشان داده شده است. تمام اعداد به دست آمده در جدول از حداقل مقدار نسبت روایی محتوا (در اینجا ۰/۳۳) بیشتر هستند. همچنین مقدار شاخص روایی محتوا هم مطابق با رابطه (۲)، ۰/۷۶ به دست آمد. با توجه به اینکه حداقل مقدار مجاز شاخص روایی محتوا ۰/۷ است [۳۹]، روایی پرسش‌نامه تأیید می‌شود.

فرصت	استراتژی‌های توسعه بیودیزل نسل سوم در ایران، به کمک ساختار SWOT و پس از تأیید نمونه ۱۵ تایی اولیه، به صورت SO ₁ (توسعه کارخانه‌ها جهت رشد محصولات جانبی میکروجلبک در نزدیکی محل کشت آن‌ها)، SO ₂ (استفاده بیشتر از متخصصان و پژوهشگران در این زمینه)، ST ₁ (تشویق بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری برای کشت گسترده میکروجلبک و تولید بیودیزل از این نوع بیومس)، ST ₂ (تعیین یارانه و سیاست‌های مالیاتی توسط دولت)، WO ₁ (ادغام میکروجلبک با روغن‌های ضایعاتی آشپزی منطقه برای دستیابی به بیودیزل با هزینه کمتر)، WO ₂ (استفاده از زمین‌های بایر وسیع برای کشت میکروجلبک در نزدیکی خلیج فارس) و WT ₁ (توسعه تکنولوژی‌های تولید پایدار بیودیزل از میکروجلبک در ابعاد بزرگ با مطالعات و پژوهش‌های گسترده) تعریف شدند. در این مطالعه، وزن معیارهای به‌دست‌آمده از روش SWARA در جدول (۷) و وزن‌های SWARA، آنتروپی و وزن نهایی معیارها برای انتخاب برترین گزینه در جدول (۸) نشان داده شده است.
O1	ایجاد شغل [۱ و ۴۴]
O2	امکان تولید محصولات جانبی از میکروجلبک [۴۵]
O3	تصفیه آب و کاهش آلودگی آن [۴۳]
تهدید	
T1	عدم توانایی رقابت بیودیزل با سوخت‌های فسیلی [۴۶]
T2	عدم تشویق بخش‌های خصوصی برای شرکت در این پروژه [۴۷]
T3	عدم پشتیبانی بانک‌ها و سازمان‌های دولتی از صاحبان پروژه [۴۷]

۳.۱. تحلیل نتایج

نتایج نشان می‌دهد ST₂ (تعیین یارانه و سیاست‌های مالیاتی توسط دولت) و WT₂ (توسعه تکنولوژی تولید پایدار بیودیزل از میکروجلبک در مقیاس‌های بزرگ با مطالعات و پژوهش‌های گسترده) استراتژی‌های به‌ترتیب در رتبه اول و دوم هستند. مطالعات پیشین نیز نشان می‌دهند که توسعه سوخت زیستی در بلندمدت مستلزم اعمال سیاست‌هایی توسط دولت مانند پشتیبانی تحقیق و توسعه و استفاده از یارانه و مالیات در صنایع سوخت زیستی است. به این ترتیب، دولت می‌تواند با ارتقای سوخت زیستی، وابستگی به سوخت‌های فسیلی را به تدریج کاهش دهد [۲۰]. دولت همچنین می‌تواند توسعه تکنولوژی‌های تولید بیودیزل را مورد حمایت قرار دهد و با تجدید نظر در قوانین، امکان فروش سوخت زیستی (در این مقاله بیودیزل نسل سوم) را به دیگر صنایع در بازار محلی و دولت فراهم سازد [۲۰]. برای توسعه تکنولوژی سوخت زیستی مواردی مانند استفاده از بیومس‌های مختلف و بالا بردن کارایی روش تولید نقش مهمی دارند؛ مثلاً می‌توان به کمک مهندسی ژنتیک و با پرورش میکروجلبک‌های با چربی بالا کارایی تولید بیودیزل از میکروجلبک را افزایش داد [۲۰].

یکی از مسائل اصلی در تولید سوخت زیستی از میکروجلبک، هزینه بالای سرمایه‌گذاری آن بوده و ST₁ (تشویق بخش‌های خصوصی) یک استراتژی مهم در این زمینه است که در رتبه سوم قرار گرفته است. برای تشویق بخش خصوصی به منظور سرمایه‌گذاری و کشت گسترده میکروجلبک و تولید بیودیزل از آن، دولت می‌تواند سیاست‌های تشویقی را مورد استفاده قرار دهد و کمک کند تکنولوژی‌های جدید از مقیاس آزمایشگاهی عبور کنند و به تولید انبوه برسند. بنابراین دولت به طرق مختلف از اعمال یارانه و سیاست‌های مالیاتی گرفته تا حمایت از بخش‌های تحقیق و توسعه و به تبع آن توسعه تکنولوژی و همچنین تشویق بخش‌های خصوصی برای سرمایه‌گذاری در این حوزه نقش بسیار کلیدی و مهمی دارد. استراتژی WO₂ (تولید بیودیزل با هزینه کمتر با ادغام میکروجلبک با روغن‌های ضایعاتی آشپزی منطقه) در رتبه چهارم قرار گرفت. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، امکان تولید سوخت زیستی از

همچنین برای بررسی وضعیت هر گزینه نسبت به هر معیار، از یک نمونه ۱۲ تایی از جامعه آماری با مشخصات ذکرشده در بخش ۲ استفاده شد. میانگین نظرات کارشناسان، بر اساس رابطه (۸) به مقادیر عددی تبدیل شد که در جدول (۹) نشان داده شده است. با استفاده از رویکرد توسعه‌یافته برنامه‌ریزی آرمانی وزنی مبتنی بر برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی و پیاده‌سازی آن در گمز^۱، استراتژی ST₂ در رتبه اول، استراتژی WT₁ در رتبه دوم، ST₁ در رتبه سوم، WO₂ در رتبه چهارم، SO₁ در رتبه پنجم، WO₁ در رتبه ششم و SO₂ در رتبه هفتم قرار گرفت.

جدول (۶): تحلیل SWOT در مطالعه مورد نظر

عامل	شرح عامل مربوطه
قوت	
S1	وجود سواحل طولانی و دسترسی به مناطق نزدیک به خلیج فارس در ایران [۴۱]
S2	وجود مقادیر زیاد دی اکسید کربن از نیروگاه‌ها در مناطق جنوبی ایران [۴۲]
S3	وجود تابش مناسب خورشید برای رشد میکروجلبک در مناطق جنوبی ایران [۶]
S4	عدم نیاز به تجهیزات پیشرفته در رشد میکروجلبک
S5	رشد سریع میکروجلبک [۴۳]
S6	وجود سابقه تکنولوژیکی در مناطق جنوبی ایران مانند پارک علم و فناوری خلیج فارس در قشم [۴۲]
S7	وجود تعداد زیادی متخصص و کارشناس آموزش دیده در این حوزه در کشور [۴۲]
ضعف	
W1	هزینه بالای تولید بیودیزل از میکروجلبک [۴۱]
W2	نیاز به زمین‌های وسیع برای کشت میکروجلبک و تهیه پاندها [۴۲]

ترکیب‌ها را به دست آورد [۴۱]. با توجه به همهٔ نقاط قوت ذکر شده در SWOT و با توجه به امکان تولید محصولات جانبی میکروجلبک، می‌توان کارخانه‌هایی را که متقاضی استفاده از این محصولات جانبی هستند، در نزدیکی محل کشت میکروجلبک‌ها گسترش داد. به این ترتیب با فروش این محصولات جانبی به کارخانه‌های متقاضی، تا حدی می‌توان هزینهٔ بالای تولید بیودیزل از میکروجلبک را جبران کرد و از سوی دیگر از دی اکسید کربن آزاد شده از فرایندهای تولیدی این کارخانه‌ها جهت رشد میکروجلبک استفاده کرد.

جدول (۸): وزن‌های ذهنی، عینی و نهایی برای انتخاب برترین گزینه

معیار	وزن معیارها با روش SWARA	وزن معیارها با روش آنتروپی	وزن نهایی ($\lambda = 0.5$)
S1	۰/۴۰۲	۰/۰۶۱	۰/۲۳۱
S3	۰/۲۱۵	۰/۰۶۲	۰/۱۳۹
S5	۰/۱۱۴	۰/۰۶۲	۰/۰۸۸
S4	۰/۰۸۳	۰/۰۷۱	۰/۰۷۷
W1	۰/۰۵۰	۰/۰۷۶	۰/۰۶۳
S7	۰/۰۳۷	۰/۰۵۹	۰/۰۴۸
S6	۰/۰۲۸	۰/۰۶۹	۰/۰۴۸
O1	۰/۰۲۱	۰/۰۶۷	۰/۰۴۴
S2	۰/۰۱۵	۰/۰۷۰	۰/۰۴۲
T1	۰/۰۱۲	۰/۰۶۹	۰/۰۴۱
O3	۰/۰۰۸	۰/۰۷۳	۰/۰۴۱
O2	۰/۰۰۵	۰/۰۶۲	۰/۰۳۳
W2	۰/۰۰۴	۰/۰۵۹	۰/۰۳۲
T2	۰/۰۰۳	۰/۰۷۲	۰/۰۳۸
T3	۰/۰۰۲	۰/۰۶۷	۰/۰۳۴

جدول (۹): میانگین نظرات x_{ij}

استراتژی	SO1	SO2	ST1	ST2	WO1	WO2	WT1
S1	۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۷۰	۰/۷۴
S2	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۳۰
S3	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۴۴	۰/۵۰	۰/۷۴
S4	۰/۶۵	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۶۵
S5	۰/۶۴	۰/۴۰	۰/۷۰	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۷۴
S6	۰/۵۴	۰/۴۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۵۴	۰/۶۵	۰/۵۵
S7	۰/۵۵	۰/۳۵	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۷۴	۰/۷۰
W1	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۶۰
W2	۰/۳۵	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۵۵
O1	۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۸۴	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۶۵
O2	۰/۳۵	۰/۷۰	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۴۰
O3	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۷۱	۰/۶۵
T1	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۷۰	۰/۶۴	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۷۰
T2	۰/۷۰	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۶۴	۰/۸۸	۰/۷۰
T3	۰/۶۵	۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۸۴

ترکیب انواع بیومس وجود دارد [۲۰]. تولید بیودیزل از میکروجلبک با هزینهٔ زیاد همراه است [۴۱]. از سوی دیگر، می‌توان از منابع ارزان‌قیمتی مانند روغن‌های ضایعاتی نیز برای تولید بیودیزل استفاده کرد. در ایران، سالانه ۳۰۰۰۰۰ تن روغن ضایعاتی تولید می‌شود که منبع مناسبی برای تولید بیودیزل است [۳]. بنابراین برای دستیابی به بیودیزل با هزینهٔ کمتر می‌توان از ترکیب میکروجلبک و روغن‌های ضایعاتی منطقه استفاده کرد و به این ترتیب کارایی تولید را نیز افزایش داد و از سوی دیگر مشکل انهدام این روغن‌های ضایعاتی را حل کرد.

یکی از نکات مهم در توسعهٔ سوخت زیستی، توسعهٔ منطقهٔ کشت و برداشت محصول بدون اثرگذاری بر امنیت غذا و پایداری محیط زیست است [۶].

جدول (۷): تعیین وزن معیارها با روش SWARA

معیار	کارشناسان و تبدیل به مقادیر کمی	میانگین نظرات	تعیین وزن با روش ذهنی SWARA	میانگین نظرات
S1	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۴۰۲۰	۱/۰۰۰۰
S3	۰/۸۶۶۷	۱/۸۶۶۷	۰/۲۱۵۴	۰/۵۳۵۷
S5	۰/۸۸۸۸	۱/۸۸۸۸	۰/۱۱۴۰	۰/۲۸۳۶
S4	۰/۳۷۷۷	۱/۳۷۷۷	۰/۸۲۸	۰/۲۰۵۹
W1	۰/۶۴۴۳	۱/۶۴۴۳	۰/۰۵۰۳	۰/۱۲۵۲
S7	۰/۳۵۵۵	۱/۳۵۵۵	۰/۰۳۷۱	۰/۰۹۲۴
S6	۰/۳۳۶۵	۱/۳۳۶۵	۰/۰۲۷۸	۰/۰۶۹۱
O1	۰/۳۱۸۵	۱/۳۱۸۵	۰/۰۲۱۱	۰/۰۵۲۴
S2	۰/۴۳۲۸	۱/۴۳۲۸	۰/۰۱۴۷	۰/۰۳۶۶
T1	۰/۱۷۷۷	۱/۱۷۷۷	۰/۰۱۲۵	۰/۰۳۱۱
O3	۰/۵۵۵۵	۱/۵۵۵۵	۰/۰۰۸۰	۰/۰۲۰۰
O2	۰/۷۰۳۷	۱/۷۰۳۷	۰/۰۰۴۷	۰/۰۱۱۷
W2	۰/۲۱۵۸	۱/۲۱۵۸	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۹۶
T2	۰/۱۴۳۰	۱/۱۴۳۰	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۸۴
T3	۰/۱۳۲۳	۱/۱۳۲۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۵۸

تولید میکروجلبک امنیت غذا را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد و می‌توان آن‌ها را در زمین‌های غیر حاصلخیز پرورش داد. در نواحی مختلف ایران، به‌خصوص استان‌های جنوبی، زمین‌های وسیع بایر و نیمه‌بایر وجود دارد که برای کشت محصولات کشاورزی خوراکی مناسب نیستند. در نتیجه می‌توان از آن‌ها برای کشت میکروجلبک‌ها در ابعاد وسیع استفاده کرد [۴۸]. این استراتژی (SO1) در رتبهٔ پنجم قرار گرفت. از میکروجلبک‌ها علاوه بر تولید بیودیزل می‌توان محصولات جانبی باارزشی مانند آنتی‌اکسیدان، رنگدانه، گلیسیرین، اسیدهای چرب و دیگر

1. Antioxidants

۴. نتیجه‌گیری

روش ذهنی SWARA استفاده نشده که این مقاله، این شکاف‌های مطالعاتی را پوشش داده است.

در این مطالعه، از یک رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی وزنی توسعه‌یافته در شرایط فازی جهت رتبه‌بندی استراتژی‌های به دست آمده، استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد ST2، WT2 و ST1 استراتژی‌های به‌ترتیب در رتبه اول، دوم و سوم هستند که نشان‌دهنده نقش مهم و کلیدی دولت در این زمینه است؛ زیرا یکی از عوامل مهم در پیاده‌سازی این استراتژی‌ها، دولت است که به طرق مختلف از اعمال پارانه و سیاست‌های مالیاتی گرفته تا حمایت از بخش‌های تحقیق و توسعه و به‌تبع آن توسعه تکنولوژی و تشویق بخش‌های خصوصی برای سرمایه‌گذاری در این حوزه نقش مهمی ایفا می‌کند. همچنین استراتژی‌های WO2، SO1، WO1 و SO2 به‌ترتیب در رتبه چهارم، پنجم، ششم و هفتم قرار گرفتند.

از این رویکرد تصمیم‌گیری ترکیبی می‌توان در دیگر مطالعات موردی استفاده کرد. همچنین در پژوهش‌های آتی می‌توان از دیگر رویکردهای جدید وزن‌دهی به معیارها استفاده کرد. با توجه به اینکه برای بی‌مقیاس کردن داده‌ها در برنامه‌ریزی آرمانی، روش‌های مختلفی وجود دارد، استفاده از دیگر روش‌های بی‌مقیاس‌سازی و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از آن‌ها پیشنهاد می‌شود.

در این مقاله برای بررسی استراتژی‌های توسعه بیودیزل نسل سوم در ایران، ابتدا وضعیت کنونی آن با تحلیل SWOT مورد بررسی قرار گرفت و با مطالعه در ادبیات و مصاحبه با خبرگان، نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید در توسعه بیودیزل نسل سوم تعیین و روایی و پایایی آن‌ها توسط خبرگان تأیید شد. برای ارزیابی روایی پرسش‌نامه، روایی صوری و روایی محتوایی (نسبت روایی محتوا و شاخص روایی محتوا) بررسی شده و پایایی آن با ضریب آلفای کرونباخ مورد سنجش قرار گرفت تا در نهایت پرسش‌نامه‌ای روا و پایا به دست آید. سپس بر اساس ساختار SWOT، استراتژی‌های مورد نظر به دست آمد.

سپس یک روش تصمیم‌گیری گروهی در محیط فازی برای رتبه‌بندی این استراتژی‌ها پیشنهاد شد. نخست وزن معیارها تعیین شد. برای این منظور از ادغام روش‌های وزن‌دهی ذهنی SWARA و عینی آن‌تروپی برای افزایش قابلیت اطمینان وزن‌دهی استفاده شد. در این مطالعه SWARA به دلیل سادگی، پیچیده و زمان‌بر نبودن و عدم نیاز به ارزیابی سازگاری [۱۵]، به‌عنوان یک روش وزن‌دهی ذهنی مورد استفاده قرار گرفت که در مطالعات پیشین در ترکیب با رویکرد وزن‌دهی عینی مطرح نشده است. همچنین ترکیب دو رویکرد وزن‌دهی عینی و ذهنی در مطالعات تصمیم‌گیری مرتبط با انرژی، بسیار محدود بوده، ضمن اینکه در مطالعات مرتبط با رتبه‌بندی استراتژی‌ها مبتنی بر SWOT، از

مراجع

- [1] Sindhu, S., Nehra, V. and Luthra, S., "Solar energy deployment for sustainable future of India: Hybrid SWOC-AHP analysis", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 72, pp. 1138-1151, 2017.
- [2] Babazadeh, R., Razmi, J. and Pishvae, MS., "Sustainable cultivation location optimization of the *Jatropha curcas* L. under uncertainty: A unified fuzzy data envelopment analysis approach", Measurement, Vol. 89, pp. 252-260, 2016.
- [3] Babazadeh, R., Razmi, J., Pishvae, MS. and Rabbani, M., "A sustainable second-generation biodiesel supply chain network design problem under risk", Omega, Vol. 66, pp. 258-77, 2017.
- [4] Hosseini, SE., Andwari, AM., Wahid, MA. and Bagheri, G., "A review on green energy potentials in Iran", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 27, pp. 533-545, 2013.
- [5] Khishtandar, S., Zandieh, M. and Dorri, B., "A multi criteria decision making framework for sustainability assessment of bioenergy production technologies with hesitant fuzzy linguistic term sets: The case of Iran", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 77, pp. 1130-1145, 2017.
- [6] Mohseni, S., Pishvae, MS. and Sahebi, H., "Robust design and planning of microalgae biomass-to-biodiesel supply chain: A case study in Iran", Energy, Vol. 111, pp. 736-755, 2016.
- [7] Suganya, T., Varman, M., Masjuki, H. H. and Renganathan, S., "Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: a biorefinery approach", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 55, pp. 909-941, 2016
- [8] Moghaddam, NB., Mousavi, SM., Nasiri, M., Moallemi, EA. and Yousefdehi, H., "Wind energy status of Iran: Evaluating Iran's technological capability in manufacturing wind turbines", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, No. 8, pp. 4200-4211, 2011.
- [9] Parker, L. and Blodgett, J., "Greenhouse gas emission: conflicting situations, conflicting perspectives", Congressional Research Service", In Library of congress, 2005.
- [10] Keršulienė, V., Zavadskas, E.K. and Turskis, Z., "Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA)", Journal of business economics and management, Vol. 11, No. 2, pp. 243-258, 2010.
- [11] Wang, E., Alp, N., Shi, J., Wang, C., Zhang, X. and Chen, H., "Multi-criteria building energy performance benchmarking through variable clustering based compromise TOPSIS with objective entropy weighting", Energy, Vol. 125, pp. 197-210, 2017.
- [12] Chuansheng, X., Dapeng, D., Shengping, H., Xin, X. and Yingjie, C., "Safety evaluation of smart grid based on AHP-entropy method", Systems Engineering Procedia, Vol. 4, pp. 203-209, 2012.
- [13] Martínez, J., and R. A. Narváez. "Use of multicriteria

- decision making (MCDM) methods for biomass selection aimed to Fischer-Tropsch processes.*" International Journal of Engineering Trends and Technology, Vol. 34, No.6, pp. 266-272, 2016.
- [14] Mardani, A., Zavadskas, E.K., Khalifah, Z., Zakuan, N., Jusoh, A., Nor, K.M. and Khoshnoudi, M., "A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: Two decades from 1995 to 2015", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 71, pp. 216-256, 2017.
- [15] Eghbali-Zarch, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Esfahanian, F., Sepehri, MM. and Azaron, A., "Pharmacological therapy selection of type 2 diabetes based on the SWARA and modified MULTIMOORA methods under a fuzzy environment", Artificial intelligence in medicine. Vol. 87, pp. 20-33, 2018
- [16] Grošelj, P. and Stirn, L.Z., "The environmental management problem of Pohorje, Slovenia: A new group approach within ANP-SWOT framework", Journal of environmental management, Vol. 161, pp. 106-112, 2015.
- [17] Tavana, M., Zareinejad, M., Di Caprio, D. and Kaviani, MA., "An integrated intuitionistic fuzzy AHP and SWOT method for outsourcing reverse logistics", Applied Soft Computing, Vol. 40, pp. 544-557, 2016.
- [18] Canto-Perello, J., Curiel-Esparza, J. and Calvo, V., "Strategic decision support system for utility tunnel's planning applying A'WOT method", Tunneling and Underground
- [19] Zhao, SY., Yang, S., Liang, C. and Gu, D., "Where is the way for rare earth industry of China: An analysis via ANP-SWOT approach", Resources Policy, Vol. 49, pp. 349-57, 2016.
- [20] Chanthawong, A. and Dhakal, S., "Stakeholders' perceptions on challenges and opportunities for biodiesel and bioethanol policy development in Thailand", Energy Policy, Vol. 91, pp. 189-206, 2016.
- [21] Arsić, S., Nikolić, D. and Živković, Ž., "Hybrid SWOT-ANP-FANP model for prioritization strategies of sustainable development of ecotourism in National Park Djerdap, Serbia", Forest Policy and Economics, Vol. 80, pp. 11-26, 2017.
- [22] Shahba, S., Arjmandi, R., Monavari, M. and Ghodusi, J., "Application of multi-attribute decision-making methods in SWOT analysis of mine waste management (case study: Sirjan's Golgohar iron mine, Iran)", Resources Policy, Vol. 51, pp. 67-76, 2017.
- [23] Jayaraman, R., Colapinto, C., La Torre, D. and Malik, T., "A Weighted Goal Programming model for planning sustainable development applied to Gulf Cooperation Council Countries", Applied energy, Vol. 185, pp. 1931-9, 2017.
- [24] Demirtas, EA. and Ustun, O., "Analytic network process and multi-period goal programming integration in purchasing decisions", Computers & Industrial Engineering, Vol.56, No. 2, pp. 677-90, 2009.
- [25] Arunraj, NS. and Maiti, J., "Risk-based maintenance policy selection using AHP and goal programming", Safety science, Vol. 48, No. 238-247, 2010.
- [26] Keršulienė, V., Turskis, Z., "Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection", Technological and Economic Development of Economy, Vol. 17, No. 4, pp. 645-666, 2011.
- [27] Hasan Aghdaie, M., Hashemkhani Zolfani, S. and Zavadskas, EK., "Decision making in machine tool selection: An integrated approach with SWARA and COPRAS-G methods", Engineering Economics, Vol. 24, No. 1, pp. 5-17, 2013.
- [28] Yazdani-Chamzini, A., Fouladgar, MM., Zavadskas, EK. and Moini, SH., "Selecting the optimal renewable energy using multi criteria decision making", Journal of Business Economics and Management, Vol. 14, No. 5, pp. 957-78, 2013.
- [29] Zolfani, SH. and Sapauskas, J., "New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system", Engineering Economics, Vol. 24, No. 5, pp. 408-414, 2013.
- [30] Balezentienė, L., Streimikiene, D. and Balezentis, T., "Fuzzy Solberg, B., Wirth, K. and Stirn, LZ., "Decision support framework for evaluating the operational environment of forest bioenergy production and use: Case of four European countries", Journal of environmental management, Vol. 180, pp. 68-81, 2016.
- [31] Vafaeipour, M., Zolfani, SH., Varzandeh, MH., Derakhti, A. and Eshkalag, MK., "Assessment of regions priority for implementation of solar projects in Iran: New application of a hybrid multi-criteria decision making approach", Energy Conversion and Management, Vol. 86, pp. 653-663, 2014.
- [32] Heidarzade, F., Varzandeh, M., Rahbari, O., Zavadskas, E. and Vafaeipour, M., "Placement of wind farms based on a hybrid multi criteria decision making for Iran" In Proceedings of the 4th World Sustainability Forum, Vol. 4, pp. 1-20, 2014.
- [33] Karabasevic, D., Stanujkic, D., Urosevic, S. and Maksimovic, M., "Selection of candidates in the mining industry based on the application of the SWARA and the MULTIMOORA methods", Acta Montanistica Slovaca, Vol. 20, No. 2, 2015.
- [34] Ren, J., Gao, S., Tan, S. and Dong, L., "Hydrogen economy in China: strengths-weaknesses-opportunities-threats analysis and strategies prioritization", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 41, pp. 1230-1243, 2015.
- [35] Malovrh, ŠP., Kurttila, M., Hujala, T., Kärkkäinen, L. and Leban, V., Lindstad, BH., Peters, DM., Rhodius, R., Solberg, B., Wirth, K., Stirn, LZ., "Decision support framework for evaluating the operational environment of forest bioenergy production and use: Case of four European countries", Journal of environmental management, Vol. 180, pp. 68-81, 2016.
- [36] Igliński, B., Iglińska, A., Koziński, G., Skrzatek, M. and Buczkowski, R., "Wind energy in Poland-history, current state, surveys, renewable energy sources Act, SWOT analysis", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 64, pp. 19-33, 2016
- [37] Zolfani, SH., Pourhossein, M., Yazdani, M. and Zavadskas, EK., "Evaluating construction projects of hotels based on environmental sustainability with MCDM framework", Alexandria Engineering Journal, Vol. 57, No. 1, pp. 357-365, 2018
- [38] صیدی، مسعود؛ سلیمی، حامد؛ بزرگی امیری، علی، «ارائه چهارچوبی جهت اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در واحدهای نمک‌زدایی نفت و گاز با استفاده از تلفیق تکنیک AHP فازی و مدل SWOT (مطالعه موردی واحد نمک‌زدایی نفت شهر)»، نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت انرژی، شماره اول، صفحه ۱۸-۲۹، بهار ۱۳۹۷.
- [39] Lawshe, CH., "A quantitative approach to content validity I", Personnel psychology, Vol. 28, No. 4, pp. 563-75, 1975.
- [40] Zare, K., Mehri-Tekmeh, J. and Karimi, S., "A SWOT framework for analyzing the electricity supply chain using an integrated AHP methodology combined with fuzzy-

- TOPSIS*", International strategic management review, Vol. 3, No. 1-2, pp. 66-80, 2015.
- [41] Najafi, G., Ghobadian, B. and Yusaf, TF., "Algae as a sustainable energy source for biofuel production in Iran: a case study", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, No. 8, pp. 3870-3876, 2011.
- [42] Moazami, N., Ranjbar, R. and Ashori A., "Large scale transport energy production from microalgae in Persian Gulf knowledge island", International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development (ICUE), pp. 1-4, IEEE, 2014.
- [43] Alam, F., Date, A., Rasjidin, R., Mobin, S., Moria, H. and Baqui, A., "Biofuel from algae-is it a viable alternative?", Procedia Engineering, Vol. 49, pp. 221-227, 2012.
- [44] Haddad, B., Liqid, A. and Ferreira, P., "A multi-criteria approach to rank renewables for the Algerian electricity system", Renewable Energy, Vol. 107, pp. 462-472, 2017.
- [45] Cuellar-Bermudez, SP., Garcia-Perez, JS., Rittmann, BE. and Parra-Saldivar, R., "Photosynthetic bioenergy utilizing CO₂: an approach on flue gases utilization for third generation biofuels", Journal of Cleaner Production, Vol. 98, pp. 53-65, 2015
- [46] Babazadeh, R., Razmi, J., Pishvae, MS. and Rabbani, M., "A sustainable second-generation biodiesel supply chain network design problem under risk", Omega, Vol. 66, pp. 258-77, 2017.
- [47] Aslani, A., Mohammadi, M., Gonzalez, MJ., Sobczuk, TM., Nazari, M. and Bakhtiar, A., "Evaluation of the potentials and feasibility of microalgae production in Iran", Bioresource Technology Reports, Vol. 1, pp. 24-30, 2018.
- [48] Mohseni, S. and Pishvae, MS., "A robust programming approach towards design and optimization of microalgae-based biofuel supply chain", Computers & Industrial Engineering, Vol. 100, pp. 58-71, 2016.