تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۴/ شماره ۸۷/پاییز ۱۴۰۲/ص ۱۶-۱
سایت مجله: https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله علمی – پژوهشی

اولویت‌بندی استراتژی‌های توسعهٔ کاربری پسماند کشاورزی به عنوان منبع تولید انرژی زیستی با استفاده از مدل ترکیبی SWOT-ANP

حنیف اسمعیلی[۱]، مرتضی الماسی[۲*] و محمد قهدریجانی[۳]

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری؛ استاد؛ و استادیار گروه مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۱۰

چکیده

روند افزایشی پسماندهای کشاورزی با توجه به رشد جمعیت و افزایش تولیدات کشاورزی، یکی از چالش‌های جدی در بسیاری از کشورها شده است. به منظور پرهیز از تغییر غیراصولی الگوی مصرف این منابع، به کارگیری برنامه‌ریزی‌های اصولی و استراتژی‌های مناسب الزامی خواهند بود تا در درازمدت متحمل خسارات ایجاد نشود. بدین‌منظور این پژوهش با استفاده از تحلیل SWOT به اولویت‌بندی استراتژی‌های مختلف به منظور تولید انرژی از پسماندهای کشاورزی پرداخته است. با توجه به وابستگی بین عوامل استراتژیک، از الگوریتم فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) برای کمّی‌کردن وزن‌ها و اثر عوامل اصلی و فرعی استفاده شده است. انتخاب بهترین استراتژی، عوامل اصلی و فرعی ماتریس SWOT و استراتژی‌های پیشنهاد شده، چهار سطح این شبکه را تشکیل داده‌اند. نتایج الگوریتم نشان داد که عامل قوت با مقدار ۰/۶۹۸ بالاترین وزن، عامل تهدید با وزن ۰/۶۳۲ در رتبه دوم و عوامل ضعف و فرصت با وزن ۰/۲۶۳ و ۰/۱۸۰ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. ارزیابی ضریب وزنی برای ۱۰ استراتژی پیشنهادی نشان داد که استراتژی ارتقا زیر ساخت فرهنگی انرژی زیستی با وزن ۰/۱۳۵۶ در بالاترین رتبه و پس از آن توسعهٔ برداشت مکانیزه پسماند کشاورزی با وزن ۰/۱۱۸۸ در رتبه دوم و توسعه صادرات انرژی زیستی با وزن ۰/۱۰۹۵ در مرتبه سوم قرار دارند.

واژه‌های کلیدی

انرژی تجدیدپذیر، برنامه‌ریزی راهبردی، بیوماس، زیست انرژی، مدیریت پسماند کشاورزی

مقدمه

پسماندهای کشاورزی موادی هستند ناشی از فعالیت‌های تولیدی در بخش کشاورزی و دامپروری که از میان آن‌ها می‌توان به فضولات و لاشه حیوانات و بقایای محصولات کشاورزی اشاره نمود (شکل ۱) (Anon, 2019). موضوع روند افزایشی پسماند کشاورزی با توجه به رشد جمعیت و افزایش تولید، یکی از چالش های جدی بسیاری از کشورها شده است. امروزه سوزاندن بقایای کشاورزی یکی از روش‌های متداول در بسیاری از مناطق است. کشور چین، و پس از آن هند، ایالات متحده و روسیه، بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از سوزاندن بقایای محصولات را در جهان دارند (Sarkar *et al.*, 2020). از طرفی، پسماند

*نگارنده مسئول: Email: morteza.almassi@gmail.com
https://doi.org/10.22092/amsr.2023.362042.1448

کشاورزی را می‌توان یکی از منابع تجدیدپذیر تولید انرژی در نظر گرفت. استفاده از این منابع، می‌تواند منجر به کاهش وابستگی به نفت خام گردد و با تنوع بخشیدن به سبد انرژی، عامل تأثیرگذاری بر ارتقای امنیت انرژی باشد (Clauser *et al.*, 2021, Alatzas *et al.*, 2019).

شکل ۱- منابع زیست توده کشاورزی

Fig. 1- Agricultural biomass resources

باید توجه داشت که پسماند کشاورزی مصارف چندگانه دارد و استفاده از آن در بخش انرژی نیازمند بررسی زیرساخت‌ها و داشتن استراتژی‌های مناسب است که باید قبل از ورود به موضوع، آن‌ها را شناخت و تحلیل کرد. برای این منظور نیازمند داشتن روشی مشخص و پویا با روشن بودن مواضع و هدف‌های آن خواهیم بود تا با تعیین وضعیت موجود و جمع‌آوری و طبقه‌بندی اطلاعات، ارزیابی و اولویت‌بندی استراتژی‌ها امکان‌پذیر شود. یکی از روش‌ها که در برنامه‌ریزی منابع طبیعی و سیاست‌گذاری آن استفاده شود، تجزیه و تحلیل SWOT[1] (قوت-ضعف-فرصت-تهدید) است (Catron *et al.*, 2012). تجزیه و تحلیل SWOT می‌تواند یکی از راهبردهای توسعه با کمک تجزیه و تحلیل داخلی و خارجی دربارهٔ موضوع باشد (Zhu *et al.*, 2016).

چهارچوب SWOT همواره در مطالعات مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر و منابع کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. برای مثال در تحقیقی لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2011) از تحلیل SWOT برای تشخیص و شناسایی اثرهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی ناشی از تولید انرژی

1- Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats

زیستی از زیست‌توده در زمین‌های حاشیه‌ای چین استفاده کردند. برای ارزیابی کمی چهارچوب SWOT در مطالعات گذشته روش‌های مختلفی به کار برده شده است که رایج‌ترین آن‌ها روش AHP[1] و ANP[2] است. بایراکتار و همکاران (Bayraktar *et al.*, 2023) در مطالعه‌ای با استفاده از چهارچوب SWOT و روش آنالیز AHP به بررسی جنبه‌های استفاده از بیودیزل به عنوان سوخت دریایی پرداخته‌اند. در مطالعه‌ای دیگر، وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2020) به منظور توسعهٔ منابع انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق و حل بحران انرژی در کشور پاکستان، استراتژی‌هایی را ارائه کردند. در این مطالعه از تحلیل SWOT و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP) استفاده شده است. کاترون و همکارن (Catron *et al.*, 2012) در تحقیقی با استفاده از یک چارچوب ترکیبی نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید- فرآیند تحلیل شبکه (SWOT-ANP) به ارزیابی روش‌های توسعهٔ تولید انرژی مبتنی بر زیست تودهٔ جنگلی در ایالت کنتاکی آمریکا پرداختند. اروارل و همکاران (Cayir Ervural *et al.*, 2018) برای برنامه‌ریزی استراتژیک انرژی‌های جایگزین در کشور ترکیه از چهارچوب SWOT استفاده کردند. پس از آن از رویکرد ANP برای تعیین وزن هر یک از عوامل اصلی و فرعی بهره بردند و در نهایت، روش TOPSIS فازی را برای اولویت‌بندی استراتژی‌های جایگزین به کار بردند. گورنر (Gorener, 2012) در پژوهشی به مقایسه تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فرآیند تحلیل شبکه (ANP) برای رتبه‌بندی عوامل در چهارچوب SOWT پرداخت و نشان داد که تکنیک ANP امکان تحلیل مناسب‌تری را برای سنجش وابستگی‌های متقابل، وابستگی‌های بیرونی و بازخوردی بین عناصر تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند. گارسیا و گویتارت (Jorge-García & Estruch-Guitart, 2022) در مطالعه‌ای به بررسی نتایج دو روش AHP و ANP پرداختند و نشان دادند علیرغم ساده و سریع بودن روش AHP، روش ANP با در نظر گرفتن روابط بین معیارها می‌تواند به کاهش عدم اطمینان کمک کند.

در ایران در حوزهٔ پسماند کشاورزی و سیاست‌گذاری‌های انرژی تجدیدپذیر مطالعاتی انجام شده است. صمدی و همکاران (Samadi *et al.*, 2020) با ارائهٔ مدلی توسعه یافته بقایای کشاورزی را برای مناطق ایران پتانسیل‌سنجی کردند و مقدار توان و حرارت حاصل از آن توسط فرآیند گازی‌سازی را تخمین زدند. نجفی و همکاران (Najafi *et al.*, 2009) در مطالعه‌ای به پتانسیل‌سنجی تولید بیواتانول از پسماند کشاورزی در ایران پرداختند. دهاقی و همکاران (Dehhaghi *et al.*, 2022) با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری به ارائه یک مدل سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی ایران پرداختند. اردو و همکاران (Ordoo *et al.*, 2023) در مطالعه‌ای یک مدل SWOT-AHP را برای بررسی استراتژی‌های توسعهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر و راه‌حل‌های مدیریتی در ایران ارائه دادند.

تحقیقات در زمینهٔ تعیین استراتژی‌های تولید انرژی از پسماند کشاورزی اغلب در خارج از ایران بوده و تحقیقات داخلی بیشتر بر پتانسیل‌سنجی پسماند کشاورزی و تولید سوخت‌های زیستی از اینگونه پسماند تمرکز داشته‌اند. مطالعات سیاست‌گذاری بیشتر در حوزه‌های دیگر منابع انرژی‌های تجدیدپذیر (بادی، خورشیدی و غیره)

1- The Analytic Hierarchy Process
2- The Analytic Network Process

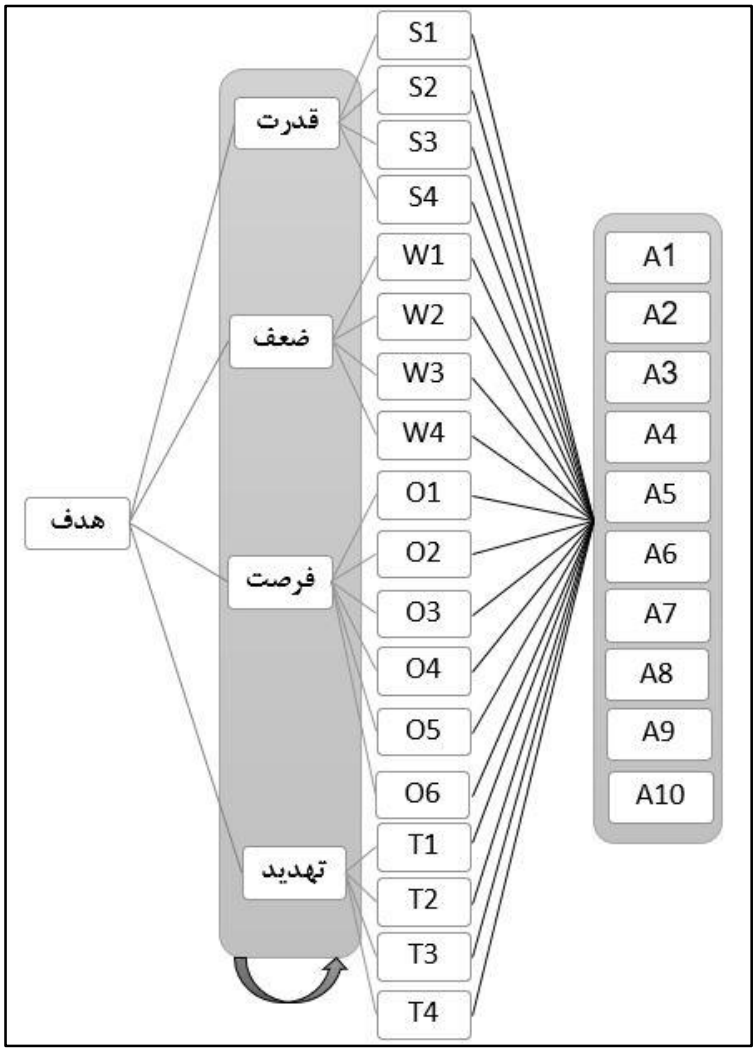
بوده است.

هدف این مقاله، بررسی نقاط ضعف و قدرت استفاده از پسماند کشاورزی به عنوان منبع تجدید-پذیر تولید انرژی است و فرصت‌ها و تهدیدهای مفروض ارزیابی می‌شوند. پس از آن، استراتژی‌هایی پیشنهاد می‌گردد و با توجه به عوامل تأثیرگذار اولویت‌بندی خواهند شد. بررسی فاکتورهای زیست‌محیطی و مسایل فرهنگی و اجتماعی در مدیریت پسماند و همچنین مسایل مربوط به سرمایه‌گذاری از مواردی هستند که در استفاده از پسماند کشاورزی به عنوان یکی از منابع تأمین انرژی در نظر گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی تحلیلی است که به صورت پیمایشی صورت گرفته است. شیوهٔ جمع‌آوری اطلاعات اسنادی و میدانی است و ابزار تحقیق پرسشنامه است. از روایی محتوا برای تعیین اعتبار پرسشنامه استفاده شد که پس از طراحی اولیهٔ پرسشنامه، از ۱۸ نفر از فعالان حوزهٔ مدیریت پسماند کشاورزی دربارهٔ پرسشنامه نظرسنجی شد و روایی پرسشنامه تأیید گردید. کارشناسان با کمک گرفتن از تکنیک مدل گلوله برفی[1] انتخاب شدند. این روش یک نوع نمونه‌گیری هدفمند متوالی است که می‌توان برای مباحث تصمیم‌گیری چندمعیاره از آن استفاده کرد. در این روش، محقق پس از شناسایی افراد و دریافت اطلاعات از کارشناس می‌خواهد که فرد یا افراد خبرهٔ دیگر را به وی معرفی کند (Babbie, 2008). با بررسی منابع و تحقیقات گذشته و جلسات طوفان فکری با خبرگان، فهرستی از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید شناسایی گردید. این چهارچوب متشکل از عوامل داخلی و خارجی است که توسعهٔ انرژی زیستی از پسماند کشاورزی را با توجه به شرایط موجود بررسی می‌کند. پس از آن با نظر خواهی از کارشناسان، استراتژی‌هایی پیشنهاد گردید که با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در محیط نرم‌افزار اکسپرت چویس[2] با استفاده از مقایسات زوجی تحلیل و اولویت‌بندی شد. نمودار درختی فرآیند ANP این تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

1- Expert Choice
2- Snowball Sampling Technique

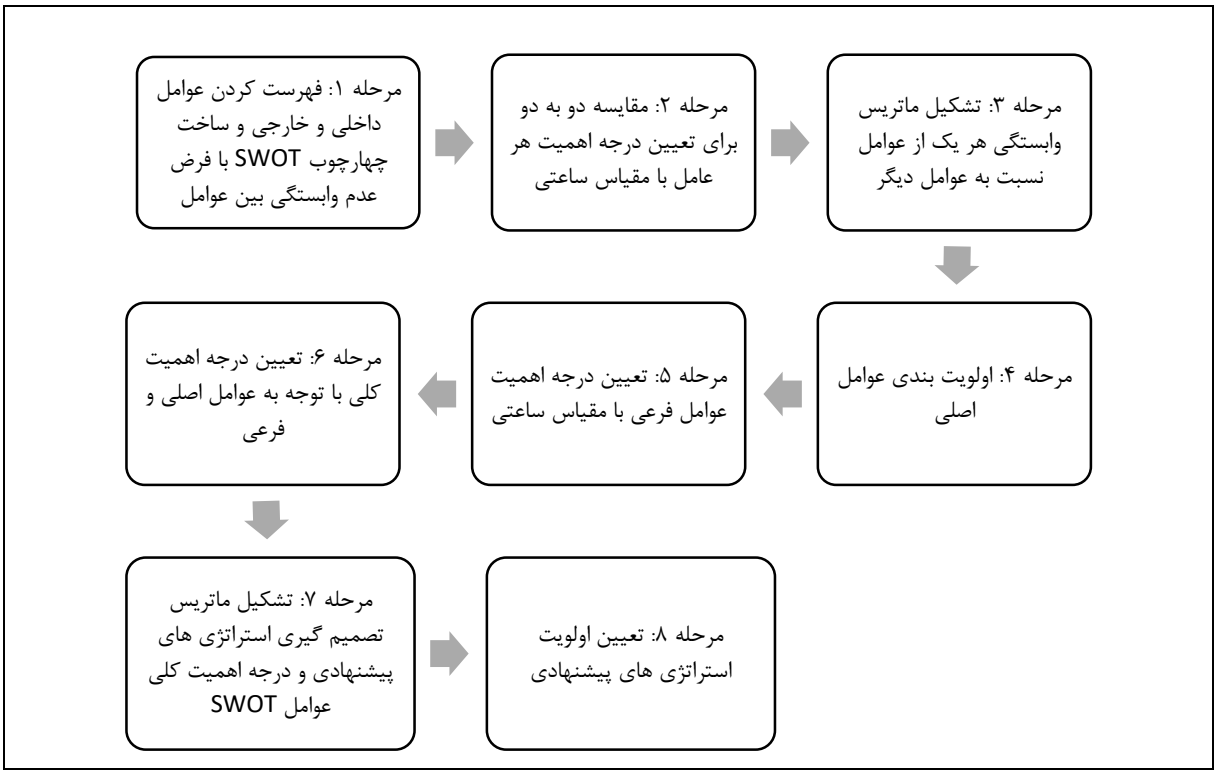


شکل ۲- مدل ANP-SWOT

Fig. 2- ANP-SWOT model

مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای در واقع مدل تعمیم یافتهٔ روش برنامه‌ریزی سلسله مراتبی (AHP) است که فرض موجود در روش برنامه‌ریزی سلسله مراتبی مبنی بر نبود رابطه بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری را ندارد (Işik *et al.*, 2007). مبنای استفاده از الگوی ANP در این تحقیق، الگوریتم پیشنهادی یوکسل و داگ دویرن[1] است. همانند مدل AHP، ماتریس مقایسات زوجی (گروه، معیار و گزینه‌ها) ایجاد و حل می‌شود. اعداد موجود در ماتریس نیز مانند مدل AHP از جدول توماس ساعتی (جدول ۱) از بین اعداد ۱ تا ۹ انتخاب گردیده است. در شکل ۳ نمایهٔ مراحل اجرای پژوهش حاضر دیده می‌شود.

1- Yuksel & Dag Deviren



شکل ۳ - مراحل اجرای روش SWOT-ANP

Fig. 3- The steps of SWOT-ANP method

جدول ۱- طیف نه درجه ساعتی

Table 1- Nine-degree saaty scale

ارزش Score	تعریف Definition
1	عنصر i و عنصر j اهمیت برابر دارند
3	عنصر iاز عنصر jکمی مهم تر است
5	عنصر i از عنصر j مهمتر است
7	عنصر i از عنصر j خیلی مهمتر است
9	عنصر i از عنصر j کاملا مهمتر است
2,4,6,8	ارزش های بینابین را نشان می دهد

تمام مقایسه‌های زوجی در این پژوهش از میانگین وزنی نظرهای ارائه شده توسط ۳ نفر از استادان، ۸ نفر از فارغ التحصیلان و دانشجویان مقطع دکتری، ۱۴ نفر از فارغ‌التحصیلان و دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد در رشته‌های مرتبط و ۲ نفر از مدیران سازمان انرژی‌های نو (بیش از ۲۰ سال سابقه کار) و ۳ نفر از مدیران شرکت نفت ایران به دست آمده است.

نتایج و بحث

از مجموع اطلاعات به دست آمده، عوامل داخلی (قوت و ضعف) و عوامل خارجی (تهدید و فرصت)

شناسایی گردید که می‌توانند توسعهٔ انرژی زیستی از منابع پسماند کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهند. ۱۸ زیرعامل (داخلی و خارجی) به توافق رسیدند که در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

جدول ۲- SWOT توسعه انرژی زیستی از پسماند کشاورزی

Table 2- The summary of SWOT analysis results of development bioenergy

قدرت Strength	ضعف Weakness
کاهش نشر آلاینده (S1).	کمبود تجهیزات (W1).
فراوانی پسماند کشاورزی (S2).	هزینهٔ تولید بالا (W2).
افزایش ارزش پسماند آلی (S3).	کمبود دانش فنی (W3).
ایجاد شغل (S4).	اشتیاق کم سرمایه‌گذارای (W4).
فرصت **Opportunity**	**تهدید** **Threat**
ارتقای تحقیق و توسعه (O1).	تهدید بازاریابی (T1).
ارتقای زیر ساخت‌ها (O2).	سطح آگاهی جامعه (T2).
رشد بازار جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر (O3).	ایجاد معضلات زیست محیطی (T3).
تولید انرژی پاک برای مناطق روستایی (O4).	تهدید امنیت غذایی (T4).
توسعهٔ امنیت انرژی (O5).	
توسعهٔ مناطق روستایی (O6).	

پس از بررسی معیارهای ارزیابی و اطلاعات به دست آمده، ۱۰ استراتژی راهبردی به منظور توسعهٔ استحصال انرژی از پسماند کشاورزی با توجه به ساختار سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور به توافق رسید و پیشنهاد گردید (جدول ۳).

جدول ۳- استراتژی های پیشنهادی

Table 3- Suggested strategies

A1. توسعهٔ برداشت مکانیزه پسماند کشاورزی	A6. حمایت از خصوصی‌سازی واحدهای تولید انرژی زیستی
A2. توسعهٔ صادرات انرژی زیستی	A7. استانداردسازی
A3. توسعهٔ فناوری‌های جدید و زیرساخت های دانشگاهی	A8. یارانهٔ انرژی زیستی
A4. فرهنگ سازی انرژی زیستی	A9. خرید تضمینی ضایعات کشاورزی
A5. آموزش نیروی کار ماهر	A10. سیستم مالیات زیست‌محیطی

پس از طراحی چارچوب شبکه‌ای مدل و شناسایی معیارهای ارزیابی، فرض شد که هیچ ارتباطی میان معیارها و گروه‌های رتبه‌بندی وجود ندارد. ماتریس مقایسات زوجی گروه‌ها و براساس هدف و ارزش آن ایجاد گردید که نتایج مقایسات زوجی عوامل در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، بیشترین درجه اهمیت مربوط به عامل قوت با مقدار ۰/۶۹۸ است و پس از آن تهدید و فرصت با مقادیر ۰/۶۳۲ و ۰/۲۶۳ قرار دارند. ضعف با مقدار ۰/۱۸۰ در آخر قرار دارد.

نکتهٔ قابل توجه آن است که به دلیل بالا بودن وزن قوت و تهدید، عوامل فرعی آن می‌توانند اثر قابل توجهی بر اولویت‌بندی داشته باشند. اختلاف زیاد عوامل ضعف و فرصت با دیگر عوامل منجر به کاهش اثرهای آن در اولویت‌بندی خواهد شد.

جدول ٤- درجهٔ اهمیت عوامل اصلی SWOT

Table 4- Importance degree of SWOT factors.

عوامل SWOT SWOT factors	درجهٔ اهمیت Importance degree
قوت Strength	0.698
ضعف Weakness	0.263
فرصت Opportunity	0.180
تهدید Threat	0.632

ضریب اهمیت هر یک از زیر عامل‌ها با استفاده از مقایسهٔ دو دویی معیارهای اصلی چهارگانه به دست آمد و اولویت کلی هر زیرعامل‌ها مشخص شد که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است. در بین زیر عامل‌های قوت، بالاترین اولویت جزئی مربوط به کاهش نشر آلاینده‌ها (S1) با مقدار ۰/۴۵۷ و در رتبهٔ دوم فراوانی پسماند کشاورزی (S2) با مقدار ۰/۳۲۰ و افزایش ارزش پسماند آلی (S3) و ایجاد اشتغال (S4) به ترتیب با مقادیر ۰/۱۳۹ و ۰/۰۸۶ قرار دارند. اولویت جزئی زیرعامل‌های ضعف به ترتیب شامل کمبود تجهیزات (W1) با مقدار ۰/۴۹۳، هزینهٔ بالای تولید (W2) با مقدار ۰/۳۳۱، اشتیاق کم سرمایه‌گذاری (W4) با مقدار ۰/۱۴۸ و کمبود دانش فنی (W3) با مقدار ۰/۰۴۸ است. در عامل فرصت، بیشترین اولویت جزئی را تولید انرژی پاک برای مناطق روستایی (O4) با مقدار ۰/۳۲۰ و ارتقای زیر ساخت‌ها (O2) با مقدار ۰/۲۴۹ به خود اختصاص دادند. پس از آن، توسعهٔ مناطق روستایی (O6) و ارتقای تحقیق و توسعه (O1) با مقدار ۰/۱۹۳ و ۰/۱۲۰ قرار گرفتند. توسعهٔ امنیت انرژی (O5) و رشد بازار جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر (O3) به ترتیب با مقدار ۰/۰۸۰ و ۰/۰۳۸ در انتها قرار دارند. برای عامل تهدید، عامل فرعی تهدید امنیت غذایی (T4) و ایجاد معضلات زیست‌محیطی (T3) به ترتیب با مقدار ۰/۴۹۳ و ۰/۳۳۷ دارای بیشترین اولویت جزیی و سطح آگاهی جامعه (T2) و تهدید بازاریابی (T1) با مقدار ۰/۱۲۰ و ۰/۰۵۰ رده‌های بعدی را به دست آوردند.

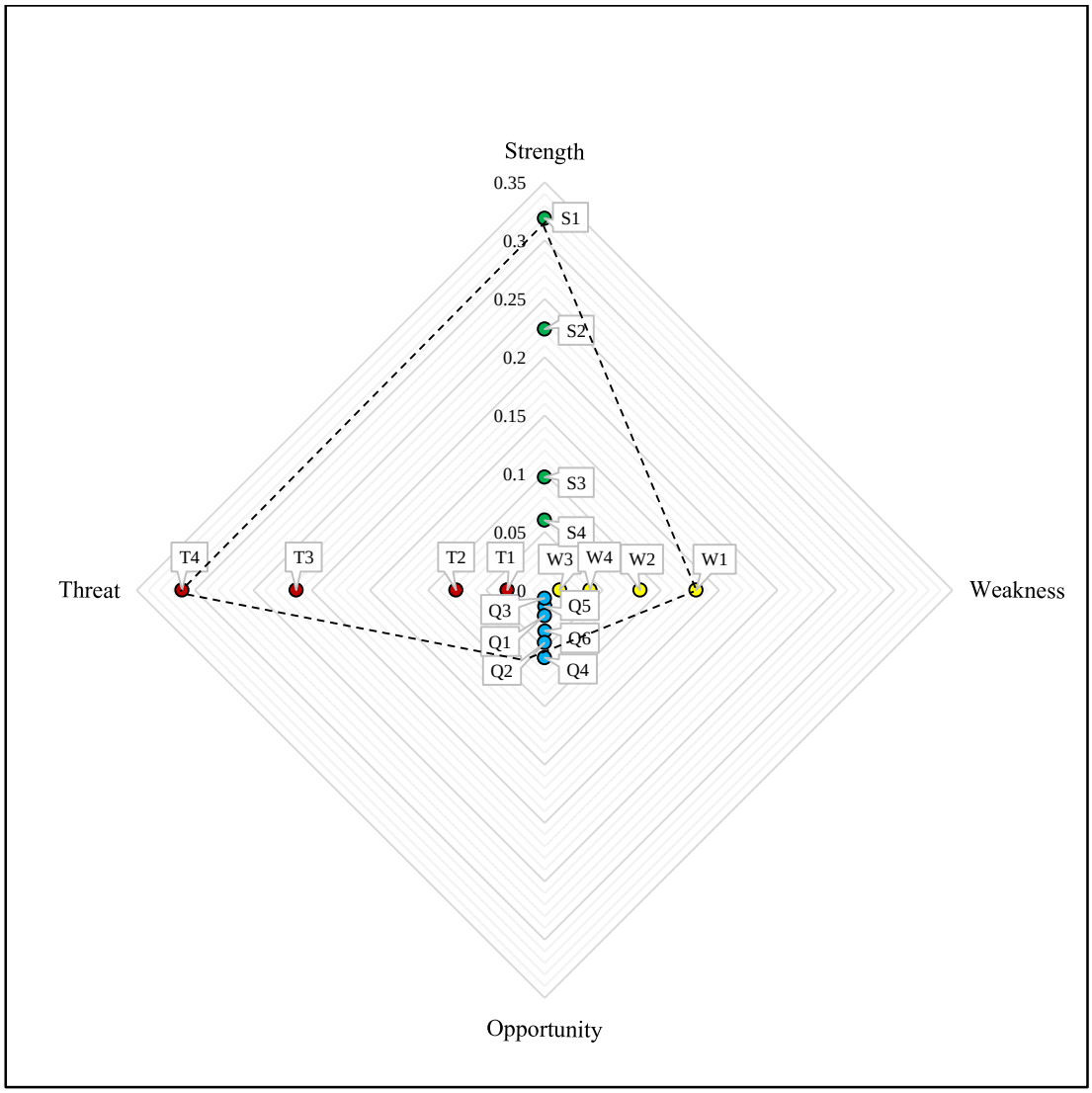
در اولویت‌بندی کلی، بالاترین اولویت مربوط به کاهش نشر آلاینده‌ها (S1) در عامل قوت با مقدار ۰/۳۱۹ و پس از آن تهدید امنیت غذایی (T4) در عامل تهدید با مقدار ۰/۳۱۱ است. رشد بازار جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر (O3) با مقدار ۰/۰۰۷ و توسعه امنیت انرژی (O5) با مقدار ۰/۰۱۴ پایین‌ترین اولویت کلی را داشتند.

جدول ۵- اولویت کلی عوامل فرعی SWOT

Table 5- Overall priority of each SWOT sub-criteria

عامل فرعی Sub criteria				عامل Criteria
اولویت کلی Global priority	اولویت جزئی Local priority	نام Name	اولویت Priority	نام Name
0.319	0.457	S1	0.698	قوت Strength
0.224	0.320	S2		
0.097	0.139	S3		
0.060	0.086	S4		
0.130	0.493	W1	0.263	ضعف Weakness
0.082	0.331	W2		
0.013	0.048	W3		
0.039	0.148	W4		
0.022	0.120	O1	0.180	فرصت Opportunity
0.045	0.249	O2		
`0.007	0.038	O3		
0.058	0.320	O4		
0.014	0.080	O5		
0.035	0.193	O6		
0.032	0.050	T1	0.632	تهدید Threat
0.076	0.120	T2		
0.213	0.337	T3		
0.311	0.493	T4		

شکل ۴، نمایش گرافیکی از درجهٔ اهمیت عوامل اصلی و فرعی را نشان می‌دهد که با استفاده از روش ANP ارزیابی شده‌اند. ارزیابی‌های SWOT این پژوهش نشان می‌دهد که با توجه به عوامل مورد مطالعه و نظرسنجی خبرگان توسعهٔ کاربری پسماند کشاورزی به عنوان منبع انرژی نقطهٔ قوت بالایی دارد و در مقایسه با ضعف‌های آن از قدرت عمل بیشتری برخوردار است. تهدیدهای بیشتری را در مقایسه با فرصت‌های پیش رو شاهد هستیم که می‌توانند مانعی برای تغییر کاربری پسماند کشاورزی باشند. این عوامل اثرهای متفاوتی بر اولویت‌بندی استراتژی‌های پیشنهادی خواهند گذاشت، اما انتظار می‌رود عوامل قوت و تهدید بیشترین اثر را داشته باشند.



شکل ٤- نمایش گرافیکی نتایج SWOT

Fig. 4- Graphical representation of the results of SWOT factors

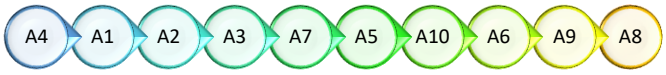
در ادامه ماتریس مقایسات زوجی برای اولویت‌بندی استراتژی‌های پیشنهادی تشکیل شد و از ضرب کردن این ماتریس در ضریب اهمیت هر زیرعامل اولویت هر یک از استراتژی‌ها تعیین گردید. نتایج اولویت‌بندی استراتژی‌های توسعه کاربری پسماند کشاورزی به منظور تولید انرژی با استفاده از روش ANP در جدول ۶ نمایش داده شده است.

جدول ٦- اولویت کلی هر استراتژی

Table 6- Overall priority of each strategy

استراتژی Strategy	اولویت کلی Overall priority	نتایج رتبه‌بندی Ranking results
A1	0.1188	2
A2	0.1095	3
A3	0.0995	4
A4	0.1356	1
A5	0.0747	6
A6	0.0549	8
A7	0.0748	5
A8	0.0353	10
A9	0.0430	9
A10	0.0732	7

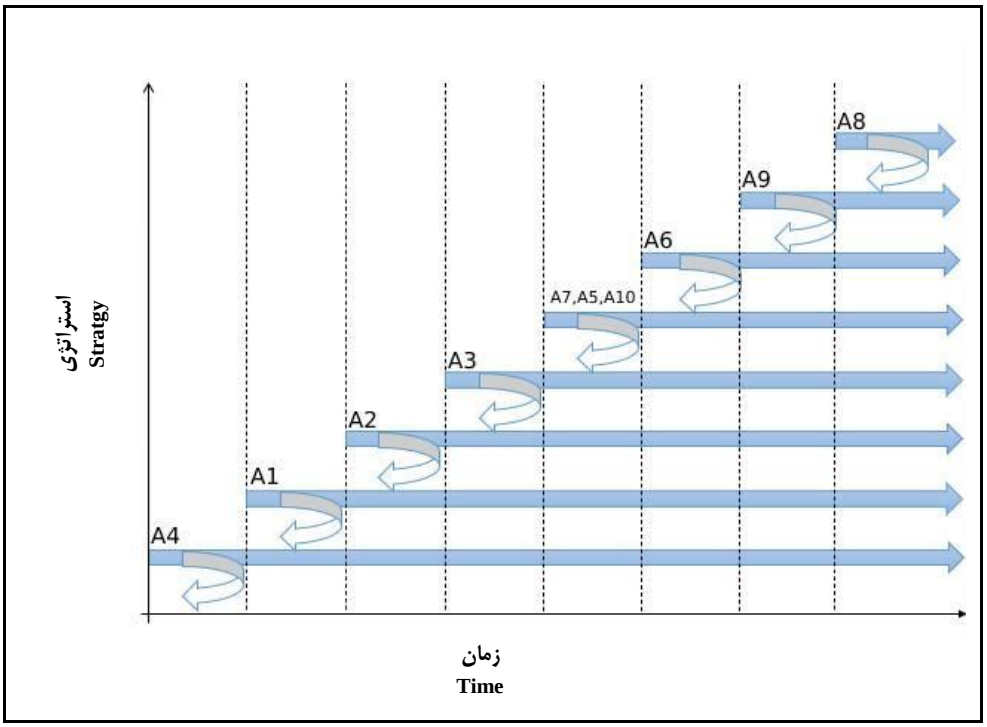
ترتیب استراتژی‌های پیشنهاد شده به صورت دنباله‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود فرهنگ‌سازی انرژی زیستی (A4) با مقدار ۰/۱۳۵ بالاترین اولویت را دارد. پس از آن توسعهٔ برداشت مکانیزهٔ پسماند کشاورزی (A1)، توسعهٔ صادرات انرژی زیستی (A2) و توسعهٔ فناوری‌های جدید و زیرساخت‌های دانشگاهی (A3) به ترتیب با مقادیر ۰/۱۱۸ و ۰/۱۰۹ و ۰/۰۹۹ قرار گرفته‌اند. استانداردسازی (A7) و آموزش نیروی کار ماهر (A5) هر دو با مقدار ۰/۰۷۴ در یک سطح قرار دارند و سیستم مالیات زیست‌محیطی (A10) با اختلاف نزدیک از آن‌ها با مقدار ۰/۰۷۳ در ردهٔ بعدی است. در انتها استراتژی‌های حمایت از خصوصی-سازی واحدهای تولید انرژی زیستی (A6)، خرید تضمینی ضایعات کشاورزی (A9) و یارانهٔ انرژی زیستی (A8) به ترتیب با مقادیر ۰/۰۵۴، ۰/۰۴۳ و ۰/۰۳۵ قرار گرفتند.



شکل ۵- دنباله استراتژی‌ها

Fig. 5- Sequence of strategies

بالا بودن اولویت هر استراتژی، نشانهٔ مقدم بودن اجرای آن به نسبت دیگر استراتژی‌ها است. با این حال، هر استراتژی در چرخهٔ عمر خود به محدودهٔ کاهش اثرگذاری و کارکرد آن می‌رسد و نیازمند اعمال استراتژی‌های جدیدی برای رشد عملکرد خواهد بود. بنابراین، برای دستیابی به مدیریت صحیح توسعه هر طرح، باید برنامه‌ای را برای راهکارهای آینده در نظر بگیریم. بر این اساس، طرح افق زمانی استراتژی‌های مورد نظر در شکل ۶ ارائه شده است.



شکل ٦- تحقق زمانی استراتژی‌های پیشنهادی

Fig. 6- Chronological realization of proposed strategies

بر اساس اولویت‌های حاصل برای استراتژی‌های تعریف شده، در ابتدا استراتژی فرهنگ‌سازی انرژی زیستی (A4) باید در نظر قرار گیرد. این استراتژی به زیرساخت‌های فرهنگی استفاده از پسماند توجه دارد. ایجاد کارگاه‌های آموزشی و ترویجی، استفاده از نیروهای آموزش‌دیده در مدارس به منظور آشنایی دانش‌آموزان، استفاده از بروشورها، چاپ کتاب و برنامه‌های آموزشی در رسانه‌های جمعی می‌تواند راهکارهایی مناسب در این زمینه باشند. توسعهٔ خدمات مکانیزهٔ برداشت و جمع‌آوری و انتقال پسماند (A1) در گام بعدی قرار دارد که توجه آن به تسهیل جمع‌آوری و انبارسازی پسماند کشاورزی با استفاده از ماشین‌ها و ادوات مکانیزه است. باید توجه داشت که در این بخش استفاده از ادوات مکانیزه باید بر مبنای نوع محصولات، توپوگرافی منطقه، اقلیم‌شناسی و بومی‌سازی آن با شرایط منطقه باشد.

استراتژی بعدی، توسعهٔ صادرات انرژی‌زیستی (A2) است. توجه به این نکته مهم است که درآمدزایی یکی از هدف‌های هر طرح برای توسعه و ایجاد علاقه برای رشد و پویایی آن است. بدین‌سان می‌توان با استفاده از تفاهم‌نامه‌های همکاری با کشورهای دیگر و ایجاد فرصت‌های صادرات انرژی زیستی مانند ایجاد سایت‌های انرژی یا شرکت در نمایشگاه‌های بین‌المللی، فرصت‌های صادرات و درآمدزایی بیشتر آن را فراهم کرد. توسعهٔ فناوری‌های جدید و زیرساخت‌های دانشگاهی (A3) و برنامه‌ریزی سیستماتیک روی شاخص‌های مختلف پسماند هر منطقه و بهینه‌سازی تکنولوژی‌های موجود به منظور افزایش راندمان از مسایل مهمی است که باید در اجرای این طرح بدان توجه داشت.

استراتژی‌های استانداردسازی (A7)، آموزش نیروی کار ماهر (A5) و سیستم مالیات

زیست‌محیطی (A10) با توجه به نزدیک بودن وزن آن‌ها، می‌توانند در یک بازهٔ زمانی مشترک لحاظ شوند که شامل همگام بودن مراحل پیش‌تولید و تولید و شرایط محصول نهایی با استانداردهای جهانی و تدوین استانداردهایی با توجه به فراخور منطقه، تربیت نیروهای کارآزموده و متخصص با کمک کشورهای پیشگام و همچنین ایجاد سیستم مالیاتی مشخص به منظور ترغیب مصرف‌کننده به استفاده از انرژی‌هایی با پایهٔ زیستی، به جای سوخت‌های با پایهٔ فسیلی، از راهکارهای اجرایی آن دانست. استراتژی‌های حمایت از طرح‌های خصوصی-سازی واحدهای تولیدی (A6) مانند وام و کمک‌های بلاعوض و خرید و جمع‌آوری تضمینی پسماند کشاورزی از کشاورزان (A9) و حمایت‌های یارانه‌ای دولت از قیمت‌های انرژی‌های زیستی (A8) در پیشبرد این برنامه مفید خواهند بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات این پژوهش، توسعهٔ کاربری پسماند کشاورزی به عنوان منبع انرژی دارای نقطهٔ قوت بالایی است و به طور مستقیم با حفظ سلامت جامعه و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در ارتباط است. تولید انرژی پاک و در دسترس برای روستاها، به خصوص در مناطق دور افتاده با استفاده از پسماندهای کشاورزی محلی را باید به عنوان فرصتی مناسب به منظور توسعهٔ مناطق روستایی در نظر گرفت. از طرفی، باید توجه داشت که اشتیاق کم سرمایه‌گذاری در این مسیر و کمبود تجهیزات اجرایی عاملی جدی در کند شدن روند توسعه هستند. نتیجهٔ اولویت‌بندی استراتژی‌های اصلی مورد توافق برای یک افق زمانی نشان می‌دهد که توسعهٔ زیرساخت‌های فرهنگی کشور در آگاه‌سازی استفادهٔ بهینه از پسماند کشاورزی در مرحلهٔ اول قرار دارد. تسهیل برداشت مکانیزهٔ پسماندهای کشاورزی با عملیات مکانیزه و کاهش مشکلات کشاورزان در این مسیر و توسعهٔ صادرات انرژی زیستی به منظور افزایش درآمد کشاورزان و ترغیب به مدیریت بهینه پسماندهای کشاورزی در مراحل بعدی قرار دارند. حمایت از پژوهش‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و توسعهٔ فناوری‌های مرتبط و انتقال تکنولوژی‌های جدید به کشور از موارد بعدی این اولویت‌بندی هستند.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Anon. (2019). *Bioenergy Explained: Biomass for energy - Agricultural residues & energy crops*. Brussels: Bioenergy Europe.

Alatzas, S., Moustakas, K., Malamis, D., & Vakalis , S. (2019). Biomass potential from agricultural waste for energetic utilization in Greece. *Energies, 12*(6), 1095. https://doi.org/10.3390/en12061095.

Babbie, E. R. (2008). *The basics of social research,* Fourth Ed. Belmont, CA, Wadsworth Thomson Learning.

Bayraktar, M., Pamik, M., Sokukcu, M., & Yuksel, O. (2023). A SWOT-AHP analysis on biodiesel as an alternative future marine fuel. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 25(7):1-16. https://doi.org/10.1007/s10098-023-02501-7.

Catron, J., Stainback, G. A., Dwivedi, P., & Lhotka, J. (2013). Bioenergy development in Kentucky: A SWOT-ANP analysis. *Forest Policy and Economics,* 28**,** 38-43. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.12.003.

Cayir Ervural, B., Zaim, S., Demirel, O. F., Aydin, Z., & Delen, D. (2018). An ANP and fuzzy TOPSIS-based SWOT analysis for Turkey's energy planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 82**,** 1538-1550. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.095.

Clauser, N. M., González, G., Mendieta, C. M., Kruyeniski, J., Area, M. C., & Vallejos, M. E. (2021). Biomass Waste as Sustainable Raw Material for Energy and Fuels. *Sustainability***,** 13(2), 794. https://doi.org/10.3390/su13020794.

Dehhaghi, S., Choobchian, S., Ghobadian, B., & Farhadian, H. (2022). Policy model of renewable energy development in Iran's agriculture sector. *Journal of Renewable Energy and Environment,* 9**,** 93-106. https://doi.org/10.30501/jree.2022.311064.1273.

Gorener, A. (2012). Comparing AHP and ANP: An application of strategic decisions making in a manufacturing company. *International Journal of Business and Social Science, 8, 1525 – 1534*. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1139.

Işik, Z., Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2007). Using Analytic Network Process (ANP) for performance measurement in construction. The construction and building research conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors, Georgia Tech, Atlanta USA.

Jorge-García, D., & Estruch-Guitart, V. (2022). Comparative analysis between AHP and ANP in prioritization of ecosystem services - A case study in a rice field area raised in the Guadalquivir marshes (Spain). *Ecological Informatics,* 70**,** 101739. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101739.

Liu, T. T., Mcconkey, B. G., Ma, Z. Y., Liu, Z. G., Li, X., & Cheng, L. L. (2011). Strengths, weaknessness, opportunities and threats analysis of bioenergy production on marginal land. *Energy Procedia,* 5**,** 2378-2386. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.409.

Najafi, G., Ghobadian, B., Tavakoli, T., & Yusaf, T. (2009). Potential of bioethanol production from agricultural wastes in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 13**,** 1418-1427.

Ordoo, S., Arjmandi, R., Karbassi, A. R., Mohammadi, A., & Ghodosi, J. (2023). A SWOT-AHP analysis of renewable energy development strategies in Iran. *Journal of Energy Management and Technology,* 7**,** 80-85. 10.22109/jemt.2022.335292.1375.

Samadi, S. H., Ghobadian, B., & Nosrati, M. (2020). Prediction and estimation of biomass energy from agricultural residues using air gasification technology in Iran. *Renewable Energy,* 149**,** 1077-1091. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.109.

Sarkar, S., Skalicky, M., Hossain, A., Brestic , M., Saha , S., Garai , S., Ray, K., & Brahmachari, K. (2020). Management of crop residues for improving input use efficiency and agricultural sustainability. *Sustainability*, 12**,** 9808.

Wang, Y., Xu, L., & Solangi, Y. A. (2020). Strategic renewable energy resources selection for Pakistan: Based on SWOT-Fuzzy AHP approach. *Sustainable Cities and Society*, 52**,** 101861. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101861.

Zhu, K., Zhao, S., Yang, S., Liang, C., & Gu, D. (2016). Where is the way for rare earth industry of China: An analysis via ANP- SWOT approach. *ResourcesPolicy*, 49**,** 349-357. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.07.003.

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.24/No.87/Autumn 2023/P:1-16
Journal Home Page: https://amsr.areeo.ac.ir

Research Paper

Prioritizing Agricultural Waste Management-Based Strategies, as a Source of Bioenergy Production, using the Hybrid Model of SWOT-ANP

H. Esmaeili, M. Almassi* and M. Ghahderijani

*Corresponding Author: Professor of Agricultural Systems Engineering Department, Science and Research Unit of Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: morteza.almassi@gmail.com
Received: 20 April 2023, Accepted: 1 August 2023
https://doi.org/10.22092/amsr.2023.362042.1448

Abstract

The increasing trend of agricultural waste, considering population growth and increased agricultural production, has become a serious challenge for many countries. In order to avoid unsustainable changes in the consumption pattern of these resources, it is essential to employ proper planning and suitable strategies to prevent long-term damages. To address this issue, this research has prioritized various strategies for energy production from agricultural waste using SWOT analysis. The Analytic Network Process (ANP) algorithm has been utilized to quantify the weights and effects of the strategic factors, considering their interdependencies. The best strategy selection has formed the four-level network of primary and secondary factors in the SWOT matrix and proposed strategies. The algorithm's results indicate that the strength factor holds the highest weight of 0.698, followed by the threat factor with a weight of 0.632 in the second rank, while the weaknesses and opportunities have weights of 0.263 and 0.180, respectively, in subsequent ranks. Furthermore, the evaluation of weight coefficients for the ten proposed strategies reveals that the strategy of developing the cultural infrastructure for bioenergy has the highest weight of 0.1356, followed by the mechanized harvesting of agricultural waste with a weight of 0.1188 in the second rank, and the development of bioenergy exports with a weight of 0.1095 in the third rank.

Keywords: Agricultural Waste Management, Bioenergy, Biomass, Strategic Planning, Renewable Energy Strategy

© 2023 Agricultural Mehanization and Systems Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)