

**ارزیابی راهکارهای مدیریت انرژی در صنعت فولاد
با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی**

مسعود نامی^۱، اسماعیل زحمتی ایرج^۲

۱. کارشناسی ارشد رشته مکانیک گرایش تبدیل انرژی

Masoudnami30@gmail.com

۲. استاد حق التدریس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیروان و اسفراین

aesmaeilzahmati@gmail.com

چکیده

مصرف انرژی یکی از مهم‌ترین بخش‌های مصارف منابع در جهان محسوب می‌شود. هرچند به دلیل لزوم توسعه، تولید مایحتاج بشر و تامین شرایط مناسب زندگی، استفاده از انرژی اجتناب‌ناپذیر است ولی به دلیل تجدیدناپذیری اغلب انرژی‌های مورد استفاده در کره زمین و ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف آنها، استفاده کمتر از انرژی، مطلوب می‌نماید. در واقع یک دوگانه متناقض نما در ارتباط با انرژی در کره زمین شکل گرفته است. از این جهت در کنار منابع انرژی تجدیدناپذیر موجود در کره زمین، بشر به فکر بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر افتاده و به موازات آن مدیریت مصرف انرژی را نیز در مورد انرژی‌های تجدیدناپذیر، در دستور کار قرار داده است. مدیریت مصرف انرژی، مجموعه راهکارهایی است که می‌تواند در یک مجموعه مصرف‌کننده انرژی، اتخاذ گردد به طوری که مصرف انرژی را در به حداقل ممکن رسانده و در عین حال کیفیت تولید یا خدمات نیز در اثر این راهکارها با مشکل مواجه نگردد. یکی از صنایع کلیدی جهان که تامین‌کننده مواد اولیه بسیاری از بخش‌ها در جامعه است، صنعت فولاد است. صنعت فولاد ضمن این که یکی از تامین‌کنندگان اصلی مصارف بشر در بخش‌هایی مانند ساختمان و صنایع مختلف دیگر است، به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین صنایع از حیث انرژی نیز محسوب می‌شود.



بنابراین یکی از بخش‌های صنعتی که باید به طور ویژه به مدیریت مصرف انرژی در آن اهتمام ورزید، صنعت فولاد است. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره متعددی تاکنون توسط محققین و دانشمندان ارائه شده است که برخی از آن‌ها فرایند تحلیل سلسله مراتبی، فرایند تحلیل شبکه، روش شباهت به گزینه ایده‌آل (تاپسیس)، تکنیک دیمتل و روش ویکور هستند. استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی در روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که بعدتر توسط محققین مختلف ارائه شد، باعث گردید که عدم قطعیت و عدم صراحت موجود در متغیرهای کالمی مورد استفاده توسط کارشناسان نیز در این روشها مدل‌سازی ریاضی شود و بر کیفیت آن‌ها بیفزاید. روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن دهی تدریجی (SWARA) یکی از تکنیک‌های نوین تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط کرسولین (۲۰۱۰) معرفی شد. شکل فازی این روش توسط ماوی و همکاران (۲۰۱۹) معرفی شده است. در این پایان‌نامه، این روش در شکل فازی در ترکیب با روش ویکور فازی برای ارزیابی راهکارهای مدیریت انرژی در صنایع فولاد مستقر در شهرستان اسفراین، به کار گرفته خواهد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت انرژی، صنعت فولاد.

مقدمه

یکی از صنایع کلیدی جهان که تامین کننده مواد اولیه بسیاری از بخش‌ها در جامعه است، صنعت فولاد است. صنعت فولاد ضمن این که یکی از تامین‌کنندگان اصلی مصارف بشر در بخش‌هایی مانند ساختمان و صنایع مختلف دیگر است، به عنوان یکی از پرمصرفترین صنایع از حیث انرژی نیز محسوب می‌شود. بنابراین یکی از بخش‌های صنعتی که باید به طور ویژه به مدیریت مصرف انرژی در آن اهتمام ورزید، صنعت فولاد است. قاعدتا برای مدیریت مصرف انرژی در هر صنعت و یا هر بخشی، راهکارهای مختلفی وجود دارد. تعیین این که راهکارهای موجود برای مدیریت مصرف انرژی، از حیث میزان تاثیر بر مصرف انرژی، نسبت به هم چه وضعیت و اولییتی دارند، کار ساده‌ای به نظر می‌رسد. با این حال همیشه مساله به این سادگی نبوده و علاوه بر تاثیر راهکار مورد نظر بر مصرف انرژی، معیارهای دیگری مانند هزینه اجرای راهکار، وجود تکنولوژی، هزینه بهره‌برداری و... نیز باید در تصمیم‌گیری دخیل باشد. به نظر می‌رسد استفاده از یک ساختار تصمیم‌گیری چندمعیاره، می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد. تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتخاب یک راه حل بهینه منحصر به فرد از بین راه‌حل‌های مشخص شده می‌باشد. تصمیم‌گیری شامل بیان درست اهداف، تعیین راه‌حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکانپذیری آنان، ارزیابی عواقب و نتایج ناشی از اجرای هر یک از راه‌حل‌ها و بالاخره انتخاب و اجرای آن می‌باشد. کیفیت مدیریت اساساً تابع کیفیت تصمیم‌گیری است زیرا کیفیت طرح و برنامه‌ها، اثربخشی و کارآمدی راهبردها و کیفیت نتایجی که از اعمال آن‌ها بدست می‌آید همگی تابع کیفیت تصمیماتی است که مدیر اتخاذ می‌نماید. در اکثر موارد تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری براساس



چندین معیار مورد بررسی قرار گرفته باشد. معیارها ممکن است کمی یا کیفی باشند. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که در دهه‌های اخیر مورد توجه محقق قرار گرفته‌است به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چند معیار سنجش استفاده می‌شود. درواقع تمامی سازمان‌هایی که با فرآیند تصمیم‌گیری مواجه هستند نیازمند این هستند که بحث تصمیم‌گیری اهداف چندگانه با مشخصه‌های چندگانه را به صورت علمی، مکانیزه و سیستماتیک در مجموعه خود داشته باشند.

روش تحقیق

با توجه به این که در این تحقیق از دو روش سوارا و ویکور فازی به صورت تلفیقی برای رتبه‌بندی روش‌های مدیریت انرژی در صنعت فولاد استفاده شده است، در این فصل این دو روش به تفصیل توضیح داده شده‌اند. برای این منظور ابتدا روش سورا و ویکور به عنوان پایه دو روش معرفی شده و پس از مقدماتی درباره منطق و مجموعه‌های فازی، به معرفی روش سوارا و ویکور فازی پرداخته شده است و در پایان ساختار مساله مورد بررسی در این تحقیق و نحوه انجام تحقیق بیان گشته است.

روش ویکور

روش ویکور جهت رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف به کار می‌رود و بیشتر برای حل مسائل گسسته کاربرد دارد. این روش بر مبنای راه‌حل‌های توافقی بر مبنای معیارهای متضاد می‌باشد. در این مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه‌ها بر اساس چند معیار به صورت مستقل ارزیابی می‌شوند و در نهایت گزینه‌ها بر اساس ارزش، رتبه‌بندی می‌گردند. تفاوت اصلی این مدل با مدل‌های تصمیم‌گیری سلسله مراتبی یا شبکه‌ای این است که برخلاف آن مدل‌ها، در این مدل‌ها مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه‌ها صورت نمی‌گیرد و هر گزینه مستقل توسط یک معیار سنجیده و ارزیابی می‌گردد.

تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره فازی

در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره کلاسیک سعی می‌شود که تأثیر عوامل مختلف در تصمیم‌گیری با استفاده از مفاهیم ریاضی محاسبه شود. اما بیان بسیاری از عوامل با منطق ریاضی کلاسیک امکانپذیر نیست. از طرف دیگر همیشه در دنیای واقعی عدم قطعیت وجود داشته و شرایطنا مطمئن، همواره در مراحل مختلف مطالعه و بررسی یک مسئله وجود دارد. بنابراین در بسیاری از موارد، تمام و یا قسمتی از داده‌های یک مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره، فازی هستند. در این صورت اگر مسأله با استفاده از داده‌های قطعی مدل و فرموله شود، جواب درست و دقیقی بدست نخواهد آمد و در نتیجه گزینه ارجح انتخاب نخواهد شد. در چنین تصمیم‌گیری‌های غیردقیقی نمی‌توان به هدف و مقصود مورد نظر دست یافت. لذا در مدل‌های تصمیم‌گیری که داده‌های آن تصادفی یا فازی هستند، باید با وجوی محاسبات و عملیات بیشتر به طور منطقی و دقیق برخورد کرده و عدم قطعیت را در مدل تصمیم‌گیری لحاظ کرد. مدل کردن عدم



قطعیّت در مسائل تصمیم‌گیری به وسیله تئوری مجموعه‌های فازی انجام می‌شود. نارسائی‌ها و محدودیت‌هایی که در روش‌های تصمیم‌گیری‌های چند معیاره کلاسیک وجود دارد باعث شده که تصمیم‌گیری‌های چند معیاره فازی معرفی شوند.

یافته‌ها

همانطور که گفته شد، در این تحقیق در این تحقیق راهکارهای مختلف مدیریت انرژی در صنعت فولاد مورد ارزیابی توسط کارشناسان قرار گرفته‌اند. این راهکارها بر اساس چهار معیار زمان انجام کار، استفاده از تکنولوژی موجود برای انجام راهکار، تاثیر راهکار در میزان کاهش مصرف انرژی و هزینه اجرای راهکار با استفاده تلفیقی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره سوارای فازی و ویکور فازی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در این فصل نتایج حاصل از کاربرد این دو روش آورده شده است. در این باره ابتدا به نتایج سوارای فازی و رتبه‌بندی معیارها با آن پرداخته شده و سپس نتایج روش ویکور فازی در رتبه‌بندی گزینه‌ها آورده شده است.

رتبه‌بندی معیارها با روش سوارا فازی

برای کاربرد روش سوارای فازی در تعیین اولویت نسبی معیارها، از کارشناسان خواسته شد تا ابتدا هر کارشناسی، جداگانه معیارها را از ۱ تا ۴ اولویت‌بندی کند. سپس میانگین هندسی رتبه‌های داده شده توسط کارشناسان محاسبه شد. اولویت‌بندی استفاده شده برای مرحله بعد بر اساس این میانگین‌های هندسی تعیین شد. بر اساس این ترتیب به دست آمده برای اولویت معیارها، در ادامه از کارشناسان طی پرسشنامه دوم خواسته شد که هر معیار را با معیار ماقبل خود مقایسه کنند. یعنی مشخص کنند معیار ۲ را نسبت به ۱، معیار ۳ نسبت به ۲ و معیار ۴ نسبت به ۳، چه میزان بدتر هستند. مقایسه‌ها با استفاده از طیف مندرج در جدول ۴-۱ انجام شد. همان‌طور که دیده می‌شود در این طیف از عبارات کلامی استفاده شده است که مقادیر معادل عددی فازی آن‌ها نیز آورده شده است.

جدول ۴-۱- طیف عبارات کلامی مورد استفاده در نظرسنجی از کارشناسان و معادل عددی آن‌ها

عبارت کلامی	معادل عددی فازی
مثل هم	(۱،۱،۱)
کمی بدتر	(۶۷،۱،۰)
بدتر	(۶۷،۵۰،۴۰،۰)
خیلی بدتر	(۴،۳۳،۰،۲۸،۰،۰)
کاملاً بدتر	(۲۸،۲۵،۰،۲۲،۰،۰)

معیارهای انتخاب شده برای ارزیابی راهکارهای مدیریت انرژی در صنعت فولاد، مطابق با جدول ۲-۴ تعیین و علامت‌گذاری اختصاری گردیدند.

جدول ۲-۴- معیارهای ارزیابی راهکارهای مدیریت انرژی در صنعت فولاد

ردیف	معیار	نماد
۱	زمان انجام کار	C ₁
۲	استفاده از تکنولوژی موجود برای انجام راهکار	C ₂
۳	تاثیر راهکار در میزان کاهش مصرف انرژی	C ₃
۴	هزینه اجرای راهکار	C ₄

همانطور که گفته شد، از کارشناسان خواسته شد که یک اولویت‌بندی ابتدایی انجام دهند و به هر یک از چهار معیار اولویت ۱ تا ۴ بدهند. میانگین هندسی رتبه‌های داده شده، مبنای اولویت‌بندی اولیه قرار گرفت. انتخاب اولیه کارشناسان مورد سؤال در این تحقیق، مطابق جدول ۳-۴ بود. همانطور که در این جدول دیده می‌شود، از نظر کارشناسان، معیارهای تاثیر راهکار در میزان کاهش مصرف انرژی، هزینه اجرای راهکار، زمان انجام کار و استفاده از تکنولوژی موجود برای انجام راهکار، به ترتیب از اولویت‌های ۱ تا ۴ بر خوردار هستند.

جدول ۳-۴- اولویت اولیه تعیین شده توسط کارشناسان برای معیارهای مساله

ردیف	معیار	نماد	میانگین هندسی	رتبه
۱	زمان انجام کار	C ₁	۳۰۱.۳	۳
۲	استفاده از تکنولوژی موجود برای انجام راهکار	C ₂	۶۳۴.۳	۴
۳	تاثیر راهکار در میزان کاهش مصرف انرژی	C ₃	۲۵۹.۱	۱
۴	هزینه اجرای راهکار	C ₄	۵۸۷.۱	۲

در گام بعد از کارشناسان خواسته شد تا اهمیت نسبی هر معیار را نسبت به معیار ماقبل با استفاده از عبارت‌های کلامی مندرج در جدول ۴-۱ مشخص نمایند. پس از تبدیل عبارت‌های کلامی به اعداد فازی، برای هر کارشناس یک ماتریس اهمیت نسبی (S)، تشکیل شد. برای تجمیع نظرات کارشناسان، از میانگین هندسی استفاده شد و بدین ترتیب، ماتریس اهمیت نسبی تجمیع شده مطابق جدول ۴-۴ به دست آمد.



جدول ۴-۴- بردار تجميع شده اهميت نسبي معيارها

معیار	S_j
C3	
C4	(۷۶،۱،۱ .۰)
C1	(۷۶ .۶۳،۰ .۴۷،۰ .۰)
C2	(۸۷ .۷۹،۰ .۶۴،۰ .۰)

در گام بعد طبق روش سوارای فازی، ضریب $\tilde{k}_j$ از مطابق جدول ۴-۵ محاسبه گردید.

جدول ۴-۵- ضریب $\tilde{k}_j$

معیار	$\tilde{k}_j$
C3	(۱،۱،۱)
C4	(۷۶،۲،۲ .۱)
C1	(۷۶ .۶۳،۱ .۴۷،۱ .۱)
C2	(۸۷ .۷۹۳،۱ .۶۴،۱ .۱)

محاسبه وزن فازی $\tilde{q}_j$ گام بعدی در روش سوارای فازی است که مطابق جدول ۴-۶ محاسبه گردید.

جدول ۴-۶- وزن فازی $\tilde{q}_j$

معیار	$\tilde{q}_j$
C3	(۱،۱،۱)
C4	(۵۷ .۵،۰ .۵،۰ .۰)
C1	(۳۸ .۳۱،۰ .۲۸،۰ .۰)
C2	(۲۳ .۱۷،۰ .۱۵،۰ .۰)

مطابق با مراحل روش سوارای فازی، گام بعد محاسبه وزن فازی نسبی معیار ارزیابی $\tilde{w}_j$ است که این گام نیز انجام گردید که نتایج آن در ستون دوم جدول ۴-۷ قابل مشاهده است.

w_j	$\tilde{w}_j$	معیار
۴۹۹ .۰	(۵۱۷ .۵۰۶۰ .۴۵۷۰ .۰)	C3
۲۵۵ .۰	(۲۹۳ .۲۵۳۰ .۲۲۹۰ .۰)	C4
۱۵۸ .۰	(۱۹۹ .۱۵۵۰ .۱۳۰۰ .۰)	C1
۰۸۹ .۰	(۱۲۱ .۰۸۶۰ .۰۶۹۰ .۰)	C2

معیار	وزن
C4	0.255
C3	0.498
C2	0.089
C1	0.158

رتبه‌بندی راهکارها با روش ویکور فازی

در این مرحله، کارشناسان مورد سؤال، به هر یک از راهکارها در ارتباط با هر معیار، با استفاده از عبارات کلامی امتیازی اختصاص دادند. نظرات کارشناسان بر اساس عبارت کلامی مندرج در جدول ۴-۸ اخذ



گردید و با اعداد فازی معادل مندرج در این جدول جایگزین گردید تا رتبه‌بندی راهکارهای مدیریت انرژی در صنعت فولاد با استفاده از روش ویکور فازی انجام شود.

جدول ۴-۸- طیف عبارات کلامی مورد استفاده در نظرسنجی
از کارشناسان و معادل عددی فازی آن‌ها

عبارت کلامی	معادل عددی در ارزیابی گزینه‌ها
بسیار کم‌اهمیت	(۳.۱۰۰.۰۰۰)
کم‌اهمیت	(۵.۳۰۰.۱۰۰.۰)
متوسط	(۷.۵۰۰.۳۰۰.۰)
بااهمیت	(۹.۷۰۰.۵۰۰.۰)
بسیار بااهمیت	(۹.۱۰۷۰۰.۰)

گزینه‌های مدیریت انرژی در صنعت فولاد مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از ۲۶ راهکار مختلف است که در جدول ۴-۹ خلاصه گردیده‌اند.

جدول ۴-۹- گزینه‌های مدیریت انرژی در صنعت فولاد

ردیف	گزینه	نماد
۱	کاهش مصرف غیرضروری آب در قوس الکتریکی	A1
۲	کنترل دمای کوره پیشگرم	A2
۳	خنک‌سازی هوا در ورودی	A3
۴	پایین آوردن درجه حرارت تختال خروجی کوره پیشگرم	A4
۵	پایین آوردن دمای تخلیه	A5
۶	پایین آوردن تعداد توقفات برای پایین آوردن دمای ذوب	A6
۷	استفاده از کمپرسورها با بازدهی بالای سیستم پمپاژ و آبرسانی	A7
۸	انتخاب صحیح کمپرسور با توجه به سیستم	A8
۹	پیشگرم کردن قراضه در کوره‌های قوس الکتریکی	A9
۱۰	ایجاد سرباره پفکی در کوره قوش الکتریکی	A10
۱۱	حذف سیرکولاسیون بیهوده در سیستم‌های پمپاژ	A11
۱۲	کاهش هوای اضافی در کوره پیشگرم	A12
۱۳	تفکیک قراضه و فشرده کردن آن به منظور کاهش زمان ذوب	A13

A14	انجام تعمیر و نگهداری پیشگیرانه به موقع و منظم کوره‌ها و سیستم ابزار دقیق آن	۱۴
A15	استفاده از راه‌انداز نرم در سیستم پمپاژ و آبرسانی	۱۵
A16	کنترل دقیق فرایند ذوب با استفاده از نصب سیستم نسبت پارامترهای فرایند ذوب	۱۶
A17	بازیافت حرارت از بخش جا به جایی	۱۷
A18	کنترل فشار کوره و جلوگیری از نفوذ هوای سرد به داخل کوره پیشگرم	۱۸
A19	بازیافت حرارت در سیستم هوای فشرده	۱۹
A20	کاهش افت حرارتی از کوره پیشگرم	۲۰
A21	بررسی مداوم تغییرات مصرف انرژی الکتریکی با هدف تنظیم متغیرهای فرایند	۲۱
A22	استفاده از درایور متغیر	۲۲
A23	تعمیر دو نگهداری سیستم هوای فشرده	۲۳
A24	استفاده از مشعل‌های بازیاب برای حرارت کوره و کاهش دمای خروجی از دودکش	۲۴
A25	تزریق اکسیژن کافی	۲۵
A26	کاهش فشار تولیدی در سیستم هوای فشرده	۲۶

در اولین گام، ماتریس تصمیم روش تاپسیس فازی، با تجمع نظرات کارشناسان تشکیل شد. به این ترتیب که عبارات کلامی به معادل عددی آن تبدیل شده و میانگین حسابی اعداد فازی مربوط به هر گزینه در ارتباط با هر معیار محاسبه شد. نتایج حاصل از این کار در جدول ۴-۱۰ آورده شده است. در محاسبه میانگین، مینیمم اعداد کران پایین اعداد فازی، کران پایین عدد فازی میانگین، ماکزیمم اعداد کران بالای اعداد فازی، کران بالای عدد فازی میانگین و میانگین اعداد میانی اعداد فازی، عدد میانی عدد فازی میانگین را تشکیل می‌دهند.

نتیجه‌گیری

از نتایج و یافته‌های تحقیق میتوان موارد زیر را نتیجه‌گیری کرد:

۱. روش‌های مختلفی برای مدیریت انرژی در صنعت فولاد قابل احصا هستند که در این تحقیق بر اساس ادبیات موضوع و نظرات کارشناسان، ۲۶ راهکار شناسایی و مورد ارزیابی قرار گرفتند.
۲. راهکارهای مدیریت انرژی در صنعت فولاد را با معیارهای مختلفی میتوان سنجید که در این تحقیق از چهار معیار زمان انجام کار، استفاده از تکنولوژی موجود برای انجام راهکار، تاثیر راهکار در میزان کاهش مصرف انرژی و هزینه اجرای راهکار، بر اساس ادبیات موضوع و نظرات کارشناسان، برای ارزیابی استفاده گردید.
۳. طبق روش سوارای فازی، در بین معیارهای ارزیابی راهکارهای مدیریت انرژی در صنعت فولاد، رتبه اول از آن تاثیر راهکار در میزان کاهش مصرف انرژی، رتبه دوم از آن هزینه اجرای راهکار، رتبه سوم از آن زمان انجام کار و رتبه چهارم از آن استفاده از تکنولوژی موجود برای انجام راهکار است.



۴. طبق روش ویکور فازی، در لیست S رتبه اول از بین راهکارهای مدیریت انرژی در صنعت فولاد به راهکار بررسی مداوم تغییرات مصرف انرژی الکتریکی با هدف تنظیم متغیرهای فرایند، در لیست R به راهکار کاهش هوای اضافی در کوره پیشگرم و در لیست Q به طور مشترک به دو راهکار بررسی مداوم تغییرات مصرف انرژی الکتریکی با هدف تنظیم متغیرهای فرایند و کاهش هوای اضافی در کوره پیشگرم اختصاص دارد.

۵. با توجه به برقراری شرایط دوگانه روش ویکور فازی، مالک رتبه بندی راهکارهای مدیریت انرژی در صنعت فولاد، لیست Q در نظر گرفته شد. بر این اساس دو راهکار بررسی مداوم تغییرات مصرف انرژی الکتریکی با هدف تنظیم متغیرهای فرایند و کاهش هوای اضافی در کوره پیشگرم حائز رتبه اول، راهکار بازیافت حرارت از بخش جا به جایی، حائز رتبه دوم و راهکار پایین آوردن درجه حرارت تختال خروجی کوره پیشگرم، حائز رتبه سوم گشته‌اند.

فهرست منابع و مآخذ

- ___ van de Kaa, G. , Kamp, L. , & Rezaei, J. (2017). Selection of biomass thermochemical conversion technology in the Netherlands: A best worst method approach. *Journal of Cleaner Production*, 166, 32-39.
- ___ Bhowmik, C. , Baruah, A. , Bhowmik, S. , & Ray, A. (2018, June). Green energy sources selection for sustainable energy planning using multicriteria decision-making approach. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 377, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.
- ___ Elleuch, M. A. , Mallek, M. , & Frikha, A. (2021, December). Energy sources selection for sustainable energy planning using fuzzy multicriteria group decision-making approach: Tunisia Case Study. In *2021 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)* (pp. 613-617). IEEE.
- ___ Grandhi, S. , & Wibowo, S. (2017, July). Application of fuzzy MCDM approach for evaluating and selecting solar energy suppliers. In *2017 13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD)* (pp. 1396-1401). IEEE.
- ___ Gupta, P. , Anand, S. , & Gupta, H. (2017). Developing a roadmap to overcome barriers to energy efficiency in buildings using best worst method. *Sustainable Cities and Society*, 31, 244-259.
- ___ Mardani, A. , Zavadskas, E. K. , Streimikiene, D. , Jusoh, A. , Nor, K. M. , & Khoshnoudi, M. (2016). Using fuzzy multiple criteria decision making approaches for evaluating energy saving technologies and solutions in five star hotels: A new hierarchical framework. *Energy*, 117, 131-148.
- ___ Lee, H. C. , & Chang, C. T. (2018). Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 883-896.
- ___ Alizadeh, R. , Soltanisehat, L. , Lund, P. D. , & Zamanisabzi, H. (2020). Improving renewable energy policy planning and decision-making through a hybrid MCDM method. *Energy Policy*, 137, 111174.
- ___ Seker, S. , & Aydin, N. (2022). Assessment of hydrogen production methods via integrated MCDM approach under uncertainty. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (5) , 3171-3184 .