

ارزیابی روشهای تولید مس براساس معیارهای تولید سبز (مطالعه موردی: شرکت ملی صنایع مس ایران)

ندا قزلباش

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان

ghezlbash.neda@gmail.com

محمدعلی فرقانی

استادیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان

forghani@mail.uk.ac.ir

مهدی کاظمی

استادیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان

mehdykazemi@gmail.com

چکیده

جهان امروز با مسائلی زیست محیطی مواجه است که به طور بالقوه میتواند منجر به انقراض نوع بشر شود. بنابراین حفظ محیط زیست و استراتژیهای مربوط به آن در اولویت برنامه ها، به عنوان یک نوآوری مهم سازمانی قرار گرفته است. به همین علت، جهت ایجاد نگرش زیست محیطی در بین صاحبان صنایع و ایجاد فرهنگ سازنده در صنایع در بکارگیری اصول حفظ محیط زیست این تحقیق در مجتمع مس سرچشمه انجام پذیرفته است. صنایع مس بر پایه استخراج از معدن استوار بوده و فرایند تولید مس به دو روش عمده پیرومتالوژی و هیدرومتالوژی از ابتدا تا انتها با مسائل آلودگی محیط زیست همراه میباشد. هدف این تحقیق ارائه چارچوبی به منظور سنجش و مقایسه میزان سبز بودن هر یک از روشهای تولید مس و ارائه راهکاری برای ارتقای سبز بودن این صنایع می باشد. در این تحقیق روشهای مختلف تولید مس از منظر تولید سبز مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این روش هر یک از معیارهای تولید سبز برای هر یک از روشهای تولید مس وزن دهی شده و سپس با استفاده از روشهای تصمیم گیری چند معیاره اولویت بندی آن ها انجام پذیرفته است. در نتیجه این پژوهش مشخص گردیده است معیارهای زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی، معیارهای مناسب در ارزیابی تولید مس از منظر تولید سبز بوده و ترتیب اهمیت این معیارها به ترتیب شامل معیارهای زیست محیطی، اقتصادی و در انتها اجتماعی می باشد. همچنین رتبه بندی روشهای تولید مس بر اساس معیارهای تولید سبز به ترتیب، روش هیدرومتالوژی و بعد از آن روش پیرومتالوژی می باشد.

واژگان کلیدی: روشهای تولید مس، تولید سبز، تصمیم گیری چند معیاره

مقدمه

فلز مس به علت استفاده فراوان در صنعت به فلزی استراتژیک تبدیل شده است. مس در طبیعت به دو صورت عمده یعنی کانی‌های سولفیدی و اکسیدی و گاهی به صورت آزاد یافت می‌شود. در کشور ما ذخایر زیادی از مس وجود دارد. یکی از این ذخایر که شهرت جهانی دارد و جزو بزرگترین کانسارهای مس دنیا به حساب می‌آید، کانسار مس سرچشمه است و در استان کرمان واقع شده است. صنایع مس بر پایه استخراج از معدن استوار می‌باشد. در فرآیند استخراج معدن و برداشت سنگ‌های باطله و معدنی با روشهای مختلف مقادیر زیاد ذرات ریز جامد در محیط زیست رها می‌شود. در طی عملیات فلوتاسیون مواد زائد، کف کننده‌ها، فعال کننده‌ها و اجزای باطله محتوی سنگ معدن وجود دارد و در طی انجام عملیات ذوب کانه‌های سولفیدی مس، گرد و غبار و گاز دی اکسید سولفور تولید می‌شود. بنابراین فرایند تولید مس از ابتدا تا انتها با مسائل آلودگی محیط زیست همراه می‌باشد (فریدمهر و همکاران، ۱۳۸۸).

امروزه مدیریت محیطی با تأکید بر حفاظت از محیط زیست به یکی از مهم‌ترین مسائل مشتریان، سهام داران، دولت‌ها، کارکنان و رقبا تبدیل شده و فشارهای جهانی، سازمان‌ها را ملزم به تولید محصولات و خدمات سازگار با محیط زیست کرده است. این چالش منجر به ایجاد مفهوم جدیدی به نام تولید سبز در حوزه کسب و کار شده است. این رویکرد مورد توجه گسترده صنایع، دولت‌ها و نهادهای مرتبط با محیط زیست قرار گرفته است. هدف این تحقیق ارائه چارچوبی به منظور سنجش و مقایسه میزان سبز بودن هر یک از روش‌های تولید مس و ارائه راهکاری برای ارتقای سبز بودن این صنایع می‌باشد (زنجیرچی و همکاران، ۱۳۹۲). تولید سبز، به صورت فرآیندهای تولیدی که از ورودی‌هایی با تأثیرات محیطی نسبتاً کم استفاده می‌کنند و دارای کارایی بالا و همچنین ضایعات، یا آلودگی کمتری هستند، تعریف می‌شود. تولید سبز، تولید با استفاده از فناوری‌هایی است که آلودگی را محدود و یا حذف می‌کنند و یا اثرات محیطی سودمندی دارند (زنجیرچی و همکاران، ۱۳۹۲).

معیار اقتصادی، معیار زیست محیطی و معیار اجتماعی، معیارهای اصلی تولید سبز می‌باشند، در این تحقیق روش‌های مختلف تولید مس از منظر تولید سبز مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. در این روش هر یک از معیارهای تولید سبز برای هر یک از روش‌های تولید مس وزن‌دهی شده و سپس با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره اولویت بندی آن‌ها انجام گرفته است.

مطالعات انجام شده توسط محققین داخلی:

توحیدی و همکاران در سال ۱۳۸۷، انتخاب مناسب‌ترین فناوری آهن سازی بر اساس الگوهای تصمیم‌گیری‌های چند معیاره و منطق شلال را مورد پژوهش قراردادند (توحیدی و همکاران، ۱۳۸۷). در این پژوهش مناسب‌ترین فناوری آهن سازی بر اساس الگوهای تصمیم‌گیری چند معیاره و منطق شلال، برای ایران انتخاب و نتایج حاصل از این دو الگو با یکدیگر مقایسه شده‌اند و نتیجه‌گیری شد که بر اساس هر دو الگو، فناوری میدرکس تحت شرایط ذکر شده بر سایر روش‌ها ارجحیت دارد. اخباری و همکاران در سال ۱۳۹۱، کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در صنعت خودرو را مورد پژوهش قراردادند (اخباری و همکاران، ۱۳۹۱). اسلامی پور در سال ۱۳۹۱، بررسی موانع انتقال تکنولوژی در صنعت ساخت مخزن گاز طبیعی خودرو و اولویت بندی موانع از طریق تصمیم‌گیری چند معیاره و ارائه راهکارهایی برای حذف این موانع (مطالعه موردی شرکت پارس ام سی اس) را مورد پژوهش قرار داد. با توجه به نتایج این تحقیق مشخص گردید حوزه انسان افزار و بعد از آن حوزه‌های سازمان افزار، تکنیک افزار و اطلاعات افزار در انتقال تکنولوژی ساخت مخازن گاز طبیعی حائز اهمیت می‌باشند و چهار متغیر مداخله‌گر تحریم، دولت، هزینه و زمان موجب تشدید یا کاهش اثرات موانع هر حوزه می‌شود (اسلامی پور، ۱۳۹۱). احتشام زاده در سال ۱۳۹۱، رتبه بندی خوشه‌های صنعتی بر مبنای شاخص‌های توسعه با به کارگیری روش‌های تخمین غیرقطعی تصمیم‌گیری چند معیاره را مورد پژوهش قرارداد. در این پژوهش با استفاده از رتبه‌بندی خوشه‌های صنعتی بر مبنای شاخص‌های توسعه خوشه، ضمن سنجش میزان توسعه‌یافتگی خوشه‌های موردنظر، تصویری از وضعیت کلی عملکردی خوشه‌ها از منظر توسعه، در مقایسه با یکدیگر به دست آورده شد (احتشام زاده، ۱۳۹۱). حجازی در سال ۱۳۹۱، اولویت بندی استراتژی‌های اکتساب تکنولوژی در

صنعت پتروشیمی ایران با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره را مورد پژوهش قرار داد. اگر سازمان ها می خواهند از تغییرات تکنولوژیکی عقب نمانند، می باید قادر باشند تا تکنولوژی های مورد نیاز خود را کسب و از تکنولوژی های خود بهره برداری کنند. در تنظیم استراتژی تکنولوژی یکی از بحرانی ترین مراحل این است که چگونه تکنولوژی مورد نیاز را کسب کنیم. اکتساب تکنولوژی این مورد را در نظر می گیرد که آیا تکنولوژی را از طریق توسعه داخلی، همکاری با دیگر شرکت ها و موسسات و یا خرید تکنولوژی بدست آوریم (حجازی، ۱۳۹۱). عظیمی و همکاران در سال ۱۳۹۲، بررسی و اولویت بندی روش های تولید مناسب در صنایع شیر پگاه با استفاده از ای ان پی فازی را مورد پژوهش قرار دادند. در این پژوهش به شناسایی راهبردهای زنجیره تامین در سطح وظیفه ای و اولویت بندی آنها بر اساس نوع و ویژگی های محصول با رویکرد تحلیل شبکه ای فازی، پرداخته شد. در نتیجه این پژوهش روش تولید مناسب شش ماهه اول تولید بهنگام و در شش ماهه دوم تولید انعطاف پذیر بدست آمد (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۲). جهانبین و همکاران در سال ۱۳۹۲، ارزیابی و مدیریت جنبه های زیست محیطی فولاد اکسین خوزستان و زیست پالایی از موثرترین مولفه های بهبود را مورد پژوهش قرار دادند. این مطالعه با هدف مدیریت و کمینه سازی مخاطرات زیست محیطی در شرکت فولاد اکسین خوزستان صورت گرفته است. نتایج این مطالعه موید آن است که با بهره گیری از فرایندهای سبز بتوان از بار مخاطرات زیست محیطی تا حد قابل توجهی کاسته شود (جهان بین و همکاران، ۱۳۹۲). ایرانزاده و همکاران در سال ۱۳۹۲، ضرورت اجرای رویکردهای تولید پاک در بخش های مختلف صنعتی در ایران و اولویت بندی از طریق تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره را مورد پژوهش قرار دادند. در انتها به دلیل بالا بردن دقت در نتایج تحقیق، سه روش متفاوت در اولویت بندی به کار گرفته می شود و برآیند آن ها به عنوان نتیجه نهایی ارائه می گردد (ایرانزاده و همکاران، ۱۳۹۲). زنجیرچی و همکاران در سال ۱۳۹۲، ارائه چارچوب ارزیابی سبز بودن صنایع تولیدی بر اساس عملکرد محیطی و رویکرد فازی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که صنایع کاشی، نساجی و فولاد به ترتیب رتبه اول تا سوم را از نظر سبز بودن بدست آوردند (زنجیرچی و همکاران، ۱۳۹۲).

مطالعات انجام شده توسط محققین خارجی:

انجوکومار و همکاران در سال ۲۰۱۴، تجزیه و تحلیل مقایسه ای از روش تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب مواد لوله در صنعت قند را مورد مطالعه قرار دادند. هدف از این پژوهش، توصیف استفاده از روشهای تصمیم گیری چند معیاره برای حل مشکل انتخاب مواد لوله ها در صنعت قند می باشد. رتبه بندی عملکرد روش های مختلف تصمیم گیری نیز با یکدیگر و بررسی اثربخشی و انعطاف پذیری از روش ویکور مقایسه شده است (Anojkumar et all, 2014). لیگین و همکاران در سال ۲۰۱۵، استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره در تولید سبز و بهبود تولید را مورد مطالعه قرار دادند. برای پرداختن به مسائل جدید و موثر، تکنیک های چند معیار تصمیم گیری به منظور ارزیابی شاخص های اقتصادی و زیست محیطی استفاده می شود. در این مقاله بیش از ۱۹۰ مطالعه در تولید منطبق بر محیط زیست سالم و بازیابی کالا با سه طبقه بندی عمده مورد بررسی قرار گرفته اند (Ilgin et all, 2015). میتال در سال ۲۰۱۴، اولویت بندی موانع تولید سبز، زیست محیطی، اجتماعی و چشم اندازهای اقتصادی را مورد مطالعه قرار داد. این پژوهش نشان داد که عدم آگاهی / اطلاعات، ریسک تکنولوژی و قوانین ضعیف سه مانع مهم تولید سبز هستند. انتظار می رود اولویت بندی موانع از دیدگاه های مختلف برای کمک به تصمیم / سیاست گذاران در دولت و صنعت برای بکارگیری شیوه ای موثر در کاهش این موانع استفاده گردد (Mital and Sangwan, 2014). ماسومیک و همکاران در سال ۲۰۱۵، تجزیه و تحلیل اهمیت عملکرد استراتژی سبز مصوب شده در صنایع تولیدی مالزی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان می دهد که رابطه معنی داری بین استراتژی های سبز، عملکرد زیست محیطی و مزایای رقابتی وجود دارد. همچنین نتایج حاکی از آن است که یک استراتژی تولید پاک از اهمیت قابل توجهی از لحاظ مزایای رقابتی، و در عین حال کمترین توجه را از تولید کنندگان دریافت کرده است (Masoumik et all, 2014). یوانویچ و همکاران در سال ۲۰۱۵، اولویت بندی بخش های تولیدی در صربستان برای بهبود مدیریت انرژی به روش ای اچ پی را مورد پژوهش قرار دادند. با استفاده از روش ای اچ پی و تهیه پرسشنامه، وزن معیارها انتخاب شدند. این پرسشنامه توسط کارشناسان اتاق بازرگانی و

صنایع صربستان تکمیل شد، با این کار فرصتی برای ارزیابی بخش های تولیدی صربستان بر اساس داده های واقعی زندگی فراهم شد. نتایج حاصل از روش ای اچ پی، که به عنوان ابزار اولویت بندی استفاده می شد، و تجزیه و تحلیل آنها در این پژوهش ارائه شده است. به عنوان بخشی از یک مطالعه گسترده تر، با هدف بهبود مدیریت انرژی در صربستان، در سه بخش تولید با بالاترین اولویت ("تولید مواد غذایی"، "تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیمه تریلر"، "ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی") در تحقیقات آینده در جریان روند انرژی، پیاده سازی سیستم مدیریت انرژی و دیگر مسائل مربوط به تجزیه و تحلیل پرداخته شد (Jovanovic et all, 2014).

چارچوب مفهومی

روشهای تولید مس:

فرایند تولید مس از ابتدا تا انتها با مسائلی آلودگی محیط زیست همراه می باشد. این آلودگی به طور مشهود باعث ایجاد تغییرات محسوس در اکوسیستم منطقه سرچشمه و محیط زیست اطراف آن به خصوص محیط زیست منطقه خاتون آباد شده است. حفظ محیط زیست و استراتژی های مربوط به آن بایستی در اولویت برنامه های یک واحد تولیدی، به عنوان یک نوآوری قرار گیرد. اینگونه سازمانها از یک طرف باید به سوددهی و مزیت رقابتی، از طرف دیگر به از بین بردن یا به حداقل رساندن ضایعات (انرژی، تولید گازهای گلخانه ای، شیمیایی/خطرناک، مواد زائد جامد) توجه نمایند.

روش های تولید مس از سنگ معدن در صنعت، شامل دو روش عمده پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی می باشد. روش پیرومتالورژی شامل مراحل استخراج کانسنگ، پرعیار کردن، ذوب و ریخته گری آند و در نهایت پالایش الکترولیزی و دستیابی به مس خالص می باشد. روش هیدرومتالورژی شامل مراحل استخراج کانسنگ، خردایش/آگلومراسیون، انحلال و پالایش است. روش مورد استفاده جهت استخراج مس به طبیعت و ترکیبات مس موجود در سنگ معدن بستگی دارد. به طور کلی سه روش اصلی برای استخراج مس وجود دارد:

- ۱- ذوب مستقیم یا روش احیاء
- ۲- تغلیظ کردن یا روش تهیه مات
- ۳- شستشوی اسیدی یا روش هیدرومتالورژی

روش ذوب مستقیم:

این روش برای استخراج مس از سنگ های اکسیدی پرعیار بکار می رود (درصد مس در کلوخه ها بایستی از بیشتر ۹۰٪ باشد). این روش قدیمی بوده و امروزه به علت کمیاب شدن سنگ اکسیدی پرعیار، از صنعت خارج شده است. اساس این روش حذف کامل گوگرد از سنگ معدن و احیاء بعدی آن توسط عوامل احیاء کننده مانند کربن ویا گاز منوکسید کربن قرار دارد. این روش به دلایل تلفات زیاد مس در سرباره و مصرف سوخت و انرژی بالا، غیر اقتصادی می باشد.

روش تغلیظ کردن (تهیه مات):

این روش برای ترکیبات گوگردی مس یا مس طبیعی با عیار کم بکار گرفته می شود. ابتدا سنگ های معدنی گوگرددار در کوره های ذوب به مات مس که مجموعه ای از سولفورهای مس و آهن است، تبدیل شده و سپس توسط یک کنورتر، مس خام از آن بدست می آید که بعداً مورد توجه قرار می گیرد. این روش دارای مزایای زیر می باشد:

- وجود عناصر گرمازا در مات، که کنورتر را بی نیاز از سوخت های خارجی می کند.
- درجه خلوص مس خام (نسبت به روش احیاء)
- عدم احتیاج به تشویه و یا در صورت لزوم یک تشویه جزئی

روش شستشوی اسیدی (لیچینگ):
این روش در مورد سنگ های اکسیدی و به خصوص کربنات ها به کار می رود. سنگ های مورد مصرف در این روش می تواند کم عیار باشد، همچنین ممکن است که سنگ های گوگردی را نیز مورد عمل تشویه قرار داده و سپس در یک حلال حل کرده و مس آن را به روش های مختلف جدا کرد.

لیچینگ عبارتست از تجزیه کانی با روش موجود در سنگ معدن یا کنسانتره که عموماً توسط یک حلال انجام می شود. گاهی اوقات عملیات به صورت تجزیه مواد ثانوی موجود در مواد قراضه، پس مانده و باطله نیز گسترش می یابد. به طوری که لیچینگ برای کلوخه های سنگ یا مواد معدنی با ارزش که مقدار آن در پس مانده های سنگ معدنی موجود هستند به کار می رود.

در روش هیدرومتالورژی، کانسنگ های معدنی پس از استخراج از معدن تحت عملیات خردایش و آگلومراسیون قرار گرفته و با انجام عملیات انحلال (لیچینگ) بر روی آن، محلول حاوی عنصر معدنی حاصل می شود. در ادامه فلز مس از این محلول به کمک فرآیند های پالایش (جدایش با حلال یا تبادل یونی و الکترووینینگ) استحصال می گردد.

تولید سبز:

امروزه مدیریت محیطی با تأکید بر حفاظت از محیط زیست به یکی از مهم ترین مسائل مشتریان، سهام داران، دولت‌ها، کارکنان و رقبا تبدیل شده و فشارهای جهانی، سازمان ها را ملزم به تولید محصولات و خدمات سازگار با محیط زیست کرده است. این چالش منجر به ایجاد مفهوم جدیدی به نام تولید سبز در حوزه کسب و کار شده است. این رویکرد مورد توجه گسترده صنایع، دولت ها و نهادهای مرتبط با محیط زیست قرار گرفته است. هدف این تحقیق ارائه چارچوبی به منظور سنجش و مقایسه میزان سبز بودن هر یک از روشهای تولید مس و ارائه راهکاری برای ارتقای سبز بودن این صنایع می باشد. (زنجیرچی و همکاران، ۱۳۹۲).

تولید سبز، به صورت فرآیندهای تولیدی که از ورودی هایی با تأثیرات محیطی نسبتاً کم استفاده می کنند و دارای کارایی بالا و همچنین ضایعات، یا آلودگی کمتری هستند، تعریف می شود. تولید سبز، تولید با استفاده از فناوریهای است که آلودگی را محدود و یا حذف می کنند و یا اثرات محیطی سودمندی دارند. (زنجیرچی و همکاران، ۱۳۹۲).

بر اساس مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته است مولفه های تولید سبز به شرح موارد ذیل مطرح شده اند:

تعهد و حمایت مدیران ارشد و میانی نسبت به رعایت قانون ها مرتبط با محیط زیست

دارا بودن مدیریت محیطی کیفیت جامع

داشتن گواهینامه های محیط زیست

استفاده از مواد دارای مضرات کمتر برای محیط زیست

استفاده از فناوری، تجهیزات و ماشین آلات دارای آلودگی کمتر برای محیط زیست

کنترل میزان تولید گازهای خطرناکی چون آمونیاک و دی اکسید کربن

استفاده از شیوه مناسب برای دفع فاضلاب

داشتن موقعیت محیطی مناسب نسبت به سایر تولید کنندگان

کم بودن میزان فراوانی وقوع حوادث محیطی

کاهش آلودگی سر و صدا

برنامه های آموزشی محیط زیست برای کارکنان و مدیران

برنامه ریزی تولید و کنترل برای کاهش ضایعات و بهینه سازی بهره برداری از مواد

برای رسیدن به فن آوری های فرآیند سبز و پایدار و سیستم های صنعتی، استراتژی های نوآورانه مورد نیاز می باشد. فن آوری های "سبز" اغلب به آن دست از فن آوریها اطلاق می گردد که قادر به تعریف الزاماتی جهت طراحی محصول می باشند

که هدف آنها به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی می باشد. به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی ضروری است اما برای رسیدن به یک استراتژی پایدار کافی نمی باشد.

در این پژوهش، "پایداری" به عنوان توانایی یک نهاد در حفظ خود در نیل به سوی آینده بدون تحت تأثیر قراردادن ظرفیت نهادهای دیگر در سیستم تعریف شده است. در این تعریف سه معیار اصلی به عنوان معیارهای تولید سبز در نظر گرفته می شوند:

- ۱- معیار مالی
- ۲- معیار محیطی
- ۳- معیار اجتماعی

اقتصاد و مسائل مالی، به طور سنتی به عنوان اولین معیاری مطرح می شود که تمرکز کمیته های پژوهش تولید را به خود اختصاص داده است. پژوهشگران دریافته اند که دغدغه های اجتماعی با افزایش سود افزایش می یابند؛ با این حال معیارهای اجتماعی اضافی که بایستی در نظر گرفته شود عبارتند از: فقر، برابری جنسیتی، تغذیه، مرگ و میر کودکان، مراعات اصول بهداشتی، سلامت، آموزش، مسکن، جرم و جنایت، و اشتغال. شاخصهایی که یک ارزش گسترده برای "رفاه" و یا "سازگاری با محیط زیست" را میسر می سازند نیز توسعه داده شده است. در حالی که این معیارهای اجتماعی برای اخذ تصمیم گیری های گسترده با ارزش هستند، ممکن است اجازه ایجاد بینشی جامع در تصمیم گیری های شرکت های تولیدی را ندهند. معیارهای مالی در تصمیمات سرمایه گذاری و افزایش سودآوری در طول زمان متمرکز شده است. برخی از معیارهای مالی در تولید سبز برای تولید کنندگان به شرح ذیل می باشد:

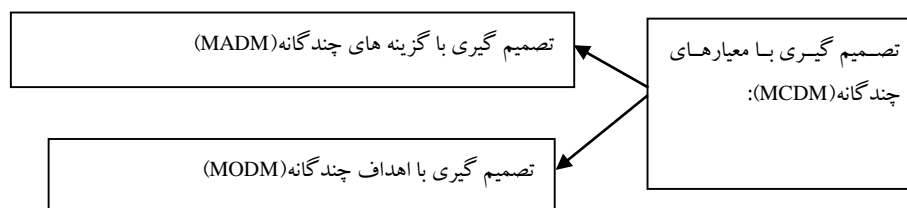
- ارزش خالص فعلی
- هزینه یابی چرخه عمر
- هزینه مالکیت

اولین روش برای ارزیابی جنبه های زیست محیطی رفتن به ارزیابی فناوری در ۱۹۶۰ است. به عنوان یک ابزار برای تصمیم گیری های سیاسی کوتاه مدت و بلند مدت، ارزیابی فناوری تأثیر فن آوری های جدید را بر اساس تجزیه و تحلیل سیستم، مدل های شبیه سازی و روش پیش آگهی فنی ارزیابی می کند. معیارها برای محیط زیست می تواند به طور کلی متفاوت با رویکرد ارزیابی و روش تجمع آن باشد.

در این تحقیق روشهای مختلف تولید مس از منظر تولید سبز مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. در این روش هر یک از معیارهای تولید سبز را برای هر یک از روشهای تولید مس وزن دهی نموده و سپس با استفاده از روشهای تصمیم گیری چند معیاره آنها را اولویت بندی می نماییم.

روشهای تصمیم گیری:

یک راه برای کمک به تصمیم گیرندگان صنعت در تصمیمات روزانه اشاره به ابزار پشتیبانی از تصمیم است که می تواند به بهترین شیوه در مورد نحوه کار یک کارخانه و نگه داشتن هزینه های تحت کنترل در زمان مشابه، به منظور کاهش مصرف انرژی و کاهش گازهای گلخانه ای مشورت بدهد.



شکل ۱: روشهای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه

در میان روشهای تصمیم گیری چند شاخصه روش ای اچ پی بیشترین استفاده را در طی این سالها به جز سال ۲۰۱۱ دارا بود. روش های تصمیم گیری چند شاخصه به صورت جدولی در ادامه آورده شده اند. استفاده از سطوح مختلف سلسله مراتبی (اهداف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه های تصمیم گیری) برای حل مشکلات پیچیده تصمیم گیری، که دارای ابهام و فقدان وجود اطلاعات است، فرآیند سلسله مراتبی ای اچ پی فرموله شده است. مبنای نظری و تعیین ریاضی ای اچ پی در بسیاری از مقالات ارائه شده است. از جمله ارائه روش مقیاس بندی برای اولویت دادن ای اچ پی، توصیف روش ای اچ پی و کاربرد آن برای مسائل تصمیم گیری مختلف، طرح پیشنهادی ممکن است از ای اچ پی و روش های دیگر تصمیم گیری یا تئوری فازی و ... ترکیب شود. وظیفه روش ای اچ پی شرح ذهنی بودن فرآیند تصمیم گیری است. روش ای اچ پی همچنان یک تعادل بین عوامل کمی و کیفی برقرار می کند.

جدول ۱: روشهای تصمیم گیری چندشاخصه

| | | |
|--|------------|--|
| MULTI ATTRIBUTE DECISION MAKING TECHNIQUES | (MADM) | روشهای تصمیم گیری چند شاخصه |
| ANALYTIC HIERARCHY PROCESS | AHP | فرآیند سلسله مراتبی |
| ANALYTIC NETWORK PROCESS | ANP | فرآیند تحلیل شبکه ای |
| ELIMINATION AND CHOICE EXPRESSIN REALITY | ELECTRE | انتخاب و حذف اظهار واقعیت |
| PREFERENCE RANKING ORGANIZATION METHOD FOR ENRICHMENT EVALUATION | PROMET HEE | روش سازماندهی به رتبه بندی ترجیحی جهت ارزیابی بهتر |
| TECNIQUE FOR ORDER PERFORMANCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION | TOPSIS | تکنیکی جهت عملکرد با شباهت به راه حل ایده آل |
| MULTI CRITERIA OPTIMAIZATION AND COMPROMISE SOLUTION | VIKOR | بهینه سازی چند معیاره و راه حل سازشی |
| DECISION MAKING TRIAL AND EVALUATION LABORATORY | DEMATEI | تصمیم گیری آزمایشی و ارزیابی آزمایشگاهی |
| SMIPLE MULTI ATTRIBUTE RATING TECHNIQUE | SMART | روش ساده و امتیازدهی چند شاخصه |

تصمیم گیری چند معیاره:

تصمیم گیری با معیارهای چندگانه مبحثی است که به فرآیند تصمیم گیری با معیارهای متفاوت و بعضاً متضاد با هم می پردازد. یکی از دسته بندی های تصمیم گیری تقسیم بندی آن به تصمیم گیری یک معیاره و چند معیاره است. مسئله تصمیم گیری دشوار است به خصوص زمانی که بیش از یک معیار برای تصمیم گیری وجود داشته باشد. در عالم واقع تصمیم گیری ها اغلب چند معیاره است و ملاک مناسب یا نامناسب بودن تصمیم ها بیش از یک معیار است. به همین دلیل روش هایی تحت عنوان تصمیم گیری چند معیاره توسعه داده شده است که به حل مسائل کمک می کنند. این مباحث به طور گسترده در رشته های گوناگونی کاربرد دارند.

مدل های تصمیم گیری چند معیاره:

تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه همگی سعی دارند مشخص نمایند که چگونه به کمک اطلاعات مشخصه ها، می توان بهترین گزینه را از دیدگاه تصمیم گیرنده انتخاب نمود. مدل های تصمیم گیری چندمعیاره را می توان به ۳ دسته کلی زیر دسته بندی کرد:

الف) مدل های گسسته و پیوسته: می توان مدل های چند معیاره را از نظر تعداد گزینه به دو دسته گسسته و پیوسته تقسیم نمود. اگر تعداد مجموعه جواب های قابل قبول شمارش باشد، مسئله چند معیاره را گسسته می نامیم. اگر تعداد مجموعه جواب های قابل قبول غیرقابل شمارش باشد، در این صورت مسئله چند معیاره را پیوسته می نامیم.

ب) مدل های جبرانی و غیرجبرانی: اگر یک معیار باعث جبران ضعف معیار دیگری شود آن معیار جبرانی و در غیر اینصورت غیرجبرانی تلقی می شود. دو نوع برخورد عمده در پردازش اطلاعات در MADM وجود دارد. مدل های غیرجبرانی (غیر تعاملی) و مدل های جبرانی (تعاملی).

ج) مدل های فردی و گروهی: مدل های فردی بر اساس نظر یک فرد ایجاد می شوند در حالی که مدل های گروهی بر نظر جمع استوارند.

مدل های جبرانی مدل هایی از MADM هستند که تغییر در یک شاخص توسط تغییر در شاخص دیگر جبران میشود. مدل های غیر جبرانی نیز مدل هایی از MADM هستند که در آن ها تغییر در یک شاخص توسط شاخص یا شاخص های دیگر جبران نمی شود.

روش تحقیق

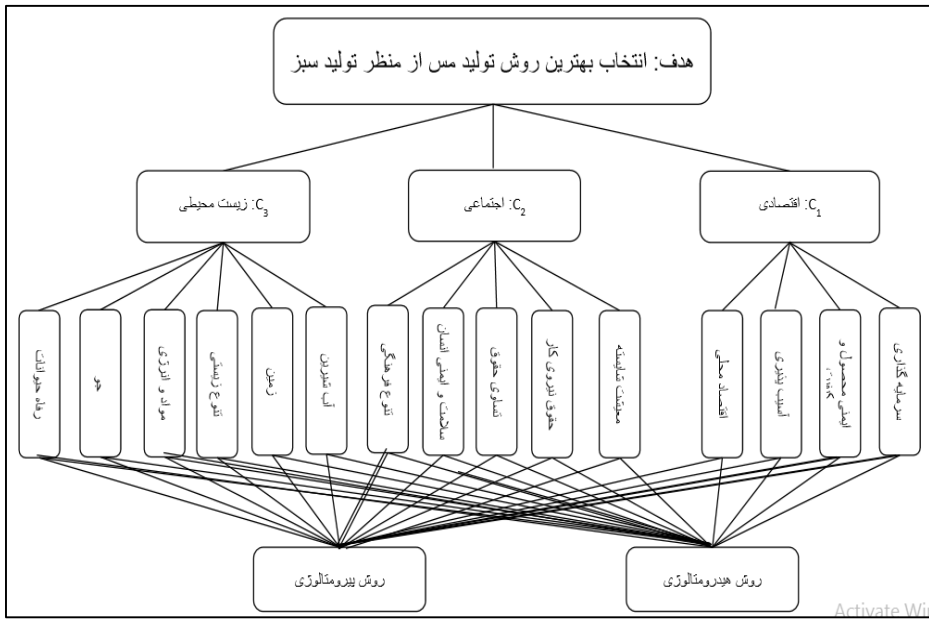
این تحقیق از نظر هدف کاربردی می باشد و از نظر اهمیت و روش این تحقیق جزء تحقیقات توصیفی - تحلیلی است. در این تحقیق برای فراهم آوردن اطلاعات و مباحث نظری فصل اسناد و مدارک کتابخانه ای و برای تعیین وزن معیارها از پرسشنامه AHP که توسط کارشناسان شرکت ملی صنایع مس ایران و کارشناسان شرکتهای مهندسی مرتبط با این حوزه استفاده شده و همچنین اطلاعات مورد نیاز از مرکز تحقیقات و توسعه مس منطقه کرمان جمع آوری گردیده است. با توجه به اینکه این تحقیق یک پژوهش توصیفی - تحلیلی است، برای جمع آوری اطلاعات، از روش های ذیل استفاده شده است: برای جمع آوری اطلاعات از اسناد و مدارک کتابخانه ای و مقاله های موجود در اینترنت و مصاحبه با کارشناسان و پرسشنامه استفاده شده است.

روش کتابخانه ای: برای گردآوری اطلاعات مربوط به پیشینه و ادبیات تحقیق از روش کتابخانه ای استفاده شده است که در این مرحله از مقالات فارسی و انگلیسی متعددی در این زمینه و مطالب مرتبط، کتب فارسی، پایان نامه های دانشجویی و سایت های اینترنتی برای دستیابی به مطالب مربوطه استفاده شده است.

روش میدانی: در این مرحله با استفاده از پرسشنامه AHP برای گردآوری اطلاعات اولیه جهت ارزیابی معیارها استفاده شد و همچنین مصاحبه با کارشناسان برای تأیید و درستی معیارهای مورد استفاده در این تحقیق استفاده شده است. در این پژوهش از روش های تصمیم گیری چند معیاره استفاده شده و داده ها از شرکت مس منطقه کرمان جمع آوری شده است و با توجه به مطالعات قبلی و مصاحبه با کارشناسان معیارها که نقش مهمی در این روش دارند مشخص شده اند و از تکنیک AHP برای وزن دهی معیارها و تعیین اولویت هر یک از آن ها استفاده و در نهایت از نرم افزار اکسپرت چویس برای محاسبات معیارها و ضریب سازگاری آن ها استفاده شده است. سپس آمار و داده های دریافت شده از شرکت مس منطقه کرمان در نرم افزار اکسل تجزیه و تحلیل شده و وزن معیارها در اهمیت شاخص ها ضرب گردیده و در نهایت به رتبه بندی هر یک از شاخص ها پرداخته شده است و شاخص هایی که بیشترین اولویت برای تولید سبز داشتند مشخص گردیده اند.

یافته ها

در این تحقیق از داده های کیفی جهت ارزیابی روشهای تولید مس استفاده شده است. در شکل ۲ مدل نهایی معیارهای تصمیم گیری برای مقایسه روشهای تولید مس با ۳ معیار اصلی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و ۱۵ زیر معیار نشان داده شده است، که هر ۱۵ زیر معیار معرفی شده در مدل، کیفی هستند. دو گزینه مورد بررسی در این پژوهش روش هیدرومتالوژی (A1) و روش پیرومتالوژی (A2) است.



شکل ۲- درخت سلسله مراتبی جهت ارزیابی و انتخاب روش های تولید مس (بر اساس مطالعات گذشته)

به منظور وزن دهی به گزینه ها و معیارهای مورد ارزیابی در تعیین روش مناسب تولید مس، ۴۵ تن از خبرگان شرکت ملی صنایع مس ایران-مجتمع مس سرچشمه شناسایی شده اند و با استفاده از پرسشنامه، نظرات هر یک اخذ و سپس اوزان هر یک از گزینه ها و معیارها با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویس محاسبه گردیده است. طبق درخت سلسله مراتبی، شکل ۲ مقایسات زوجی از پایین به سمت بالای درخت ابتدا میان گزینه ها نسبت به زیر معیارهای کیفی، سپس میان زیر معیارها نسبت به ۳ معیار اصلی، و در نهایت میان معیارهای اصلی نسبت به هدف صورت می پذیرد. ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارها نسبت به معیارهای اصلی در جداول ۲، ۳ و ۴ ذکر شده است.

جدول ۲- ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارها نسبت به معیار زیست محیطی

| زیست محیطی | جو | آب شیرین | زمین | تنوع زیستی | مواد و انرژی | رفاه حیوانات |
|--------------|----|----------|------|------------|--------------|--------------|
| جو | ۱ | ۷ | ۴ | - | ۴ | ۹ |
| آب شیرین | - | ۱ | ۲ | - | ۶ | ۹ |
| زمین | ۶ | ۹ | ۱ | - | ۶ | ۱ |
| تنوع زیستی | ۶ | ۹ | ۱ | ۱ | ۶ | ۱ |
| مواد و انرژی | - | - | - | - | ۱ | - |
| رفاه حیوانات | ۶ | - | - | - | ۶ | ۱ |

جدول ۳- ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارها نسبت به معیار اجتماعی

| اجتماعی | معیشت شایسته | حقوق نیروی کار | تساوی حقوق | سلامت و ایمنی انسان | تنوع فرهنگی |
|---------------------|--------------|----------------|------------|---------------------|-------------|
| معیشت شایسته | ۱ | - | - | - | ۷ |
| حقوق نیروی کار | ۷ | ۱ | ۱ | ۱ | ۹ |
| تساوی حقوق | ۷ | - | ۱ | ۱ | ۹ |
| سلامت و ایمنی انسان | ۷ | - | - | ۱ | ۹ |
| تنوع فرهنگی | - | - | - | - | ۱ |

جدول ۴- ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارها نسبت به معیار اقتصادی

| اقتصادی | اقتصاد محلی | آسیب پذیری | ایمنی محصول | سرمایه گذاری |
|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|
| اقتصاد محلی | ۱ | - | - | - |
| آسیب پذیری | ۲ | ۱ | ۲ | - |
| ایمنی محصول | ۱ | - | ۱ | - |
| سرمایه گذاری | ۵ | ۳ | ۵ | ۱ |

ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی نسبت به هدف در جدول ۵ ذکر شده است. وزن نهایی زیر معیارها نسبت به معیارهای اصلی آن ها به شکل درصد همراه با ضریب ناسازگاری و رتبه بندی هر یک در جداول ۶، ۷ و ۸ ذکر شده است.

جدول ۵- ماتریس مقایسات زوجی معیارها نسبت به هدف

| هدف | زیست محیطی | اقتصادی | اجتماعی |
|------------|------------|---------|---------|
| زیست محیطی | ۱ | ۳ | ۷ |
| اقتصادی | - | - | ۵ |
| اجتماعی | - | - | - |

جدول ۶- ارزیابی جامع زیرمعیارها نسبت به شاخص زیست محیطی با ضریب ناسازگاری ۰,۰۹

| | ارزیابی جامع | رتبه بندی |
|--------------|--------------|-----------|
| جو | ۸,۹٪ | ۲ |
| آب شیرین | ۲٪ | ۴ |
| زمین | ۲۸٪ | ۱ |
| تنوع زیستی | ۲۸٪ | ۱ |
| مواد و انرژی | ۵٪ | ۳ |

| | | |
|--------------|-----|---|
| رفاه حیوانات | ٪۲۸ | ۱ |
|--------------|-----|---|

جدول ۷- ارزیابی جامع زیرمعیارها نسبت به شاخص اجتماعی با ضریب ناسازگاری ۰,۰۸

| رتبه بندی | ارزیابی جامع | معیشت شایسته |
|-----------|--------------|---------------------|
| ۱ | ٪۷ | معیشت شایسته |
| ۲ | ٪۳۰,۲ | حقوق نیروی کار |
| ۵ | ٪۳۰,۲ | تساوی حقوق |
| ۳ | ٪۳۰,۲ | سلامت و ایمنی انسان |
| ۴ | ٪۲,۵ | تنوع فرهنگی |

جدول ۸- ارزیابی جامع زیرمعیارها نسبت به شاخص اقتصادی با ضریب ناسازگاری ۰,۰۷

| رتبه بندی | ارزیابی جامع | اقتصاد محلی |
|-----------|--------------|--------------|
| ۳ | ٪۱۰,۹ | اقتصاد محلی |
| ۲ | ٪۲۰,۹ | آسیب پذیری |
| ۳ | ٪۱۰,۹ | ایمنی محصول |
| ۱ | ٪۵۷,۲ | سرمایه گذاری |

وزن نهایی معیارها نسبت به هدف به شکل درصد همراه با ضریب ناسازگاری و رتبه بندی آن در جدول ۹ ذکر شده است.

جدول ۹- ارزیابی جامع معیارها نسبت به هدف با ضریب ناسازگاری ۰,۰۶

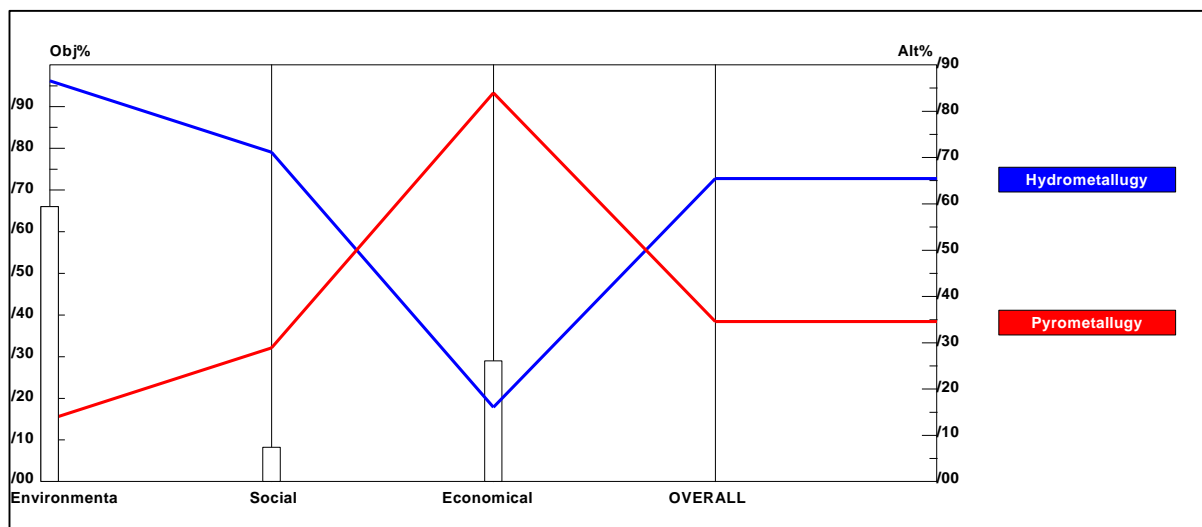
| رتبه بندی | ارزیابی جامعه | شاخص زیست محیطی |
|-----------|---------------|-----------------|
| ۱ | ٪۶۴,۹ | شاخص زیست محیطی |
| ۲ | ٪۲۷,۹ | شاخص اقتصادی |
| ۳ | ٪۷,۲ | شاخص اجتماعی |

وزن نهایی گزینه ها نسبت به هدف به شکل درصد همراه با ضریب ناسازگاری و رتبه بندی آن در جدول ۱۰ ذکر شده است.

جدول ۱۰- ارزیابی جامع گزینه ها نسبت به هدف با ضریب ناسازگاری ۰,۰۷

| رتبه بندی | ارزیابی جامعه | روش هیدرومتالوژی |
|-----------|---------------|------------------|
| ۱ | ٪۶۵,۴ | روش هیدرومتالوژی |
| ۲ | ٪۳۴,۶ | روش پیرومتالوژی |

وزن نهایی گزینه ها توسط نرم افزار اکسپرت چویس در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- نمودار حساسیت مقایسه روش های تولید مس در نرم افزار EC

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق فاکتورهای موثر در ارزیابی و انتخاب روش مناسب تولید مس در ۳ گروه زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی دسته بندی گردید. وزن عناصر تصمیم که با کمک نرم افزار اکسپرت چویس محاسبه گردید، نشان می دهد که از بین زیر معیارهای زیست محیطی زیر معیارهای زمین، تنوع زیستی و رفاه حیوانات با وزن یکسان ۲۸ درصد مهم ترین زیر معیارهای زیست محیطی تشخیص داده شده اند و جو با وزن ۸٫۹ درصد، مواد و انرژی با وزن ۵ درصد و آب شیرین با وزن ۲ درصد به ترتیب بعد از معیارهای زمین، تنوع زیستی و رفاه حیوانات قرار می گیرند. از بین زیر معیارهای اقتصادی، زیر معیار سرمایه گذاری با وزن ۵۷٫۲ درصد مهم ترین زیر معیار اقتصادی تشخیص داده شد و زیر معیار آسیب پذیری با وزن ۲۰٫۹ درصد، زیر معیار اقتصاد محلی و ایمنی محصول با وزن یکسان ۱۰٫۹ درصد به ترتیب بعد از زیر معیار سرمایه گذاری قرار می گیرد. در انتها از بین زیر معیارهای اجتماعی زیر معیارهای حقوق نیروی کار، تساوی حقوق، سلامت و ایمنی انسان با وزن یکسان ۳۰٫۲ درصد مهم ترین زیر معیار تشخیص داده شدند و زیر معیارهای معیشت شایسته با وزن ۷ درصد و تنوع فرهنگی با وزن ۲٫۵ درصد به ترتیب بعد از معیار اجتماعی قرار می گیرد. ماتریس مقایسات زوجی معیارها با ضریب ناسازگاری ۰٫۰۶ درصد، نشان می دهد که معیار زیست محیطی با وزن ۶۴٫۹ درصد، مهم ترین معیار در ارزیابی روش های تولید مس است و معیارهای اقتصادی با وزن ۲۷٫۹ و معیار اجتماعی با وزن ۷٫۲ درصد به ترتیب بعد از معیار زیست محیطی قرار دارند. نتیجه کلی ارزیابی منابع انرژی تجدید پذیر با ضریب ناسازگاری ۰٫۰۷ درصد، نشان می دهد که روش هیدرومتالوژی با وزن ۶۵٫۴ درصد مناسب ترین گزینه از بین روش های تولید مس ارزیابی شده است و روش پیرومتالوژی با وزن ۳۴٫۶ درصد بعد از روش هیدرومتالوژی قرار دارد.

نمودار حساسیت مقایسه روش های تولید مس بدست آمده از نرم افزار اکسپرت چویس نشان می دهد که اگر تنها معیار زیست محیطی در ارزیابی روش های تولید مس لحاظ گردد روش هیدرومتالوژی بر روش پیرومتالوژی برتری دارد و اگر تنها معیار اجتماعی در این ارزیابی لحاظ گردد روش هیدرومتالوژی بر روش پیرومتالوژی برتری دارد و در انتها اگر تنها معیار اقتصادی در این ارزیابی لحاظ گردد روش پیرومتالوژی بر روش هیدرومتالوژی برتری دارد.

منابع

- احتشام زاده، هومن، ۱۳۹۱، "رتبه بندی خوشه های صنعتی بر مبنای شاخصهای توسعه با به کارگیری روش های تخمین غیرقطعی تصمیمگیری چندمعیاره MCDM"، دانشگاه علامه طباطبایی، پایان نامه
- اخباری، مهدی و شهرام زرگرانی، (۱۳۹۱)، "کاربرد روش های تصمیم گیری چند معیاره در صنعت خودرو"، سومین همایش ملی مهندسی صنایع و سیستم، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب،
- اسلامی پور، علیرضا، ۱۳۹۱، "بررسی موانع انتقال تکنولوژی در صنعت ساخت مخزن CNG خودرو و اولویت بندی موانع از طریق MCDM و ارائه راهکارهایی برای حذف این موانع (مطالعه موردی شرکت پارس ام سی اس)"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، پایان نامه
- ایرانزاده، سلیمان و مرتضی خداخواه املشی، (۱۳۹۲)، "ضرورت اجرای رویکردهای تولید پاک در بخش های مختلف صنعتی در ایران: اولویت بندی از طریق تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره"، سومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران، توحیدی، ناصر؛ محمد پیماندار و آرمان ربیعی فر، (۱۳۸۷)، "انتخاب مناسبترین فناوری آهن سازی بر اساس الگوهای تصمیم گیری های چند معیاره و منطق شلال"، دومین همایش مشترک انجمن مهندسیین متالورژی و انجمن ریخته گری ایران، کرج، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج،
- حجازی کوه کمری، سید مجید، ۱۳۹۱، "اولویت بندی استراتژی های اکتساب تکنولوژی در صنعت پتروشیمی ایران با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)"، موسسه آموزش عالی غیر دولتی غیر انتفاعی کار، پایان نامه
- جهانبین، شهاب و کریم ثابتی، (۱۳۹۲)، "ارزیابی و مدیریت جنبه های زیست محیطی فولاد اکسین خوزستان و زیست پالایی از موثرترین مولفه های بهبود"، اولین همایش تخصصی زیست پالایی، تهران، دانشگاه شریف، مرکز همکاریهای فناوری و نوآوری ریاست جمهوری، زنجیرچی. سید محمود، اسدیان اردکانی. فائزه، عزیزی. فاطمه، مروج. سمیه، (۱۳۹۲)، "ارائه چارچوب ارزیابی سبز بودن صنایع تولیدی براساس عملکرد محیطی و رویکرد فازی"، محیط شناسی، سال سی و نهم، شماره ۱، بهار ۹۴، ص ۵۲-۳۹.
- فریدمهر. دکتر، کشاورزی. بهنام، خراسانی پور. مهدی، (۱۳۸۸)، "بررسی راهکارهای مدیریت زهاب اسیدی مجتمع مس سرچشمه با هدف کاهش اثرهای زیانبار آن بر محیط زیست"، فصل اول، ص ۳۰-۲.
- عظیمی، حسین؛ نرگس آقاجانلو و یاسر رهنما، (۱۳۹۲)، "بررسی و اولویت بندی روش های تولید مناسب در صنایع شیر پگاه با استفاده از ANP فازی"، کنفرانس بین المللی مدیریت، چالشها و راهکارها، شیراز،

- Anojkomar L. , Llangkumaran M. , Sasirekha V. (2014), "Comparative analysis of MCDM methods for pipe material selection in sugar industry", Elsevier journal, Vol. 41, Issue 6, PP. 2964-2980.
- Ilgin M.A., Gupta S.M., Battaia O. (2015), "Use of MCDM techniques in environmentally conscious manufacturing and product recovery: State of the art, Elsevier", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 37, Part 3, PP. 746-758.
- Jovanovic B., Filipovic H., Bakic V. (2015), "Prioritization of manufacturing sectors in Serbia for energy management improvement – AHP method", Elsevier: Energy Conversion and Management, Vol. 98, 2015, PP. 225-235.
- Mital V.K., Sangwan K.S. (2014), "Prioritizing Barriers to Green Manufacturing: Environmental", Social and Economic Perspectives, Elsevier: Procedia CIRP, Vol. 17, 2014, PP. 559-564.
- Masoumik S.M., Abdul-Rashid S.H, Olugu E.U. (2014), "Importance-performance Analysis of Green Strategy Adoption within the Malaysian Manufacturing Industry", Elsevier: Procedia CIRP, Vol. 26, 2015, PP. 646-652.