

بررسی روش‌های فرارته‌ای ELECTRE و PROMETHEE در تصمیم‌گیری‌های محیط-

زیستی صنعت نفت و پتروشیمی

سولماز عموشاهی^{۱*}

Solmazamooshahi@gmail.com

فرهاد نژادکورکی^۲

شراره پورا براهیم^۳

چکیده

امروزه با توجه به آلودگی‌ها و اختلالات محیط‌زیست و عوارض آن برای انسان و سایر موجودات، مسایل محیط‌زیستی یکی از جدی‌ترین مشکلات کره زمین را به خود اختصاص داده است. این مشکلات روز به روز نیاز بشر را برای یافتن راهکارهایی جهت حل آن افزایش می‌دهد. یکی از مهم‌ترین مشکلات پیش‌رو، آلودگی‌های صنایع موجود از جمله صنعت نفت بوده که نقش به‌سزایی در پیشرفت و اقتصاد کشورها دارد. برای ارزیابی و کاهش اثرات ناشی از این صنایع راهکارهای گوناگونی وجود دارد. یکی از راهکارها، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است.

در روش چندمعیاره، گزینه‌ها بر اساس میزان ارزششان مرتب می‌شوند. این عمل با توجه به معیارهای موجود انجام می‌پذیرد. در مطالعه اخیر دو مورد از مهم‌ترین روش‌های رتبه‌بندی مورد مطالعه قرار گرفت و مزایا و معایب آن‌ها بررسی شد. هم‌چنین مطالعه‌ای موردی با استفاده از روش PROMETHEE بر روی پتروشیمی اراک صورت گرفت و گزینه‌های مرحله ساختمانی بر اساس درجه اهمیت رتبه‌بندی گردید...

پس از مطالعه موردی صورت گرفته و بررسی سایر مطالعات انجام شده در این زمینه، روش PROMETHEE نسبت به روش ELECTRE به دلیل عواملی از جمله راحت و قابل فهم بودن، توانایی مقابله با عدم قطعیت، ارزش دادن به تصمیم‌گیران، قدرت نمایش دیداری داده‌ها، اعتبار و انعطاف‌پذیری بیش‌تر به عنوان روش برتر انتخاب گردید. روش ذکر شده می‌تواند در مورد تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی و نیز تصمیم‌گیری‌های حیطة صنعت نفت و پتروشیمی که دارای داده‌های کیفی و کمی توأم و نیز عدم اطمینان هستند به کار رفته و نتایج مطلوبی را در اختیار محققین قرار دهد.

کلمات کلیدی: تصمیم‌گیری‌های محیط زیستی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، صنعت نفت و پتروشیمی، PROMETHEE، ELECTRE.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط‌زیست دانشگاه یزد، * (مسئول مکاتبات).

۲- دانشیار گروه محیط‌زیست دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد.

۳- استادیار گروه محیط‌زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

مقدمه

در طول تاریخ، اثرات بشر بر روی محیط‌زیست خود ناچیز بوده، اما طی ۲۰۰ سال گذشته به ویژه پس از به وقوع پیوستن انقلاب صنعتی، این اثرات به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. هم اکنون جهان مواجه با یک بحران اکولوژیکی است که ابعاد آن روز به روز در حال گسترش می‌باشد و هرچه زمان می‌گذرد، ارزیابی و پایش علمی، تصویر دقیق و روشن‌تری از نشانه‌های تخریب اکولوژیکی در سراسر کره زمین ارائه می‌دهد(۱). تصمیم‌گیری در مورد مسایل محیط‌زیستی می‌تواند بسیار پیچیده و مشکل به نظر برسد. در بیشتر موارد دلیل این پیچیدگی آن است که این گونه مسایل به صورت ترکیبی از موضوعات اجتماعی-سیاسی، محیط‌زیستی، اکولوژیکی و عوامل اقتصادی هستند. یک انتخاب مطلوب برای احیا و نیر راهکار کاهش آلودگی اماکن، برنامه‌ریزی برای اراضی و سایر مشکلات محیط‌زیستی از جمله مکان‌های حساس می‌تواند شامل مسایل چندمعیاره‌ای گردد که سبب تعیین توزیع‌های هزینه-فایده، تاثیرات محیط‌زیستی جمعیت‌های گوناگون، امنیت، خطرهای اکولوژیکی و ارزش‌های انسانی می‌شود. در اغلب موارد جمع‌آوری همه این معیارها در یک روش می‌تواند بسیار مطلوب باشد. یکی از مزیت‌های این جمع‌آوری ایجاد توانایی آن برای وارد کردن نظر کارشناسان مختلف در این خصوص است(۲). زیرمجموعه‌ای از پژوهش در عملیات وجود دارد که به آن دانش تصمیم یا دانش تصمیم‌گیری گفته می‌شود و بر روی چگونگی تصمیم‌گیری و بهبود آن تمرکز دارد. در دانش تصمیم‌گیری هم‌چنین عناصری از روان‌شناسی، تجارت، پردازش کامپیوتری و دیگر جنبه‌های میان‌بخشی مهم برای مدیران وجود دارند. بسیاری از نظریه‌ها و فنون با فرآیند ارزیابی اثرات توسعه ارتباط دارند. باید توجه داشت که هدف زیربنایی ارزیابی اثرات توسعه فراهم نمودن پایه‌ای برای تصمیم‌گیری منطقی و آگاهانه در خصوص شرایط و یا قابل‌قبول بودن یک عملیات در محیط طبیعی است(۳). صنعت نفت و پتروشیمی از مهم‌ترین صنایع کشور ایران می-

باشد. اولین بار صنعت پتروشیمی در آمریکا پا به عرصه وجود گذاشت و آمریکایی‌ها اصطلاح Petrochemical را برای مواد خام حاصل از نفت معمول نمودند. سپس در اروپا و ممالک دیگر استفاده از مواد نفتی به عنوان مواد خام اولیه آغاز گردید. در ایران نیز برای اولین بار در سال ۱۳۴۳ شمسی، شرکت ملی صنایع پتروشیمی وابسته به شرکت ملی نفت ایران تشکیل شد و فعالیت‌های خود را در این زمینه از صنعت آغاز نمود. در واقع صنایع پتروشیمی در ایران قدمتی در حدود نیم قرن دارد(۴). تصمیم‌گیری در مسایل محیط‌زیستی می‌تواند پیچیده و چندوجهی بوده و از نظر عوامل اجتماعی-سیاسی، محیط‌زیستی، اکولوژیکی و اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد. به علاوه، تصمیم‌گیران مسایل محیط‌زیستی، ممکن است در بسیاری از موارد به دلیل وجود اهداف و اولویت‌های گوناگون با مسوولین و کارفرماها با مشکل مواجه شوند. انتخاب یک روش احیای مناسب برای مکان‌های آلوده، طرح‌ریزی کاربری زمین و فرآیندهای مورد برنامه‌ریزی اغلب می‌تواند شامل معیارهای گوناگونی مانند توزیع هزینه‌ها و فواید، اثرات محیط‌زیستی برای جوامع مختلف، امنیت، خطرات اکولوژیکی و یا ارزش‌های انسانی گردد(۵). صنایع پتروشیمی به طور بالقوه به عنوان یکی از بزرگ‌ترین منابع آلاینده محیط‌زیست محسوب می‌شوند. امروزه کنترل و کاهش اثرات آلودگی ناشی از صنایع پتروشیمی جهت حفاظت از محیط‌زیست به عنوان یکی از مهم‌ترین مسایل و دغدغه‌های ملل جهان مطرح شده است. مشکلات محیط‌زیستی عمده این صنایع به ویژه در شرایط عدم رعایت ضوابط و استانداردهای محیط‌زیستی پیامدهای مخاطره‌آمیز را به همراه داشته و طبیعت زیستی و جوامع انسانی و نیز حیات‌وحش را دچار اختلال می‌نمایند(۴).

لحاظ کردن این تحقیق در یک محیط تصمیم‌گیری چند-معیاره (MCDM)^۱، روش‌های قابل‌اجرایی را جهت یک

بیان می کنند که برای رسیدن به یک راه حل چه شرایطی باید حکم فرما باشد.

توجه به این نکته بسیار ضروری است که در مرحله مورد بحث حتی ممکن است یک ارزیابی موضوعی و یا قضاوتی صورت گرفته باشد. این نیازمندی ها باید در شکل حقیقی کمی خود بیان شوند. برای مثال در مورد هر راه حل ممکن، تصمیم گیری باید به طور شفاف صورت گرفته و تعیین شود که آیا این راه حل برای اجرا مستلزم وجود عوامل خاصی است یا خیر؟

با فراهم کردن نیازمندی ها و نیز بررسی چگونگی انجام و روی کاغذ آوردن مساله مورد نظر، می توان از شک و شبهه های بعدی جلوگیری به عمل آورد.

۲-۳- تعیین اهداف

اهداف عبارت هایی هستند که دربرگیرنده مقصود و ارزش های برنامه ریزی شده مطلوب می باشند. این اهداف باید حداقل نیازمندی های مدنظر برای رسیدن به آن چه که می خواهیم و یا مطلوب است شامل شود.

ممکن است گاهی اهداف به دست آمده دارای تناقض باشند ولی در امر تصمیم گیری این اتفاق بسیار طبیعی به نظر می رسد.

۲-۴- تعیین گزینه ها

معمولا گزینه های مختلف، راهکارهای گوناگونی را برای تغییر وضعیت اولیه به وضعیت ایده آل ارائه می دهند. خواه این گزینه ها در دنیای واقعی وجود داشته و یا زاینده ذهن انسان باشند، باید به نیازمندی های موجود توجه کنند. اگر تعداد این گزینه ها اندک باشد، باید آن ها را به صورت تک تک بررسی کرد که آیا نیازمندی های موجود را در نظر گرفته و یا خیر. در این مسیر سخت ترین و غیرقابل اجراترین گزینه باید حذف شده و سپس لیست واضحی از سایر گزینه ها تهیه شود. اگر تعداد گزینه های ممکن نامحدود باشد، مجموعه ای از گزینه ها را به عنوان راه حل های موجود انتخاب می کنیم.

تصمیم گیری علمی برای مشکلاتی که دارای معیارهایی گوناگونی هستند در دسترس قرار می دهد (۵).

۱- فرآیند تصمیم گیری

تصمیم گیری مطالعه ای است که به شناسایی و انتخاب گزینه ها بر پایه ی ارزش ها و ارجحیت های تصمیم گیران می پردازد. اخذ یک تصمیم ملزم به وجود گزینه هایی است که انتخاب از بین این گزینه ها صورت می پذیرد. در چنین مواردی گزینه ها باید مورد شناسایی قرار گرفته و یکی از آن ها نیز به عنوان بهترین گزینه انتخاب شود. گزینه انتخاب شده نیز باید با اهداف، مطلوبیت ها و ارزش های مورد نظر تحقیق تطابق داشته باشد (۶).

کل فرآیند تصمیم گیری را می توان به هشت مرحله زیر تقسیم بندی کرد: ۱- تعریف مساله ۲- تعریف نیازها ۳- تعیین اهداف ۴- شناسایی گزینه ها ۵- تعریف معیارها ۶- انتخاب یک ابزار تصمیم گیری ۷- ارزیابی گزینه ها در برابر معیارها ۸- ارزش دادن به راه حل های موجود برای مساله مورد مطالعه (۷).

۲-۱- تعریف مساله

در این مرحله باید عوامل اصلی و محدوده فرضیه ها، سیستم ها، روابط سازمانی و نیز همه عوامل مرتبط با کارفرما تعیین گردد. هدف این مرحله، بیان مساله به صورتی واضح و ساده است، به گونه ای که هر دوی شرایط اولیه و نیز شرایط ایده آل را در برگیرد. این بیان مساله معمولا به صورت یک جمله بوده و در پاره ای از موارد در عمل و به خصوص در مورد مسایل دشوار بیش از یک جمله را به خود اختصاص می دهد.

بیان مساله باید هم چنین مختصر و شفاف بوده که با نظرات تصمیم گیران و نیز کارفرماها تطابق داشته باشد. حتی اگر مدت زمان زیادی طول بکشد تا این توافق و تطابق حاصل شود، لازم است که قبل از رفتن به مرحله بعد حتما به آن دست یافت.

۲-۲- تعیین نیازمندی ها

نیازمندی ها شامل شرایطی است که راه حل قابل قبول ارائه شده برای یک مشکل باید از آن برخوردار باشد. این نیازمندی ها

۲-۵- تعیین معیارها

معیارهای تصمیم‌گیری موجود برای گزینه‌ها باید بر اساس اهداف پایه‌ریزی شود. لازم است که تعیین معیارها به صورت یک اندازه‌گیری عینی (حقیقی) از اهداف بوده و تعیین کند که چگونه هر گزینه می‌تواند به اهداف تعیین شده دست یابد. از آنجایی که اهداف سبب تولید معیارها می‌شوند، هر هدف باید حداقل یک معیار تولید کند. گاهی ممکن است اهداف پیشرفته به واسطه چند معیار گوناگون ایجاد شده باشند. این امر می‌تواند در گروه‌بندی معیارها و تشکیل دسته‌ای از مجموعه‌های مرتبط با هدف که دارای اجزای جدا و غیرقابل تشخیص هستند کمک کند. در این موارد، به خصوص اگر ساختار تصمیم در حال شکل‌گیری، معیارهای نسبتاً زیادی را شامل شود کمک شایانی به شمار می‌رود. هم‌چنین گروه‌بندی معیارها سبب راحت‌تر شدن عمل بررسی معیارها می‌شود. این گروه‌بندی نشان می‌دهد که آیا مجموعه معیارهای انتخاب شده برای مشکل مورد نظر مناسب‌اند یا خیر؟ از طرفی می‌تواند در برخی از روش‌ها سبب راحت‌تر شدن محاسبه وزن معیارها گردد. این روش، شیوه‌ای رایج برای سازمان‌دهی معیارها، زیرمعیارها و نیز زیر زیرمعیارهای موجود در درخت تصمیم‌گیری می‌باشد (۸).

معیارها باید:

- ۱- سبب ایجاد تمایز میان گزینه‌ها شده و از گزینش گزینه برتر پشتیبانی کند.
- ۲- به حدی کامل بوده که همه اهداف را دربرگیرد.
- ۳- اجرایی و معنادار باشد.
- ۴- زاید نباشد.
- ۵- تعدادش کم باشد (۹).

در برخی از روش‌ها زاید نبودن به صورت مستقل از سایر موارد ظاهر می‌شود.

توجه به این نکته ضروری است که برخی از محققان در نوشته‌های خود به جای واژه معیار از واژه صفت (ویژگی) استفاده می‌کنند. البته در برخی از منابع واژه صفت برای معیارهای قابل اندازه‌گیری توصیه می‌شود.

۲-۶- انتخاب یک ابزار تصمیم‌گیری

برای حل مسایل چندین ابزار گوناگون وجود دارد. در واقع انتخاب یک ابزار مناسب کار ساده‌ای نبوده و بستگی به نوع مشکل مورد بررسی و نیز هدف فرد تصمیم‌گیرنده دارد. در بیشتر موارد هرچه روش انتخاب شده ساده‌تر باشد نتایج بهتری را ارائه می‌دهد، البته گاهی در مشکلات پیچیده نیاز به روشی با راه‌حل پیچیده نیز هست.

۲-۷- ارزیابی گزینه‌های موجود برای معیارها

هر روش صحیحی که برای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد، به عنوان ورودی، نیاز به ارزیابی گزینه‌های موجود در ازای هر معیار دارد. بر حسب نوع معیار این ارزیابی ممکن است در برخی از موارد عینی (واقعی) بوده (با توجه به مقیاس-های مورد اندازه‌گیری رایج و قابل فهم) و برخی دیگر از ارزیابی‌ها ممکن است ذهنی (قضوتی) باشد که منعکس‌کننده نوع ارزیابی ارزیاب است. پس از ارزیابی ابزار تصمیم‌گیری انتخاب شده، می‌توان از آن برای رتبه‌بندی گزینه‌های موردنظر استفاده کرد و یا برای انتخاب زیرمجموعه‌ای از مناسب‌ترین گزینه‌ها بهره‌گرفت.

۲-۸- معتبر ساختن راه‌حل موجود برای مساله مورد**بحث**

گزینه‌های مورد استفاده توسط ابزار تصمیم‌گیری باید همیشه برای نیازمندی‌ها و نیز اهداف تصمیم‌گیری دارای اعتبار باشد. در برخی از موارد ممکن است استفاده از ابزار تصمیم‌گیری به شکل صحیح خود صورت نگیرد. در مورد مسایل پیچیده ممکن است گزینه‌هایی مورد توجه تصمیم‌گیران و یا کارفرمایان باشد که مستلزم وجود اهداف و نیازمندی‌های بالاتری است.

فرآیند تصمیم‌گیری باید با شناسایی تصمیم‌گیران و نیز کارفرمایان همراه بوده و هم‌چنین سبب کاهش تضادهای ممکن بر سر تعریف مشکل، نیازمندی‌های آن و نیز اهداف و معیارها گردد. در دهه‌های گذشته تلاش‌های بسیاری در زمینه‌ی روش‌های چندمعیاره و استفاده از آن در مدیریت گزینه‌های پیچیده انجام شده است. از زمانی که مسوولیت

ساطع شده از این نیروگاه ها بر محیط اطراف پرداختند. با توجه به نوع پروژه انتخاب شده و داده های کمی و کیفی و همچنین به دلیل این که این تحقیق از نوعی عدم قطعیت برخوردار است روش های فازی می تواند به عنوان روش های مفیدی برای آن به حساب آید. از طرف دیگر روش های انتخاب شده به خصوص روش PROMETHEE به دلیل همراه بودن با روش گرافیکی GAIA دارای قدرت نمایش بسیار عالی می باشند و می توانند تضادهای موجود میان گزینه های مختلف را به خوبی نشان دهند. همچنین این روش ها دارای انعطاف خوبی بوده و می توانند همه داده های کمی و کیفی را پوشش داده و به آنالیز آن ها بپردازند. در سال ۲۰۱۳، Xing- Ming et al به بررسی یک روش مناسب برای انتخاب مواد جایگزین برای مواد قدیمی تر به گونه ای سازگار با محیط زیست پرداختند. این جایگزینی با هدف کاهش هزینه، کارایی بالاتر و نیز وزن کمتر مواد با استفاده از روش های شبکه عصبی و نیز روش PROMETHEE انجام شد. در نتیجه مشخص گردید که روش PROMETHEE نسبت به روش دیگر دارای کارایی بالاتر و نتایج بهتری است. همچنین این روش به نحو موثری سبب کاهش اثرات جبرانی می گردد. البته این ویژگی در نوع دیگری از روش های چندمعیاره که ELECTRE^۲ نام دارد نیز دیده می شود. با این تفاوت که روش PROMETHEE نسبت به روش ELECTRE دارای قابلیت فهم بیشتر و فرمول های ریاضی ساده تری است. به علاوه این روش دارای محاسبات دقیق تر و نیز جزییات بیشتر و استفاده آسان می باشد. در نتیجه می توان گفت که در مطالعه اخیر روش تصمیم گیری PROMETHEE نسبت به سایر روش ها ترجیح داده شده است. در مطالعه دیگری در سال ۲۰۱۳، Herva & Roca به بررسی روش های چندمعیاره تلفیقی برای ارزیابی های محیط زیستی پرداختند. در این تحقیق نتیجه آن شد که در مورد تصمیم گیری های محیط زیستی و نیز ارزیابی محیط زیستی هرچه روش چندمعیاره مورد نظر ساده و روان تر باشد، دارای

تصمیم گیران افزایش یافت، محققان دریافتند که در برخی از موارد اختلافاتی میان تئوری های منطقی و آنچه که در واقعیت دیده می شود وجود دارد. به عبارت دیگر، در همه موارد تصمیم گیران نمی توانند روشی را به عنوان بهترین گزینه ممکن انتخاب کنند. همچنین در این زمینه دیده شده که تصمیم گیران گاهی در ترکیب اطلاعات به بهترین نحو نیز دارای مشکل هستند (۱۰). به دلیل محدودیت های تصمیم گیران در فرآیند تصمیم گیری، روش های تحلیلی می تواند برای تعیین ارزش واقعی گزینه ها به کمک آن ها آید. همچنین به دلیل اختلاف نظرهای عمده ای که در بین گروه های مختلف (مانند شرکت ها، آژانس ها و غیره) وجود دارد، روش های تصمیم گیری چندمعیاره می تواند به یکی از روش های ضروری برای مقایسه گزینه های موجود در حیطه تجارت، صنعت، دولت و ... تبدیل شود. این روش برای طبقه بندی گزینه ها و بر اساس وزن دهی کاربر به معیارهای مختلف صورت می گیرد. از طرفی روش های چندمعیاره روشی نسبی را برای تصمیم گیری در مواردی بر عهده دارد که با عدم قطعیت مواجه هستیم. این روش تصمیم گیرنده را قادر می سازد که از بین گزینه ها یکی را انتخاب کند. در واقع برای مسایل مختلف از روش های چندمعیاره گوناگونی استفاده می شود و متأسفانه انتخاب نوع روش چندمعیاره برای هر مشکل مورد نظر بسیار لازم و حیاتی است (۱۱). انتخاب این روش معمولاً بر عهده تصمیم گیرنده بوده و بر اساس میل وی صورت می گیرد (۱۲).

۳- پیشینه تحقیق

تاکنون برخی از محققان به بررسی روش های مختلف چند-معیاره برای تصمیم گیری در حیطه محیط زیست پرداخته اند.

Kabir & Sultana Sumi در سال ۲۰۱۴ در مطالعه ای با استفاده از فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی^۱ و نیز روش PROMETHEE^۲ به انتخاب محل های مناسب جایگزین نیروگاه های بنگلادش برای کاهش اثر امواج الکترومغناطیسی

۱- Analytical Hierarchy Process

۲- Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation

۳- ELimination and Choice Expressing REality

وضعیت غیرقابل مقایسه ایجاد می‌کند. در سال ۲۰۱۱ Achilles et al تحقیقی را با عنوان استراتژی‌های مطلوب برای ایجاد یک محیط شهری بهینه و سازگار با محیط‌زیست، با کمک از ایده مردم محلی و نیز مسئولین و با استفاده از روش چندمعیاره، به انجام رساند. در این مطالعه که از روش ELECTRE بهره گرفته شده بود بیان شد که روش ELECTRE توانایی جمع‌آوری و تحلیل تعداد زیادی از معیارهای ارزیابی را داشته و نیز می‌تواند نظر تصمیم‌گیرنده‌های زیادی را در امر تصمیم‌گیری وارد کند. این روش هم‌چنین توانایی مقابله با عدم قطعیت و دقت کم داده‌های ورودی را داشته که در مواردی می‌تواند تصمیم‌گیرنده را با سردرگمی مواجه کند. در سال ۲۰۰۹، Nikolic et al در مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بر روی طبقه-بندی غلظت مس بر اساس کیفیت آن پرداخت. در مقاله حاضر بیان شد که در مسایل محیط‌زیستی، عوامل زیادی در آن دخیل می‌باشند. روش PROMETHEE روش مناسبی برای ارزیابی به شمار می‌رود. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۵ توسط Cavallaro & Ciralo برای ارزیابی نیروگاه‌های بادی جزایر ایتالیا با استفاده از روش‌های چند معیاره انجام شد، مشخص گردید که روش PROMETHEE روش ایده‌آلی برای ارزیابی نیروگاه‌های انرژی می‌باشد. از طرفی بیان شد که این نیروگاه‌ها دارای داده‌های کیفی بوده و ارزیابی آن‌ها کار آسانی نیست. Alrashdan et al در سال ۱۹۹۹ ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه‌های در اردن را با استفاده از روش فرارته‌ای PROMETHEE انجام دادند. در این مطالعه این نتیجه حاصل شد که روش PROMETHEE توانایی بالقوه‌ای برای انجام تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی و نیز انتخاب‌ها و رتبه‌بندی‌های محیط‌زیستی دارد. هم‌چنین بیان شد که این روش ابزار قدرتمندی جهت آنالیز سیستم‌ها و ارزیابی حل مشکلاتی که دارای معیارهای متعارض هستند به شمار می‌رود. این فرآیند فعال دارای فهم بسیار ساده بوده و گاهی قادر است ایده فرد تصمیم‌گیرنده را نسبت به مساله مورد حل تا حدی تغییر دهد. این روش دارای تحلیل‌های

کارایی بیشتری خواهد بود. هم‌چنین بیان شد که در این راستا در یک روش ساده و روان می‌توان انتخاب معیارها و نیز تعیین اوزان را با روش دلخواه و مناسب به انجام رساند. یکی از آسان‌ترین روش‌های بررسی شده در این تحقیق، روش PROMETHEE بود که در تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته در این مقاله نیز از آن نسبت به سایر روش‌ها برای تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی استفاده بیش‌تری صورت گرفت. در مقالات مطالعه شده رایج‌ترین روش پس از PROMETHEE روش ELECTRE بود.

Hatami- Marbini et al در سال ۲۰۱۳ به ارزیابی روش ایمن و سالمی برای بازیافت مواد زاید خطرناک با استفاده از روش ELECTRE فازی پرداخت. وی در نتایج این تحقیق بیان کرد توجه به این نکته ضروری است که روش فازی یاد شده بسیار جامع بوده و از آن می‌توان در بسیاری از مشکلات محیط‌زیستی استفاده کرد. از طرفی این روش اهمیت بسیاری برای تصمیم‌گیرنده قابل شده و در تصمیم‌گیری‌های خود از تصمیم‌گیرنده و یا تصمیم‌گیران کمک گرفته و پس از آن به قضاوت و حل مشکل مورد نظر می‌پردازد. با این حال باید در نظر داشت که هیچ‌یک از روش‌های فرارته‌ای فازی کامل نیست. یکی از معایب روش مورد بررسی فرمول‌های ریاضی دشوار و نیز غیرقابل فهم بودن آن است. گاهی می‌توان روش‌های فازی مقایسه‌ای دیگری مانند PROMETHEE و یا TOPSIS^۴ را جایگزین این روش کرده و با آن مقایسه کرد. حاتمی ماربینی در سال ۲۰۱۱ به مطالعه روش چندمعیاره ELECTRE تحت شرایط فازی پرداخت. وی در این تحقیق روش مذکور را با چند روش چندمعیاره دیگر مانند TOPSIS مقایسه کرده و دریافت که این روش نسبت به سایر روش‌های مورد بررسی دارای مزایایی است. یکی از این مزیت‌ها را می‌توان فراهم کردن اطلاعات مفید دانست. هم‌چنین روش ELECTRE در موارد لزوم بین گزینه‌های مورد بررسی

۱- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

سوالات که از نظر تئوری نیز به یکدیگر وابسته نیستند.

- کاربران باید به دلیل احتیاط کافی بیش از یک روش را اجرا کنند.

- محققان برای این که بتوانند عواملی را که از نظر تئوری غیرمرتبط هستند توضیح داده، پیش بینی و کنترل کنند باید فهم نظری خود را در رابطه با مساله مورد تصمیم گیری بسط دهند.

Duckstein et al در سال ۱۹۸۲ روش های مختلف چند- معیاره را برای حوضه رود تاکسون مورد بررسی قرار داد. در نتیجه او دریافت که انتخاب نوع روش مورد نظر به موارد زیر بستگی دارد: نوع داده های مورد مقایسه (کمی یا کیفی)، ماهیت گزینه هایی که باید مورد بررسی قرار گیرند (مثلا آیا این گزینه ها به صورت پیوسته و یا گسسته قرار گرفته اند)، پایداری نتایج این روش ها، قدرتمند بودن نتایج با توجه به امکان تغییرات در ارزش پارامترها، راحتی محاسبات، میزان اثر متقابل موجود میان تصمیم گیرنده و تحلیل گر سیستم (یا این که کدام یک از این دو، از روش چندمعیاره استفاده می کند). Hobbs در سال ۱۹۷۹ به مقایسه روش های چندمعیاره مختلف در رابطه با نیروگاه های برق پرداخت. وی در پایان، چهار عامل را که می تواند به عنوان عوامل موثر در انتخاب نوع روش چندمعیاره مطرح باشند بیان کرد. در تحقیق وی عواملی نظیر اعتبار (ارزش تئوری)، انعطاف پذیری، قابل مقایسه بودن نتایج این روش با سایر روش ها، راحتی استفاده از روش و نیز قابل فهم بودن آن توسط تصمیم گیرنده، به عنوان عوامل موثر در انتخاب نوع روش به شمار می روند. وی بیان کرد که انتخاب یک روش مناسب برای تصمیم گیری، به تنهایی می تواند به عنوان یک مشکل مجزا در این فرآیند مطرح باشد. وی هم- چنین بیان کرد که انتخاب نوع روش برای تصمیم گیری بستگی فراوانی به نوع مساله مورد حل دارد.

۴- انواع روش های تصمیم گیری چندمعیاره

حساس بوده که به واسطه تغییر وزن ها، انواع توابع ارجحیت، پارامترهای آستانه و سطوح محدود کننده ایجاد می شود. در این مدل از نظرات افراد گوناگون استفاده می شود و خود مدل هیچ قضاوتی در مورد آن انجام نمی دهد، بنابراین سبب ایجاد تولیدات و ایده های جدید می گردد. Goicoechea et al در سال ۱۹۹۲ ارزیابی محیط زیستی را بر روی چهار مورد از روش های چندمعیاره مورد بررسی قرار داد. این ارزیابی برای برنامه ریزی منابع آب و توسط دو گروه مختلف صورت پذیرفت. یکی از گروه ها برنامه ریزان کشاورزی با تجربه حضور در ارتش بودند و گروه دیگر دانشجویان فارغ التحصیل را در برمی گرفت. بر پایه مجموعه ای از روش های آماری غیر پارامتریک، نتایج حاصل و آن گاه یکی از روش ها توسط هر دو گروه نسبت به روش دیگر ارجحیت داده شد. این ارجحیت نسبت داده شده به دلیل راحتی استفاده و قابل فهم بودن این روش بود. Hobbs et al در سال ۱۹۹۲ تحقیق خود را که در سال ۱۹۷۹ و ۱۹۸۶ انجام داده بود، بسط داده و به دو نتیجه مهم دست یافت: برنامه ریزان با تجربه بیشتر روش های ساده و شفاف را ترجیح می دهند. طبقه بندی گزینه ها می تواند بیش تر به نوع روش چندمعیاره انتخاب شده حساس باشد تا به استفاده ای افراد. در مطالعه ای دیگر، Tecle در سال ۱۹۹۲ با ارزیابی ۱۵ روش چندرتبه ای، مناسب ترین روش برای منابع حوزه ی آبخیز را یافت. ارزیابی انجام شده بر پایه چهار نوع معیار بود: مرتبط با مشکل، مرتبط با تصمیم گیرنده، مرتبط با روش و مرتبط با راه حل. نتیجه آن شد که طبقه بندی روش های چندمعیاره می تواند بر حسب نوع مشکل متفاوت باشد. مطالعه جامع دیگری برای ارزیابی سه روش مختلف چندمعیاره باز هم توسط Hobbs در سال ۱۹۸۶ در رابطه با یک نیروگاه هسته ای انجام پذیرفت. در این مطالعه تناسب (مطلوبیت)، راحتی استفاده، اعتبار و حساسیت نتایج به عنوان عوامل تاثیرگذار مطرح شدند. مهم ترین نتیجه گیری حاصل موارد زیر بود:

- تصمیم ها می توانند به روش های انتخاب بستگی داشته باشند، حتی در مورد عواملی مثل تعبیر

اگر یک مساله تصمیم‌گیری چندصفتی دارای m معیار و n گزینه را در نظر بگیریم، C_1, \dots, C_m و A_1, \dots, A_n به ترتیب به معیارها و گزینه‌ها اختصاص می‌یابد. یکی از ویژگی‌های استاندارد یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، جدول تصمیم‌گیری است که در زیر نشان داده شده است. در جدول موجود هر ردیف متعلق به یک معیار بوده و هر ستون نیز نشانگر یک گزینه می‌باشد. امتیاز a_{ij} نشانگر عملکرد گزینه A_j برای معیار C_i است. به دلیل مطلق بودن، فرض بر آن است که هرچه میانگین ارزش نمره بالاتر باشد عملکرد بهتری مشاهده خواهد شد. این امر تا حدی است که یک هدف حداقل می‌تواند به راحتی، به یک هدف حداکثر تغییر یابد.

همان‌طور که در جدول تصمیم‌گیری نشان داده شده است، وزن‌های W_1, \dots, W_m مربوط به معیارها هستند. وزن W_i بیان‌کننده اهمیت نسبی معیار C_i در تصمیم‌گیری است. این عدد حتماً باید مثبت باشد. وزن معیارها معمولاً به صورت ذهنی تعیین می‌گردند. همچنین این امر می‌تواند به وسیله رایجه نظر یک تصمیم‌گیرنده واحد و یا نظر گروهی از تصمیم‌گیران صورت پذیرد.

ارزش‌های X_1, \dots, X_n مرتبط با گزینه‌هایی در جدول تصمیم‌گیری بوده که با روش MAUT^۷ به کار برده شده‌اند و این اعداد در حقیقت نشان‌دهنده ارزش‌های نهایی رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشند. معمولاً هرچه میانگین ارزش رتبه‌بندی بالاتر باشد عملکرد گزینه مورد نظر بهتر است. بنابراین گزینه‌های با بالاترین ارزش رتبه‌بندی، بهترین گزینه در بین گزینه‌های موجود خواهد بود.

جدول ۱- جدول تصمیم‌گیری

| | | | | |
|-------|-------|----------|-------|----------|
| | | X_1 | | X_n |
| | | A_1 | | A_n |
| W_1 | C_1 | a_{11} | | a_{1n} |
| | | | | |
| W_m | C_m | a_{mn} | | a_{nn} |

۷- Multi- Attribute Utility Theory

بسیار مهم است که در یک فرآیند تصمیم‌گیری در نظر بگیریم که آیا یک معیار و یا چند معیار مدنظر قرار دارد. در بعضی از موارد مساله مورد بررسی ممکن است دارای یک معیار خاص و یا یک اندازه‌گیری کلی مانند هزینه باشد. اتخاذ تصمیم ممکن است به طور ضمنی توسط تعیین گزینه‌هایی که برای یک معیار و یا بیش‌تر از آن دارای بهترین ارزش هستند، صورت گیرد. پس از آن یک شکل سنتی برای حل بهینه مشکل وجود دارد، به این صورت که تابع ضمنی تنها معیار موجود بوده و محدودیت‌ها بر روی گزینه‌ها اعمال می‌شوند. بر حسب این‌که بهترین روش حل مساله به چه گونه‌ای تعریف شود، ممکن است روش‌های مطلوب‌سازی فراوانی توصیه شود. از این روش‌ها می‌توان به برنامه‌نویسی خطی، برنامه‌نویسی غیرخطی، بهینه‌سازی مجزا و غیره اشاره کرد (۲۴). در مواردی که در مساله مورد نظر تعداد محدودی از عوامل وجود دارد (تعداد نیازمندی‌ها یکی است) و وقتی با تعداد نامحدودی از گزینه‌های قابل اجرا مواجه هستیم، باید از روش بهینه‌سازی چندمعیاره استفاده کرد.

۴-۱- روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه^۵

این مدل‌ها قادر به بهینه‌سازی اهداف مختلف با واحدهای مختلف هستند. هر یک از اهداف استفاده شده دارای درجه برتری‌اند که در فرآیند بهینه‌سازی باید ترتیب حل آن‌ها رعایت شود. گزینه‌ها براساس بهینه‌سازی مجموعه‌ای از تابع هدف با توجه به قیود مساله، طراحی می‌شوند. در این روش افزایش اهمیت یک هدف فقط با کاهش اهمیت حداقل یک هدف دیگر، میسر خواهد بود (۲۵).

۴-۲- روش‌های تصمیم‌گیری چندصفتی^۶

این مدل‌ها برای انتخاب گزینه برتر استفاده می‌شوند. معمولاً انتخاب از طریق تعیین سطح قابل قبول برای معیارها یا مقایسه بین گزینه‌ها صورت می‌گیرد.

۵- Multiple Objectives Decision Making (MODM)

۶- Multiple Attribute Decision Making (MADM)

زیرمجموعه را تا حد ممکن کوچک و کوچک‌تر کنیم. این زیرمجموعه از گزینه‌ها می‌تواند به عنوان لیست کوچکی در نظر گرفته شود که در آن باید به وسیله روش‌ها و ملاحظات خاص یکی از گزینه‌ها را به عنوان بهترین گزینه انتخاب کرد.

در اصل روش‌های فرار تبه‌ای در مورد فرضیاتی که در مورد داده وجود دارد، دارای ارتباط وسیعی با روش‌های MAUT است. مثلا در هر دوی این روش‌ها به گزینه‌ها و معیارهای مخصوصی نیاز بوده و همچنین از داده‌های جدول تصمیم‌گیری یکسانی استفاده می‌کنند که اصطلاحاً A_{ij} و w_i نامیده می‌شود.

Vincke در سال ۱۹۹۲ مقدمه‌ای از شناخته شده‌ترین روش‌های فرار تبه‌ای را فراهم کرد. در این مطالعه دو نمونه از مهم‌ترین روش‌های فرار تبه‌ای ELECTRE و PROMETHEE نام دارند. در تحقیقی که Figueira et al در سال ۲۰۰۴ انجام داد نیز، این دو روش به عنوان مهم‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های فرار تبه‌ای نام گرفتند.

۴-۲-۱- روش‌های ELECTRE

روش ELECTRE بر مبنای مقایسه یک جفت گزینه قرار دارد. در واقع این روش، تطابق‌ها و عدم تطابق‌ها را برای هر جفت گزینه بررسی می‌کند (۹). این روش همچنین از طریق گراف‌ها به تعریف ارتباط بین دو گزینه می‌پردازد. در نهایت در این روش بیان می‌شود که آیا ارتباط بین این دو گزینه‌ی مورد بررسی ضعیف و یا قوی است. بر اساس این اطلاعات، نوعی رتبه‌بندی برای این گزینه‌ها به وجود می‌آید. در رابطه با ELECTRE II، سه پارامتر p^* , p^+ , p^- بیان‌گر سه سطح افزایشی از تطابق و دو پارامتر q^* , q^+ بیانگر سطوح افزایشی عدم تطابق می‌باشند (۱۵). سپس اعداد به دست آمده برای این پارامترها برای مقایسه در اختیار تحلیل‌گر قرار داده شده و پس از این که نوع روش چندمعیاره مورد نظر انتخاب شد، توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌گردد. ساده‌ترین روش از بین خانواده ELECTRE روش ELECTRE I نام دارد.

ELECTRE روشی است که بر پایه‌ی شاخص‌های تطابق و عدم تطابق قرار دارد. در این روش می‌توان برای یک جفت

روش‌های تصمیم‌گیری به رتبه‌بندی بخشی و یا کامل گزینه‌ها می‌پردازند. در نهایت یک گزینه برتر تنها و یا مجموعه‌ای از چند گزینه محدود به عنوان گزینه‌های منتخب ارزیابی می‌شوند.

در کنار روش‌های ابتدایی، دو خانواده اصلی از روش‌های تصمیم‌گیری چندصفتی وجود داشته که بر پایه تئوری استفاده چندصفتی (MAUT) و روش‌های فرار تبه‌ای می‌باشند. گروه روش‌های MAUT شامل مجموعه‌ای از معیارهای متفاوت موجود در یک تابع می‌باشد که باید به حداکثر برسند. بنابراین شرایط ریاضی این مجموعه‌ها از قبل مورد آزمایش قرار گرفته است. این تئوری گاهی سبب تعویض کامل معیارها با یک دیگر می‌گردد. مثلا در برخی از موارد به دست آوردن یک معیار سبب از دست دادن معیار دیگری خواهد شد (۸).

۴-۲-۱- روش فرار تبه‌ای

مفهوم فرار تبه‌ای اولین بار توسط Roy در سال ۱۹۶۸ بیان شد. در این مفهوم گزینه A_i بر گزینه A_j غلبه دارد، در صورتی که در تعداد زیادی از معیارها، عملکرد A_i حداقل به اندازه A_j می‌باشد (شرایط تطابق) و این در حالی است که برای سایر معیارها (که در شرایط عدم تطابق قرار دارند) عملکردهای بدتر نیز قابل قبول است. پس از این که برای هر جفت گزینه این رابطه تعیین شد، بررسی می‌شود که آیا یکی از گزینه‌ها نسبت به گزینه دیگر دارای ارجحیت است یا نه. این ارزیابی فرار تبه‌ای جفت به جفت، می‌تواند به صورت یک رتبه‌بندی کامل و یا نسبی انجام پذیرد.

برخلاف روش‌های MAUT که در آن گزینه‌ای با بهترین ارزش کارکرد مجموع می‌تواند به عنوان بهترین گزینه شناخته شود، در رتبه‌بندی بخشی موجود در یک روش فرار تبه‌ای ممکن است بهترین گزینه به طور مستقیم مشخص نشود. در این روش ممکن است زیرمجموعه‌ای از گزینه‌ها تعیین می‌گردد به طوری که هیچ‌یک از گزینه‌های موجود در زیرمجموعه حداقل توسط یکی دیگر از اعضای زیرمجموعه مورد غالبیت قرار نگرفته باشد. در این فرآیند هدف آن است که این

محاسبات عدم تطابق شاخص d_{jk} پیچیده تر است: $d_{jk} = 0$ اگر $a_{ij} > a_{ik}, i = 1, \dots, m$. در این فرمول در صورتی که A_j در همه موارد نسبت به A_k ارجحیت داشته باشد، شاخص عدم تطابق برابر صفر خواهد بود. در غیر این صورت:

$$d_{jk} = \max_{i=1, \dots, m} \frac{a_{ik} - a_{ij}}{\max_{j=1, \dots, m} a_{ij} - \min_{j=1, \dots, m} a_{ij}}, \quad j, k = 1, \dots, n, \quad j \neq k$$

۴-۲-۱-۲ روش PROMETHEE

نقطه آغاز روش PROMETHEE برگرفته از تحقیقات Brans و Vincke در سال ۱۹۸۵ و نیز از مطالعات Brans et al در سال ۱۹۸۶ بود. امتیاز a_{ij} در این روش نیازی ندارد که به طور قطع نرمال سازی شده و یا به درون مقیاسی بدون بعد انتقال یابد. تصور تنها بر این است که هرچه میانگین ارزش بیش تر باشد، عملکرد بهتر خواهد بود (برای سادگی بیش تر). هم چنین فرض بر آن است که وزن های (Wi) معیارها توسط روشی مناسب تعیین شده اند. این قسمت از فرآیند، جزئی از روش PROMETHEE نیست. هم چنین:

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1$$

به دنبال آن Brans و Mareschal در سال ۱۹۹۴ خلاصه ای از روش PROMETHEE را ارائه دادند. به منظور یافتن انحرافات و نیز به حساب آوردن مقیاس معیارها، یک تابع ترجیحی مرتبط با هر معیار ایجاد خواهد شد. برای این هدف، تابع ترجیحی $P_i(A_j, A_k)$ تعریف شده است که سبب ارائه درجه ارجحیت گزینه A_j نسبت به گزینه A_k برای معیار C_i می گردد. این درجه معمولاً در یک شکل نرمال شده در نظر گرفته می شود، بنابراین: $0 \leq P_i(A_j, A_k) \leq 1$ و در این معادله:

$$P_i(A_j, A_k) = 0 \text{ هیچ تفاوت و یا ارجحیتی وجود ندارد.}$$

$$P_i(A_j, A_k) \approx 0 \text{ ارجحیت ضعیف است.}$$

$$P_i(A_j, A_k) \approx 1 \text{ ارجحیت قوی است.}$$

گزینه (A_j, A_k) بیان کرد که شاخص C_{jk} برابر با مجموعه ای از همه وزن ها برای معیارهایی است که میزان ارجحیت آن ها در A_j حداقل به اندازه A_k بالا است. مثلاً:

$$C_{jk} = \sum_{i \in I_{jk}} w_i, \quad j, k = 1, \dots, n, \quad j \neq k$$

در این فرمول شاخص تطابق بین ۰ و ۱ قرار دارد.

برای هر معیاری که در آن A_k بر A_j غلبه کند، نسبت (ضریب) از طریق محاسبه تفاوت سطح عملکرد بین A_k و A_j و حداکثر تفاوت نمره میان معیارهای موجود برای هر جفت گزینه محاسبه می شود. حداکثر این نسبت (که باید بین ۰ و ۱ باشد) شاخص عدم تطابق نام دارد.

آستانه تطابق (c^*) و عدم تطابق (d^*) به این صورت تعریف می شوند که: $d^* < c^*$. بنابراین اگر $c^* > c_{jk}$ و $d^* > d_{jk}$ باشد، پس A_j بر A_k غلبه خواهد کرد. در نتیجه شاخص تطابق و عدم تطابق به ترتیب در بالا و پایین آستانه هایشان قرار دارند.

این روش طبقه بندی در واقع رتبه بندی بخشی را بر گزینه ها اعمال می کند و مجموعه ای از گزینه ها را مورد توجه قرار می دهد که حداقل بر یک گزینه دیگر غلبه داشته و خود مورد غلبه قرار نگرفته اند. این مجموعه شامل گزینه های قابل قبول برای تصمیم گیری در مورد مساله مورد حل است. تغییرات کوچکی که اغلب در سطوح آستانه رخ می دهد سبب تغییر در اندازه این مجموعه نیز خواهد شد.

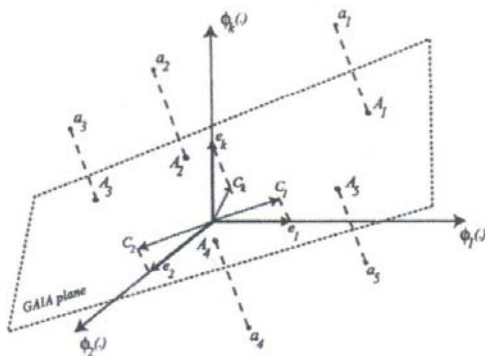
ELECTRE I برای ساخت یک رتبه بندی بخشی و انتخاب مجموعه ای از گزینه های قابل قبول می باشد. ELECTRE II نیز برای رتبه بندی گزینه ها استفاده می شود. در روش ELECTRE III درجه ای از فرارتهای بودن ایجاد شده و نوعی رابطه ای فرارتهای قابل قبول میان دو گزینه ایجاد می شود، به گونه ای که سبب پیشرفت و پیچیدگی بیشتر آن شده و نیز تفسیر آن را با مشکل مواجه می سازد. Figueira et al در سال ۲۰۰۴ جزئیات بیشتری را راجع به این روش بیان کرده و اعضای دیگری از این خانواده را معرفی کرد.

هرچه میزان $\varphi^-(A_j)$ برای گزینه موردنظر کمتر باشد، بهتر است. $\varphi^-(A_j)$ بیان کننده ضعف قدرت رتبه بندی A_j است.

• روش مدل سازی دیداری GAIA

این روش مدل سازی متعلق به روش PROMETHEE بوده و در آن مجموعه ای از گزینه ها می توانند توسط n نقطه در یک فضای m بعدی نمایش داده شود. در این مرحله m تعداد معیارها است. از آن جایی که تعداد معیارها، معمولاً بیش تر از دو می باشد، ارایه شکل دیداری واضحی از این نقاط غیرممکن به نظر می رسد. GAIA با طرح ریزی نقاط بر روی یک طرح دو-بعدی سبب نمایش فنی دیداری می گردد. هنگامی که طرح اجرا می شود، ممکن است مقداری از اطلاعات در فرآیند طرح-ریزی از بین بروند. طرح GAIA نوعی تصمیم گیری با ابزار قدرتمندی برای تحلیل قدرت تمایز میان معیارها و جهات متناقضشان فراهم می آورد. خوشه هایی برای گزینه های مشابه و یا گزینه های غیرقابل قیاس در این طرح وجود دارد. در این روش، بردار وزن معیارها جهت را پیش بینی می کند، در این مرحله اغلب گزینه هایی که دارای ارجحیت هستند در طرح نمایان می شوند.

روش GAIA در حوزه آمار برای ابزار دیداری خاصی تحت عنوان تحلیل اجزای اصلی به کار می رود.



شکل ۱- نمایی از طرح GAIA

۵- مواد و روش ها

$P_i(A_j, A_k) = 1$: ارجحیت کامل است.

در بیش تر موارد عملی، $P_i(A_j, A_k)$ تابعی از انحراف $d = a_{ij} - a_{ik}$ می باشد. برای مثال در:

$P_i(A_j, A_k) = P_i(a_{ij} - a_{ik})$ که در آن P_i یک تابع

غیرکاهشی است، برای $d \leq 0$ داریم: $P_i(d) = 0$ و برای

$d > 0$ داریم: $0 \leq P_i(d) \leq 1$. یک مجموعه از شش تابع

ارجحیت معمولی توسط Brans و Vincke در سال ۱۹۸۵ و توسط Brans et al در سال ۱۹۸۶ پیشنهاد شد. از بزرگ-ترین مزایای این روش می توان به سادگی آن اشاره کرد: در هر مورد از این روش بیش از دو پارامتر وجود ندارد که هر کدام از آن ها دارای اهمیت و صرفه آشکاری هستند.

یک شاخص ارجحیت چندمعیاره $\pi(A_j, A_k)$ از A_j بر A_k می تواند با در نظر گرفتن همه معیارها به صورت زیر تعریف شود:

$$\pi(A_j, A_k) = \sum_{i=1}^m W_i P_i(A_j, A_k)$$

این شاخص، ارزش هایی بین صفر و یک را دربردارد که شدت کلی ارجحیت بین دو گزینه را مطرح می کند.

به منظور رتبه بندی گزینه ها، جریان های زیر تعریف می گردد.

جریان رتبه بندی مثبت:

$$\varphi^+(A_j) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \pi(A_j, A_k)$$

جریان رتبه بندی منفی:

$$\varphi^-(A_j) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \pi(A_k, A_j)$$

جریان رتبه بندی مثبت بیان می کند که هر گزینه تا چه اندازه سایر گزینه ها را مورد رتبه بندی قرار می دهد (بر آن ها غلبه دارد). هرچه میزان $\varphi^+(A_j)$ بیش تر باشد، گزینه موردنظر بهتر خواهد بود. $\varphi^+(A_j)$ نشان دهنده قدرت A_j از نظر ویژگی رتبه بندی است.

جریان رتبه بندی منفی بیان می کند که هر گزینه تا چه حد توسط سایر گزینه ها مورد رتبه بندی قرار می گیرد (مغلوب است).

در مطالعه حاضر اثرات محیط‌زیستی مرحله ساختمانی پتروشیمی اراک به عنوان مطالعه موردی (نماینده‌ای از صنعت نفت و پتروشیمی) با استفاده از روش PROMETHEE مورد بررسی قرار گرفت. اثرات مثبت و منفی مورد بحث، در جدول ۲ بیان شده‌اند.

جدول ۲- اثرات محیط‌زیستی مرحله ساختمانی مجتمع پتروشیمی اراک

| ردیف | فعالیت‌های پروژه در مرحله ساختمانی - پارامترهای محیط‌زیستی |
|------|--|
| ۱ | پاک‌تراشی زمین |
| ۲ | آماده‌سازی محل و عملیات خاکی |
| ۳ | احداث جاده دسترسی و قطعه‌بندی و خیابان‌کشی |
| ۴ | تغییر زهکشی |
| ۵ | پی‌کنی و ساختمان‌سازی |
| ۶ | دپوی مواد (تولید پسماند) |
| ۷ | احداث تصفیه‌خانه فاضلاب انسانی و صنعتی |
| ۸ | جمع‌آوری و دفع پسماند |
| ۹ | استقرار و بهره‌برداری از مخازن سوخت |
| ۱۰ | فعالیت کمپرسور، جوش‌کاری و ژنراتور |
| ۱۱ | نصب تجهیزات و مخازن |
| ۱۲ | احداث کمپ‌ها، ساختمان‌ها و کارگاه‌ها |
| ۱۳ | احداث سکوی چاه، گودال آب و مواد زاید جامد |
| ۱۴ | احداث خطوط انتقال نفت، گاز و آب |
| ۱۵ | حفاری چاه |
| ۱۶ | استخدام نیروی انسانی |
| ۱۷ | تملك اراضی |

هر دو نوع صفات کمی و کیفی بودند با استفاده از رابطه زیر بی‌مقیاس شد.

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^m r_{ij}}$$

این عمل باعث از بین رفتن تاثیر عوامل کمی و کیفی می‌شود. پس از آن، معیارهای مورد نظر وزن‌دهی شد.

سپس این اثرات در غالب پرسشنامه‌هایی در اختیار کارشناسان مختلف قرار گرفت و نظرات این کارشناسان در مورد نوع و میزان تاثیر هر عامل بر محیط‌زیست پتروشیمی جمع‌آوری گردید.

آن‌گاه انحراف معیار پرسشنامه‌های مختلف گرفته شده و هماهنگی پرسشنامه‌های مختلف با یک‌دیگر تایید شد. به دلیل این‌که اثرات نشان داده شده در این پروژه (جدول ۲) دارای

جدول ۳- اوزان محاسبه شده برای معیارهای مختلف

| اوزان محاسبه شده برای معیارها در فاز ساختمانی | | | | | | | |
|---|-------|-------|-----------|-------------|--------------|----------------------|-----------------|
| شدت | دامنه | تداوم | اثر تجمعی | راهکار کاهش | منفی یا مثبت | مستقیم یا غیر مستقیم | برگشت پذیری اثر |
| ۰/۰۹ | ۰/۰۹ | ۰/۱۲ | ۰/۱۳ | ۰/۱۶ | ۰/۱۳ | ۰/۱۱ | ۰/۱۳ |

سپس مراحل روش پرومته به ترتیب زیر، بر روی داده‌های مورد نظر پیاده شد.

- تعیین تابع مطلوبیت
- برازش تابع مطلوبیت بر اساس تفاضلات هر زوج گزینه ماتریس تصمیم‌گیری
- محاسبه درجه غالبیت
- محاسبه جریان فرار تبه‌ای
- رتبه‌بندی کامل بر مبنای جریان فرار تبه‌ای
- ارزیابی نتایج

| | | | |
|----------|-------|-------|--------|
| گزینه ۱۰ | ۰/۰۸۳ | ۰/۳۵۹ | -۰/۲۷۶ |
| گزینه ۱۱ | ۰/۱۷۸ | ۰/۲۰۰ | -۰/۰۲۲ |
| گزینه ۱۲ | ۰/۰۷۷ | ۰/۳۰۰ | -۰/۲۲۲ |
| گزینه ۱۳ | ۰/۲۰۸ | ۰/۱۶۴ | ۰/۰۴۴ |
| گزینه ۱۴ | ۰/۲۳۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۰۷۹ |
| گزینه ۱۵ | ۰/۲۲۸ | ۰/۱۷۵ | ۰/۰۵۳ |
| گزینه ۱۶ | ۰/۰۵۱ | ۰/۴۲۱ | -۰/۳۷۰ |
| گزینه ۱۷ | ۰/۵۳۳ | ۰/۰۰۹ | ۰/۵۲۴ |

رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

$A_{17} > A_1 > A_9 > A_4 > A_3 > A_2 > A_{14} > A_{15} > A_{13} > A$

۶- نتایج

$11 > A_5 > A_8 > A_7 > A_6 > A_{12} > A_{10} > A_{16}$

۷- نتیجه‌گیری

همان‌طور که گفته شد صنعت نفت و پتروشیمی از نظر اقتصادی و تولیدات یکی از مهم‌ترین صنایع کشور به شمار رفته و در صورت عدم تحقیق و بررسی و پیش‌گیری‌های مناسب می‌تواند آلودگی‌های فراوان و جبران ناپذیری را برای محیط-زیست به وجود آورد. از طرفی از آن جایی که تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی صنعت نفت نیز مانند بسیاری دیگر از تصمیم-گیری‌های محیط‌زیستی دارای داده‌های کمی و کیفی بوده و از ویژگی عدم قطعیت نیز برخوردار می‌باشد، کاربرد روش‌های چندمعیاره می‌تواند راهی به سوی بهبود تصمیم‌گیری‌های موجود در این حیطه گردد.

جدول ۴- جریان‌های فرار تبه‌ای مثبت، منفی و کل

| | $+\Phi$ | $\Phi-$ | Φ |
|---------|---------|---------|--------|
| گزینه ۱ | ۰/۳۵۱ | ۰/۰۸۰ | ۰/۲۷۰ |
| گزینه ۲ | ۰/۲۴۸ | ۰/۱۴۳ | ۰/۱۰۴ |
| گزینه ۳ | ۰/۲۹۱ | ۰/۱۴۱ | ۰/۱۴۹ |
| گزینه ۴ | ۰/۳۱۵ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۵۳ |
| گزینه ۵ | ۰/۱۲۶ | ۰/۲۵۱ | -۰/۱۲۴ |
| گزینه ۶ | ۰/۰۹۶ | ۰/۲۸۳ | -۰/۱۸۶ |
| گزینه ۷ | ۰/۱۲۵ | ۰/۳۰۱ | -۰/۱۷۵ |
| گزینه ۸ | ۰/۱۳۱ | ۰/۲۹۵ | -۰/۱۶۳ |
| گزینه ۹ | ۰/۲۶۹ | ۰/۱۰۶ | ۰/۱۶۲ |

به گونه‌ای نباشد که تصمیم‌گیرنده آن را درک نکرده و یا قادر به توضیح آن نباشد.

روش PROMETHEE که توسط برنز، مارسکال و همکاران در سال‌های ۱۹۸۵ و ۱۹۸۶ و ۱۹۹۲ گسترش یافت، شکل ساده شده‌ای از روش ELECTRE به حساب می‌آید که محدودیت‌های روش ELECTRE شامل محاسبات زیاد، عدم اعمال نظر تصمیم‌گیرنده و نیاز به تعیین وزن اهداف را ندارد و همان فرایند را با محاسبات ساده‌تر انجام می‌دهد. همان‌طور که قبلاً گفته شد همه عوامل فوق و به خصوص تاثیر اعمال نظر تصمیم‌گیرنده نقش بسیار مهمی در بهبود روند تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی و نیز راحتی به کارگیری آن توسط مسوولین دارد. برای اغلب افراد متخصص و غیرمتخصص روش ELECTRE به دلیل سختی در فهم و استفاده دارای دشواری‌ها و محدودیت‌های زیادی می‌باشد. روش تصمیم‌گیری مورد استفاده باید توسط تصمیم‌گیران قابل قبول و نیز قابل استفاده باشد. در حالی که اگر تصمیم‌گیرنده قادر به فهم و یا توضیح این روش نباشد، ارزش آن به طور شدیدی کاهش خواهد یافت، چون تصمیم‌گیرنده نقش بسیار مهمی در نتیجه پروژه خواهد داشت. روش PROMETHEE روشی جذاب بوده و تصمیم‌گیرنده می‌تواند در آن نوعی تابع ترجیحی را شکل داده و با استفاده از آن به تعیین گزینه ترجیحی بپردازد. در مطالعه موردی انجام شده این روش به عنوان روشی کارا در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی صنعت پتروشیمی شناخته شد. در این روش قبل از آن که وزن‌های معادل برای هر معیار و زیرمعیار تعیین شوند، وزن‌های گوناگون مورد آزمایش قرار می‌گیرند. این در حالی است که در روش ELECTRE حتی اگر وزن معیاری برابر صفر باشد، آن معیار را در نتایج به حساب می‌آورند و این امر می‌تواند سبب اشتباه تصمیم‌گیران شود. هم‌چنین در این روش عدم تطابق محاسبه شده میزان وزن معیارها را نشان نمی‌دهد. بنابراین می‌توان گفت در پروژه‌های محیط‌زیستی و نیز تصمیم‌گیری‌ها و ارزیابی‌های مربوط به آن از جمله در صنعت نفت و پتروشیمی با توجه به نوع تصمیم‌گیران و کارفرمایان روش PROMETHEE با توجه به

بسیار واضح است که رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف با استفاده از روش‌های چندمعیاره هم بر اساس روش انتخاب شده و هم تمایل تصمیم‌گیرنده است (۲۲). بنابراین، به نظر می‌رسد که برای هر تحقیق ابتدا نیاز است که به بررسی و آزمایش روش‌های چندمعیاره پرداخته و یکی از این روش‌ها را به طور خاص انتخاب کنیم. ابتدا باید این روش‌ها را بر اساس ارزش تئوری آن انتخاب کرده و سپس مقایسه بین روش‌ها باید بر پایه معیارهای خاص صورت پذیرد. این معیارها باید در یک پروژه خاص در نظر گرفته شود. نهایتاً باید روشی اریه داده شود که جامع بوده و برای متخصصین و افراد عامه از نظر فنی و غیرفنی قابل فهم باشد.

برای انتخاب بهترین روش مورد استفاده باید در نظر بگیریم که کاربر برای هر روش چه مدت زمانی را صرف فهم فرضیات و معاوضات کرده و این که چگونه این روش، انجام شده و به حل مسایل می‌پردازد. هرچه زمان کمتری برای فهم کاربر از فرضیات نیاز باشد روش مورد نظر در رده بهتری طبقه‌بندی می‌شود. هم‌چنین بسیار مهم است که کاربر بداند چگونه باید از روش مربوطه استفاده کند تا به نتایج قابل قبول تری دست یابد. قابل ذکر است که روش PROMETHEE در سال ۱۹۸۴ توسط Brans و همکاران ابداع شده و در سال ۱۹۸۵ توسط Brans و همکاران اصلاح شد. از طرفی روش ELECTRE در سال ۱۹۷۱ توسط Roy ابداع گردید. مهم‌ترین گام در زمینه روش‌های چندمعیاره تعیین وزن معیارهاست. این وزن‌ها نشان می‌دهند که اهمیت هر معیار و یا اثر آن به چه اندازه‌ای خواهد بود.

انتخاب بهترین روش چندمعیاره نیازمند آزمایش‌های متعددی برای ارزیابی وزن‌ها توسط تصمیم‌گیران و نیز ارزش تعیین شده برای استفاده از این روش می‌باشد. این روش برگزیده باید توسط کاربر به عنوان یک روش قابل فهم و نیز قابل قبول شناخته شود. بنابراین می‌توان گفت که بهترین روش مورد استفاده برای هر مساله روشی است که دارای حداکثر کاربری، تاثیرگذاری و فهم بوده و نیز باید از ابهامات دور باشد. یعنی

فراوانی به چشم می خورد، با استفاده از روش ذکر شده می توان نوعی تعامل میان تصمیم گیران حوزه های مختلف برقرار کرده و این تعارضات را به حداقل رساند. در جدول زیر نتایج مطالعات محیط زیستی دانشمندان مختلف و نیز نتایج مطالعه حاضر به عنوان نماینده ای از مطالعات صنعت نفت و پتروشیمی مورد بررسی قرار گرفت.

راحتی استفاده و قابل فهم بودن و سایر مزیت های این روش نسبت به روش ELECTRE در جایگاه بهتر و مناسب تری قرار دارد. از طرفی با توجه به شرایط کشور ما در رابطه با کمبود داده ها از جمله منطقه مورد مطالعه، می توان با استفاده از روش PROMETHEE با این کمبود داده مقابله کرد. هم چنین از آن جایی که در کشور ما میان بخش های مختلف صنعت (از جمله صنعت نفت) و محیط زیست تعارضات

جدول ۵- مقایسه روش های چندمعیاره ELECTRE و PROMETHEE

| ردیف | ویژگی مورد بررسی | ELECTRE | PROMETHEE | مراجع | نتایج مطالعه حاضر با استفاده از روش PROMETHEE |
|------|--|------------|------------|--|---|
| ۱ | نوع داده های مورد مقایسه (کمی یا کیفی) | کمی و کیفی | کمی و کیفی | Kabir & Sultana Sumi (۲۰۱۴) Cavallaro & Ciraolo (۲۰۰۵) Duckstein et al (۱۹۸۲) | ✓ |
| ۲ | پایداری نتایج | دارد | دارد | Duckstein et al (۱۹۸۲) | ✓ |
| ۳ | مقابله با عدم قطعیت | دارد | دارد | Kabir & Sultana Sumi (۲۰۱۴) Achillas et al (۲۰۱۱) | ✓ |
| ۴ | سادگی فرمول های ریاضی | ندارد | دارد | Xing-Ming et al (۲۰۱۳) Hatami-Marbini et al (۲۰۱۳) Goicoechea et al (۱۹۹۲) | ✓ |
| ۵ | قابلیت فهم | کمتر | بیشتر | Xing-Ming et al (۲۰۱۳) Roca & Herva (۲۰۱۳) Alrashdan et al (۱۹۹۹) Goicoechea et al (۱۹۹۲) | |
| ۶ | اعتبار | دارد | دارد | Hobbs (۱۹۸۶) Duckstein et al (۱۹۸۲) Hobbs (۱۹۷۹) | |
| ۷ | قدرت نمایش دیداری داده ها | ندارد | دارد | Kabir & Sultana Sumi (۲۰۱۴) | ✓ |
| ۸ | انعطاف پذیری | تاحدودی | دارد | Kabir & Sultana Sumi (۲۰۱۴) Hobbs (۱۹۸۶) | ✓ |

| | | | | | |
|---|---|---------|---------|--|----|
| | Hobbs(۱۹۷۹) | | | | |
| ✓ | Xing- Ming et al(۲۰۱۳) | زیاد | کم | کارایی | ۹ |
| | Xing- Ming et al(۲۰۱۳) | بهتر | - | نتایج | ۱۰ |
| | Xing- Ming et al(۲۰۱۳) | دقیق تر | - | دقت محاسبات | ۱۱ |
| | Xing- Ming et al(۲۰۱۳) | بیشتر | - | جزئیات | ۱۲ |
| ✓ | Hatami- Marbini et al (۲۰۱۳) | دارد | دارد | ارزش دادن به نظر تصمیم گیران | ۱۳ |
| | حاتمی ماربینی(۲۰۱۱) | ندارد | دارد | عدم توانایی در مقایسه برخی از گزینه‌ها | ۱۴ |
| ✓ | Achillas et al - (۲۰۱۱) Nikolic et al(۲۰۰۹) | دارد | دارد | توانایی جمع‌آوری و تحلیل داده‌های زیاد | ۱۵ |
| ✓ | Alrashdan et al - (۱۹۹۹) Duckstein et al(۱۹۸۲) | دارد | تاحدودی | میزان اثر متقابل میان تصمیم گیران و تحلیل گر سیستم | ۱۶ |
| ✓ | Achillas et al(۲۰۱۱) | دارد | دارد | قدرت مقابله با دقت کم داده‌های ورودی | ۱۷ |
| | Alrashdan et al(۱۹۹۹) | دارد | - | قدرت مقابله با معیارهای متعارض | ۱۸ |
| ✓ | Alrashdan et al(۱۹۹۹) | بیشتر | - | سرعت | ۱۹ |

منابع

۱. جعفری. ح، ۱۳۸۰، کاربرد سیستماتیک مدل تخریب در ارزیابی اثرات توسعه بر روی حوضه آبخیز سد لتیان، مجله محیط‌شناسی، شماره ۲۷، ص ۱۰۹-۱۲۰.
۲. Kiker, G.A., Bridges, T.A., Varghese, A., Seager, T.P., Linkov, I., ۲۰۰۵. Application of multi-criteria decision analysis in environmental decision making. Integrated Environmental Assessment Management ۱ (۲), ۹۵-۱۰۸.
۳. ریچاردز ب. شپارد، ۱۳۹۰، ارزیابی اثرات توسعه با منطق فازی، ترجمه عبدالرسول سلمان ماهینی، مهرمهدیس، چاپ اول.
۴. کیلان. ن، ۱۳۹۲، ارزیابی اثرات تجمعی(CEA) توسعه صنایع پتروشیمی منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
۵. Kiker, G. A., Bridges, T. S., Varghese, A., Seager, T. P., & Linkov, I. (۲۰۰۵). Application of multi-criteria decision analysis in environmental decision making. Integrated Environmental Assessment and Management, ۱(۲), ۹۵-۱۰۸.

- environment., *Material and Design.*, ۴۷., ۶۴۳- ۶۵۲.
۱۵. M. Herva., E. Roca., ۲۰۱۳., Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation., *Journal of Cleaner Production.*, ۳۹., ۳۵۵- ۳۷۱.
 ۱۶. A. Hatami- Marbini., M. Tavana., M. Moradi., F. Kangi., ۲۰۱۳., A fuzzy group method for safty and health assessment in hazardous waste recycling facilities., *Safety Science.*, ۵۱., ۴۱۴- ۴۲۶.
 ۱۷. A. Hatami- Marbini., M. Tavana., ۲۰۱۱. An extension of the ELECTRE I method for group decision-making under a fuzzy environment. *Omega.* ۳۹., ۳۷۳- ۳۸۶.
 ۱۸. Ch. Achilas., Ch. Vlachokostas., N. Moussiopoulos., G. Baniias., ۲۰۱۱., Prioritize strategies to confront environmental deterioration in urban areas: Multi-criteria assessment of public opinion and experts views., *Cities.*, ۲۸., ۴۱۴- ۴۲۳.
 ۱۹. D. Nikolic., I. Jovanovic., I. Mihajlovic., Z. Zivkovic., ۲۰۰۹., Multi- criteria ranking of copper concentrates according to their quality- An element of environmental management in the vicinity of copper- Smelting complex in Bor, Serbia., *Journal of Environmental management.*, ۹۱., ۵۰۹- ۵۱۵.
 ۲۰. F. Cavallaro., L. Ciraolo., ۲۰۰۵., A multi-criteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian island., *Energy Policy.*, ۳۳., ۲۳۵- ۲۳۴.
 ۲۱. Al- Rashdan, D., Al- Kloub, B., Angela, D., Al- Shemmeri, T., ۱۹۹۹., Environmental impact assessment and ranking the environmental projects in
 ۶. Harris, R. (۱۹۹۸) *Introduction to Decision Making*, VirtualSalt.
 ۷. Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J. and Sorenson, K. (۲۰۰۲) *Guidebook to Decision Making Methods*, WSRC-IM-۲۰۰۲-۰۰۰۰۲, Department of Energy, USA. <http://emiweb>.
 ۸. UK DTLR (۲۰۰۱) *Multi Criteria Analysis: A Manual*, Department for Transport, Local Government and the Regions, UK.
 ۹. Keeney, R.L. and Raiffa, H. (۱۹۷۶) *Decisions with Multiple Objectives: Performances and Value Trade-Offs*, Wiley, New York.
 ۱۰. Goicoechea et al., ۱۹۸۲. Preference to the special issue on multi-criterion decision making with engineering applications. *Applied Mathematics and Computation*. Volume ۵۴. ۹۹- ۱۰۹.
 ۱۱. Teclé, ۱۹۹۲. Interactive multi-objective programming for forest resources management. *Applied Mathematics and Computation*. Volume ۶۳. ۷۵- ۹۳.
 ۱۲. Hobbs, A. ۱۹۸۶. An interactive integrated multi-objective optimization approach for quasiconvex utility functions. *Applied Mathematics and Computation*. Volume ۵۴. Pp ۲۴۱- ۲۵۷.
 ۱۳. G. Kabir., R. Sultana Sumi., ۲۰۱۴., Power substation location selection using fuzzy analytic hierarchy process and PROMETHEE: A case study from Bangladesh., *Energy XXX.*, ۱- ۱۴.
 ۱۴. X. Xing- Ming ., P. An- Hua., ۲۰۱۳., Material selection using PROMETHEE combined with analytic network process under hybrid

۲۷. Steuer, R. E. (۱۹۸۶) *Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application*, Wiley, New York.
۲۸. Roy, B. (۱۹۶۸) "Classement et choix en présence de points de vue multiple (la méthode electre).", *RAIRO*, ۲, ۵۷-۷.
۲۹. Vincke, P. (۱۹۹۲) *Multi-criteria Decision-Aid*, John Wiley, Chichester.
۳۰. Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M. (Eds.) (۲۰۰۴) *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York.
۳۱. Brans, J.P. and Vincke, Ph. (۱۹۸۵) "A preference ranking organization method", *Management Science*, ۳۱, ۶۴۷-۶۵۶.
۳۲. Brans, J.P., Vincke, Ph. and Marechal, B. (۱۹۸۶) "How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method", *European Journal of Operational Research*, ۲۴, ۲۲۸-۲۳۸.
۳۳. Brans, J.-P. And Mareschal, B. (۱۹۹۴) .The PROMCALC & GAIA decision support system for multicriteria decision aid., *Decision Support Systems*, ۱۲, ۲۹۷-۳۱۰.
۳۴. Mareschal, B. (۱۹۸۸) .Weight stability intervals in multicriteria decision aid., *European Journal of Operational Research*, ۳۳, ۵۴-۶۴.
- Jordan., *European Journal of Operational Research.*, ۱۱۸., pp ۳۰-۴۵.
۲۲. Goicoechea et al, ۱۹۹۲. The use of multi- criteria decision making methods in the integrated assessment of climate change: implications for IA practitioners. *Energy Policy*. Volume ۲۵. ۳۴۵-۳۵۶.
۲۳. Hobbs, ۱۹۹۲. Building public confidence in energy planning: a multimethod MCDM approach to demand- side planning at BC gas. *Socio- Economic Planning Sciences*. Volume ۳۷. ۲۸۹-۳۱۶.
۲۴. Duckstein, I et al, ۱۹۸۲. Multicriterion analysis of the water allocation conflict in the Upper Rio Grande basin. *Applied Mathematics and computation*, Volume ۱۷. Pp ۲۴۵-۲۶۵.
۲۵. خدابخشی. ب، جعفری. ح، ۱۳۸۹، کاربرد مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ELECTRE- TRI در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های توسعه منابع آب، مطالعه موردی: سد و شبکه آبیاری و زهکشی اردبیل، مجله آب و فاضلاب، شماره ۳، ص ۶۴-۷۴.
۲۶. Nemhauser, G.L., Rinnoy Kan, A.H.G. and Todd, M.J. (۱۹۸۹) *Handbooks in Operations Research and Management Science: Volume ۱ Optimization*, North-Holland, Amsterdam.

An investigation on PROMETHEE and ELECTRE outranking methods in environmental decision-making of oil and petrochemical industries

Solmaz Amoushahi^۱ (*Corresponding author*)

Solmazamooshahi@gmail.com

Farhad Nejadkoorki^۲

Sharareh Pourebrahim^۳

Abstract

Nowadays one of the most important global issues is environmental problems that can cause harm to human and other organisms. This problem is caused due to various factors like pollutants and other environmental disturbances. Because of these factors we need to find strategies for solving such problems. One of the most important problems in the world is the pollution produced by different industries like oil industry that has a significant role in the nations economic and progress. There are many solutions and methods for surveying and mitigating the industries effects.

Multiple Criteria Decision-Making (MCDM) is one of these methods that order alternatives based on their importance. Ranking problems consist in rank ordering of all alternatives from the worst to the best, looking at their evaluations on the considered criteria. In present study two more important outranking methods (PROMETHEE and ELECTRE) were assessed and their advantages and disadvantages were surveyed. Also a study was done in Arak petrochemical industry by PROMETHEE method as an case study and construction phase alternatives were ranked by mentioned method.

Results: Case study investigation and review on other studies showed that the PROMETHEE method because of some features like being easy to use, understandable, Ability to cope with uncertainty, importance the decision makers, ability of visual representation, validity and flexibility is more applicable than ELECTRE.

So the suggested method can be applied for making environmental decisions and also oil and petrochemical industries that simultaneously deal with qualitative and quantitative data and uncertainty. The researchers hope that it would have desirable results.

Keyword's: Environmental Decision Making, Multiple Criteria Decision Making, Oil and petrochemical industries, PROMETHEE, ELECTRE.

^۱- Associate Professor, Department of Environment, Natural Resources and Desert Studies Faculty, Yazd University.

^۲- Assistant Professor, Department of Environment, Natural Resources Faculty, Tehran University.

