

کاربرد مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره Electre TRI در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های توسعه منابع آب، مطالعه موردی: سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل

بهناز خدابخشی^۱ حمیدرضا جعفری^۲

(دریافت ۸۹/۲/۲۸ پذیرش ۸۹/۴/۷)

چکیده

تعیین اهمیت اثرات زیست‌محیطی، یکی از مهم‌ترین مسائل و دغدغه‌های موجود در فرایند ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) طرح‌ها و پروژه‌ها است که عمدتاً به ماهیت چند معیاره بودن آن بستگی دارد. اهمیت یک اثر زیست‌محیطی تنها مبتنی بر شدت آن اثر نیست و لازم است معیارهای دیگری نیز در تعریف اهمیت اثر لحاظ گردند. در این تحقیق برای نخستین بار در فرایند ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) در ایران، از مدل Electre TRI به‌عنوان یکی از معتبرترین تکنیک‌های طبقه‌بندی تصمیم‌گیری چند معیاره به‌منظور تعیین اهمیت اثرات زیست‌محیطی طرح‌های توسعه منابع آب، استفاده شد. نتایج حاصل از کاربرد این مدل، با یکی از روش‌های ارزیابی در کشور که در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل به‌کار گرفته شده است و همچنین با روش جمع وزنی به‌عنوان یکی از روش‌های موجود ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در تجربیات جهانی، مقایسه گردید. تعیین معیارهای برآورد اهمیت اثر، براساس بررسی مراجع ملی و بین‌المللی از دیگر فعالیتهای انجام یافته در این تحقیق بود. لازم به‌ذکر است که از جمله ورودی‌های مدل Electre TRI، علاوه بر ارزش کمی معیارهای اثر زیست‌محیطی، وزن معیارها است. با توجه به عدم وجود متدولوژی مدون برای تعیین وزن معیارها در روش‌های موجود ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در ایران، در این تحقیق وزن معیارها بر اساس روش جمع وزنی، تعیین شد. تحقیق حاضر گامی در جهت معرفی روش‌های جدید ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در سطح جهانی و امکان کاربرد آن در فرایند EIA در ایران بود. این تحقیق می‌تواند راهگشای انجام تحقیقات بیشتر در خصوص متدولوژی‌های موجود ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در سطح جهانی و ارتقاء روش‌های موجود در کشور باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، تصمیم‌گیری چند معیاره، مدل Electre TRI، روش جمع وزنی

Environmental Impact Assessment of Water Resources Development Projects Using the Electre TRI Model (A Case Study of Ardebil Reservoir, Drainage, and Irrigation Network)

Behnaz Khodabakhshi¹

Hamid Reza Jafari²

(Received May 18, 2010 Accepted June 28, 2010)

Abstract

Large-scale water resource development projects have been in many cases known to have a multitude of complex environmental impacts. The proper assessment of these impacts not only requires novel approaches to deal with the multiple aspects of these impacts but also needs rather quantitative techniques to make more reliable and less uncertain synthesis of the overall consequences of the project activities on both the integrity and health of the surrounding environment. Analysis of the significance of the environmental impacts is a multi-criteria decision making problem and makes the core of the conventional environmental impact assessment methods. However, these conventional measures of significance analyses are proved to be inadequate for dealing with the imprecise, vague, and uncertain nature of the linguistic assessments of the ecological, social, and cultural impacts. A new numerical method called the fuzzy outranking sorting technique for ELECTRE TRI (ELimination Et Choix Traduisant la REalite) is proposed and applied in this research for the purpose of environmental impact significance assessment of the Ardebil Reservoir, Drainage and Irrigation Development Project in Northwestern Iran. The basic idea behind the research was to develop a methodological framework to assist the environmental impact analysts in reducing, as much as possible, the intrinsic imprecise and uncertain traits of the multi-expert judgment based methods currently used in the analysis of environmental impacts of the

1. M.Sc. of Environmental Management and Planning, Dept. of Environmental Eng., Tehran University (Corresponding Author) (+98 21) 23961610 khodabakhshi_b@yahoo.com

2. Assoc. Prof., Dept. of Environmental Eng., Tehran University

۱- کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) ۲۳۹۶۱۶۱۰ (+۹۸ ۲۱) khodabakhshi_b@yahoo.com
۲- دانشیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

Compared to the compensatory MCDM techniques, ELECTRE TRI provides the advantage of using a fuzzy approach in the analysis of the vague and poorly determined set of judgment data and helps in more credible assignment of values to a set of predefined categories with respect to a set of impact criteria. Results of the Fuzzy ELECTRE TRI based analyses are compared with the weighted sum method, which is one of the current methods in environmental impact assessment process. It is argued that due to its multiple criteria and fuzzy characteristics, the ELECTRE TRI method is capable of producing more reliable inputs for the decision making process compared to the conventional additive techniques.

Keywords: Environmental Impact Assessment, Multiple Criteria Decision Making, Electre_TRI Model, Weighted Sum Method.

۱- مقدمه

استفاده قرار می‌گیرد. این مدل برای معیارهای هر اثر، به یک سری داده‌های کمی به‌عنوان ورودی نیاز دارد که بر اساس قضاوت‌های کارشناسی مبتنی بر بررسی‌های میدانی و تحلیلهای آزمایشگاهی حاصل می‌گردد. در واقع این تحقیق، شامل مراحل بعد از ارائه و تعیین امتیاز معیارهای اهمیت هر اثر زیست‌محیطی بود.

لازم به توضیح است که پروژه ارزیابی اثرات زیست‌محیطی سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل به‌عنوان مطالعه موردی این تحقیق انتخاب شد. این پروژه در سال ۱۳۸۴ توسط شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس، انجام شد و مورد تصویب سازمان حفاظت محیط‌زیست نیز قرار گرفت [۱].

مراحل انجام این تحقیق به‌صورت زیر بود:

- ۱- انتخاب اثرات زیست‌محیطی از پروژه ارزیابی اردبیل
- ۲- طبقه‌بندی اثرات در پروژه ارزیابی اردبیل
- ۳- انتخاب معیارهای مناسب برای بررسی اهمیت اثرات زیست‌محیطی
- ۴- طبقه‌بندی اثرات بر اساس روش جمع وزنی
- ۵- انتخاب مقیاس مناسب برای کمی‌سازی معیارها
- ۶- کنترل هماهنگی ارزشها
- ۷- تعیین وزن مناسب معیارها
- ۸- طبقه‌بندی اثرات بر اساس مدل Electre_TRI

۲- معرفی مطالعه موردی

مطالعات "ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل" که در سال ۱۳۸۴ توسط شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس انجام گردیده و مورد تصویب سازمان حفاظت محیط‌زیست قرار گرفته است، به‌عنوان مطالعه موردی در این مقاله انتخاب شد [۱]. لازم به توضیح است که این پروژه به دلیل دارا بودن سابقه اطلاعاتی مناسب و دریافت مصوبه زیست‌محیطی و همچنین روش ارزیابی تلفیقی، در این تحقیق مورد توجه قرار گرفت.

هدف کلی طرح اردبیل استفاده بهینه از پتانسیل رودخانه بالخلی چای، به‌منظور توسعه اراضی کشاورزی و تأمین نیاز آب کشاورزی ۱۵۰۰۰ هکتار از اراضی دشت اردبیل، تأمین بخشی از نیاز

اخیراً روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره به‌منظور تصمیم‌سازی مناسب، با در نظر گرفتن مجموعه معیارها، کاربرد زیادی در زمینه‌های مختلف علمی داشته است. یکی از مهم‌ترین موضوعات در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی^۱ پروژه‌های توسعه به‌ویژه طرحهای توسعه منابع آب نیز تعیین اهمیت اثرات زیست‌محیطی است. در روشهای معمول ارزیابی اثرات زیست محیطی به‌خصوص در ایران، غالباً شدت و در برخی موارد دامنه اثر به‌عنوان تنها معیار کمی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی مطرح است و سایر معیارها (در صورت وجود) به‌صورت کیفی و توصیفی ایفای نقش می‌کنند. لذا در این تحقیق سعی شد تا با به‌کارگیری مدل دسته‌بندی چندمعیاره Electre_TRI^۲، اهمیت اثرات زیست‌محیطی بر اساس مجموعه معیارهای منتخب، تعیین شود. همچنین نتایج حاصل با روش مرسوم جمع وزنی و روش ارزیابی که در پروژه "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی سد و شبکه آبیاری-زهکشی" مورد استفاده قرار گرفته است، مقایسه شد.

معیارها در تحقیق حاضر، شاخصهای اهمیت اثر زیست‌محیطی نظیر شدت اثر، تداوم اثر، دامنه اثر و گزینه‌ها، اثرات زیست‌محیطی پروژه بودند. در واقع به‌وسیله این مدل می‌توان تعیین نمود که هر یک از این اثرات در چه طبقه‌ای از اهمیت قرار می‌گیرند. همچنین در این مدل نظرات تصمیم‌گیرنده یا تصمیم‌گیرندگان نسبت به معیارها، به‌صورت آستانه‌های ارجحیت^۳، بی‌تفاوتی^۴ و توه^۵ مد نظر قرار می‌گیرد. یکی از ورودی‌های مهم این مدل، وزن معیارهاست که در این تحقیق، وزن معیارها براساس روش‌شناسی یکی از مراجع جهانی موجود (روش جمع وزنی) در نظر گرفته شد. البته خاطر نشان می‌سازد که کاربرد مدل Electre_TRI به‌هیچ وجه ضرورت انجام مطالعات صحرائی و آزمایشگاهی برای تأمین داده‌های مورد نیاز و استفاده از آن در مرحله امتیازدهی اولیه به سناریوها را منتفی نمی‌سازد بلکه این مدل در مرحله انتخاب روش ارزیابی، مورد

¹ Environmental Impact Assessment (EIA)

² ELECTRE: Elimination et Choice Translating Reality

³ Preference Threshold

⁴ Indifference Threshold

⁵ Veto Threshold

آب شرب شهر اردبیل و ایجاد امکان اضافه برداشت از سفره آب زیرزمینی تعریف شده است. طرح اردبیل شامل سد مخزنی اردبیل، بند انحرافی الماس، دریاچه شورابیل، سیستم انتقال آب، بند انحرافی انزاب و شبکه‌های آبیاری و زهکشی شمال و غرب شهر اردبیل است. آب پس از تجمع در مخزن سد، از طریق بندهای الماس، انزاب و دریاچه شورابیل به واحدهای عمرانی سه‌گانه منتقل می‌گردد. شبکه آبیاری و زهکشی طرح اردبیل از لحاظ موقعیت در غرب و شمال شهر اردبیل واقع است. فلور منطقه دارای ویژگی‌های پایه‌ای جنگلی با ترکیب اصلی گل سرخ، ولیک و بادام و بخش‌های مرتعی با غالبیت گون‌های چند ساله و کلاه‌میرحسین در مرزهای آلی و جوامع چوبک، گون و لگومینوز و گراس‌های گوناگون در مرزهای پایین تر است.

از جمله منابع آلاینده اصلی در بالادست مخزن سد اردبیل می‌توان به شهر نیر و ۳۶ روستا با جمعیتی معادل ۱۹۵۱۷ نفر (پس‌اب برگشتی ۴۷۱۷۳۲ مترمکعب در سال و بار آلودگی ۱۰۳۷۸۱ کیلوگرم در سال)، نه معدن، هفت واحد صنعتی، شش چشمه آبگرم و پنج مرکز پرورش ماهی اشاره نمود.

روش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی این طرح، تلفیقی از روش ماتریس آیکولد^۱ (ICOLD) در مورد سد اردبیل و چک لیست کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID)^۲ برای ارزیابی شبکه آبیاری-زهکشی آن بود. در هر خانه ماتریس آیکولد، ۵ نوع علامت یا ویژگی به شرح جدول ۱ مشخص شده است [۱].

جدول ۱- معیارهای اثرات در پروژه ارزیابی سد و شبکه آبیاری اردبیل

| معیار اثرات | انواع اثرات | علامت اختصاری |
|---------------|------------------------|--|
| ماهیت اثر | مثبت ^۳ | + |
| | منفی ^۴ | - |
| قطعیت اثر | قطعی ^۵ | C |
| | احتمالی ^۶ | M |
| تداوم اثر | مقطعی ^۷ | T |
| | دائمی ^۸ | P |
| زمان وقوع اثر | فوری ^۹ | I |
| | دراز مدت ^{۱۰} | L |
| شدت اثر | ۱ تا ۳ | High: زیاد - Moderate: متوسط - Low: کم |

¹ International Commission of Large Dams (ICOLD)

² International Commission of Irrigation and Drainage (ICID)

³ Positive

⁴ Negative

⁵ Certain

⁶ Probable

⁷ Temporary

⁸ Permanent

⁹ Immediate

¹⁰ Long-term

لازم به ذکر است که ارزیابی این پروژه در دو گزینه عدم اجرا و اجرا، انجام شد. سپس امتیازات داده شده به اثرات که در قالب ماتریس‌های مراحل ساختمانی و بهره‌برداری و در محیط‌های مختلف فیزیکی-شیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی توسط کارشناسانی با تخصصهای مختلف ارائه شده بودند، پس از جمع‌بندی و اعمال ضرایب تأثیر بالا، در دو گزینه مذکور مورد ارزیابی قرار گرفتند. در واقع امتیاز نهایی اثر در پروژه ارزیابی سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل (اهمیت اثر)، حاصل ضرب ضریب تأثیر اثر در شدت اثر بود.

به منظور کمی‌سازی اثرات در مورد پارامترهای کیفی که با حروف مشخص می‌شوند، مطابق با جدول ۲ ضریب تأثیر برای مجموعه‌های تلفیقی در نظر گرفته شد.

جدول ۲- ضریب تأثیر مجموعه ویژگی‌های اثر در پروژه سد و

شبکه آبیاری اردبیل [۱]

| ضریب تأثیر | علامت اختصاری | ضریب تأثیر | علامت اختصاری |
|------------|---------------|------------|---------------|
| ۲/۲۵ | LPC | ۰/۷۵ | IPM |
| ۱/۵ | IPC | ۰/۷ | ITC |
| ۱/۱۲ | LPM | ۰/۵۲ | LTM |
| ۱/۰۵ | LTC | ۰/۳۵ | ITM |

۳- مواد و روشها

۳-۱- مروری بر رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره

برای دستیابی به یک هدف خاص، عمدتاً لازم است که تصمیم گیرنده،^{۱۱} چندین معیار را به صورت توأم مورد ارزیابی قرار داده و گزینه‌های مختلف را بر طبق معیارها بسنجد. چنین فرایندی، تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)^{۱۲} نامیده می‌شود [۲]. در واقع در شرایط یک تصمیم‌گیری، می‌توان مسئله مورد نظر را در سه حالت بررسی نمود:

۱- انتخابی: انتخاب بهترین گزینه‌ها از میان گزینه‌های ممکن

۲- رتبه‌بندی: رتبه‌بندی گزینه‌ها به ترتیب ارجحیت آنها

۳- گروه‌بندی کردن: دسته‌بندی گزینه‌ها در طبقات از پیش تعیین شده بر اساس مقایسه آنها با مراجع و استانداردهای موجود [۲-۷].

مدل‌های MCDM عمدتاً به دو دسته چند هدفه (MODM)^{۱۳} و چند شاخصه (MADM)^{۱۴} تقسیم می‌شوند [۲]:

۱- مدل‌های چند هدفه: این مدل‌ها قادر به بهینه‌سازی اهداف مختلف با واحدهای مختلف هستند. هر یک از اهداف به‌کار گرفته

¹¹ Decision Makers (DMs)

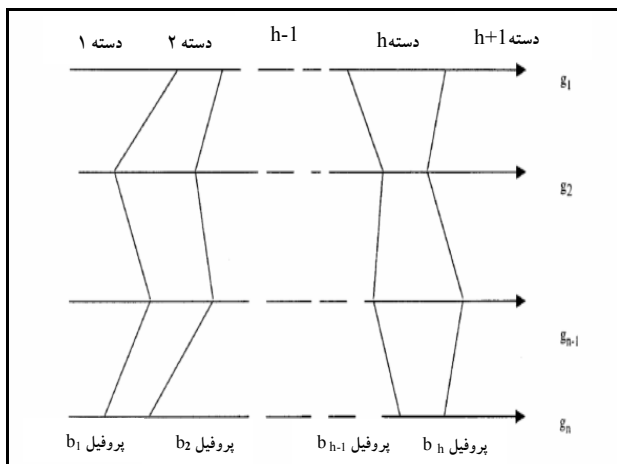
¹² Multi Criteria Decision Making

¹³ Multi Objective Decision Making

¹⁴ Multi Attribute Decision Making

چنانچه مطابق شکل ۱، برای معیارهای g_1, g_2, \dots, g_m (مجموعه F)، پروفیل‌های b_1, b_2, \dots, b_p (مجموعه B) در نظر گرفته شود و b_h حد بالایی دسته C_h و حد پایینی دسته C_{h+1} باشد، $\{h = (1, 2, \dots, p)\}$ ، در این حالت، $P+1$ دسته وجود خواهد داشت. در این روش، رابطه برتری (S) بین گزینه‌ها و پروفیل‌ها برقرار می‌شود. این ارتباط که با aSb_h و یا b_hSa نشان داده می‌شود، به این معنی است که گزینه a حداقل بهتر از پروفیل b_h است و یا بر عکس. حد آستانه‌های بی‌تفاوتی (q) و ارجحیت (P)، اطلاعات برتری داخلی هر معیار را تشکیل می‌دهند. این مقادیر در حقیقت دقت ارزیابی گزینه به ازای معیار را مشخص می‌نمایند [۳، ۵-۷].

q_j (بزرگ‌ترین اختلاف $g_j(a) - g_j(b_h)$) را مشخص می‌نماید که نشان دهنده سطح بی‌تفاوتی بین گزینه a و پروفیل b_h برای معیار g_j است. $P_j(b_h)$ حداقل اختلاف $g_j(a) - g_j(b_h)$ را مشخص می‌نماید که نشان دهنده سطح مطلوبیت گزینه a و پروفیل b_h برای معیار g_j است. نمایش شماتیک دسته‌ها و پروفیل‌ها در روش Electre TRI در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- نحوه تعریف دسته‌ها با استفاده از محدودیت پروفیل‌ها در مدل Electre TRI [۳، ۵-۷]

برای طبقه‌بندی گزینه‌ها، لازم است شاخصهای همانندی^۶ و ناهمانندی^۷ برای هر جفت گزینه، هر معیار و هر پروفیل برای هر معیار نیز محاسبه گردند [۳، ۵-۷].

یک مجموعه از ضرایب وزن‌های مهم (k_1, k_2, \dots, k_m) و یک مجموعه از آستانه‌های نپذیرفتن $(v_1(b_h), v_2(b_h), \dots, v_m(b_h))$ پارامترهایی هستند که در ساختن روابط برتری، نقش دارند. $v_j(b_h)$ نشان دهنده حداقل اختلاف $g_j(a) - g_j(b_h)$ است که با معادله aSb_h

شده دارای درجه برتری است که لازم است در فرایند بهینه‌سازی، ترتیب حل آنها رعایت شود. گزینه‌ها بر اساس بهینه‌سازی یک سری تابع هدف با توجه به قیود مسئله، طراحی می‌گردند. در این مدل‌ها، افزایش اهمیت یک هدف تنها با کاهش اهمیت حداقل یک هدف دیگر، میسر خواهد بود.

۲- مدل‌های چند شاخصه: این مدل‌ها برای انتخاب گزینه برتر استفاده می‌شوند. معمولاً انتخاب یا از طریق تعیین سطح قابل قبول برای معیارها و یا مقایسه بین گزینه‌ها صورت می‌گیرد. مدل‌های MADM خود به دو دسته مدل‌های غیر جبرانی و مدل‌های جبرانی تقسیم می‌شوند:

الف- مدل غیر جبرانی: شامل روشهایی است که مبادله در بین شاخصها مجاز نیست؛ به این معنا که نقطه ضعف موجود در یک شاخص توسط مزیت موجود در شاخص دیگر جبران نمی‌شود. در نتیجه در این روشها هر شاخص به تنهایی مطرح بوده و مقایسه‌ها به صورت شاخص به شاخص صورت می‌پذیرد. مزیت این گونه روشها سادگی آنهاست که با رفتار تصمیم گیرنده و محدود بودن اطلاعات او مطابقت دارد. در برخی از این روشها ممکن است نیازی به کسب اطلاعات از تصمیم گیرنده نباشد. این مدل‌ها منجر به یک جواب عینی می‌گردند.

ب- مدل جبرانی: شامل روشهایی است که در آن امکان مبادله میان شاخصها وجود دارد. به عبارت دیگر تغییری در یک شاخص می‌تواند توسط تغییر در شاخصی دیگر تعدیل گردد و یا کاهش یک شاخص در صورتی که سبب افزایش شاخص دیگر شود، قابل پذیرش خواهد بود. این مدل‌ها به سه زیر گروه نمره‌گذاری و امتیازدهی، سازشی و هماهنگ تقسیم می‌گردند.

۳-۲- معرفی مدل Electre TRI

مدل Electre TRI جزء روشهای چندمعیاره الکتره است. روش الکتره نخستین بار در سال ۱۹۶۶ توسط بنایون و همکاران^۱ معرفی و سپس توسط روی^۲ در سال ۱۹۶۸، نیکامپ^۳ در سال ۱۹۷۷ و روی و اسکالکا^۴ در سال ۱۹۸۴، توسعه یافت. روش Electre TRI اولین بار در سال ۱۹۹۲ توسط یو^۵ ارائه گردید [۸-۱۱].

این روش، یک روش دسته‌بندی تصمیم‌گیری چند معیاره است که گزینه‌ها را بر اساس بازه‌های از پیش تعیین شده، طبقه‌بندی می‌نماید. این طبقه‌بندی در نتیجه مقایسه هر گزینه با پروفیل‌هایی که بیانگر مرز طبقات هستند، حاصل می‌گردد [۳-۷ و ۱۲].

1 Benayoun et al.
2 Roy
3 Nijkamp
4 Roy and Skalka
5 Yu

6 Concordance Indices

7 Discordance Indices

ناموافق است. در این روش شاخص $\sigma(a, b_h) \in [0,1]$ دهنده درجه اعتبار معادله aSb_h است. اگر رابطه $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ برقرار باشد، معادله aSb_h صادق است. لازم به توضیح است که λ یک سطح جدایی^۱ است ($\lambda \in [0,1]$).
 دو دیدگاه بدبینانه^۲ و خوشبینانه^۳ برای انجام این طبقه‌بندی وجود دارد. در روش بدبینانه، گزینه a به صورت متوالی با پروفیل‌های b_i مقایسه می‌گردد و b_h اولین پروفیلی است که در معادله aSb_h گزینه a را به دسته C_{h+1} وابسته می‌کند. در روش خوشبینانه گزینه a به صورت متوالی با پروفیل‌های b_i مقایسه می‌گردد و b_h اولین پروفیلی است که در معادله $b_h > a$ گزینه a را به دسته C_h وابسته می‌کند. در نهایت همانطور که قبلاً نیز بیان گردید، در مدل Electre_TRI، گزینه‌ها بر اساس معیارهای مشخص در دسته‌ها یا طبقات از پیش تعیین شده، قرار می‌گیرند. این امر در نتیجه مقایسه گزینه با پروفیل‌هایی که در واقع بیانگر مرز طبقات هستند، انجام می‌شود [۳، ۵-۷].

۳-۳- معرفی روش جمع وزنی
 این روش یکی از روشهایی است که به‌طور گسترده‌ای در تعیین اهمیت اثرات زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۲ و ۱۳]. در این روش، وزن معیارها بر اساس جدول ۳ مشخص شده و معیارها در مقیاس عددی امتیازدهی می‌گردند. چنانچه مقیاس، توصیفی باشد باید برای انجام محاسبات ابتدا به مقیاس عددی تبدیل گردد. در این روش، اهمیت هر اثر زیست محیطی به صورت عددی در دامنه (۰-۱) از رابطه ۱ محاسبه شده و بر اساس طبقات جدول ۴ بیان می‌گردد [۱۴].

$$G_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n \omega_k a_{(i,j),k}}{\sum_{k=1}^n \omega_k} \quad (1)$$

که در این رابطه

$\omega_k \in [0, 1]$ ارزش نرمالیز شده معیار، G_{ij} اهمیت اثر و ω_k وزن معیار است.

¹ Cutting level
² Pessimistic procedure
³ Optimistic procedure

جدول ۳- معیارها و وزن آنها جهت استفاده در روش جمع وزنی [۱۲]

| مقیاس | ارزش | وزن | معیار | مقیاس | ارزش | وزن | معیار |
|-------|--------------------|-----|---------------------|-------|------------|-----|-------------|
| ۳ | بسیار زیاد | ۱ | اثر سینرژی | (-) | مثبت | - | نوع اثر |
| ۲ | زیاد | | | (+) | منفی | | |
| ۱ | کم | | | ۴ | بسیار زیاد | ۳ | شدت اثر |
| ۳ | دائمی | ۱ | تداوم اثر | ۳ | زیاد | | |
| ۱ | موقتی | | | ۲ | متوسط | | |
| ۳ | مشکل | ۱ | راهکار کاهش | ۱ | کم | | |
| ۲ | متوسط | | | ۳ | کلی | ۲ | دامنه اثر |
| ۱ | آسان | | | ۲ | لکه ای | | |
| ۳ | منظم و دوره ای | ۱ | تناوبی | ۱ | نقطه ای | | |
| ۱ | نا منظم و بی قاعده | | | ۳ | تجمعی | ۱ | اثر تجمعی |
| ۳ | مستقیم | ۱ | ارتباط علت و معلولی | ۱ | ساده | | |
| | | | | ۳ | بلند مدت | ۱ | برگشت پذیری |
| ۱ | غیر مستقیم | | | ۲ | میان مدت | | |
| | | | | ۱ | کوتاه مدت | | |

جدول ۴- طبقه‌بندی اثرات زیست محیطی بر اساس اهمیت اثرات [۱۲]

| اهمیت | دامنه | اهمیت | دامنه |
|--------|-------------|--------|------------|
| زیاد | ۰/۷۵ - ۰/۵۱ | سازگار | ۰ - ۰/۲۵ |
| بحرانی | ۰/۷۶ - ۱ | متوسط | ۰/۲۶ - ۰/۵ |

۴- نتایج و بحث

۴-۱- انتخاب اثرات زیست محیطی از پروژه سد و شبکه آبیاری اردبیل

مطابق الگوی انجام این تحقیق، ۲۰ اثر منفی برای اجرای مدل و مقایسه، در نظر گرفته شد. اثرات منتخب از ماتریس ارزیابی پروژه در فازهای ساختمانی و بهره‌برداری استخراج شد.

۴-۲- طبقه‌بندی اثرات در پروژه سد و شبکه آبیاری اردبیل
اثرات زیست محیطی انتخاب شده از پروژه سد و شبکه آبیاری اردبیل، امتیازی را کسب نمودند که بر گرفته از حاصل ضرب ارزش کمی شدت اثر در ضریب تأثیر آن اثر بود. از آنجا که در پروژه اردبیل، جمع‌بندی نهایی بر اساس محاسبه امتیاز کل اثرات در دو گزینه اجرا و عدم اجرا و در مراحل ساختمانی و بهره‌برداری انجام شده است، لذا طبقه‌بندی اثرات زیست محیطی انجام نگرفته است و طبقاتی در نظر گرفته نشده است. ولی با توجه به اینکه در تحقیق حاضر، بحث طبقه‌بندی اثرات زیست محیطی مطرح بود، لازم بود اثرات انتخاب شده از پروژه اردبیل طبقه‌بندی گردند. به این منظور با توجه به حداکثر و حداقل امتیازات کسب شده در نتیجه حاصل ضرب ارزش کمی شدت اثر در ضریب تأثیر آن اثر که به ترتیب ۶/۷۵ (۳×۲/۲۵) و ۰/۳۵ (۱×۰/۳۵) بود، چهار طبقه

مطابق جدول ۵ انتخاب شد و اثرات بر اساس آن طبقه‌بندی شدند. نتایج طبقه‌بندی اثرات در این روش در جدول ۶ ارائه شده است.

۴-۳- انتخاب معیارهای مناسب برای بررسی اهمیت اثرات زیست محیطی

به منظور انتخاب معیارهای مناسب، معیارهای موجود و میزان تکرار آنها در مراجع ملی و بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۷). ملاحظه می‌شود که معیارهای شدت، دامنه و تداوم اثر، بیشترین تکرار را در برآورد اهمیت اثرات زیست محیطی داشته‌اند. این امر بیانگر آن است که این معیارها، جزء معیارهای اصلی و اثرگذار در بیان خصوصیات اثر محسوب می‌شوند. نهایتاً پس از بررسی جدولها و میزان تکرار معیارها و همچنین مطابقت با روشهای ارزیابی در ایران، معیارهای ماهیت اثر، شدت، دامنه، تداوم و همچنین احتمال وقوع اثر و سهولت اجرای راهکارهای کاهش، برای بررسی اهمیت اثرات زیست محیطی توسط روش جمع وزنی انتخاب گردیدند.

جدول ۵- طبقات پیشنهادی به منظور طبقه‌بندی اثرات

| زیست محیطی سد اردبیل | | |
|----------------------|-------------|----------------|
| کم (L) | ۰/۳۵ - ۱/۹۴ | زیاد (H) |
| متوسط (M) | ۱/۹۵ - ۳/۵۴ | خیلی زیاد (VH) |
| | | ۳/۵۵ - ۵/۱۴ |
| | | ۵/۱۵ - ۶/۷۵ |

جدول ۶- نتایج طبقه‌بندی اهمیت اثرات زیست محیطی در سناریوهای مختلف روش جمع وزنی

| اهمیت اثر | فعالیت‌های پروژه-پارامترهای زیست محیطی | اهمیت اثر | فعالیت‌های پروژه-پارامترهای زیست محیطی |
|-----------|---|-----------|---|
| L | فعالیت‌های ساختمانی سد و شبکه-حوادث و سوانح | L | خاکبرداری و خاکریزی-کیفیت هوا |
| L | برداشت منابع قرضه-مورفولوژی رودخانه | M | جاده‌سازی و ابنیه فنی-زیستگاههای اکوسیستم خشکی |
| L | تأمین نیروی انسانی-فرهنگ جوامع بومی | L | جاده‌سازی و ابنیه فنی-پرندگان |
| L | کمپ کارگاهی (ساختمانی)-کیفیت منابع آب سطحی | M | جاده‌سازی و پل‌سازی-زیستگاههای اکوسیستم آبی |
| M | ورود زهاب کشاورزی و پساب بهداشتی-تغذیه گرای می‌مخزن | M | برداشت منابع قرضه-تراکم گونه های گیاهی |
| سد | | | |
| VH | بهره‌برداری از سد-جریان آب در پایین دست | L | انباشت زائدات و نخاله‌های ساختمانی-کیفیت منظر و چشم انداز |
| M | بهره‌برداری از سد-کیفیت آب در پایین دست | L | برداشت آب از رودخانه به منظور عملیات ساختمانی شبکه-کیفیت آب |
| L | کمپ بهره‌برداری-کیفیت منابع آب سطحی | L | تملك اراضی در محدوده شبکه-فعالیت‌های کشاورزی |
| M | آبگیری مخزن سد - پایداری شیب‌های ساحلی | L | فعالیت‌های ساختمانی سد و شبکه-آرامش صوتی |
| M | آبگیری مخزن سد-تأسیسات و ابنیه | L | بهره‌برداری از شبکه-آلودگی خاک |

جدول ۷- معیارهای موجود در برآورد اهمیت اثرات زیست محیطی [۱۲]

| سطح و نوع ریسک و عدم قطعیت | اولویت‌های مردم و مسئولین | تواتر | دوره‌ای بودن | وجود ارزش‌های هماهنگ | اطمینان در پیش‌بینی اثر | احتمال وقوع | محل - استراتژیک | مستقیم - غیر مستقیم | برگشت پذیر - برگشت ناپذیر | منفی/مثبت | جمعیت تأثیرپذیر | چهارچوب زمانی | حساسیت منابع | راهکار کاهش | تعارض | تجمعی | هم افزایی | تداوم | دامنه | شدت |
|----------------------------|---------------------------|-------|--------------|----------------------|-------------------------|-------------|-----------------|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-------|-------|-----------|-------|-------|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | آنتونز و همکاران ^۱ (۲۰۰۱) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | بوژورکز- تاپیا و همکاران ^۲ |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | کلارک و همکاران ^۳ (۱۹۸۳) و تامسون (۱۹۹۰) ^۴ |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | دونیکر ^۵ و بینلند ^۶ (۱۹۸۶) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | گومز- اوریا ^۷ (۱۹۹۹) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | لارنس ^۸ (۲۰۰۳) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | روشهای معمول ارزیابی در ایران |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | تکرار معیار در روشهای مختلف |

جدول ۸- نتایج طبقه‌بندی اهمیت اثرات زیست محیطی در سناریوهای مختلف روش جمع وزنی

| اهمیت اثر | فعالیت‌های پروژه- پارامترهای زیست محیطی | اهمیت اثر | فعالیت‌های پروژه- پارامترهای زیست محیطی |
|-----------|---|-----------|--|
| M | فعالیت‌های ساختمانی سد و شبکه- حوادث و سوانح | M | خاکبرداری و خاکریزی- کیفیت هوا |
| H | برداشت منابع قرضه - مورفولوژی رودخانه | H | جاده سازی و ابنیه فنی- زیستگاه‌های اکوسیستم خشکی |
| H | تامین نیروی انسانی - فرهنگ جوامع بومی | H | جاده سازی و ابنیه فنی- پرندگان |
| H | کمپ کارگاهی (ساختمانی) - کیفیت منابع آب سطحی | VH | جاده سازی و پل سازی - زیستگاه‌های اکوسیستم آبی |
| H | ورود زهاب کشاورزی و پساب بهداشتی- تغذیه‌گرایی مخزن سد | H | برداشت منابع قرضه- تراکم گونه‌های گیاهی |
| VH | بهره برداری از سد - جریان آب در پایین دست | M | انباشت زائدات و نخاله‌های ساختمانی- کیفیت منظر و چشم انداز |
| H | بهره برداری از سد - کیفیت آب در پایین دست | H | برداشت آب از رودخانه جهت عملیات ساختمانی شبکه- کیفیت آب |
| H | کمپ بهره برداری - کیفیت منابع آب سطحی | M | تملك اراضی در محدوده شبکه - فعالیتهای کشاورزی |
| M | آبگیری مخزن سد - پایداري شیب‌های ساحلی | M | فعالیت‌های ساختمانی سد و شبکه - آرامش صوتی |
| H | آبگیری مخزن سد - تأسیسات و ابنیه | H | بهره‌برداری از شبکه- آلودگی خاک |

1 Antunes et al
 2 Bojorquez-Tapia et al
 3 Clark et al
 4 Thampson
 5 Duinker
 6 Beanlands
 7 Gomez-Orea
 8 Lawrence

۴-۴- طبقه‌بندی اثرات بر اساس روش جمع وزنی

در این مرحله، اهمیت اثرات از رابطه جمع وزنی با در نظر گرفتن وزن‌های (۱-۲-۳) به‌دستی می‌آید (رابطه ۱). لازم به‌ذکر است در کاربرد این روش، ارزش معیارها باید بر اساس ارزشهای ارائه شده در جدول ۳ تعیین شده و سپس این ارزشها نرمالیز گردند. عملیات نرمالیز کردن، با تقسیم ارزش هر معیار بر بیشترین ارزش معیار در یک ستون انجام می‌شود. در این روش، نهایتاً اهمیت هر اثر محیط زیستی به‌صورت عددی در دامنه (۰-۱) از رابطه ۱ محاسبه شده و بر اساس طبقات جدول ۴ بیان می‌گردد. نتایج این مرحله در جدول ۸ ارائه گردیده است.

۴-۷- تعیین وزن مناسب معیارها

تعیین وزن معیارها از جمله الزامات کار با مدل Electre TRI است، در این تحقیق، وزن معیارها بر اساس روش جمع وزنی که در جدول ۳ ارائه شده است، در نظر گرفته شد [۱۲ و ۱۳]. وزن معیار شدت معادل ۳، دامنه معادل ۲ و وزن سایر معیارها نظیر تداوم، احتمال وقوع اثر و میزان کاربردی بودن راهکارهای کاهش معادل ۱ در نظر گرفته شد. این وزن‌ها به‌همراه ارزش معیارها وارد مدل شد (جدول ۱۰).

۴-۸- طبقه‌بندی اثرات زیست محیطی بر اساس مدل

Electre TRI

در این مرحله، داده‌های مورد نیاز به‌شرح ذیل وارد مدل گردید:
الف- ارزش معیارها در هر یک از گزینه‌ها پس از کنترل هماهنگی (سازگاری)

ارزش در نظر گرفته شده برای هر معیار در هر یک از گزینه‌ها، به‌شرح جدول ۱۰، وارد مدل گردید. لازم به‌ذکر است که ارزشهای در نظر گرفته شده، برای همه سناریوها ثابت بود.

ب- مقادیر آستانه‌ها

از جمله الزامات کار با مدل Electre TRI تعیین مقادیر آستانه‌ها است. مقادیر انتخاب شده آستانه‌های برتری (p)، بی‌تفاوتی (q)، و تو (v)، cut و همچنین پروفیل‌ها در تحقیق حاضر در جدول ۱۱ ارائه شده است. لازم به‌ذکر است که b_3, b_2, b_1 به‌ترتیب پروفیل‌های اول تا سوم و مرز بین چهار طبقه کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد است.

۴-۵- انتخاب مقیاس مناسب جهت کمی سازی معیارها

از آنجا که لازم است ارزش کلیه معیارها به‌صورت کمی وارد مدل پیشنهادی در این تحقیق شود، براساس روشهای موجود، مقیاس (۱-۳) برای امتیازدهی به معیارها به‌شرح جدول ۹ تعریف گردید. لازم به‌ذکر است که در این مدل برخی معیارها افزایشی و برخی کاهشیه هستند. در مورد معیارهای افزایشی، ارزش بیشتر و در مورد معیارهای کاهشیه، ارزش کمتر آنها مطلوب است. با توجه به ماهیت منفی اثرات انتخاب شده، معیارهای شدت، دامنه، تداوم و احتمال وقوع در رده معیارهای کاهشیه و معیار راهکار کاهش، در دسته معیارهای افزایشیه قرار می‌گیرد. جدول ۹ نشان می‌دهد که هر معیار چه ویژگی‌هایی سبب کسب امتیازات ۱ تا ۳ می‌شوند. به‌عنوان مثال، چنانچه اثری موقتی و در مرحله ساختمانی و همچنین در محدوده مستقیم پروژه رخ دهد، از نظر معیار تداوم امتیاز ۱ و از نظر معیار دامنه، امتیاز ۲ را دریافت می‌کند.

۴-۶- کنترل هماهنگی ارزش‌ها^۱

اثرات زیست محیطی انتخاب شده از پروژه اردبیل، با توجه به معیارهای تعیین شده و مقیاس عددی در نظر گرفته شده مطابق جدول ۹، کمی گردید. به‌منظور حصول اطمینان از هماهنگی قضاوت‌های کارشناسان مختلف در مورد اثرات زیست محیطی و معیارهای مرتبط، کنترل هماهنگی ارزش‌های داده شده به معیارها

^۱ Consistency Control

جدول ۹- الگوی امتیازدهی به معیارهای انتخاب شده در مقیاس (۱-۳)

| امتیاز | معیارها | | | |
|--------|---------|-------------------|----------------------------|---------------------------------|
| | شدت | دامنه | تداوم | احتمال وقوع |
| ۱ | کم | محدوده بلافاصل | موقتی در مرحله ساختمانی | با احتمال وقوع کمتر از ۵۰ درصد |
| ۲ | متوسط | محدوده مستقیم | موقتی در مرحله بهره برداری | با احتمال وقوع بیشتر از ۵۰ درصد |
| ۳ | زیاد | محدوده غیر مستقیم | دائمی | قطعی |

جدول ۱۰- داده‌های ورودی مدل در مورد ارزش معیارها هرگزینه پس از کنترل هماهنگی (سازگاری)

| راهکار کاهش | احتمال وقوع | تداوم D | دامنه E | شدت M | فعالیت‌های پروژه - پارامترهای زیست محیطی |
|----------------|----------------|------------|------------|----------|---|
| | | | | | |
| ۲/۶۷ | ۳/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۳۳ | ۱ خاکبرداری و خاکریزی-کیفیت هوا (-1ITC) |
| ۱/۶۷ | ۳/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۶۷ | ۱/۶۷ | ۲ جاده‌سازی و ابنیه فنی- زیستگاه‌های اکوسیستم خشکی (-2IPC) |
| ۱/۶۷ | ۱/۶۷ | ۱/۰۰ | ۱/۳۳ | ۲/۳۳ | ۳ جاده‌سازی و ابنیه فنی- پرندگان (-2IPM) |
| ۱/۳۳ | ۲/۶۷ | ۱/۰۰ | ۱/۶۷ | ۳/۰۰ | ۴ جاده‌سازی و پل‌سازی-زیستگاه‌های اکوسیستم آبی (-3ITC) |
| ۱/۶۷ | ۲/۳۳ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۲/۳۳ | ۵ برداشت منابع قرصه-تراکم گونه‌های گیاهی (-2IPC) |
| ۳/۰۰ | ۱/۶۷ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۶ انباشت زائدات و نخاله‌های ساختمانی - کیفیت منظر و چشم‌انداز (-1HPM) |
| ۳/۰۰ | ۲/۳۳ | ۱/۰۰ | ۱/۳۳ | ۲/۳۳ | ۷ برداشت آب از رودخانه به منظور عملیات ساختمانی شبکه - کیفیت آب (-1ITC) |
| ۲/۰۰ | ۲/۳۳ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۲/۳۳ | ۸ تملک اراضی در محدوده شبکه- فعالیتهای کشاورزی (-1LPM) |
| ۲/۳۳ | ۲/۳۳ | ۱/۰۰ | ۱/۶۷ | ۱/۳۳ | ۹ فعالیتهای ساختمانی سد و شبکه-آرامش صوتی (-2ITC) |
| ۲/۰۰ | ۲/۳۳ | ۲/۶۷ | ۱/۰۰ | ۲/۳۳ | ۱۰ بهره‌برداری از شبکه- آلودگی خاک (-2LTM) |
| ۲/۶۷ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱۱ فعالیتهای ساختمانی سد و شبکه - حوادث و سوانح (-1ITM) |
| ۱/۳۳ | ۲/۳۳ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۳۳ | ۱۲ برداشت منابع قرصه - مورفولوژی رودخانه (-1IPC) |
| ۳/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۶۷ | ۱/۳۳ | ۱/۶۷ | ۱۳ تأمین نیروی انسانی-فرهنگ جوامع بومی (-1LPM) |
| ۱/۶۷ | ۱/۳۳ | ۱/۰۰ | ۱/۳۳ | ۲/۰۰ | ۱۴ کمپ کارگاهی (ساختمانی) - کیفیت منابع آب سطحی (-1ITC) |
| ۱/۶۷ | ۲/۳۳ | ۲/۰۰ | ۱/۰۰ | ۲/۶۷ | ۱۵ ورود زهاب کشاورزی و پساب بهداشتی- تغذیه گرایمی مخزن سد (-3LPM) |
| ۳/۰۰ | ۳/۰۰ | ۲/۰۰ | ۲/۳۳ | ۳/۰۰ | ۱۶ بهره‌برداری از سد - جریان آب در پایین دست (-3LPC) |
| ۲/۳۳ | ۱/۳۳ | ۲/۰۰ | ۲/۳۳ | ۲/۶۷ | ۱۷ بهره‌برداری از سد - کیفیت آب در پایین دست (-2LPM) |
| ۱/۶۷ | ۱/۰۰ | ۲/۰۰ | ۱/۳۳ | ۱/۶۷ | ۱۸ کمپ بهره برداری - کیفیت منابع آب سطحی (-1LPM) |
| ۲/۳۳ | ۱/۳۳ | ۲/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۳۳ | ۱۹ آبگیری مخزن سد - پایداری شیب‌های ساحلی (-2LPM) |
| ۱/۰۰ | ۳/۰۰ | ۳/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۶۷ | ۲۰ آبگیری مخزن سد - تأسیسات و ابنیه (-2IPC) |

یک طبقه بالاتر در اثر ۱۵ و یک طبقه پایین‌تر در اثر ۱۶ است. موارد مذکور نشان می‌دهد که نتایج حاصل از کاربرد مدل Electre_TRI تا حد زیادی با واقعیت و ماهیت اثرات ناشی از طرح ارزیابی اردبیل مطابقت و همخوانی دارد.

جدول ۱۱- مقادیر آستانه‌های ورودی مدل Electre_TRI

| راهکار کاهش پارامتر | شدت | دامنه E | تداوم D | احتمال وقوع P | راهکار کاهش معیار / T |
|---------------------------|------|------------|------------|---------------------|--------------------------------|
| | | | | | |
| وزن معیار | ۳ | ۲ | ۱ | ۱ | ۱ |
| P (آستانه برتری) | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ |
| q (آستانه بی تفاوتی) | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| b ₁ پروفیل ۱ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۲/۵ |
| b ₂ پروفیل ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| b ₃ پروفیل ۳ | ۲/۵ | ۲/۵ | ۲/۵ | ۲/۵ | ۱/۵ |

ذکر این نکته ضروری است که با توجه به انتخاب عدد ۰/۵ برای cut-، نتایج حاصل از دو دیدگاه خوشبینانه و بدبینانه، یکسان بود.

نتایج به دست آمده از مدل Electre_TRI بر اساس آستانه‌های تعیین شده، در جدول ۱۱ و جمع‌بندی نتایج حاصل از روش ارزیابی پروژه اردبیل و همچنین روش جمع وزنی که بیانگر اهمیت اثرات زیست‌محیطی در چهار طبقه کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد است، در جدول ۱۲ ارائه شده است.

نتایج حاصل از مقایسه روشها در جدول ۱۲، نشان می‌دهد که ۱۰ درصد نتایج روش جمع‌زنی (اثرات ۱۶ و ۱۹) و ۵۰ درصد نتایج مدل Electre_TRI اثرات (۱، ۲، ۶، ۷، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۲۰)، با نتایج به دست آمده از روش ارزیابی پروژه اردبیل مشابهت دارند. همچنین نتایج مدل بیانگر آن است که اهمیت سایر اثرات در روش ارزیابی پروژه اردبیل و روش Electre_TRI عمدتاً در یک سطح از اهمیت با یکدیگر متفاوت هستند. به عنوان نمونه در خصوص اثرات ۱۵ و ۱۶ مشاهده می‌گردد که اهمیت اثرات در پروژه اردبیل به ترتیب در طبقات متوسط و خیلی زیاد و در مدل Electre_TRI در طبقه زیاد قرار گرفته است که به ترتیب

جدول ۱۲- نتایج حاصل از کاربرد مدل Electre-TRI به همراه نتایج حاصل از روش ارزیابی پروژه اردبیل و روش جمع وزنی

| مدل Electre-TRI (وزن معیارها ۳-۲- ($q=0, p=0.15, \lambda$) | روش جمع وزنی وزن معیارها ۳-۲-۱ | روش ارزیابی پروژه اردبیل | فعالیت‌های پروژه - پارامترهای زیست محیطی |
|---|--------------------------------------|-----------------------------|---|
| L | M | L | خاکبرداری و خاکریزی - کیفیت هوا (-1ITC) |
| M | H | M | جاده‌سازی و ابنیه فنی - زیستگاه‌های اکوسیستم خشکی (-2IPC) |
| M | H | L | جاده‌سازی و ابنیه فنی - پرندگان (-2IPM) |
| VH | VH | M | جاده‌سازی و پل‌سازی - زیستگاه‌های اکوسیستم آبی (-3ITC) |
| H | H | M | برداشت منابع قرضه - تراکم گونه‌های گیاهی (-2IPC) |
| L | M | L | انباشت زائدات و نخاله‌های ساختمانی - کیفیت منظر و چشم انداز (-1IPM) |
| L | H | L | برداشت آب از رودخانه جهت عملیات ساختمانی شبکه - کیفیت آب (-1ITC) |
| M | H | L | تملك اراضی در محدوده شبکه - فعالیت‌های کشاورزی (-1LPM) |
| L | H | L | فعالیت‌های ساختمانی سد و شبکه - آرامش صوتی (-2ITC) |
| H | H | L | بهره‌برداری از شبکه - آلودگی خاک (-2LTM) |
| L | M | L | فعالیت‌های ساختمانی سد و شبکه - حوادث و سوانح (-1ITM) |
| L | H | L | برداشت منابع قرضه - مورفولوژی رودخانه (-1IPC) |
| L | H | L | تامین نیروی انسانی - فرهنگ جوامع بومی (-1LPM) |
| L | H | L | کمپ کارگاهی (ساختمانی) - کیفیت منابع آب سطحی (-1ITC) |
| H | H | M | ورود زهاب کشاورزی و پساب بهداشتی - تغذیه گرایبی مخزن سد (-3LPM) |
| H | VH | VH | بهره‌برداری از سد - جریان آب در پایین دست (-3LPC) |
| H | H | M | بهره برداری از سد - کیفیت آب در پایین دست (-2LPM) |
| M | H | L | کمپ بهره برداری - کیفیت منابع آب سطحی (-1LPM) |
| L | M | M | آبگیری مخزن سد - پایداری شیب های ساحلی (-2LPM) |
| M | H | M | آبگیری مخزن سد - تاسیسات و ابنیه (-2IPC) |

۵- نتیجه‌گیری

کاربرد تکنیک‌های چند معیاره به منظور کمک به تصمیم‌گیری مناسب باید به عنوان یک اصل ذاتی در چارچوب ارزیابی اثرات زیست محیطی مد نظر قرار گیرد. مسائل ذاتی موجود در فرایند EIA از جمله انتخاب گزینه‌ها و ارزیابی اثرات زیست محیطی، در بردارنده این حقیقت غیر قابل انکار است که باید اثرات زیست محیطی را از دیدگاه چند معیاره مورد بررسی قرار داد زیرا هر دو نیازمند توجه به عوامل مختلف هستند و تقریباً غیر ممکن است که این مسائل را تنها با در نظر گرفتن یک معیار منفرد، مورد ارزیابی قرار داد. لذا تعیین اهمیت اثرات زیست محیطی در واقع، یک مسئله چند معیاره است و یکی از مهم‌ترین مسائلی است که باید در EIA، چه از نظر تصویب پروژه و چه از نظر تعیین راهکارهای اصلاحی مناسب حل شود.

مدل پیشنهادی Electre TRI یک مدل چندمعیاره است که در رده مدل‌های طبقه‌بندی قرار می‌گیرد و ساختار آن تا حد زیادی با موضوع تعیین اهمیت اثرات زیست محیطی، همخوانی دارد. نتایج

این مدل در این تحقیق، بیانگر قابلیت آن در بالا بردن انعطاف‌پذیری ارزیابی اثرات زیست محیطی با رویکرد طبقه‌بندی اثرات بر اساس معیارهای مختلف بود. در حقیقت، حداقل عملکرد و مزیت مدل پیشنهادی در فرایند ارزیابی اثرات زیست محیطی، ارزیابی اثرات بر اساس معیارهای متنوع زیست محیطی است که در روش‌های معمول ارزیابی در کشور، متدولوژی مشخصی برای آن وجود ندارد.

به طور کلی روش مناسب ارزیابی اثرات زیست محیطی، روشی است که علاوه بر دارا بودن سرعت مناسب، اهداف مورد نظر را تحقق بخشیده و در نهایت بتواند با ایجاد تفاهم در تصمیم‌گیری، نتیجه نهایی را با عنایت به جمیع نظرات تصمیم‌گیرندگان و ذی‌نفعان، به بهترین شکل ارائه نماید. بررسی مدل دسته‌بندی چند معیاره Electre TRI و کاربرد آن در یک مطالعه موردی ارزیابی اثرات زیست محیطی به خوبی مؤید قابلیت این مدل در تعیین اهمیت این اثرات است. لذا پیشنهاد می‌گردد که این مدل، به عنوان یک روش ارزیابی اثرات با رویکرد چند معیاره مورد استفاده قرار

گیرد و مشابه سایر مدل‌های تصمیم‌گیری، نقاط قوت و ضعف آن به مرور مشخص گردد.

چنانچه مشابه تحقیق حاضر، از یک روش دیگر نیز همراه با مدل Electre_TRI استفاده گردد، در مواردی که طبقه‌بندی اهمیت اثرات در دو روش، یک سطح و یا بیش از یک سطح با یکدیگر متفاوت هستند، ارزیابی نهایی اهمیت اثر کاملاً منوط به قضاوت کارشناس ارزیاب می‌گردد. در این حالت نقش کلیدی کاربر متخصص و دارای شناخت در جمیع جوانب طرح، مشخص می‌شود. در این شرایط، ارزیاب است که با توجه به تجربه و دانش تخصصی لازم و بر اساس ماهیت طرح و اثرات آن بر محیط زیست، ارزیابی نهایی اهمیت اثر محیط زیستی را انجام می‌دهد. لازم به ذکر است که از جمله نقاط ضعف این مدل، تعدد

پارامترهای مورد نیاز آن است که تعیین آنها، مشکل‌ترین مرحله کار با این مدل است.

۶- پیشنهاد

یکی از مشکلات این پژوهش عدم وجود معیارهای مناسب و مشخص برای تعیین اهمیت اثرات زیست محیطی و عدم وجود ارزش کمی برای معیارها و وزن آنها در قالب یک متدولوژی مدون و منطقی بود. لذا پیشنهاد می‌گردد تا با بررسی مطالعات موردی انجام شده در خصوص ارزیابی اثرات زیست محیطی ناشی از اجرای فعالیتهای توسعه بر محیط زیست، معیارهای مناسب برای بیان ویژگی اثرات در انواع مختلف پروژه‌های توسعه، تدوین شود و وزن مناسب آنها ارائه گردد.

۷- مراجع

- 1- Mahab Ghodss Consulting Eng. (2005). *Environmental assessment report of Ardebil dam*, Tehran. (In Persian)
- 2- Fooladgar, M. (2007). "Design the decision support system (DDS) in water resources management based on Iran's water basins." M.Sc. Thesis in Civil Eng., Tarbiat Modarres University, Tehran. (In Persian)
- 3- Malekmohammadi, B., Zahraee, B., and Kerachian, R. (2008). "Using the Electre-TRI method for ranking the results of optimization model for multiple use of reservoirs." *Proc. of the 3rd Conference of Water Resources Management in Iran*, Tabriz. (In Persian)
- 4- Dais, L., and Mousseu, V. (2006). "Inferring electre's veto-related parameters from outranking examples." *European J. of Operational Research*, 170 (1), 476-482.
- 5- Berger, L. (2002). *Transport infrastructure regional study (TIRS) in the Balkans*, Final Report, Appendix 8, ELECTRE TRI, Balkan.
- 6- Mousseu, V., Slowinski, R., and Zielniewicz, P. (1999). *Electre_TRI 2.0a methodological guide and user's manual*, LAMSADE Pub., Paris University.
- 7- Mousseu, V., and Slowinski, R. (1998). "Inferring an Electre_TRI model from assignment examples." *J. of Global Optimization*, 12, 157-174.
- 8- Nijkamp, P. (1977). "Stochastic quantitative and qualitative multi criteria analysis for environmental design." *J. of Pap. Reg. Sci. Assoc.*, 39 (1), 175-199.
- 9- Dais, L., and Climaco, J. (2006). "Electre-TRI for groups with imprecise information on parameter values." *J. of Group Desision and Negotiation*, 9 (5), 355-377.
- 10- Contant, O., Macnoamara, P., Lafortune, S., and Tenekezi, D. (2007). *A hierarchical framework for classifying and accesing internet traffic anomalies*, Tech. Report, Dept. of Electrical Eng., University of Michigan.
- 11- Soltan mohammadi, H., Osanloo, H. M., Rezaee, B., and Aghajani Bazzazi, A. (2008). "Achieving to some outranking relationships between post mining land uses through mined land suitability analysis." *International J. of Enviornmental Science and Technology*, 5 (4), 535-546.
- 12- Cloquell-Ballester, V. A., Monteerde-Dias, R., and Santamarina-Siurana, M. (2007). "Systematic comparative and sensitivity analyses of additive and outranking techniques for supporting impact significance assessments." *J. of Environmental Impact Assessment Review*, 27, 62-83.
- 13- Bojorquez-Tapia, L. A., Ezcurra, E., and Garcí'a, O. (1998). "Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices." *J. of Environmental Management*, 53, 91-99.
- 14- Lawrence, D. P. (1997). "The need for EIA theory building." *J. Environ. Impact Asses. Rev.*, 17, 79-107.