تحلیل حساسیت تصمیمات عمرانی نسبت به ملاحظات اخلاق حرفه ای

(مطالعه موردی طرح سد مخزنی کلیسیان)

دکتر سید سپهر قاضی نوری
دانشیار دانشگاه تربیت مدرس
ghazinoory@modares.ac.ir

منصوره عبدی

چکیده

احداث سد بر روی رودخانه‌های کشور یکی از برنامه‌های توسعه کشور است که به‌ویژه بعلت بروز خشکسالی، بسیار مورد توجه می‌باشد. مزایای ایجاد سد به قدری قابل توجه است که مضرات آن را از دید صاحبنظران این حوزه قابل اغماض ساخته است، در حالیکه ملاحظات اخلاقی در خصوص این تصمیمات عمرانی بسیار حائز اهمیت است. در مقاله حاضر سعی شده تا ملاحظات اخلاقی بصورت معیارهای تصمیم‌گیری در تعیین اولویت احداث یک سد، در نظر گرفته شوند. بدین منظور با استفاده از روش TOPSIS اولویت گزینه‌های مختلف احداث سد، ابتدا بدون درنظرگرفتن معیارهای اخلاقی و سپس با درنظرگفتن معیارهای اخلاقی مشخص شده است. جابجایی اولویت‌های تصمیم‌گیری در حالت دوم حاکی از اثرات ملاحظات اخلاقی در تصمیم‌گیری است. همچنین با توجه به درجه اهمیت معیار اخلاقی، حتی میتوان گزینه‌هایی که از ابتدا مغایر با حداقل مورد نظر هستند را از دور مقایسه برای اولویت‌دهی حذف نمود.

کلید واژه: پروژههای عمرانی، پیوست فرهنگی، ملاحظات اخلاقی، تحلیل حساسیت، Topsis، اخلاق حرفه ای

مقدمه

امروزه درک ارتباط بین فناوری و جامعه در مسائل مهندسی برای بررسی هنجارها، موفقیت و اثرات فناوری‌ها بکار می‌رود و بسیاری از تحلیل‌هایی که در حوزه علم و فناوری انجام می‌شوند، دلالت‌های اخلاقی دارند که در فرآیند تصمیم‌گیری مؤثر هستند و این امر لزوم توجه به هنجارها و قواعد اخلاقی در مطالعات علم و فناوری را پررنگ‌تر ساخته است (Johnson and Wetmore, 2008)

1. رابطه اخلاق و مهندسی

درک بهتر رابطه اخلاق و مهندسی نیازمند شناخت فرآیند مهندسی است. برای خلق یک محصول، فناوری جدید یا ارائه خدمت باید مراحل مختلفی طی شود. یکی از الگوهای فرآیند مهندسی شامل مراحل شناسایی نیاز و تعریف مسأله، امکان سنجی و برنامه‌ریزی

پروژه، تحقیق، طراحی و ساخت نمونه، ارزیابی پروژه و استفاده از محصول است (فتوره چیان و احمدی، 1381). ملاحظات اخلاقی را می‌توان در تک تک مراحل فوق درنظر گرفت. برای مثال در مرحله امکان سنجی و برنامه‌ریزی پروژه، شاید درجه اهمیت ملاحظات اخلاقی بسیار بیشتر از هزینه پایین برای طرح باشد یا آنکه در ارزیابی پروژه، ملاحظات اخلاقی را به عنوان یکی از فاکتورهای ارزیابی در نظر بگیریم. بطور کلی سه قطب تأثیر در هر تصمیم وجود دارد (Brans, 2002a):

قطب عقلانیت: با بکارگیری مدل‌های ریاضی در بهینه کردن تابع هدف، فرآیند تصمیم‌گیری کاملاً با مسأله عقلانیت منطبق می‌شود.

قطب ذهنیت: در نظر گرفتن آزادی‌ها و نظرات شخصی تصمیم گیرنده در تصمیمات، مرتبط با قطب ذهنیت است.

قطب اخلاق: لحاظ نمودن مؤلفه‌های اخلاقی در تصمیمات، قطب اخلاق را برآورده می‌کند.

از آنجا که مبحث اصلی در این مقاله، ملاحظات اخلاقی در تصمیمات مهندسی و عمرانی است، به بررسی بیشتر این قطب می‌پردازیم.

سه مؤلفه اصلی برای قطب اخلاق (در ادبیات غرب) در نظر گرفته می‌شود (Brans, 2002b):

- احترام به محیط زیست: بروز مشکلات زیست محیطی در نتیجه توسعه فعالیت‌های انسانی، توجه بیشتر به ملاحظات زیست محیطی را ضروری ساخته است.
- احترام به نسل‌های آینده: مسأله منابع آب، مواد خام و انرژی موضوعاتی هستند که به‌شدت نسل بشر را تهدید می‌کنند. بنابراین تصمیمات اخلاقی باید ملاحظات مربوط به نسل آینده را نیز در نظر بگیرند.
- احترام به محیط اجتماعی: باید کلیه مواردی که مردم نیز از آن متأثر می‌شوند را در تصمیمات لحاظ نمود و هدف نهایی از تصمیمات باید اطمینان از رفاه بشر باشد.

باید توجه داشت که ممکن است نگرش برخی مهندسان بسته به شرایط کار، فرصت‌ها، فشارها و مسائلی که وجود دارد، مانع از رعایت مولفه‌های فوق شود. همچنین بسیاری مواقع، موانعی در مسیر رعایت مسئولیت حرفه‌ای وجود دارد این موانع عبارتند از: نفع شخصی، خود فریبی، ضعف اراده، خود محوری، جزئی نگری و تبعیت کورکورانه (هریس و پریچرد، 1379).

در حقیقت بحث اخلاق بیانگر تقابل بین عملکرد اقتصادی (که به وسیله درآمد ها، هزینه‌ها و سود اندازه گیری می‌شود) و عملکرد اجتماعی (که در قالب تعهدات آن سازمان در داخل و خارج نسبت به دیگران بیان می‌شود) می‌باشد. به عبارتی باید بین عملکردهای اقتصادی و عملکردهای اجتماعی توازن و تعادل ایجاد گردد (آذر و همکاران، 1387).

از موارد مهم اخلاق در مهندسی، بحث اخلاق در مدل سازی است و برای مدل سازان، صحت و درستی مدل مطرح می گردد. حال چگونه می‌توان ملاحظات اخلاقی را در مدل‌سازی و تصمیمات لحاظ کرد؟ برای این منظور می‌توان راهنماها و قوانین اخلاقی را تدوین نمود (Brans and Gollo, 2007). به عنوان مثال سوگند پرومتوس توسط Brans در سال 2002 پیشنهاد شد که به موجب آن، با ایجاد یک تعهد حرفه‌ای برای محققان و مهندسان، تضمینی برای در نظر گرفتن ملاحظات اخلاقی ایجاد می‌شود (Brans, 2002b). همچنین می‌توان ملاحظات اخلاقی را در مدل‌های تصمیم‌گیری لحاظ نمود. بطوریکه در رویکردهای چند معیاره، ملاحظات ذهنی و اخلاقی را در مدل وارد ساخت. در این مدل‌ها، راه‌حل به

وزن‌های ذهنی که بازتابی از ارزش‌های اجتماعی، انسانیت و محیط زیست است، بستگی دارد و نه بهینگی عینی (Brans, 2002a).

این مقاله تلاش می‌کند تا با استفاده از یک مطالعه موردی، رویکردی عملی برای لحاظ نمودن ملاحظات اخلاقی (با تاکید بر شاخص‌های زیست محیطی) ارائه نماید.

2. معرفی طرح مورد بررسی

احداث سد بر روی رودخانه‌های کشور با هدف تأمین آب آشامیدنی مناطق مسکونی حوزه سد، تأمین آب کشاورزی و تولید برق یکی از برنامه‌های توسعه کشور است که به‌ویژه بعلت بروز خشکسالی، بسیار مورد توجه بوده است. مزایای ایجاد سد به قدری قابل توجه است که مضرات آن را از دید صاحبنظران این حوزه قابل اغماض ساخته است، بویژه آنکه اثرات منفی آن ممکن است پس از سال‌ها آشکار شود. لذا جهت بررسی میزان حساسیت تصمیمات عمرانی نسبت به ملاحظات اخلاقی، پروژه احداث یک سد در نظر گرفته شده است. رودخانه مورد نظر برای احداث این سد، رودخانه کسیلیان از سرشاخه‌های اصلی رودخانه تالار می‌باشد که از رشته کوه‌های البرز سرچشمه می‌گیرد. هدف اصلی از احداث این سد تأمین و تنظیم جریان مطمئن رودخانه تالار جهت بهره‌برداری در اراضی دشت قائمشهر می‌باشد.

انتقال آب از رودخانه تالار به رودخانه کسیلیان، به منظور افزایش آب ورودی به رودخانه کسیلیان، مستلزم احداث بند انحرافی و تونل انتقال آب می‌باشد. جهت انحراف و انتقال آب دو گزینه T_1 و T_2 پیشنهاد گردیده است.

جهت ذخیره‌سازی آب، و احداث سد، هشت محل مختلف پیشنهاد گردیده است که بصورت گزینه‌های K_1 تا K_8 مشخص شده است.

گزینه‌های مورد نظر بصورت $k_{a.b}$ مشخص می‌شود که a شماره محل مورد نظر که از 1 تا 8 و b نوع تونل انتقال آب می‌باشد که بصورت گزینه‌های T_1 و T_2 می‌باشند.

لازم به ذکر است که در صورت انتخاب گزینه T_1 همه سایت‌های K_1 تا K_8 می‌توانند از آب انتقال یافته بهره‌برداری نمایند. اما در صورت انتخاب گزینه T_2 تنها گزینه‌های K_1 و K_8 مطرح می‌گردند و با این ترتیب 10 گزینه وجود دارد.(طرح سد مخزنی کسیلیان، 1384)

2. 1. اثرات زیست محیطی طرح

مهندسان پایبندی هایی فراتر از سازمان دارند و به جامعه، حرفه خود و ارزش‌های آن متعهدند. بطور کلی می‌توان گفت که مهندسان باید تصمیماتی بگیرند که از یکسو متضمن سلامت و ایمنی جامعه یا کیفیت فنی باشد و از سوی دیگر معیارهای اخلاقی این حرفه را تضمین نماید. مسایل اخلاقی در مهندسی فقط انتخاب‌های ساده، درست و نادرست نیست، بلکه رقابت‌های پیچیده‌ای است که به منظور برقراری توازن بین منافع اقتصادی و تعهدات اجتماعی بویژه ملاحظات زیست محیطی صورت می‌گیرد (فرانکنا، 1383). همچنین باید توجه داشت که در سال‌های آینده بشر یا بسیاری مسائل جدی و مهم نظیر تجدید مواد خام، افزایش دمای اتمسفر، کنترل انتشار Co_2، تولید انرژی، آلودگی و تعادل اجتماعی که عمدتا در مباحث زیست محیطی می‌گنجند مواجه می‌شود (Brans, 2004).

اثرات مثبت زیست محیطی طرح مورد بررسی را می‌توان بصورت زیر دسته‌بندی کرد:

- فراهم شدن شرایط ذخیره سازی منابع آب سطحی و سیلابی رودخانه تالار و تأمین حجم قابل توجهی آب مطمئن جهت بهره‌برداری در بخشی از اراضی دشت قائمشهر.
- کاهش خطر وقوع سیل‌های ویرانگر در رودخانه تالار به دلیل کاهش دبی لحظه‌ای و امکان تنظیم جریانات سطحی در رودخانه تالار از محل شیرگاه به پایین.
- فراهم شدن گسترش سطح زیر کشت، ایجاد اشتغال و افزایش تولید محصول.
- ایجاد یک منطقه تفریحگاهی و جلب توریسم در اطراف مخزن.
- افزایش رطوبت نسبی منطقه و مطلوب‌تر شدن شرایط آب و هوایی بویژه در محدوده دریاچه سد.

اما اثرات منفی زیست محیطی طرح بر محیط فیزیکی بصورت زیر می‌باشد:

- تغییر رژیم رودخانه تالار از محل بند انحرافی و تونل انحراف آب به پایین و کاهش دبی پایه، بر هم خوردن تعادل هیدرولوژیکی، افزایش آلودگی رودخانه و بروز خشکی در اراضی حاشیه رودخانه.
- ناپایدار شدن بخش‌هایی از دامنه‌های مشرف به دریاچه، فرو ریختن آنها بر اثر لغزش و بر هم خوردن تعادل بخش‌هایی از دامنه‌ها.
- تشدید فرسایش رودخانه‌ای در رودخانه کسیلیان از محل ورودی تونل به پایین بر اثر افزایش غیر طبیعی دبی لحظه‌ای آن.
- زیر آب رفتن بخشی از اراضی زراعی و مناطق مسکونی واقع در محدوده مخزن سد.
- کاهش عمر سد و کاهش مدت زمان بهره‌برداری و تنظیم جریانات سطحی بر اثر انتقال رسوبات ناشی از فرسایش خاک حوزه آبخیز تالار.

حال با توجه به موارد بالا برای ایجاد یک ماتریس تصمیم بمنظور انتخاب گزینه برتر معیارهای زیر در نظر گرفته می‌شود که معیارهای شماره 7 و 8 بعنوان معیارهای اخلاقی در نظر گرفته شده است:

1. سطح حوزه آبخیز برای هر یک از گزینه‌های پیشنهادی
2. رسوبات ورودی به مخزن سد
3. ارزش حال تولیدات عرصه جنگل طی دوران احداث و بهره‌برداری
4. درآمد زراعت آبی و دیمی طی دوران بهره‌برداری از اراضی واقع در مخزن
5. سطح اراضی در مخزن سد
6. ایجاد اشتغال در آبادی‌های محدوده
7. تخریب اماکن فرهنگی، مذهبی (امامزاده، مسجد، قبرستان)
8. تأثیر بر اکوسیستم محدوده طرح

3. بررسی معیارهای انتخاب طرح

در بررسی معیارهای انتخاب طرح میتوان روش تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM[1]) را بکار برد. یک گزینه MADM ممکن است توسط دو نوع شاخص توصیف شود: شاخص کمی (مانند هزینه، ظرفیت، سرعت و غیره) و شاخص کیفی (مانند راحتی، زیبایی، انعطاف‌پذیری و غیره).

یک روش عمومی در اندازه‌گیری یک شاخص کیفی با مقیاس فاصله‌ای استفاده از مقیاس دو قطبی فاصله‌ای بصورت جدول 1 است.

جدول(1) مقیاس فاصله‌ای برای شاخص مثبت

1	3	5	7	9
خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

این مقیاس اندازه‌گیری به طور مشابه برای شاخص‌های منفی (مانند سختی کار که هر چه کمتر مطلوب‌تر خواهد بود) بمنظور هماهنگی در محاسبات به صورت ذیل تنظیم می‌گردد (جدول 2).

جدول (2) مقیاس فاصله‌ای برای شاخص منفی

1	3	5	7	9
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم

مقادیر معیارهای کیفی باتوجه به نظرات پنج تن از کارشناسان درگیر پروژه در جدول 3 آورده شده است. حال باتوجه به موارد فوق معیارهای کیفی مسئله را به معیارهای کمی تبدیل می‌نماییم. معیار اول در جدول 3 از نوع مثبت و سایر معیارها از نوع منفی می‌باشند. همچنین مقادیری که در جدول، بصورت 7-5 و 9-7 مشخص شده بعنوان ارزش‌های واسطه بکار رفته است.

جدول (3) مقادیر معیارهای کیفی

	K_{1-1}	K_{2-1}	K_{3-1}	K_{4-1}	K_{5-1}	K_{6-1}	K_{7-1}	K_{7-2}	K_{8-1}	K_{8-2}
1- ایجاد اشتغال	زیاد	متوسط	خیلی زیاد	متوسط	کم	کم	زیاد	متوسط	زیاد-خیلی زیاد	خیلی زیاد
2- تخریب اماکن	متوسط	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	خیلی کم	زیاد-خیلی زیاد	زیاد-خیلی زیاد	خیلی کم	خیلی کم
3- تأثیر بر اکوسیستم	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	خیلی زیاد	کم	زیاد	متوسط	متوسط-زیاد	کم	زیاد-خیلی زیاد

با توجه به موارد بالا مقادیر کمی معیارهای فوق در جدول 4 آورده شده است.

جدول (4) مقادیر معیارهای کمی

	K_{1-1}	K_{2-1}	K_{3-1}	K_{4-1}	K_{5-1}	K_{6-1}	K_{7-1}	K_{7-2}	K_{8-1}	K_{8-2}
6- ایجاد اشتغال	7	5	9	5	3	3	7	5	8	9
7- تخریب اماکن	5	7	5	3	1	9	8	8	9	9
8- تأثیر بر اکوسیستم	1	3	5	1	7	3	5	6	7	8

باتوجه به معیارهای کیفی و کمی ماتریس تصمیم بمنظور انتخاب گزینه برتر بصورت جدول 5 ارائه می‌شود. معیارهای زیر نیز بعنوان معیارهای اخلاقی در نظر گرفته می‌شود:

1. تخریب اماکن فرهنگی، مذهبی (امامزاده، مسجد، قبرستان)
2. تأثیر بر اکوسیستم محدوده طرح

جدول (5) میزان تأثیر هر یک از معیارهای 8گانه بر گزینه‌های پیشنهادی (طرح سد مخزنی کسیلیان، 1384)

گزینه‌ها / معیارها	K_{1-1}	K_{2-1}	K_{3-1}	K_{4-1}	K_{5-1}	K_{6-1}	K_{7-1}	K_{7-2}	K_{8-1}	K_{8-2}
1- سطح حوزه آبخیز برای هر یک از گزینه‌های پیشنهادی (کیلومتر مربع)	1252/5	1366	1390/4	1510/2	1410/2	1480/7	1590/3	1980/7	1632/9	2005/9
2- رسوبات ورودی به مخزن سد	10/6	13/8	18/8	14/9	14	16/1	15/7	16/9	14/8	17
3- ارزش حال تولیدات عرصه جنگ طی دوران احداث و بهره‌برداری	2401/7	2434	2900/5	461/8	1193/8	959/6	5310/2	3902/2	7252/6	8088/4
4- درآمد زراعت آبی و دیمی طی دوران بهره‌برداری از اراضی واقع در مخزن	7449/1	11515/8	14936	11873/4	20975/1	26592/2	4839/3	8064/8	3516/7	6034
5- سطح اراضی در مخزن سد	205/56	282/31	402/37	152/15	327/61	306/18	271/74	344/75	525/53	601/63

4. روش تصمیم‌گیری

در دهه‌های اخیر توجه محققین علم تحقیق در عملیات به مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره معطوف گردیده است. در این مدل‌ها به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی، از چندین معیار سنجش استفاده می‌شود. این مدل‌ها به دو دسته عمده تقسیم می‌گردند:

مدل‌های چند هدفه و مدل‌های چند شاخصه، به طوریکه مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی نقطه بهینه به کار گرفته می‌شوند در حالیکه مدل‌های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر استفاده می‌گردند. به عبارت دیگر، MADM شامل مسائلی است که تعداد گزینه‌ها از قبل مشخص شده و تصمیم‌گیرنده باید با توجه به شاخص‌ها، این گزینه‌ها را اولویت‌بندی کند (اصغرپور، 1387).

در این تحقیق مورد مطالعه شده انتخاب محل احداث سد می‌باشد، که در قالب مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه قرار می‌گیرد. این مدلها ، معمولاً به صورت یک ماتریس $m \times n$ که به ماتریس تصمیم مرسوم است فرموله می‌گردد.

روش TOPSIS یک روش عمومی و پر کاربرد در MADM است که می‌توان آن را برای بخش اعظمی از مسائل تصمیم‌گیری بکار برد. این روش در تمامی مسائلی که در آنها هدف ایجاد یک اولویت‌بندی بین چند گزینه، باتوجه به شاخص‌ها می‌باشد، قابل بکارگیری است. همچنین از آنجا که براساس تحقیق انجام شده توسط (قاضی‌نوری و

طباطبائیان، 1381) روش TOPSIS نسبت به نوع تکنیک وزن دهی حساسیت کمتری دارد و پاسخ‌های حاصل از آن با روش‌های مختلف وزن‌دهی تغییر چندانی نمی‌کند، روش TOPSIS برای تعیین اولویت‌ها در مسأله حاضر انتخاب شده است.

1.4. روش TOPSIS

در یک مدل MADM گزینه برتر یا ایده‌آل یک گزینه فرضی مانند $A^{\bullet}$ است که بالاترین میزان مطلوبیت را از تمامی شاخص‌های موجود کسب کرده باشد. یعنی:

$$A^{\bullet} = \{C_1^{\bullet}, C_2^{\bullet}, ..., C_n^{\bullet}\} \quad ; \quad C_j^{x} = \max_j u_j \ (r_{ij}) \quad ;$$

r_{ij}: مقدار شاخص i برای گزینه j

همچنین می‌توان گزینه ایده‌آل منفی را هم یک گزینه فرضی مانند A^{-} در نظر بگیریم که کمترین مطلوبیت را از تمامی شاخص‌های موجود کسب کرده باشد یعنی:

$$A^{-} = \{C_1^{-}, C_2^{-}, ..., C_n^{-}\} \quad ; \quad C_j^{-} = \min_j u_j (r_{ij})$$

روش TOPSIS با در نظر گرفتن فاصله گزینه‌ها از نقطه ایده‌آل و همچنین فاصله از گزینه ایده‌آل منفی، گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که دارای کمترین فاصله از نقطه ایده‌آل باشد.

با این توضیحات مراحل یک مدل تصمیم‌گیری با روش TOPSIS به صورت زیر می‌باشد:

قدم اول: ماتریس تصمیم‌گیری موجود را با استفاده از فرمول زیر به یک ماتریس بی مقیاس تبدیل می‌کنیم:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}^{2}}}$$

قدم دوم: با داشتن بردار شاخص‌ها از طرف تصمیم‌گیرنده، ماتریس بی‌مقیاس شده بالا را به صورت جدول 6 درمی‌آوریم.

جدول (6) ماتریس مقادیر V

	V_{11}	V_{12}	...	V_{1n}
	V_{21}	V_{22}	...	V_{2n}
$V = N_D.W_{n\times n} =$	.	.	.	.
	.	.	.	.
	V_{m1}	V_{m2}	...	V_{mn}

که در آن N_D ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس شده و $W_{n\times n}$ ماتریس مربعی که عناصر قطر اصلی آن، مربوط به بردار وزن شاخص‌ها و بقیه عناصر آن صفر می‌باشد.

قدم سوم: گزینه ایده‌آل و گزینه ایده‌آل منفی را به صورت زیر مشخص می‌کنیم:

$$A^{+} = \{(\max v_{ij} \,|\, j \in J), (\min v_{ij} \,|\, j \in J') | i = 1,2,...,m\}$$

$$= \{v_1^+, v_2^+, \ldots\ldots \quad v_j^+, \ldots, v_n^+\}$$

$$A^- = \{\min v_{ij} \,|\, j \in J), (\max v_{ij} \,|\, j \in J') | i = 1,2,\ldots,m\}$$

$$= \{v_1^-, v_2^-, \ldots\ldots \quad v_j^-, \ldots, v_n^-\}$$

که در آن J مجموعه شاخص‌های از نوع سود و j' مجموعه شاخص‌های از نوع هزینه می‌باشد.

قدم چهارم: فاصله گزینه‌ها را از ایده‌آل منفی و ایده‌آل مثبت محاسبه می‌کنیم. منظور از فاصله، فاصله اقلیدسی می‌باشد:

فاصله گزینه iام از نقطه ایده‌آل = $d_{i+} = \left\{\sum_j (v_{ij} - v_j^+)^2\right\}^{1/2} \qquad i = 1,2,..m$

فاصله گزینه iام از نقطه ایده‌آل منفی = $d_{i-} = \left\{\sum_j (v_{ij} - v_j^-)^2\right\}^{1/2} \qquad i = 1,2,..m$

قدم پنجم: در این قسمت فاصله نسبی گزینه Ai از راه‌حل ایده‌آل به این صورت محاسبه می‌شود:

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{d_{i+} + d_{i-}}$$

می‌توان گزینه‌های موجود را براساس ترتیب نزولی cl_{i+} رتبه‌بندی کرد (اصغرپور، 1387).

4. 2. بی مقیاس کردن اقلیدسی

هر عنصر(r_{ij}) از ماتریس تصمیم‌گیری مفروض را بر نرم موجود از ستون jام تقسیم می‌کنیم یعنی:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r^{2}_{ij}}}$$

حال با استفاده از رابطه فوق ماتریس تصمیم را بی‌مقیاس می‌نماییم (جدول 7).

جدول (7) ماتریس بی‌مقیاس با استفاده از نرم

	$k_{1\text{-}1}$	$k_{2\text{-}1}$	$k_{3\text{-}1}$	$k_{4\text{-}1}$	$k_{5\text{-}1}$	$k_{6\text{-}1}$	$k_{7\text{-}1}$	$k_{7\text{-}2}$	$k_{8\text{-}1}$	$k_{8\text{-}2}$
X_1	0,26	0,29	0,29	0,03	0,29	0,31	0,33	0,41	0,34	0,42
X_2	0,21	0,28	0,38	0,3	0,28	0,33	0,32	0,34	0,3	0,34
X_3	0,17	0,17	0,21	0,03	0,08	0,07	0,39	0,28	0,53	0,59
X_4	0,17	0,26	0,35	0,27	0,49	0,62	0,11	0,19	0,08	0,14
X_5	0,18	0,24	034	0,13	0,28	0,26	0,23	0,7	0,45	0,52
X_6	0,34	0,24	0,44	0,24	0,14	0,14	0,34	0,24	0,39	0,44
X_7	0,2	0,29	0,2	0,12	0,04	0,41	0,37	0,37	0,41	0,41
X_8	0,06	0,18	0,3	0,06	0,42	0,18	0,3	0,36	0,42	0,48

5. تصمیم‌گیری در حالت عادی

در اکثر مسائل MCDM و بخصوص بخش MADM نیاز به داشتن و دانستن وزن نسبی معیارها داریم. بطوریکه مجموع آنها برابر با واحد (نرمالیزه) شده و اهمیت نسبی درجه ارجحیت هر معیار را نسبت به بقیه برای تصمیم‌گیری مورد نظر بسنجد. برای بدست آوردن اوزان از تکنیک آنتروبی استفاده می‌شود. که در ذیل بطور اختصار به آن پرداخته می‌شود.

آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات می‌باشد بطوریکه نشان دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار از یک پیام است. به بیان دیگر، آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط توزیع احتمال گسسته (Pi) بطوری که این عدم اطمینان، در صورت پخش بودن توزیع، بیشتر از موردی است که توزیع فراوانی تیزتر باشد(اصغرپور، 1387). این عدم اطمینان بصورت زیر تشریح می‌شود (ابتدا ارزشی را با نماد E محاسبه می‌نماییم):

$$E \approx S\left\{P_1, P_2, ..., P_n\right\} = -K \sum_{i=1}^{n} [P_i . \ln p_i] = E_j$$

بطوریکه k یک ثابت مثبت است به منظور تأمین $0 \le E_j \le 1$ ، $\partial_j = 1 - E_j$ انحراف و $K = \frac{1}{\ln m}$ (m تعداد گزینه‌ها و j نشانگر معیارها است)

برای اوزان شاخص‌ها نیز خواهیم داشت:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}$$

جدول (8) مقادیر E

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Ej	0,99	0,99	0,88	0,92	0,97	0,97	0,94	0,93

سرانجام برای w_j, ∂_j داریم (جدول 9):

جدول (9) مقادیر w_j, ∂_j

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
$\partial_j = 1 - E_j$	0,01	0,01	0,12	0,08	0,03	0,03	0,06	0,07
W_j	0,02	0,02	0,29	0,21	0,07	0,07	0,14	0,18

اکنون مسأله مورد نظر را بدون در نظر گرفتن معیارهای اخلاقی حل می‌نماییم. بطوریکه معیارهای 7 و 8 را در اولویت‌دهی وارد نمی‌کنیم. نتیجه حل مسأله در جدول 10 آورده شده است.

جدول (10) اولویت بندی گزینه‌ها بدون در نظر گرفتن معیارهای اخلاقی

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
اولویت‌ها بدون در نظر گرفتن معیارهای اخلاقی	K_{2-1}	K_{4-1}	K_{1-1}	K_{5-1}	K_{3-1}	K_{7-1}	K_{6-1}	K_{8-1}	K_{7-2}	K_{8-2}

6. تصمیم‌گیری با رعایت ملاحظات اخلاق حرفه ای

ملاحظات اخلاقی در مسأله حاضر بصورت دو معیار زیر در نظر گرفته شده است:

- تخریب اماکن فرهنگی، مذهبی
- تأثیر بر اکوسیستم محدوده طرح

با لحاظ نمودن ملاحظات اخلاقی، مسأله را با روش TOPSIS حل می‌کنیم. نتیجه حل مسأله در جدول 11 آورده شده است.

جدول (11) اولویت بندی گزینه‌ها با در نظر گرفتن معیارهای اخلاقی

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
اولویت‌ها با در نظر گرفتن معیارهای اخلاقی	K_{4-1}	K_{1-1}	K_{2-1}	K_{3-1}	K_{5-1}	K_{6-1}	K_{7-2}	K_{7-1}	K_{8-1}	K_{8-2}

همانطور که ملاحظه می‌شود، دو معیار اخلاقی باعث جابجایی اولویت گزینه‌ها شده است به گونه‌ای که اولویت اول از K_{2-1} به K_{4-1} تغییر کرده است در حقیقت اولویت اول حل مسأله در حالت عادی تبدیل به اولویت سوم با رعایت ملاحظات اخلاقی شده است. چراکه اثر گزینه K_{4-1} در تخریب اماکن مذهبی و تاثیر منفی بر اکوسیستم محدوده طرح بسیار کمتر از گزینه K_{2-1} و دیگر گزینه‌های مطرح است.

7. بحث

مسائل اخلاقی در حقیقت عمده‌ترین معضلات تصمیمات مهندسی هستند، زیرا آنها بیانگر تقابل بین عملکرد اقتصادی (که به وسیله درآمدها، هزینه‌ها و سود اندازه‌گیری می‌شود) و عملکرد اجتماعی (که در قالب تعهدات آن سازمان در داخل و خارج نسبت به دیگران بیان می‌شود) می‌باشند.

تمامی موارد بالا اهمیت و ضرورت بکارگیری مدل‌ها و روش‌هایی که بتوان ملاحظات اخلاقی را بطور مؤثر و کارا در آنها لحاظ کرد را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

یکی از مشکلات اساسی که در حل اینگونه مسائل به کمک روش‌های مرسوم وجود دارد، در نظر گرفتن تأثیرات جبرانی بین معیارهای اخلاقی و سایر معیارها می‌باشد. به عبارت دیگر وجود برتری در یک معیار می‌تواند سبب انتخاب گزینه‌ای شود که شاید بسیاری از مسائل اخلاقی در آن رعایت نشده باشد. بعنوان مثال در بسیاری از تصمیماتی که امروزه اتخاذ می‌شود، وجود سود

زیاد و یا هزینه پایین یک گزینه سبب می‌شود که این گزینه حتی اگر بسیاری از مسائل اخلاقی در آن رعایت نشده باشد، انتخاب شود. این موضوع در مواردی که گزینه‌ها پیامدهای اخلاقی حادی را به همراه دارند، بسیار مهم تلقی می‌شود.
یکی از راه‌حل‌های این مسئله استفاده از مدل‌های غیر جبرانی می‌باشد. اما مهمترین عیب این مدل‌ها آنست که در آنها بسیاری از تأثیرات جبرانی مثبت بین معیارها نیز در نظر گرفته نمی‌شود.
برای حل این مشکل می‌توان ابتدا سطوح حداقلی را برای معیارهای اخلاقی یعنی معیارهای هفتم و هشتم تعیین کرد. فرض می‌کنیم این مقدار برای شاخص هفتم و هشتم برابر 5 باشد.
سپس تمامی گزینه‌هایی که استاندارد معیار هفتم و هشتم را تأمین نمی‌نمایند، حذف می‌کنیم. بدین ترتیب تمام گزینه‌هایی که از این مقادیر کمتر هستند، حذف شده و گزینه‌های K_{3-1}, K_{7-1}, K_{7-2}, K_{8-1}, K_{8-2} باقی می‌مانند.
حال ماتریس تصمیم باقی مانده را به روش TOPSIS حل می‌کنیم که نتایج حل در ذیل آمده است. گزینه‌ها به ترتیب اولویت از چپ به راست مرتب شده‌اند:

K_{3-1}, K_{7-2}, K_{7-1}, K_{8-1}, K_{8-2}

همانطورکه ملاحظه می‌شود، اثر معیارهای اخلاقی می‌تواند به حدی باشد که گزینه‌ها را از دور مقایسه و اولویت‌دهی حذف کند. بطوریکه گزینه‌های K_{4-1}, K_{2-1} و K_{1-1} که در چهار اولویت اول حل مسأله (هم در حالت عادی و هم با رعایت ملاحظات اخلاقی) قرار داشتند، حذف می‌شوند و گزینه K_{8-2} که در جایگاه دهم قرار داشت به اولویت پنجم تبدیل می‌شود. در این حالت به قطب ذهنیت و میزان مطلوبیت گزینه‌ها در نظر تصمیم‌گیرنده توجه بیشتری شده و نظر وی مستقیماً در اولویت‌دهی و حذف گزینه‌های نامطلوب لحاظ شده است.
برای تحلیل حساسیت در مسأله مورد نظر فرض می‌کنیم که وزن معیار هشتم در جدول 9 (حل مسأله با رعایت ملاحظات اخلاقی بدون حذف گزینه‌های خارج از استاندارد معیارها)، از 0,18 به 0,25 افزایش یابد. حال با استفاده از روش‌های تحلیل حساسیت، مسأله جدید را حل می‌کنیم. با حل مسأله فوق اولویت‌بندی گزینه‌ها بصورت زیر می‌باشد (گزینه‌ها از چپ به راست مرتب شده است):

K_{1-1}, K_{4-1}, K_{2-1}, K_{3-1}

همانطور که مشاهده می‌شود، با تغییر وزن این معیار،گزینه مطلوب از گزینه K_{4-1} به گزینه K_{1-1} تغییر می‌کند. در این حالت تصمیم‌گیرنده می‌تواند از بین این دو گزینه، گزینه مطلوب خود را انتخاب نماید.

نتیجه‌گیری

رابطه اخلاقی مهندسان با جامعه بواسطه محصولات و خدماتی که به جوامع انسانی ارائه می‌دهند بسیار حائز اهمیت است. مهندسان پایبندی‌هایی فراتر از سازمان دارند و به جامعه، حرفه خود و ارزش‌های آن متعهدند. به طور کلی می‌توان گفت که مهندسان باید تصمیماتی بگیرند که از یک سو متضمن سلامت و ایمنی جامعه یا کیفیت باشد و از سوی دیگر معیارهای اخلاقی این حرفه را تضمین نماید. مسائل اخلاقی در مهندسی فقط انتخاب‌های ساده، درست و نادرست نیست، بلکه رقابت‌های پیچیده‌ای است که به منظور برقراری توازن بین منافع اقتصادی و تعهدات اجتماعی صورت می‌گیرد. به سبب وجود راه‌حل‌های گوناگون، پیامدهای گسترده، احتمالات غیر قابل کنترل و استدلال‌های شغلی که جزئی جدا نشدنی از این تصمیمات هستند، این انتخاب‌ها پیچیده‌تر می‌شوند.
حداقل سه مؤلفه اخلاقی باید در هر تصمیم در نظر گرفته شود: احترام به محیط زیست، احترام به نسل‌های آینده و احترام به محیط اجتماعی. در مقاله حاضر سعی شده است تا مؤلفه‌های فوق به عنوان معیارهای اخلاقی در مدل‌سازی مسأله تعیین اولویت

گزینه‌های سد سازی لحاظ شوند (قطب اخلاقی). همچنین به منظور در نظر گرفتن اثرات جبرانی معیارها بر یکدیگر، برای معیارهای اخلاقی یک حداقل سطح (براساس نظر کارشناسان) در نظر گرفته شد تا گزینه‌هایی که از حداقل معیار اخلاقی برخوردار نیستند از اولویت‌دهی حذف شوند. بدین ترتیب از بین 10 گزینه، تنها 4 گزینه برای مقایسه نهایی باقی می‌مانند و با استفاده از روش TOPSIS ، اولویت‌ها مشخص می‌شوند: K_{3-1}، K_{2-1}، K_{1-1}، K_{4-1} (قطب عقلانیت). در نهایت نیز با تحلیل حساسیت و تغییر وزن معیارها می‌توان نظرات کارشناسان را در تعیین اولویت بین گزینه‌ها لحاظ نمود چرا که با تغییر اولویت‌ها، تصمیم‌گیرنده می‌تواند از بین گزینه‌ها،گزینه مطلوب خود را انتخاب نماید (قطب ذهنیت). بدین ترتیب سه قطب تأثیر بر هر تصمیم مهندسی در مطالعه موردی لحاظ شده است.

واضح است که مبحث اخلاق، در آینده به موضوعی مهم در مهندسی تبدیل خواهد شد که رویکردهای نوینی را برای بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری می‌طلبد. در این بین، لحاظ کردن پیامدهای تصمیمات مختلف، از منظر حوزه‌های اجتماعی و زیست بومی مؤلفه مهمی در اتخاذ تصمیم نهایی خواهد بود.

منابع

آذر، عادل، ربیعه، مسعود و قیطاسی، فاطمه، 1387، اخلاق در علم مدیریت، فصلنامه اخلاق در علوم و فناوری، سال سوم، شماره های 1و2.

اصغرپور، محمدجواد، 1387، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

طرح سد مخزنی کسیلیان، 1384، شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران.

فتوره چیان، سعید و احمدی، وحید، 1381، الگوها و مراحل اجرایی فعالیت‌های تحقیقاتی در سازمان‌های پژوهشی، دومین همایش روش‌های تحقیق در علوم و فنون مهندسی، دانشگاه امام حسین، تهران.

فرانکنا، ویلیام کی، فلسفه اخلاق، 1383، ترجمه هادی صادقی، نشر کتاب طه، قم.

قاضی‌نوری، سید سپهر و طباطبائیان، سید حبیب‌اله، 1381، تحلیل حساسیت مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه نسبت به نوع تکنیک مورد استفاده: مطالعه موردی، مجله دانش مدیریت، شماره 56، 141-129.

هریس، چارلز و پریچرد، مایکل، 1379، اخلاق در مهندسی، ترجمه رضا رضائی، شرکت انتشارات فنی ایران، چاپ اول، تهران.

Brans, J-P, 2002a, Ethics and Decision, European Journal of Operational Research 136, 340-352.

Brans, J-P, 2002b, OR, Ethics and Decisions: the OATH of PROMETHEUS, European Journal of Operational Research 140, 191–196.

Brans, J-P, 2004, The management of the future Ethics in OR: Respect, multicriteria management, happiness, European Journal of Operational Research 153: 466–467.

Brans, J-P and Gallo, G., 2007, Ethics in OR/MS: past, present and future, Ann Oper Res 153, 165–178.

Johnson, D.G. and Wetmore, J.M., 2008, STS and Ethics: Implications for Engineering Ethics, The Handbook of Science and Technology Studies, Third Edition, The MIT Press, 567-581.

پی نوشت:

[1] *Multi-Attribute Decision Making*