عدم قطعیت در مکانیابی نیروگاههای آبی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تئوری های تصمیم گیری چند معیاره (مطالعه موردی نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای زاینده‌رود)

ابوالفضل شمسایی [i]; حسن احمدی [ii]; سیامک خردیار [iii]

چکیده

توسعه انرژی برقابی با توجه به تجدیدپذیر بودن، عدم مصرف سوختهای فسیلی و حفاظت محیط زیست نسبت به انواع دیگر نیروگاهها، ارجحیت دارد. این نوع نیروگاهها با توجه به زمان کم ورود انرژی تولیدی به مدار، در ساعات پیک مصرف بکار گرفته می شوند. از جمله این نیروگاه ها، نیروگاه تلمبه ذخیره ای می باشد، که امروزه توسعه آنها بیشتر مد نظر قرار گرفته است. در مکانیابی این نیروگاهها عوامل متعددی با درجات اهمیت متفاوت تاثیرگذار می باشند که با تجزیه و تحلیل عوامل موثر، مکانهای مناسب جهت توسعه و احداث آنها شناسایی می‌شوند. در روشهای جدید مکانیابی، استفاده از تکنولوژی اطلاعات و تئوری های تصمیم گیری نظیر سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographical Information System - GIS) و مدلهای تصمیم گیری چند معیاره مکانی (Spatial Multiple Criteria Decision Making - SMCDM) نظیر مدل وزن‌دهی جمعی ساده و مدل میانگین وزنی مرتب، مدنظر قرار گرفته و جایگزین روشهای سنتی شده است. از مسائل مطرح در اطمینان از نتایج حاصل از بکارگیری این مدلها در مطالعات مکانیابی نیروگاههای تلمبه ذخیره ای، عدم قطعیت های موجود در انتخاب محدوده معیارها، میزان درجه اهمیت هرمعیار در انتخاب گزینه، میزان ریسک پذیری/ریسک گریزی تصمیم گیران و توابع استاندارد سازی نقشه های معیار می باشند که در این تحقیق به آن پرداخته شده است. در انجام این مطالعات از مدل پشتیبان تصمیم گیری چند معیاره مکانیابی نیروگاههای تلمبه ذخیره ای مبتنی بر GIS که از توان تحلیلی بسیار بالایی در تصمیم سازی برخوردار می باشد، استفاده می شود. نتایج بدست آمده نشان می دهند که رتبه بندی ارجحیت منطقه نسبت به وزن معیارها در هر دو روش وزن‌دهی جمعی ساده و میانگین وزنی مرتب نسبتا پایدار است. تغییرات وزن معیارها و نوع توابع استاندارد سازی در نتایج حاصل از مدل تاثیر قابل ملاحظه ای ندارند. حساسیت نتایج و خروجی ها به نوع مدل SMCDM مورد استفاده و میزان ریسک پذیری تصمیم گیر نسبتا زیاد می باشد که نشان دهنده اهمیت دقت انتخاب مدل و میزان ریسک پذیری/ریسک گریزی تصمیم گیران در مدل مورد استفاده می باشد.

کلمات کلیدی: **عدم قطعیت، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، مدلهای تصمیم گیری چند معیاره، نیروگاه تلمبه ذخیره ای**

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۰۹/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۱/۱۶

[i] استاد گروه عمران دانشکده فنی و مهندسی- دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، Shamsai@sharif.edu.

[ii] استادیار گروه عمران دانشکده فنی و مهندسی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، .Ahmadi56@yahoo.comHa.

[iii] دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی عمران-آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، Siamakkheradyar@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

امروزه با توجه به اهمیت بالای مسائل زیست محیطی، انرژی برقابی بعنوان یک منبع تجدیدپذیر، نسبت به سایر منابع انرژی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. نیروگاههای برقابی به صورت نیروگاههای جریانی، مخزنی و تلمبه-ذخیره ای توسعه می یابند. این تحقیقات بر روی عدم قطعیت ها در مکانیابی نیروگاههای تلمبه-ذخیره ای متمرکز شده است. انتخاب مکانهای مناسب نیروگاههای تلمبه-ذخیره ای یکی از مراحل اولیه توسعه این نیروگاهها می باشد. عوامل متعددی با درجات اهمیت متفاوت در مکانیابی این نیروگاهها موثر می باشند که نحوه و میزان تاثیر هریک قطعیت نداشته و با عدم قطعیت های مختلفی همراه می باشد.

این تحقیق با هدف مطالعه عدم قطعیت های موجود در مدل مکانیابی با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی برپایه مدلهای تصمیم گیری چند معیاره مکانی ارائه شده است. مطالعه عدم قطعیت های مدل، موجب شناخت میزان پایداری مدل و نتایج حاصل از تحلیلهای آن می گردد و منجر به عملکرد یکسان در حوضه های مختلف می شود. از دیگر قابلیت های مهم این مدل، امکان آنالیز حساسیت نسبت به میزان تاثیر معیارهای مختلف و وزن آنها در تصمیم گیری می باشد. با تهیه مدل و اطلاعات ورودی، با انجام آنالیزهای مختلف مورد انتظار، میزان تغییرات در گزینه های منتخب قابل بررسی می‌باشد و براساس آن می توان با توجه به میزان تاثیرپذیری هر معیار، نیاز یا عدم نیاز به تدقیق و به روز رسانی اطلاعات اولیه را تعیین نمود و با شناخت نقاط ضعف و قوت مدل، روند تصمیم گیری مکانیابی نیروگاههای تلمبه ذخیره ای با استفاده از شیوه ای مبتنی بر آنالیزهای مکانی نسبت به آنچه که بطور رایج استفاده می شود، بهبود بخشید. مروری بر ادبیات فنی موجود در زمینه مطالعه عدم قطعیت به کمک مدلهای GIS و MCDM نشان می دهد که تعداد کمی تلفیق آنالیز مکانی با تئوری تصمیم گیری چند معیاره وجود دارد. لکن مطالعه عدم قطعیت بر مبنای مدلهای مذکور مشاهده نشده است. بنابراین این تحقیق یک توسعه جدید، ابداعی و با ارزش برای تصحیح و جبران این کاستی ارائه می کند و مطالعه عدم قطعیت با استفاده از روشهای تلفیق GIS با مدلهای MCDM را ارائه می نماید.

۲- روش شناسی تحقیق

در این مطالعه از تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیلهای چندمعیاره برای مطالعه عدم قطعیت های مترتب بر انتخاب مکانهای مناسب برای احداث نیروگاههای تلمبه ذخیره‌ای استفاده شده است. بدین منظور نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی، راهها، منابع قرضه، شبکه خطوط انتقال نیرو و سایر اطلاعات مکانی لازم از نقشه های موجود تهیه وآماده سازی می گردد. با استفاده از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی کلیه لایه های اطلاعاتی فوق الذکر مورد تجزیه و تحلیل مکانی قرار می گیرند. مدل رقومی ارتفاعی (Digital Elevation Model-DEM) منطقه مورد مطالعه به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی تولید می گردد و با انجام تحلیل های مکانی چند معیاره، مکانهای مناسب جهت توسعه و احداث مخازن بالا دستی، مشخص و رتبه بندی می گردند و عدم قطعیت هایی که در طول این پروسه می توانند در خروجی مدل تاثیرگذار باشند، شناسایی می شوند و اثرات آنها مورد بررسی قرار می گیرد. این سیستم قابلیت مکان گزینی و پتانسیل یابی مکانهای مناسب ایجاد نیروگاههای تلمبه – ذخیره ای در اطراف دریاچه سدهای ساخته شده یا در حال احداث، در اطراف دریاچه های طبیعی و یا دریاها و امکان مطالعه عدم قطعیت های مربوطه را دارد. این تحقیق برای انجام مطالعات عدم قطعیت مترتب بر مکانیابی بر روی سواحل دریاچه سد زاینده رود در استان اصفهان، برای پیدا کردن محل مناسب احداث مخزن ذخیره مصنوعی به عنوان مخزن بالادست یک نیروگاه تلمبه ذخیره ای می باشد که در آن، مخزن سد زاینده رود نقش مخزن پایین دستی را ایفا می‌کند. در شکل (۱) توپوگرافی شبکه ای (Raster) منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

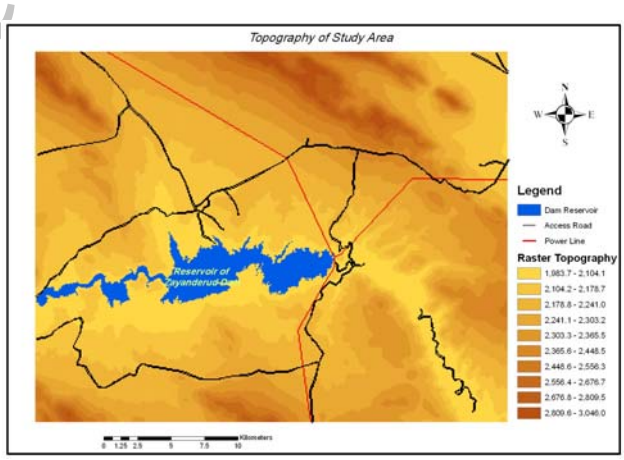
۳- مبانی نظری

در شکل (۲) ساختار کلی برای بحث بر روی گامهای اصلی در بکارگیری مدل های MCDM و مفاهیم و روند

www.SID.ir
Archive of SID

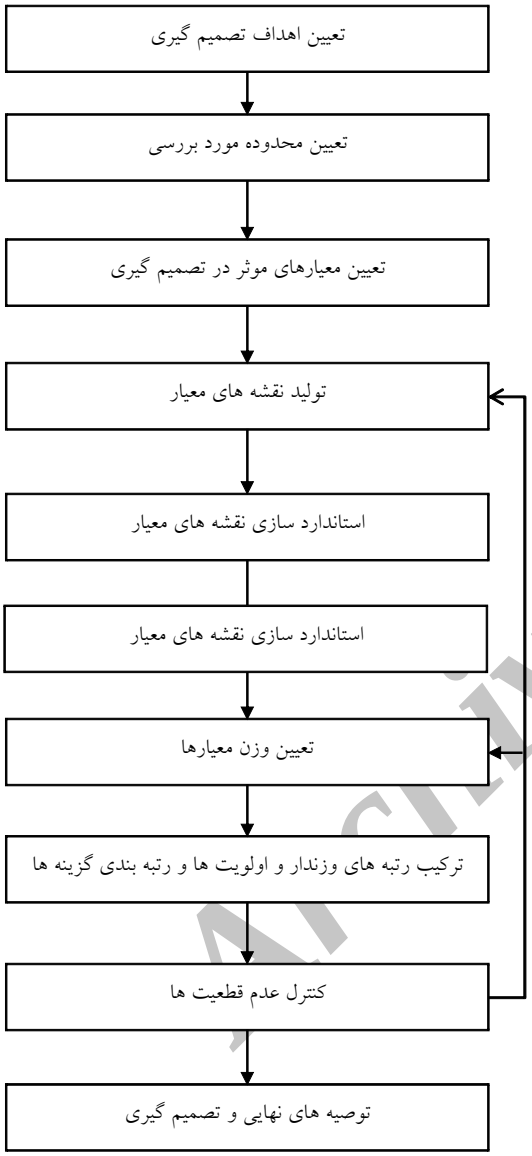
های مرتبط ارائه شده است.

گامهای ۱ و ۲ ارائه شده در شکل (۱) (تعیین اهداف تصمیم گیری و مشخص کردن گزینه ها) پایه های اولیه تصمیم گیری را فراهم می کنند. هدف، تصمیم سازی و ارائه گزینه های برتر برای انتخاب نهایی توسط تصمیم گیران با توجه به محدوده های موردنیاز انرژی و میزان نیاز می باشد. بعد از تعیین محدوده های مورد مطالعه سایر مراحل بکارگیری مدل MCDM براساس مفاهیم و تکنیک ها ادامه می یابد. از آنجایی که معیارها به عنوان ملاک اندازه گیری در اجرای مدل MCDM مورد استفاده قرار می گیرند، انتخاب و تعیین آنها در نتایج حاصل از پروسه تصمیم گیری بسیار بحرانی و تاثیرگذار می‌باشد (گام ۳). در محدوده مورد مطالعه پس از بررسی های انجام شده، شش معیار زمین شناسی منطقه، امکان استحصال هد مناسب، کوتاهی سیستم انتقال آب بین مخازن، کمی حجم خاکبرداری و خاکریزی، نزدیکی به شبکه های انتقال انرژی، نزدیکی به راههای دسترسی مد نظر قرار گرفته و هر معیار به صورت یک نقشه شبکه ای تهیه شده است.



شکل (۱) توپوگرافی منطقه مورد مطالعه بصورت شبکه ای

پس از تعیین معیارها، نقطه شروع اصلی هر آنالیز MCDM ساخت یک ماتریس ارزیابی می باشد که اغلب به عنوان یک جدول انتخاب یا ماتریس تصمیم گیری شناخته می شود (گام ٤). در سیستم های تصمیم گیری مسائل پیوسته، اطلاعات مورد نیاز برای رتبه بندی گزینه های محتمل به صورت نقشه تولید می شوند. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) امکان تولید هر معیار مکانی به صورت یک لایه نقشه را فراهم کرده است. نقشه های معیار در دو نوع فاکتورها (Factors) و نقشه های محدودیت (Constraints) مطرح می شوند[٤]. در منطقه مورد مطالعه محدوده مخزن سد و حریم آن و همچنین ترازهای کمتر از تراز حداقل به عنوان محدودیت‌های منطقه مد نظر قرار گرفته‌اند.



شکل (۲) فلوچارت بکارگیری مدل MCDM [۶]

در گام بعدی، استاندارد سازی معیار ها برای مقایسه آنها با یکدیگر صورت می پذیرد. این عمل با بکارگیری توابع عضویت فازی انجام شده است. در این تحلیل، نقشه معیارهای مختلف در تمامی نواحی با ارزش بین صفر و یک وارد محاسبات رتبه بندی می شوند.

Archive of SID

www.SID.ir

در گام (٦) وزن‌دهی معیار ها صورت می پذیرد. وزن هر معیار بیانگر مقدار ارزش آن از لحاظ فنی و اقتصادی در مقایسه با سایر معیارها می باشد. همانطور که در جدول (١) ملاحظه می شود، در تعیین وزنها از روش سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process–AHP) استفاده شده است.

در این تحقیق مدل های MCDM مورد استفاده برای تجمیع معیارهای وزندار، در تعیین تابع هدف، مدل وزن دهی جمعی ساده (Weighted Linear Combination-WLC) و مدل میانگین وزنی مرتب (Order Weighted Average-OWA) می باشند. مدل WLC بر پایه میانگین وزنی قرار دارد.

تصمیم‌گیر به طور مستقیم وزنهایی از اهمیت نسبی را به هر معیار اختصاص می دهد. سپس وزن اهمیت تخصیص یافته به هر معیار در نمره مقیاس بندی شده‌ی آن معیار در گزینه مورد نظر ضرب شده و با جمع حاصل ضربهای مذکور در رابطه با تمامی معیارها، امتیاز یا نمره ی کل هر گزینه به دست می آید. بعد از محاسبه امتیازهای کل برای تمام گزینه ها، گزینه‌ای که دارای بالاترین امتیاز است، انتخاب می گردد. در این مدل تصمیم گیری، برای ارزیابی هر گزینه ($V(A_i)$) از رابطه زیر استفاده می شود:

$$V(A_i) = \sum_j W_j X_{ij} \qquad (١)$$

که در آن X_{ij} معرف نمره گزینه iام در ارتباط بامعیار jام و W_j یک وزن استاندارد شده است($\sum_j W_j = 1$). با تعیین ارزش حداکثر، اولویت دارترین گزینه انتخاب می شود. مدل OWA یک مجموع وزنی با معیارهای ارزیابی مرتب شده است. بنابراین علاوه بر وزن معیارها، وزنهای ترتیبی نیز مورد استفاده قرار می گیرند. وزنهای ترتیبی امکان کنترل مستقیم را بر روی سطوحی از رابطه موازنه ای– جایگشتی (Trade-Off) در میان معیارها فراهم می کنند. از مزیت های عملگر OWA اعمال میزان درجه ریسک پذیری (Risk Taking)/ریسک گریزی(Risk Averse) تصمیم گیر می باشد. می توان سنجه‌های مبتنی بر «و» بودن (Andness)، «یا» بودن (Orness) و موازنه (Trade-Off) را در رابطه با هر مجموعه از وزنهای مرتب شده مطرح کرد [٢، ٣ و ٥]. این سه پارامتر را می توان با استفاده از روابط ذیل محاسبه نمود:

$$w \text{ بودن "و"} = \frac{1}{n-1}\sum_r (n-r)w_r \qquad (٢)$$

$$w \text{ بودن "یا"} = ١ - w \qquad (٣)$$

$$w \text{ موازنه} = 1-(n\sum_r (w_r - 1/n)^2/(n-1))^{0.5} \qquad (٤)$$

که درآن n بیانگر تعداد معیارها، r معرف ترتیب معیارها

	Head	*L/H*	*Geology*	*Dist. To P. Line*	*Dist. To Road*	*Ground Slope*	*CRITRIA WEIGHT (%)*
Head	**1**	1/2	1/2	3	3	3	***16***
L/H	2	**1**	1	5	5	5	***32***
Geology	2	1	**1**	5	5	5	***32***
Dist. To P. Line	1/3	1/5	1/5	**1**	1	1/2	***5***
Dist. To Road	1/3	1/5	1/5	1	**1**	1/2	***5***
Ground Slope	1/3	1/5	1/5	2	2	**1**	***10***
Consistency Ratio = 0.01 < 0.1 ***OK***							***SUM(Wi)=100***

extremely	**very strongly**	**strongly**	**moderately**	**equally**	**moderately**	**strongly**	**very strongly**	**extremely**
1/9	**1/7**	**1/5**	**1/3**	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**
Less Important					**More Important**			

جدول (١) استخراج وزن معیارهای مورد استفاده در مکانیابی نیروگاههای تلمبه ذخیره ای با استفاده از روش (AHP)

Archive of SID

www.SID.ir

و w_r بیانگر وزن مربوط به معیاری با رتبه rام است. رابطه(۲) درجه خوشبینی نیز نامیده می شود[۷]. برای درجه خوشبینی می توان سه حالت تعریف کرد. اگر مقدار آن بیشتر از ۰/۵ باشد، دیدگاه تصمیم گیر خوشبینانه (ریسک پذیر– Risk Taking) است. اگر این مقدار کمتر از ۰/۵ باشد، دیدگاه تصمیم گیر بدبینانه (ریسک گریز– Risk Averse) می باشد که در این حالت مقادیر بزرگتر به معیارهای با ارزش کمتر تعلق می گیرد. حالت میانه (Orness=Andness=۰/۵) دیدگاه خنثی (Risk Neutrality) را نشان می دهد که در آن تفاوتی بین معیارهای وزن‌دار وجود ندارد و مجموع وزن آنها به عنوان ارزش منطقه معرفی می‌گردد [۱].

٤- یافته های تحقیق

عدم قطعیت های حاکم بر مدل مکانیابی که در این تحقیق به آن پرداخته شده است، شامل عدم قطعیت ناشی از وزن معیار ها، مدل تجمیع، توابع یکسان ساز معیارها و میزان ریسک‌پذیری/ ریسک‌گریزی تصمیم گیران می باشد.

برای تعیین میزان پایداری نتایج مدل نسبت به تغییرات وزن معیارها، هریک از پارامترها در یک بازه نسبتا بزرگ ٤۰٪ ± با گام های ۱۰ درصدی کاهش و افزایش داده شده، وزن سایر پارامترها متناسب با مقدار آن در مجموعه وزنها تعیین گردیده است و مدل در دو روش تجمیع OWA و WLC برای وزن‌های جدید اجرا شده است. مقدار تغییرات در میزان میانگین رتبه شایستگی محدوده مورد مطالعه در جداول (۲) و (۳) ارائه می گردد. همانطور که در این جداول مشاهده می شود، نتایج حاصل از این روش‌ها نسبت به وزن معیارها نسبتا پایدار می‌باشد. بیشترین مقدار تغییرات در مقدار میانگین درجه شایستگی منطقه مربوط به تغییرات وزن نسبت طول سیستم انتقال به هد نیروگاه (L/H) می باشد. با تغییر ٤۰ درصدی وزن L/H، بیشترین تغییر در مقدار میانگین در روش WLC و OWA به ترتیب ٦/۸ و ۷ درصد می باشد. لازم به ذکر است با توجه به مقادیر هر معیار در هر منطقه، پارامتر تاثیر گذار می تواند متغیر باشد. به عبارت دیگر الزاما نسبت L/H موثرترین پارامتر در تغییر وزن پارامترها نمی باشد.

در مقایسه دو مدل OWA وWLC ملاحظه می شود که در مدل WLC میانگین و انحراف معیار شایستگی بهترین مکان به ترتیب ۰/٤۸۷ و ۰/۱۹٦ می باشند. این مقادیر در مدل OWA به ترتیب برابر ۰/۳٦۹ و ۰/۲۱٤ حاصل شده است که موجب کاهش مقدار میانگین شایستگی منطقه به میزان ۲٤٪ گشته است. این اختلاف قابل ملاحظه حاصل از تغییر نوع مدل، نمایانگر اهمیت زیاد نوع مدل تجمیع مورد استفاده در مطالعات مکانیابی می‌باشد. لذا لازم است در انجام مطالعات مکانیابی، مدل تجمیع با حساسیت و دقت زیادی انتخاب گردد.

جدول (۲) مقدار میانگین رتبه شایستگی محدوده به ازای تغییر وزن معیارهای مختلف – روش OWA

معیار	میزان تغییر وزن (درصد)								
	-٤۰/۰۰۰	-۳۰	-۲۰	-۱۰	۰	۱۰	۲۰	۳۰	٤۰
هد نیروگاه	۰/۳٦۲	۰/۳٦٤	۰/۳٦٥	۰/۳٦۷	۰/۳٦۹	۰/۳۷۰	۰/۳۷۲	۰/۳۷۳	۰/۳۷٤
نسبت طول انتقال به هد	۰/۳۹٥	۰/۳۸۸	۰/۳۸۱	۰/۳۷٤	۰/۳٦۹	۰/۳٦۳	۰/۳٥۷	۰/۳٥٤	۰/۳٤۹
شیب سطح زمین	۰/۳٦۰	۰/۳٦۳	۰/۳٦٤	۰/۳٦٦	۰/۳٦۹	۰/۳۷۱	۰/۳۷۳	۰/۳۷٤	۰/۳۷٦
فاصله تا شبکه انتقال نیرو	۰/۳۷۱	۰/۳۷۰	۰/۳۷۰	۰/۳٦۹	۰/۳٦۹	۰/۳٦۹	۰/۳٦۸	۰/۳٦۸	۰/۳٦۷
فاصله تا راه دسترسی	۰/۳٦٦	۰/۳٦۷	۰/۳٦۸	۰/۳٦۸	۰/۳٦۹	۰/۳٦۹	۰/۳۷۰	۰/۳۷۱	۰/۳۷۱
زمین شناسی	۰/۳٦۱	۰/۳٦٤	۰/۳٦٦	۰/۳٦۷	۰/۳٦۹	۰/۳۷۰	۰/۳۷۲	۰/۳۷٤	۰/۳۷٥

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۳) مقدار میانگین رتبه شایستگی محدوده به ازای تغییر وزن معیارهای مختلف - روش WLC

معیار	میزان تغییر وزن (درصد)								
	-۴۰	-۳۰	-۲۰	-۱۰	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
هد نیروگاه	۰/۴۷۸	۰/۴۸۱	۰/۴۸۳	۰/۴۸۵	۰/۴۸۷	۰/۴۸۹	۰/۴۹۱	۰/۴۹۳	۰/۴۹۵
نسبت طول انتقال به هد	۰/۵۲۰	۰/۵۱۱	۰/۵۰۳	۰/۴۹۵	۰/۴۸۷	۰/۴۷۹	۰/۴۷۱	۰/۴۶۳	۰/۴۵۴
شیب سطح زمین	۰/۴۷۰	۰/۴۷۵	۰/۴۷۹	۰/۴۸۳	۰/۴۸۷	۰/۴۹۱	۰/۴۹۵	۰/۴۹۹	۰/۵۰۴
فاصله تا شبکه انتقال نیرو	۰/۴۹۰	۰/۴۹۰	۰/۴۸۹	۰/۴۸۸	۰/۴۸۷	۰/۴۸۶	۰/۴۸۵	۰/۴۸۴	۰/۴۸۴
فاصله تا راه دسترسی	۰/۴۸۶	۰/۴۸۶	۰/۴۸۶	۰/۴۸۷	۰/۴۸۷	۰/۴۸۷	۰/۴۸۸	۰/۴۸۸	۰/۴۸۸
زمین شناسی	۰/۴۸۰	۰/۴۸۲	۰/۴۸۴	۰/۴۸۵	۰/۴۸۷	۰/۴۸۹	۰/۴۹۰	۰/۴۹۲	۰/۴۹۳

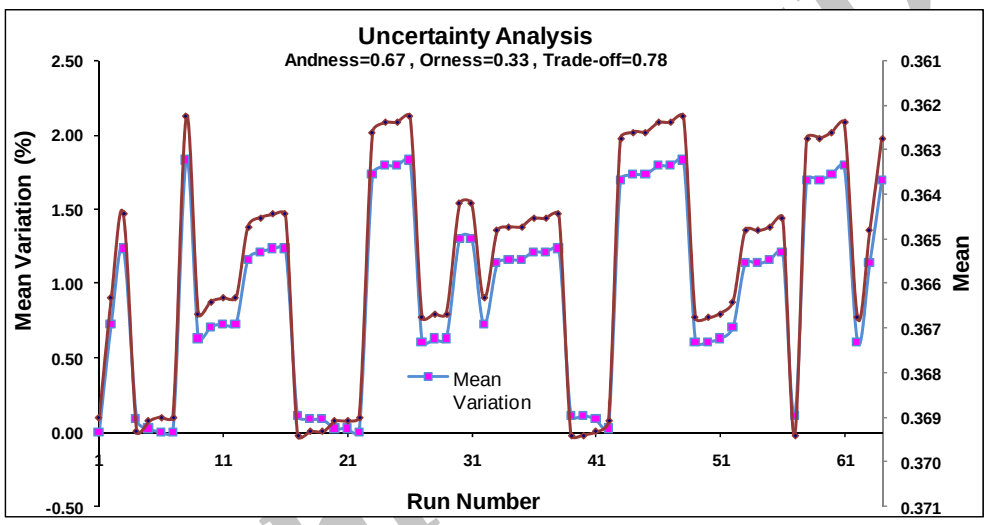
همانطور که در بخش ۳ مطرح گردید، در تجمیع معیارها نیاز به استانداردسازی نقشه های معیار برای ترکیب آنها با یکدیگر می باشد. نوع کلی توابع فازی مورد استفاده (از نظر افزایشی، کاهشی و تناوبی) با توجه به تعریف مساله مشخص است و ابهام مساله در شکل تابع فازی می‌باشد. بر این اساس آزمونهای درنظر گرفته شده شامل تغییرات تابع فازی استانداردسازی یک یا چند معیار می باشد و مدل برای توابع فازی متفاوت با جایگشت های مختلف (٦٤ حالت) اجرا و نمودار میانگین و میزان تغییرات آن در شکل (۳) ارائه شده است. نتایج نشان می دهند که حداکثر میزان تغییرات میانگین منطقه حدود ۲ درصد است و این نتیجه موید پایداری مدل نسبت به شکل تابع فازی مورد استفاده برای استانداردسازی می باشد.

برای سنجش میزان تاثیر ریسک پذیری/ریسک گریزی تصمیم گیر در ارزش منطقه مورد مطالعه، مدل OWA با تغییر درجه ریسک گریزی از ۰/۵۵ تا ۰/۸۵ و در وضعیت یکسان سایر پارامترها، در سی حالت اجرا گردیده و نتایج در شکل‌های ٤ الی ٦ ارائه شده است. در شکل (٤) درجه خوشبینی ، میزان بدبینی و مقدار جبرانی بودن مدل ارائه شده است در این شکل محور عمودی ارزش هر مقدار و محور افقی ۳۰ مدل اجرا شده می‌باشد، که در آن wi ها به گونه ای انتخاب شده‌اند که درجه ریسک گریزی تصمیم گیر افزایش یابد. همانطور که انتظار می‌رود با افزایش درجه خوشبینی (کاهش بدبینی) در بازه موردنظر، مقدار جبرانی بودن مدل کاهش یافته است بطوریکه به ازای مقدار Andness معادل ۰/٦ و ۰/۷۸ میزان Trade-off ۸۳/ و ۰/۵۱ می باشد یعنی حدود ۳۵ درصد کاهش یافته است. در حالت حدی امتداد دو خط Andness و Ornessدر ۰/۵ به همدیگر می رسند که در این حالت Trade-Off به یک می رسد و عملگر کاملا جبرانی می شود. هنگامی که Andness برابر با صفر یا یک باشد، Trade-Off معادل صفر می شود که در این حالت عملگر کاملا غیر جبرانی خواهد بود. شکل (۵) میزان wi ها را نسبت به درجه ریسک گریزی نشان می دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می گردد با افزایش میزان بدبینی (Andness) مولفه های اول بردار روند صعودی و مولفه های آخر روند نزولی دارند و این بدان معنی است که بدبینی تصمیم گیر منجر به افزایش ضریب تاثیرگذاری معیارهای کم ارزش در یک پیکسل و کاهش اثر معیارهای باارزش بالا می گردد. در تست شماره ۱۲و ۲۳ از ۳۰ مدل اجرا شده، ملاحظه می شود که تغییر ناگهانی در w1 که همان ضریب معیار پر ارزش می باشد، سبب افت Trade-Off و افزایش حالت غیر جبرانی گشته است. در شکل (٦) مقدار میانگین و میزان تغییرات آن در گزینه های مختلف ارائه شده است. نتایج نشان می دهند که میزان شایستگی منطقه برای احداث نیروگاه با افزایش مقدار Andness کاهش می یابد بطوریکه به ازای مقدار Andness معادل ۰/٦ و ۰/۷۸ میانگین رتبه شایستگی منطقه ۰/٤۳۳ و ۰/۲٦۹ می باشد یعنی حدود ۳۸ درصد کاهش یافته است. لذا میزان ریسک پذیری/ریسک گریزی تصمیم گیر تاثیر قابل توجه در نتیجه و در نهایت در تصمیم گیری خواهد داشت.

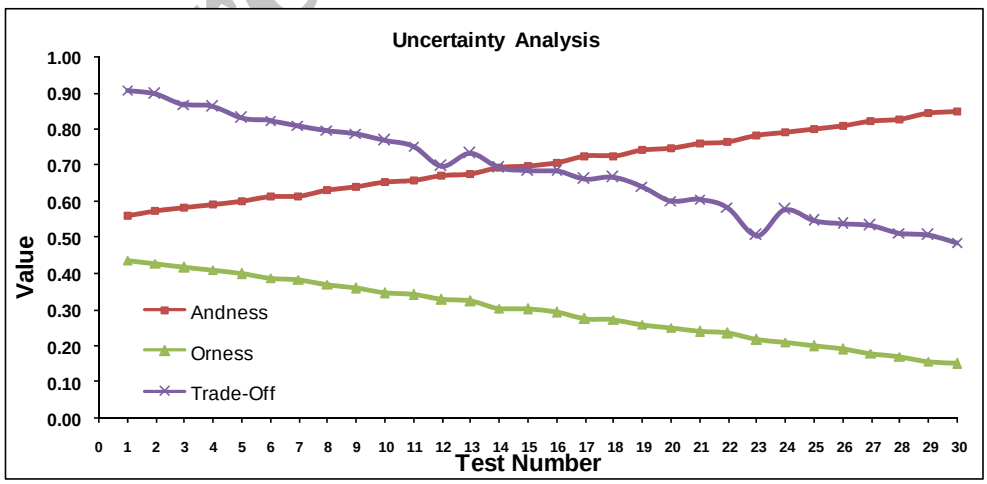
با توجه به روابط موجود در محاسبه میزان ریسک پذیری/ ریسک گریزی تصمیم گیر، انتظار می رود که با

www.SID.ir
Archive of SID

یکسان بودن میزان ریسک پذیری، مقدار اندرکنش و خاصیت جبرانی بودن مدل تغییر نکند و مقدار یکسانی باشد. در این تحقیق با تولید بردارهای مختلف wi مشاهده گردیده است که با وجود ریسک پذیری یکسان، مقدار اندرکنش بین معیارهای مختلف، متفاوت می‌باشد. در شکل (۷) مقدار میانگین و درصد تغییرات آن به ازای مقادیر مختلف اندر کنش بین معیاری و درجه ریسک پذیری یکسان ۰/٦۷ ارائه شده است. همانطور که در شکل مذکور مشاهده می شود حداکثر تغییرات مشاهده شده در میانگین ۲/۱ درصد می باشد که نشان دهنده تغییرات موجود در میزان میانگین شایستگی منطقه می باشد. تغییرات در مقدار میانگین ناشی از این تغییر قابل توجه نمی باشد و این بدان معناست که ممکن است دو تصمیم گیر با میزان درجه خوشبینی/بدبینی (ریسک‌پذیری/ریسک‌گریزی) یکسان به نتایج کاملا مشابه دست نیابند و اختلاف در نتایج حاصله و در نهایت تصمیم‌گیری‌ها وجود داشته باشد هرچند که این اختلاف ناچیز می باشد. شکل (۸) نشان دهنده آن است که با وجود افزایش میزان اندرکنش، مقدار میانگین رتبه شایستگی از نظم خاصی پیروی نمی نماید و به ازای ضرایب مختلف امکان کاهش یا افزایش مقدار میانگین و انحراف معیار رتبه شایستگی منطقه وجود دارد.

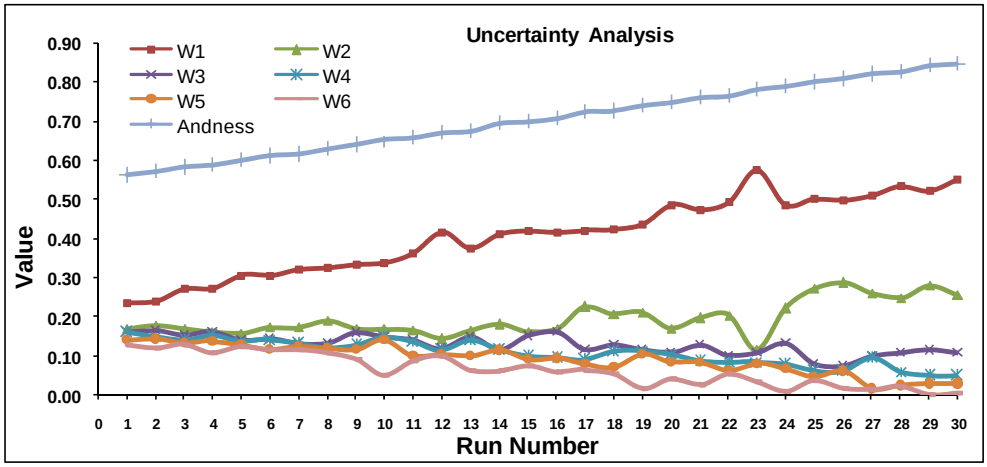


شکل (۳) مقدار میانگین و میزان تغییرات آن به ازای تغییر تابع فازی استانداردساز

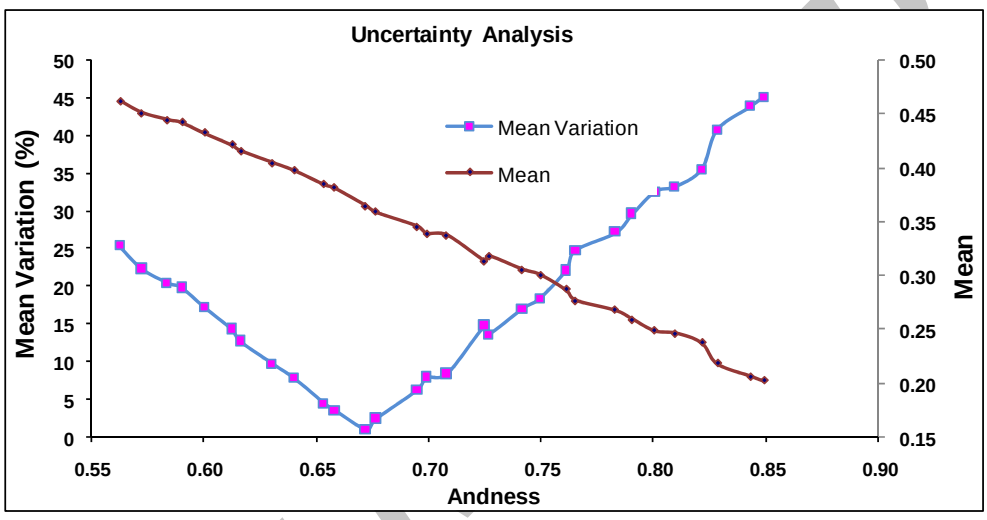


شکل (۴) درجه خوشبینی ، میزان بدبینی و مقدار جبرانی بودن مدل

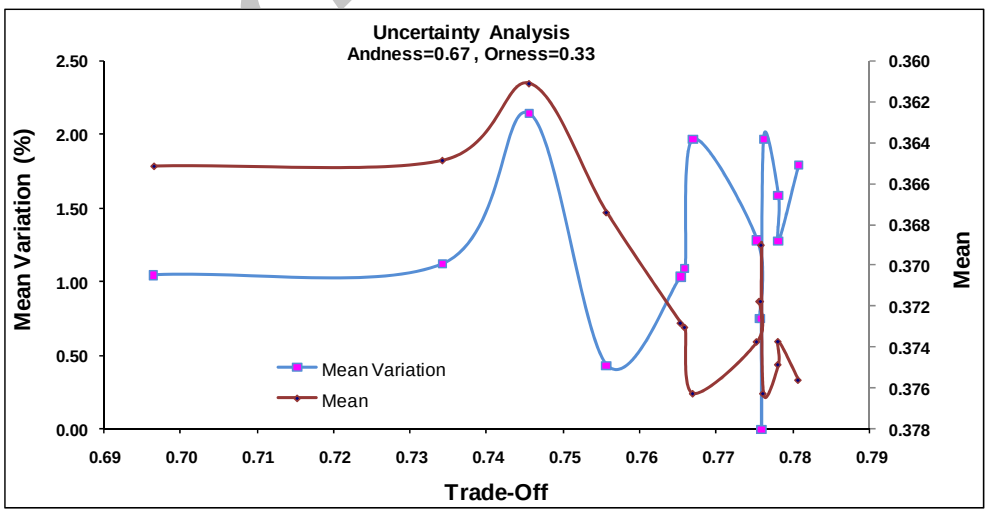
www.SID.ir



شکل (۵) مقادیر مولفه های بردارهای مختلف wi بکار رفته در اجرای مدل

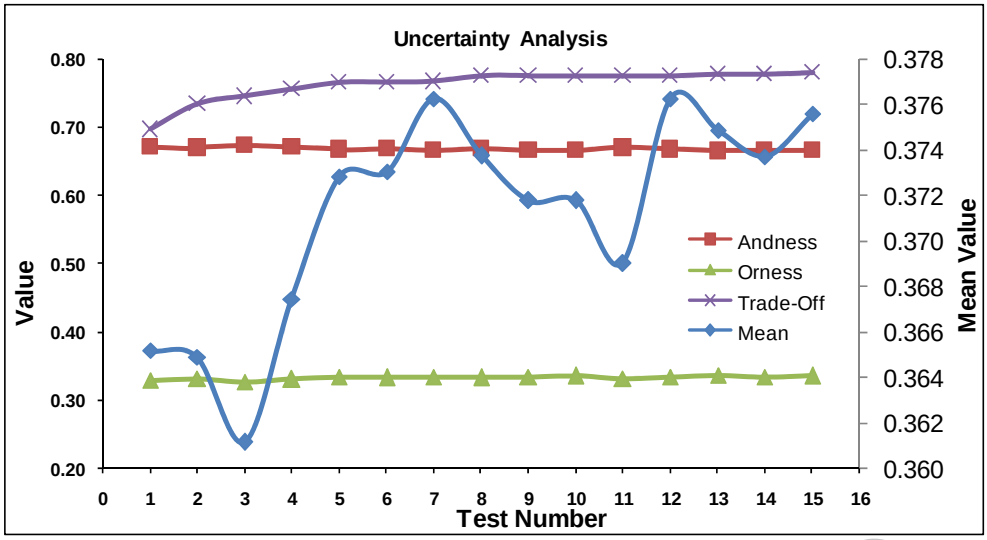


شکل (۶) مقدار میانگین و میزان تغییرات آن با تغییر در میزان ریسک گریزی



شکل (۷) میانگین و درصد تغییرات آن به ازای بردارهای مختلف wi با ریسک گریزی ۰/۶۷

www.SID.ir



شکل (۸) مقادیر ریسک پذیری، ریسک گریزی، اندرکنش و میانگین در اجراهای مختلف با ریسک گریزی ۰/۶۷

۵- نتیجه گیری

مکانیابی نیروگاههای تلمبه ذخیره ای با عدم قطعیت های مختلفی همراه می باشد که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعات مکانیابی، معیار های مختلفی تاثیرگذار می باشند که نحوه و میزان تاثیرگذاری هر یک از آنها با نامعینی همراه می باشد. در این تحقیق میزان تاثیر عدم قطعیت روشهای دانش تصمیم گیری، از قبیل تصمیم گیری چند معیاره مکانی (SMCDM) با استفاده از روشهای WLC و OWA در تخصیص مکانی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه شده است و عدم قطعیت های موجود در انتخاب محدوده معیارها، میزان درجه اهمیت هرمعیار در انتخاب گزینه، میزان ریسک پذیری/ریسک گریزی تصمیم گیران، توابع استاندارد سازی نقشه های معیار و ... در یک منطقه از کشور بررسی گردیده است. مطالعه موردی انجام شده، بررسی عدم قطعیت در توسعه نیروگاه تلمبه ذخیره ای در اطراف سد زاینده رود، که مخزن سد زاینده رود نقش مخزن پایین دستی را ایفا می نماید، درنظر گرفته شده است. نتایج حاصل از این تحقیق به شرح ذیل ارائه می گردد:

- ❖ نتایج بدست آمده نشان می دهند که رتبه بندی ارجحیت منطقه نسبت به وزن معیارها در هر دو روش وزن دهی جمعی ساده و میانگین وزنی مرتب نسبتا پایدار است بطوریکه با تغییر ٤٠ درصدی وزن معیارها، حداکثر تغییرات در مقدار میانگین و انحراف معیار شایستگی محدوده در مدل WLC و OWA ، به ترتیب ۷٪ و ۱٪ می باشد. این نتایج موید آن است که تغییرات وزن معیارها در نتایج حاصل از مدل، تاثیر قابل ملاحظه ای ندارند.
- ❖ حساسیت نتایج و خروجی‌ها به نوع مدل SMCDM مورد استفاده نسبتا زیاد می باشد. میانگین و انحراف معیار شایستگی منطقه با استفاده از روش WLC ، به ترتیب ۰/٤۸۷ و ۰/۱۹٦ و در روش OWA ، به ترتیب ۰/۳٦۹و ۰/۲۱٤ می‌باشد. لذا لازم است در مطالعات مکانیابی، انتخاب مدل مورد استفاده با دقت بالایی انجام شود تا نتایج حاصل از آن قابل اطمینان باشد.
- ❖ حساسیت نتایج و خروجی ها به میزان ریسک پذیری تصمیم گیر نسبتا زیاد می باشد. نتایج نشان می دهند که میزان شایستگی منطقه برای احداث نیروگاه با افزایش مقدار Andness کاهش می یابد. بطوریکه مقدار میانگین شایستگی منطقه به ازای Andness معادل ۰/٦ برابر با ۰/٤۳۳ و به ازای "و" بودن معادل ۰/۷۸ (۳۰ درصد ریسک گریزتر) برابر با ۰/۲٦۹ (۳۸ درصد کمتر) می‌باشد. بنابراین میزان ریسک پذیری/ریسک گریزی تصمیم گیران در خروجی مدل نقش بسزایی دارد و باید با دقت کافی تعیین شود.
- ❖ با وجود یکسان بودن میزان ریسک پذیری تصمیم گیر در مدل غیرجبرانی، مقدار اندرکنش و خاصیت

Archive of SID
www.SID.ir

جبرانی بودن مدل دستخوش تغییر می گردد. در این تحقیق با تولید بردارهای مختلف wi که میزان ریسک گریزی در آن ۰/٦۷ می باشد، Trade-Off بین معیارها از ۰/۷۰ تا ۰/۷۸ متغیر بوده که منجر به تغییر در میزان شایستگی ساختگاههای مورد بررسی در محدوده طرح شده است. تغییرات مشاهده شده در مقدار میانگین حداکثر ۲/۱ درصد می باشد. این بدان معنی است که دو تصمیم گیر با میزان درجه خوشبینی/بدبینی (ریسک پذیری/ریسک گریزی) یکسان ممکن است به نتایج کاملا مشابه دست نیابند و اختلاف در نتایج حاصله و در نهایت تصمیم گیری ها وجود داشته باشد.

- در تجمیع معیارها نیاز به استانداردسازی نقشه های معیار برای ترکیب آنها با یکدیگر می‌باشد. مدل مورد استفاده برای توابع فازی متفاوت با جایگشت های مختلف شامل تغییرات تابع فازی استانداردسازی یک یا چند معیار (٦٤ حالت) اجرا شده است. نتایج نشان می دهند که حداکثر میزان تغییرات میانگین و انحراف معیار شایستگی منطقه حدود ۲ درصد است که نشان دهنده پایداری نتایج مدل نسبت به شکل تابع فازی مورد استفاده برای استانداردسازی می باشد.

۶- مراجع

[۱] ضرغامی، م.، **تدقیق عملگر میانگین وزنی مرتب با در نظر گیری عدم قطعیت های فازی و احتمالاتی**، رساله دکترا، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۵.

[۲] Dodgson, 1., Spackman, M., Pearman, A. and Phillips, L. (Eds). (2001), Multi-Criteria Analysis: A Manual, Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR), Goldthorpe, Rotherham.

[۳] Eastman, J.R. (1997). lDRISI for Windows, Version 2.0: tutorial exercises. Worcester, MA: Graduate School of Geography, Clark University.

[٤] Eastman J.R. (2006), Guide to GIS and image processing. USA: Clark University.

[٥] Eastman, J. R., and H. Jiang (1996). Fuzzy measures in multi-criteria evaluation. Proceedings of the 2nd International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Studies, FortCollins, CO, May 21-23, pp. 527-534.

[٦] Edwards, W. (1977b), "Use of multi attribute utility measurement for social decision making", in Conflicting Objectives in Decisions, Bell, D. E., Keeney, D. L. and Raiffa, H. (eds), Wiley, London, 247 - 276.

[۲] Malczewski J. (2000), On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches. Transactions in GIS; 4:5-22.

[۳] Yager, R. R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 18(1); 183-190.

Archive of SID

www.SID.ir