Archive of SID

مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور برای ارزیابی گزینه‌های مدیریت سیلاب

محمدابراهیم بنی‌حبیب [۱] و نسترن چیت‌ساز [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۰

چکیده

در این مقاله جهت مدیریت سیلاب در حوزهٔ گرگانرود، از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور استفاده شده‌است. گزینه‌های مدیریت سیلاب شامل حفظ شرایط‌طبیعی، بهره‌برداری از سدگلستان، احداث گوره، احداث کانال‌انحراف، سامانهٔ پیش‌بینی و هشدارسیل، استفاده از بیمه‌سیل و سامانهٔ پیش‌بینی و هشدارسیل توام با بیمهٔ‌سیل رتبه‌بندی شده‌اند. سپس نتایج آن با مدل وزن‌دهی ساده و مقایسه شده‌است. به منظور ارزیابی گزینه‌ها از ۱۱ معیار شامل تلفات جانی مورد انتظار، نرخ‌بازیابی، نرخ تدریج، خسارت مورد انتظار سالانه، احساس امنیت مردم، نرخ اشتغال‌زائی، مشارکت مردمی، حفظ و بهبود مناظرطبیعی، حفاظت از زیستگاه حیات وحش، حفاظت از کیفیت‌آب و امکان‌پذیری‌فنی و سرعت‌اجراء استفاده شده‌است. نتایج رتبه‌بندی نشان داده که در صورت کاهش میزان پارامتر ویکور، مدل به معیارهای اجتماعی، اقتصادی و فنی اهمیت بیشتری داده‌است. با افزایش میزان پارامتر ویکور، حساسیت مدل نسبت به تغییر پارامتر ویکور افزایش یافته‌است. مدل ویکور بر خلاف مدل وزن‌دهی ساده حساسیت کمتری نسبت به تغییر وزن معیارها داشته ولی به معیارهای اقتصادی و فنی حساسیت بالایی داشته‌است. در این تحقیق به دلیل اهمیت بالای معیارهای اجتماعی مدل ویکور توصیه شده است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل حساسیت، تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدل ویکور، مدیریت سیلاب.

[۱] دانشیار دانشگاه تهران، گروه آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، تهران، ایران. ۰۲۱۳۶۰۴۰۹۰۶. banihabib@ut.ac.ir
۲دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان_ کرج، جهانشهر، خیابان کسری. ۰۹۱۲۳۶۶۲۸۳۳،
nastaran.chitsaz@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

اخیرا روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دلیل در نظر گرفتن مجموعه معیارها، کاربرد زیادی در زمینه‌های مختلف علمی داشته‌اند. در این مدل‌ها، همانطور که از نام آن پیداست، معیارهای تعیین شده جهت رسیدن به اهداف در نظر گرفته شده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. تصمیم‌گیری در مسائل مرتبط با منابع آب به دلیل لزوم درنظر داشتن توام فاکتورهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، پیچیده می‌باشد ولی استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تا حدی از این پیچیدگی می‌کاهد. در گذشته، تصمیم‌گیری‌ها تنها مبتنی بر یک هدف اصلی بیشینه نمودن نسبت سود به هزینه بوده‌است. ناکارآمد بودن نگرش تک‌بعدی و لزوم جامع‌نگری در مدیریت و تصمیم‌گیری باعث شده تا بهره‌گیری از تخصص‌های مختلف براساس معیارهای چندگانه کمی و کیفی و ارائه گزینه‌های مختلف مدیریتی اهمیت یابد. بنابراین امروزه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی و چندمعیاره، دیگر لازم نیست که فقط از معادل مالی معیارهای اجتماعی و محیط‌زیستی استفاده شود، بلکه می‌توان معیارهای مختلف را به صورت معیارهای کمی و کیفی برای انتخاب گزینه برتر بکاربرد (Afshari et al., 2010; Pohekar and Ramachandran, 2004).

کاربرد این مدل‌ها در منابع آب از فعالیت‌های Maass et al., 1973 آغاز شد که درآن مسائل تصمیم‌گیری به صورت بهینه‌سازی به مدل برنامه‌ریزی خطی مطرح شدند. مدل وزن‌دهی ساده (SAW)[1] در زمینه تصمیم‌گیری چندمعیاره کاربرد زیادی داشته‌است. اساس این مدل جمع وزنی حاصل از نتایج معیارهای هر گزینه می‌باشد و توسط Hwang and yoon., 1981 ارائه شده‌است. Chang and yeh (2001) ; SteVenson (2005) این مدل را با سایر مدل‌های تصمیم‌گیری مقایسه کرده و به این نتیجه رسیده‌است که این مدل به دلیل ساده بودن و داشتن نتایجی مشابه سایر مدل‌ها می‌تواند مدل مناسبی به شمار آید.

در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره معمولا معیارهای متعارضی وجود دارند و یافتن راه حلی که بتواند همه آن‌ها را بطور همزمان بهینه سازد مشکل و یا حتی غیرممکن است. (Mohaghar, 2012; Mohamed and El-Santawy, 2012) مدل ویکور (VIKOR)[2] را اولین بار اپریکوویچ[3] و تزنگ[4] در سال ۱۹۸۸به عنوان ابزاری برای کمک به تصمیم‌گیر در حل مسائلی با معیارهای متعارض، ارائه کرده و تا سال ۲۰۰۷ آن را گسترش داده‌اند. OpricoVic and Tzeng, 2007 . اپریکویچ (۲۰۰۹) از مدل ویکور جهت مدیریت آب در حوزه رودخانه ملاوا استفاده کرده‌است که در آن معیارهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی و دیدگاه‌های فرهنگی بررسی شده‌اند و نتایج رتبه‌بندی بر اساس نزدیکترین مدل به حالت ایده‌آل بوده‌است (OprocoVic, 2009). پورجواد (۲۰۱۱) این مدل را با سایر مدل‌های چندمعیاره مقایسه کرده‌است (Pourjavad and Shirouyehzad, 2011). چانگ[5] و هسو[6] (۲۰۰۹) از این مدل جهت رتبه‌بندی در کاربری اراضی در حوضه تسانگ در جنوب تایوان بهره‌برده‌اند (Chang and Hsu, 2009) این مدل در مواقعی کاربرد دارد که تصمیم‌گیر در ابتدا نداند کدام گزینه از اولویت بیشتری برخوردار است (Mohaghar, 2012; Ebrahimnejad et al., 2012).

با توجه به بررسی تحقیقات انجام شده مشخص می‌شود که در استفاده از مدل‌های وزن‌دهی ساده و ویکور در زمینه مدیریت سیلاب، تحقیقات چندانی گزارش نشده‌است. همچنین مدل چندمعیاره ویکور، به دلیل رتبه‌بندی گزینه‌ها بر مبنای نزدیکترین گزینه به حالت ایده‌آل، برای تصمیم‌گیری در مورد گزینه‌های مدیریت سیلاب می‌تواند راه‌گشا باشد. بنابراین در این مقاله، گزینه‌های مدیریت سیلاب با

[1] Simple additiVe weight

[2] VlseKriterijumska optimizacijia Kompromisno Resenja
[3] OpricoVic
[4] Tzeng
[5] Chang
[6] Hsu

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از این مدل رتبه‌بندی شده و نتایج آن با مـدل وزن‌دهی ساده مقایسه شده‌است.

مواد و روش‌ها

محدوده طرح

در تحقیق حاضر، گزینه‌های مدیریت سیلاب بر اساس معیارهای فنی-اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای کاهش خسارت سیل در بازه‌ای از رودخانه گرگانرود، در استان گلستان بررسی شده‌است. بازه مورد نظر از سد گلستان یک شروع شده و تا پایین‌دست شهر گنبد ادامه دارد که بصورت شکل (۱) می‌باشد.

گزینه‌های مدیریت سیلاب

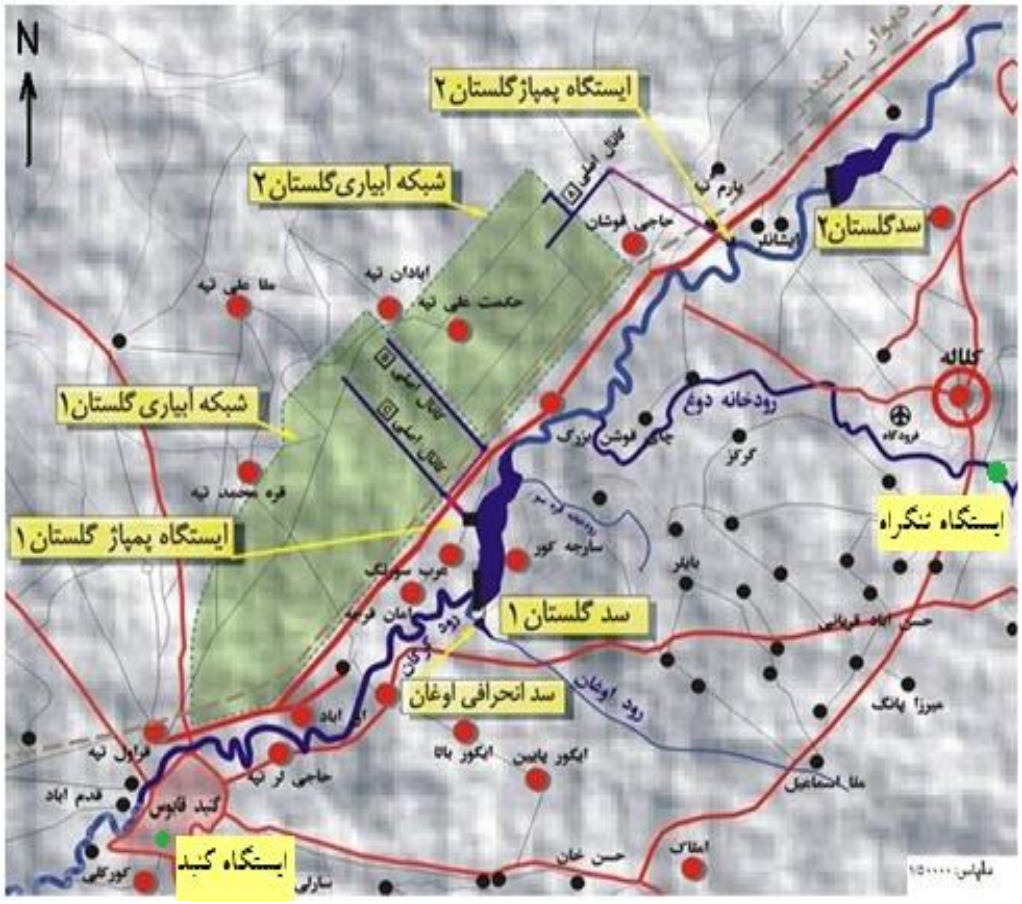
گزینه‌های مدیریت سیلاب به دو دستهٔ سازه‌ای و غیرسازه‌ای طبقه‌بندی می‌شود. گزینه‌هایی نظیر استفاده از سدها و مخازن مهارسیلاب، کانال انحراف سیلاب، گوره‌ها و اصلاح مسیر و مقاطع رودخانه از دسته گزینه‌های سازه‌ای کاهش خسارت سیل محسوب می‌شوند (Kundzewicz and Takeuchi, 1999). گزینه‌های دیگری که مستقیم بر روی جریان سیل اثر نمی‌گذارند نظیر سامانه پیش‌بینی و هشدارسیلاب، بیمه‌سیل و نظیر آن‌ها از دسته گزینه‌های غیرسازه‌ای محسوب می‌شوند. با توجه به شرایط فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی محدوده‌ی طرح، گزینه‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای زیر برای مدیریت سیل در بازه مورد مطالعه پیشنهاد شده‌اند (Yazdandoost and Bozorgy, 2008): گزینه اول (P۱): شرایط طبیعی، گزینه دوم (P۲): استفاده از ظرفیت مهار سیلاب سد گلستان، گزینه سوم (P۳): احداث گوره، گزینه چهارم (P۴): احداث کانال انحراف، گزینه پنجم (P۵): پیش‌بینی و هشدارسیلاب، گزینه ششم (P۶): استفاده از بیمه‌سیل و گزینه هفتم (P۷): ترکیب گزینه‌های پنجم و ششم. گزینه‌های دوم تا چهارم سازه‌ای و گزینه پنجم تا هفتم غیرسازه‌ای است. گزینه اول برای مقایسه نتایج گزینه‌های دیگر با شرایط طبیعی رودخانه مطرح گردیده و شامل هیچ اقدام سازه‌ای و غیرسازه‌ای نیست. گزینه دوم بر استفاده از ظرفیت مهار سیلاب سد گلستان یک تأکید دارد. سد گلستان یک درحال حاضر احداث شده و در این گزینه فرض بر این بوده که هنگام رخداد سیلاب سطح آب مخزن سد در تراز نرمال بوده و حجم ذخیره مازاد بر تراز نرمال بعنوان حجم ذخیره سیلاب در روندیابی سیل استفاده می‌شود. لذا هزینه‌های احداث، بهره‌برداری و نگهداری سد گلستان و نیز پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی سیلاب خروجی از آن در ارزیابی این گزینه استفاده شده‌است. گزینه سوم از گوره خاکی برای محدودسازی سیلاب با دوره‌بازگشت ۵۰ سال استفاده می‌نماید. ارتفاع گوره‌ها بر مبنای شبیه‌سازی یک بعدی جریان سیلاب در رودخانه بین ۱ تا ۳/۵ متر تعیین شده و مجموع طول گوره‌های مورد نیاز این گزینه، در طرفین رودخانه برابر با ۴۱۱۵۰ متر می‌باشد. عرض تاج گوره ۵ متر و شیب شیروانی طرفین آن ۱ قائم و ۲ افقی طرح شده‌است. گزینه چهارم از کانال انحراف سیلاب به عمق ۳ متر و عرض ۱۰۰ متر و به موازات رودخانه در شمال محدوده طرح استفاده می‌نماید. گزینه پنجم از سامانه پیش‌بینی و هشدار سیلاب برای کاهش خسارت سیل درمحدوده مورد مطالعه استفاده می‌نماید. در این گزینه تغییر فیزیکی در محدوده طرح ایجاد نشده و شرایط طبیعی آن حفظ می‌شود. گزینه ششم از بیمه سیل برای جبران خسارت سیل استفاده می‌نماید. دراین گزینه شرایط طبیعی محدوده طرح حفظ‌شده و هیچ اقدامی برای کاهش خسارت مالی و تلفات و آسیب‌های جانی صورت نمی‌گیرد، فقط با پرداخت خسارت وارده به بیمه شدگان، نسبت به جبران خسارت سیلاب به آنها اقدام می‌شود. گزینه هفتم ترکیبی از گزینه‌های پنجم و ششم می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

معیارهای مورد استفاده

معیارهای مورد استفاده در مدل‌های چندمعیاره در تحقیق حاضر، به صورت جدول ۲ می‌باشد. این معیارها می‌توانند از نظر فنی-اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی سه گروه تقسیم شوند. معیارهای کمی شامل: خسارت مورد انتظار سالیانه[1](EAD) و تلفات جانی مورد انتظار سالیانه[2](EANC) و نرخ تدریج[3] می‌باشد. برآورد معیارهای خسارات محسوس مورد انتظار سالیانه، تعداد تلفات مورد انتظار سالیانه بر اساس نظریه دبروین و به صورت روابط (۱) و (۲) می‌باشد. (De Bruijn, 2005)



شکل (۱): محدوده حوضه آبریز گرگانرود

[1] Expected Annual Damage (EAD)
[2] Expected Average Number of Casualties Per Year (EANC)
[3] Gradually

www.SID.ir

Archive of SID

$$EAD = \int_{1/10000}^{P(D=0)} PD(P)\,dP \qquad (۱)$$

$$EANC = \int_{1/10000}^{P(D=0)} PC(P)\,dP \qquad (۲)$$

که در این روابط:

EAD میانگین خسارت مورد انتظار در سال و EANC تعداد میانگین مورد انتظار قربانیان در سال می‌باشد.

برآورد نرخ تدریج به صورت روابط (۳ تا ۵) میباشد (De Bruijn, 2005)

$$\text{تدریج} = 1 - \sum_{n=1}^{n=N} \frac{|\Delta Q_n' - \Delta D_n'|}{200} \qquad (۳)$$

که در آن:

$$\Delta Q_n' = \left[\frac{100(Q_n - Q_{min})}{Q_{max} - Q_{min}}\right] - \left[\frac{100(Q_{n-1} - Q_{min})}{Q_{max} - Q_{min}}\right] \qquad (۴)$$

$$\Delta D_n' = \left[\frac{100(D_n - D_{min})}{D_{max} - D_{min}}\right] - \left[\frac{100(D_{n-1} - D_{min})}{D_{max} - D_{min}}\right] \qquad (۵)$$

Q دبی (مترمکعب بر ثانیه)، Q_{max} دبی با دوره‌بازگشت ۱۰۰۰۰ ساله، Q_{min} بالاترین مقدار Q که به ازای آن $D = 0$ است، D خسارت نسبی بصورت درصد و تابعی از Q، $D_{max} = D(Q_{max})$ و n رتبه دبی می‌باشد.

مدل وزن‌دهی ساده

مدل وزن‌دهی ساده با نام مدل ترکیب خطی وزن‌دار[1] نیز شناخته می‌شود، در این مدل پس از بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم، با استفاده از ضرایب وزنی معیارها، ماتریس تصمیم بی‌بعد شده وزن‌دار بدست آمده‌است. سپس امتیاز هر گزینه به صورت رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$A^* = \{A_i \mid \max_i \sum_{j=1}^{m} w_j r_{ij}\} \qquad (۶)$$

که در آن $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i \{x_{ij}\}}$ درایه‌های ماتریس تصمیم بی‌بعد شده می‌باشد. x_{ij} عملکرد گزینه i در رابطه با معیار j بوده و w_j نیز وزن معیار j می‌باشد (Afshari et al., 2010, Athawale and Chakraborty,2012).

مدل ویکور

این مدل که مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در این مدل بی‌بعد کردن ماتریس تصمیم به صورت رابطه (۷) می‌باشد.

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \qquad (۷)$$

محاسبه مقدار سودمندی (S) و مقدار تاسف (R) به صورت روابط(۸) و (۹) می‌باشد.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \qquad (۸)$$

$$R_i = \max\{w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}\} \qquad (۹)$$

که در آن w_j مقدار وزن مورد نظر برای معیار j است و برای معیارهای مثبت $f_j^* = \max_i f_{ij}$ و $f_j^- = \min_i f_{ij}$ و برای معیارهای منفی $f_j^* = \min_i f_{ij}$ و $f_j^- = \max_i f_{ij}$ می‌باشد. کسر $\frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}$ برابر نرخ فاصله از حالت ایده‌آل برای معیارهای $j = 1, 2, \ldots, n$ در گزینه i می‌باشد. که در مقدار سودمندی از این فواصل میانگین‌گیری شده ولی در مقدار تاسف تنها حداکثر مقدار فاصله از حالت ایده‌آل معیارها برای هر گزینه محاسبه می‌شود. مقدار Q (شاخص ویکور) بصورت رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود:

[1] Weighted linear combination method

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۲): معیارهای ارزیابی گزینه‌های مدیریت سیلاب

شماره معیار	گروه بندی معیار	معیار	توضیح
I۱	اقتصادی	خسارت موردانتظارسالانه	میانگین خسارت مورد انتظار سالانه است که برای ارزیابی دامنه عکس‌العمل بکار می‌رود.
I۲	فنی	نرخ بازیابی	نرخ بازگشت از وضعیت که آثار سیلاب در آن مشهود است به وضعیت عادی یا به وضعیت بهتر از شرایط قبل از وقوع سیل.
I۳	فنی	تدریج (انعطاف‌پذیری)	افزایش عکس‌العمل سیستم با افزایش دبی را نشان می‌دهد که بیانگر افزایش میزان خسارت با افزایش دبی اوج سیل است.
I۴	اجتماعی	تلفات جانی مورانتظار	میانگین تلفات انسانی مورد انتظار در سال است که برای ارزیابی دامنه عکس‌العمل بکار می‌رود.
I۵		احساس امنیت مردم	احساس‌امنیت‌مردم در اثر اجرای یک گزینه مدیریت سیلاب، که به پایداری اجتماعی یک منطقه کمک می‌کند.
I۶		نرخ اشتغال‌زائی	اشتغال یکی از عوامل مهم و رضایتمندی عمومی و پایداری اجتماع محسوب می‌شود.
I۷		مشارکت مردمی	میزان مشارکت مردمی در اجرای یک گزینه نشانگر خوبی از رضایت‌مندی عمومی و پایداری اجتماعی است.
I۸	زیست محیطی	حفظ و بهبود مناظر طبیعی	حفظ و بهبود مناظر طبیعی در یک گزینه شاخصی است از پایداری زیست محیطی.
I۹		حفاظت از زیستگاه حیات‌وحش	حفاظت از زیستگاه حیات وحش در یک گزینه نقش آن را در توسعه پایدار زیست محیطی ارزیابی می‌کند.
I۱۰		حفاظت ازکیفیت آب	حفاظت از کیفیت آب در مقابل آلاینده‌ها و رسوب، به بهبود منابع آب و حفظ محیط زیست کمک می‌کند.
I۱۱	فنی	امکان‌پذیری فنی وسرعت اجرا	محدودیت‌های مالی و تکنولوژی درجوامع در حال توسعه بر امکانپذیری فنی و سرعت اجرای یک گزینه اثر گذاشته و هر گزینه را با گزینه‌های دیگر در امکان‌پذیری اقتصادی آن و رضایت‌مندی عمومی متفاوت سازد.

$$Q_i = V\left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-}\right] + (1 - V)\left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-}\right] \qquad (۱۰)$$

که در آن:

$$S^- = \text{Min } S_i \qquad R^- = \text{Min } R_i$$
$$S^* = \text{Max } S_i \qquad R^* = \text{Max } R_i$$

در این روابط : $\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-}$ بیان کننده نرخ میانگین فاصله از حل ایده‌ال برای گزینه i و $\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-}$ بیان کننده نرخ حداکثر فاصله از حل ایده‌ال برای گزینه‌i است. پارامتر ویکور(V) با توجه به میزان توافق گروه تصمیم‌گیرنده انتخاب می‌شود. اگر مقدار آن بیش از ۰/۵باشد میزان اهمیت نرخ میانگین فاصله از حالت ایده‌آل گزینه‌ها بیشتر می‌شود و اگر مقدار آن کمتر از

www.SID.ir

Archive of SID

۰/۵ باشد اهمیت نرخ حداکثر فاصله از حل ایده‌ال گزینه‌ها بیشتر می‌شود.

سپس توجه به مقادیر R، S و Q گزینه‌ها از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند. رتبه‌بندی نهایی مدل بر اساس مقادیر Q می‌باشد. در گروه Q گزینه‌ای به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود که بتواند شروط زیر را ارضا کند.

شرط ۱: اگر گزینه‌های A_1 و A_2 به ترتیب اولین و دومین گزینه برتر در گروه و n بیانگر تعداد گزینه‌ها باشد. رابطه (۱۱) برقرار باشد:

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{n-1} \qquad (۱۱)$$

شرط ۲: گزینه A_1 حداقل در یکی از گروه‌های R و S به عنوان رتبه برتر شناخته‌شود. زمانیکه شرط اول برقرار نباشد، مجموعه‌ای از گزینه‌ها به صورت زیر به عنوان گزینه‌های برتر انتخاب می‌شوند:

گزینه‌های برتر = $A_1, A_2, \ldots, A_m$

بیشترین مقدار m با توجه به رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود:

$$Q(A_m) - Q(A_1) < \frac{1}{n-1} \qquad (۱۲)$$

زمانی‌که شرط دوم برقرار نباشد دو گزینه A_1 و A_2 به عنوان گزینه‌های برتر انتخاب می‌شوند .

تحلیل حساسیت بر اساس تغییر در وزن معیارها:

جهت تحلیل حساسیت مدل با تغییر در وزن معیارها، وزن هر یک از معیارها را به مقادیر حداکثر و حداقل ممکن رسانده تغییرات رتبه‌بندی‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌است. وزن‌های بکار رفته در مدل‌ها وزن نسبی است و مجموع وزن‌ها برابر یک می‌باشد. بنابراین با تغییر در وزن هر معیار به حداکثر و حداقل مقدار آن، وزن سایر معیارها از رابطه (۱۳) پیروی کرده تا مجموع وزن‌ها برابر یک شود.

$$\acute{w}_j = \frac{1-\acute{w}_i}{1-w_i} \times w_j \qquad (۱۳)$$

که در آن $\acute{w}_i$ حداکثر یا حداقل مقدار معیار i، w_i وزن قبلی معیار i، w_j وزن قبلی معیار j (سایر معیارها) و $\acute{w}_j$ وزن جدید معیار j می‌باشد.

نتایج و بحث

در این مقاله وزن معیارها و امتیاز هر گزینه در برآورده کردن معیارهای کیفی، بر اساس نظرسنجی از سی نفر از متخصصین آب بدست‌آمد، مقادیر معیارهای کمی مطابق فرمول‌های ۱ تا ۳ محاسبه گردید. نتایج آن به صورت جدول (۳) می‌باشد. نتایج حاصل از مدل ویکور با توجه به مقادیر بدست‌آمده برای مقدار سودمندی (S)، مقدار تاسف (R) و مقدار (Q) برای۰/۵=V به صورت جدول (۴) می‌باشد. با توجه به مقادیر Q، R و S، شرط ۱ به صورت رابطه (۱۴) برقرار نمی‌باشد.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{n-1} \Rightarrow 0.06 - 0 \geq \frac{1}{6} \qquad (۱۴)$$

شرط ۲ به دلیل قرار داشتن گزینه P۱ در رتبه اول در هر سه مقادیر Q، R و S برقرار می‌باشد و مقدار $Q(A_m)$ به صورت رابطه (۱۵) است:

$$Q(A_m) - Q(A_1) < \frac{1}{n-1} \Rightarrow Q(A_m) < 0.17 \qquad (۱۵)$$

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۳): مقادیر ماتریس تصمیم و وزن معیارها

معیارها	P۱	P۲	P۳	P۴	P۵	P۶	P۷	W
I۱	۱۱۷۹۲	۱۷۷۶۷	۱۲۵۷۴	۲۸۶۵	۱۲۰۸۳	۱۱۷۹۲	۱۲۰۸۳	۰/۰۹
I۲	۵/۷	۶	۵/۷	۵/۷	۶/۳	۶/۷	۶/۷	۰/۱۱
I۳	۰/۸۳	۰/۸	۰/۷۳	۰/۹۴	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۰۵
I۴	۴/۴	۱/۹	۳,۸	۲/۲	۲	۴/۴	۲	۰/۳۱
I۵	۱	۴	۳	۳/۵	۴	۲/۵	۵	۰/۱۷۵
I۶	۱	۰/۶	۰/۹	۵/۸	۰/۴	۱	۰/۴	۰/۰۳
I۷	۲	۳	۳	۳	۳/۵	۲/۵	۴	۰/۰۵
I۸	۳	۵	۱	۲	۴	۳	۴	۰/۰۲
I۹	۴	۲	۲	۲	۴	۴	۴	۰/۰۶۵
I۱۰	۱	۵	۲/۸	۳	۲	۲	۲	۰/۰۷
I۱۱	۴	۲	۳	۲/۵	۴	۳/۵	۳	۰/۰۳

جدول(۴) مقادیر سودمندی (S)، تاسف (R) و (Q) در مدل ویکور

گزینه‌ها	مقادیر S	مقادیر R	مقادیر Q	رتبه بندی بر اساسS	رتبه بندی بر اساسR	رتبه بندی بر اساس Q	رتبه‌بندی بر اساس وزن‌دهی ساده
P۱	۰/۸۳	۰/۳۰۸	۱	۷	۵	۶	۷
P۲	۰/۳۸	۰/۰۹	۰/۲۱	۴	۲	۲	۴
P۳	۰/۷۳	۰/۲۳	۰/۷۷	۶	۴	۴	۶
P۴	۰/۳۶	۰/۱	۰/۲۲	۳	۳	۳	۲
P۵	۰/۲۷	۰/۵۴	۰/۰۶	۲	۱	۱	۳
P۶	۰/۶۳	۰/۳۰۸	۰/۸۵	۵	۵	۵	۵
P۷	۰/۲	۰/۵۵	۰	۱	۱	۱	۱

با توجه به مقادیر Q، تنها ۲ گزینه P۷ با مقدار صفر و P۵ با مقدار ۰/۰۱۶ در رابطه (۱۰) صدق کرده و به عنوان رتبه برتر شناخته شده و سایر گزینه‌ها با توجه به مقدار بدست‌آمده برای پارامتر Q در رتبه‌های بعدی قرارمی‌گیرند.

جهت ارزیابی اثر تغییرات پارامتر V روی نتایج رتبه‌بندی گزینه‌ها، تحلیل حساسیت صورت گرفته که نتایج آن به‌صورت جدول (۵) می‌باشد. این مدل برای رتبه‌بندی گزینه‌های سامانه هشدار توام با بیمه سیل(P۷)، شرایط طبیعی (P۱) و سیستم هشدار سیلاب (P۵) حساسیتی نشان نداده ولی برای سایر رتبه‌ها حساسیت کمی نشان داده‌است. همانطور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، رتبه‌بندی به ازای مقادیر پارامتر ویکور از V=۰/۱ تا V=۰/۵ یکسان بوده ولی با افزایش مقدار این پارامتر رتبه‌بندی تغییر می‌کند. به ازای V≥۰/۵ گزینه سد برتر از کانال و گزینه گوره برتر از بیمه سیل می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۵): رتبه‌بندی مدل ویکور با توجه به مقادیر مختلف پارامتر ویکور از ۰/۱ تا ۱

گزینه‌ها	V=۰/۱	V=۰/۲	V=۰/۳	V=۰/۴	V=۰/۵	V=۰/۶	V=۰/۷	V=۰/۸	V=۰/۹	V=۱
P۱	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
P۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳
P۳	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵
P۴	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۲
P۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
P۶	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴
P۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

اساس رتبه‌بندی مدل ویکور اهمیت بـه فاصـله از حالت ایده‌آل معیارها و گزینـه‌هـا بـوده‌اسـت. در ایـن تحقیق فاصـله از حالـت ایـده‌آل معیارهـا و گزینـه‌هـا مطـــــابق جـــــدول (۶) مـــــی‌باشـــــد.

جدول(۶): فاصله از حالت ایده‌آل معیارها و گزینه‌های مدیریت سیلاب

	نرخ فاصله از حالت ایده‌آل معیارها										مقدار سودمندی	مقدار تاسف
گزینه‌ها	I۱	I۲	I۳	I۴	I۵	I۶	I۷	I۸	I۹	I۱۰	I۱۱	S	R
P۱	۰/۰۵۳	۰/۱	۰/۰۲۸	۰/۳۰۸	۰/۱۸	۰/۰۲۶	۰/۰۵	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۷۴	۰	۰/۸۳	۰/۳۰۸
P۲	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۳۶	۰	۰/۰۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲	۰	۰/۰۶۴	۰	۰/۰۳	۰/۳۸۷	۰/۰۹
P۳	۰/۰۵۸	۰/۱	۰/۰۵۴	۰/۲۳۴	۰/۰۹	۰/۰۲۷	۰/۰۲	۰/۰۲۳	۰/۰۶۴	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۷۳	۰/۲۳۴
P۴	۰	۰/۱	۰	۰/۰۳	۰/۰۶	۰	۰/۰۲	۰/۰۱۷	۰/۰۶۴	۰/۰۳۷	۰/۰۲	۰/۳۶۸	۰/۱
P۵	۰/۰۵۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۵۵	۰	۰/۲۷۶	۰/۰۵۵
P۶	۰/۰۵۳	۰	۰/۰۲۸	۰/۳۰۸	۰/۱۱	۰/۰۲۶	۰/۰۴	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۵۵	۰/۰۱	۰/۶۳۹	۰/۳۰۸
P۷	۰/۰۵۵	۰	۰/۰۲۸	۰/۰۱	۰	۰/۰۳	۰	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۵۵	۰/۰۱	۰/۲۰۲	۰/۰۵۵

www.SID.ir

Archive of SID

در دو ستون آخر جدول، مقادیر S جمع فاصله از حالت ایده‌ال معیارها و R حداکثر فاصله از حالت ایده آل معیارها برای هر گزینه آورده شده‌است. تغییرات در میزان پارامتر ویکور (V)، باعث تغییر در میزان اهمیت پارامترهای S و R و در نتیجه تغییر در رتبه نهایی شده‌است.

همانطور که در بخش قبل گفته شد، برای مقادیر ۰/۵V≥ میزان اهمیت به نرخ حداکثر فاصله از حالت ایده‌آل ($\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-}$) بیشتر شده، یعنی معیارهایی که فاصله از حالت ایده‌آل بیشتری دارند تاثیر بیشتری نیز رتبه‌بندی خواهند داشت. بنابراین با توجه به مقادیر فاصله از حالت ایده‌آل معیارها مطابق جدول (۶)، در گزینه سد معیار خسارت سالانه با فاصله از حالت ایده آل (۰/۰۹) و در گزینه کانال انحراف معیار بازیابی (۰/۱) اهمیت بیشتری نسبت به سایر معیارها داشته‌اند. گزینه سد به دلیل نزدیکتر بودن به حالت ایده‌آل برتر از گزینه کانال انحراف قرار گرفته‌است.

تفاوت رتبه‌بندی مدل وزن‌دهی ساده و ویکور نیز به همین صورت توجیه شده‌است. در اینجا نیز مدل ویکور گزینه سد را برتر از کانال انحراف و گزینه گوره را برتر از بیمه سیل دانسته‌است. همچنین گزینه هشدار سیل از رتبه سوم در مدل وزن‌دهی ساده به رتبه اول و هم‌رتبه با گزینه سامانه هشدار توام با بیمه سیل در مدل ویکور قرار گرفته‌است. این تغییر نیز به دلیل فاصله از حالت ایده‌آل گزینه‌ها بوده‌است. مطابق جدول (۶)، برای هر دو گزینه یاد شده معیار خسارت سالانه اهمیت بیشتری یافته و این دو گزینه کمترین فاصله از حالت ایده‌آل را در برابر سایر گزینه‌ها داشته اند و در رتبه اول قرار گرفته‌اند. در گزینه گوره و بیمه سیل نیز معیار تلفات جانی اهمیت بیشتری یافته که گزینه گوره به دلیل کمتر بودن فاصله از حالت ایده‌آل برتر از گزینه بیمه سیل قرار گرفته‌است.

جهت تحلیل حساسیت مدل‌ها به تغییر وزن معیار، حداقل و حداکثر مقدار وزن معیارهای مطرح شده در نظرسنجی‌ها توسط متخصصین، به صورت جدول (۷) بدست‌آمده‌است.

جدول (۷): مقادیر حداقل و حداکثر مقدار برای وزن معیارها

معیارها	حداکثر مقدار وزن معیار	حداقل مقدار وزن معیار
I۱	۰/۱۸	۰/۰۲۱
I۲	۰/۱۹	۰/۰۲۳
I۳	۰/۱۶	۰/۰۲۱
I۴	۰/۳۶	۰/۱۱
I۵	۰/۳	۰/۱
I۶	۰/۱	۰/۰۱۲
I۷	۰/۱۹	۰/۰۱۲
I۸	۰/۰۸	۰/۰۱۳
I۹	۰/۱۹	۰/۰۲
I۱۰	۰/۱۵	۰/۰۲
I۱۱	۰/۱	۰/۰۱۲

به دلیل حجم بالای داده‌ها تنها معیارهایی که تغییرات وزن آن‌ها باعث ایجاد تغییرات در رتبه‌بندی شده‌اند در جدول (۸) آورده شده‌است و رتبه‌بندی سایر معیارها همانند جدول (۴) می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به جدول (۸)، مدل وزن‌دهی ساده نسبت به تغییر وزن در اکثر معیارها حساس بوده‌است. این مدل تنها با حداقل شدن مقادیر معیارهای اجتماعی تلفات جانی و احساس امنیت و معیار زیست‌محیطی زیبایی مناظر طبیعی تغییری در رتبه‌بندی نداشته‌است.

تغییرات رتبه‌بندی مدل ویکور (به ازای پارامتر V=۰/۵) با تغییر در وزن معیارها به صورت جدول (۸) می‌باشد. برای تمام مقادیر وزن معیارها، گزینه هشدار سیل توام با بیمه سیل و گزینه هشدار سیلاب در رتبه اول قرار داشته‌اند و مدل ویکور نسبت به این دو گزینه با تغییر در وزن معیارها حساسیتی نداشته‌است؛ ولی با تغییر در وزن معیارهای انعطاف‌پذیری، اشتغال‌زایی، خسارت سالانه و کیفیت آب به حداکثر مقدار و معیار نرخ بازیابی به حداقل مقدار، باعث تغییر در رتبه گزینه کانال انحراف شده‌است. برای تمام این معیارها گزینه کانال انحراف به رتبه اول صعود کرده‌است و دلیل آن امتیاز بالای این گزینه در برآورده کردن معیارهای مذکور بوده‌است. همچنین با افزایش در وزن معیار کیفیت آب، گزینه سد نیز به رتبه اول ارتقا می‌یابد و به دلیل امتیاز بالای این گزینه در برآورده کردن معیار کیفیت آب است.

جدول (۸): تغییرات رتبه‌بندی مدل ویکور و وزن‌دهی ساده بر اساس تغییر وزن معیارها

رتبه‌بندی مدل ویکور							
تغییر در وزن معیارها	رتبه گزینه P۱	رتبه گزینه P۲	رتبه گزینه P۳	رتبه گزینه P۴	رتبه گزینه P۵	رتبه گزینه P۶	رتبه گزینه P۷
بدون تغییر وزن معیار	۶	۲	۴	۳	۱	۵	۱
حداکثر وزن I۱	۵	۲	۳	۱	۱	۴	۱
حداقل وزن I۱	۶	۲	۴	۳	۱	۵	۱
حداکثر وزن I۲	۶	۲	۵	۳	۱	۴	۱
حداقل وزن I۲	۵	۲	۳	۱	۱	۴	۱
حداکثر وزن I۳	۵	۲	۴	۱	۱	۳	۱
حداقل وزن I۳	۶	۲	۴	۳	۱	۵	۱
حداکثر وزن I۴	۶	۲	۴	۳	۱	۵	۱
حداکثر وزن I۶	۵	۲	۳	۱	۱	۴	۱
حدااقل وزن I۶	۶	۲	۴	۳	۱	۵	۱
حداکثر وزن I۱۰	۴	۱	۲	۱	۱	۳	۱

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول (۸): تغییرات رتبه‌بندی مدل ویکور و وزن‌دهی ساده بر اساس تغییر وزن معیارها

رتبه‌بندی مدل وزن‌دهی ساده							
۱	۵	۳	۲	۶	۴	۷	بدون تغییر وزن معیار
۲	۵	۳	۱	۶	۴	۷	حداکثر وزن I۱
۱	۵	۳	۴	۶	۲	۷	حداقل وزن I۱
۱	۵	۲	۳	۶	۴	۷	حداکثر وزن I۲
۱	۶	۴	۲	۵	۳	۷	حداقل وزن I۲
۱	۵	۴	۲	۶	۳	۷	حداقل وزن I۳
۱	۵	۳	۴	۶	۲	۷	حداکثر وزن I۴
۱	۶	۲	۴	۵	۳	۷	حداکثر وزن I۵
۲	۵	۴	۱	۶	۳	۷	حداکثر وزن I۶
۱	۵	۲	۴	۶	۳	۷	حداقل وزن I۶
۱	۶	۲	۳	۵	۴	۷	حداکثر وزن I۷
۱	۵	۴	۲	۶	۳	۷	حداقل وزن I۷
۱	۵	۳	۴	۶	۲	۷	حداکثر وزن I۸
۱	۵	۲	۳	۷	۴	۶	حداکثر وزن I۹
۲	۶	۴	۳	۵	۱	۷	حداکثر وزن I۱۰
۱	۵	۲	۳	۶	۴	۷	حداقل وزن I۱۰
۱	۵	۲	۳	۶	۴	۷	حداکثر وزن I۱۱
۱	۵	۴	۲	۶	۳	۷	حداقل وزن I۱۱

نتیجه‌گیری

در این مقاله هفت گزینه مدیریت سیلاب در مطالعه موردی (حوزه آبخیز گرگانرود) مورد بررسی قرارگرفته و توسط مدل‌های وزن‌دهی ساده و ویکور اولویت‌بندی شده‌است. در این مدل‌ها کسب پایین ترین رتبه توسط گزینه شرایط طبیعی، نشان دهنده تاکید برانجام پروژه مدیریت سیلاب بوده‌است.

در مدل ویکور با تغییر میزان توافق آرا متخصصان، رتبه‌بندی مدل تغییر کرده‌است. بطوریکه به ازای پارامتر ویکور از V =۰/۱ تا V=۰/۵ رتبه‌بندی یکسان و حساسیت نسبت به تغییر پارامتر ویکور وجود نداشته ولی افزایش آن باعث تغییر در رتبه‌بندی و افزایش حساسیت مدل ویکور شده است. این تغییرات بگونه‌ای است که برای مقادیر کم پارامتر V فاصله از حالت ایده‌آل معیارهای اجتماعی، اقتصادی و فنی اهمیت بیشتری یافته و با افزایش پارامتر میزان اهمیت به فاصله از حالت ایده‌آل برای تمامی معیارها یکسان شده‌است.

برای تمامی مقادیر پارامتر ویکور، مدل برای رتبه بندی‌های گزینه‌های رتبه اول و آخر حساسیتی نشان نداده ولی برای سایرگزینه‌ها حساسیت کمی نشان داده‌است. می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات پارامتر ویکور برای مقادیر خیلی بالا و خیلی کم شاخص Q تاثیر چندانی بر نتایج نهایی نداشته‌است.

نتایج رتبه‌بندی مدل ویکور به ازای V=۰/۵ در مقایسه با مدل وزن دهی ساده به‌گونه‌ای است که به معیارهای اقتصادی، فنی و اجتماعی اهمیت بیشتری داده‌است.

در صورت افزایش توافق آرا بین متخصصان رتبه بندی مدل ویکور شبیه وزن‌دهی ساده شده، بنابراین در این حالت می‌توان از مدل وزن‌دهی ساده نیز استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

به‌لحاظ تحلیل حساسیت مدل‌ها به تغییر در وزن معیارها نتیجه گرفته شد که مدل وزن‌دهی ساده به اکثر معیارها حساس بوده و تفکیکی برای معیارهای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی قائل نشده‌است.

مدل ویکور نسبت به معیارهای اقتصادی و فنی حساسیت بالا، نسبت به معیارهای اجتماعی و زیست محیطی حساسیت کمی داشته‌است. از طرفی این مدل به معیارهای اقتصادی، فنی و اجتماعی اهمیت بالایی داده‌است. در این مقاله معیارهای اجتماعی مدیریت سیلاب با امتیاز ۰/۵۶۵ بیشترین اهمیت و معیار اقتصادی با امتیاز ۰/۰۹ کمترین اهمیت را نسبت به سایر معیارها داشته‌اند. بنابراین در رتبه‌بندی گزینه های مدیریت سیلاب مدل ویکور نتایج قابل قبولی ارائه داده‌است.

منابع

Afshari, A., M. Mojahed and R. M. Yusuff. 2010. Simple AdditiVe Weighting approach to Personnel Selection problem. International Journal of InnoVation, Management and Technology, Vol. 1, No. 5, December 2010 ISSN: 2010-0248.

Athawale, V. M. and S. Chakraborty. 2012. A comparatiVe study on the ranking performance of some multi-criteria decision-making methods for industrial robot selection. International Journal of Industrial Engineering Computations 831–850. www.GrowingScience.com/ijiec.

Chang, C. L. and C. H. Hsu. 2009. Multi-criteria analysis Via the VIKOR method for prioritizing land-use restraint strategies in the Tseng-Wen reserVoir watershed. J EnViron Manage. 2009 Aug;90(11):3226-30. Epub 2009 May 30.

Chang, Y. H. and C. H. Yeh. 2001. EValuating airline competitiVeness using multiattribute decision making. Omega 29, 405–415.

De Bruijn, K. M. 2005. Resilience and flood risk management; A systems approach applied to lowland riVers, 216 pp.

Ebrahimnejad, S., S. M. Mousavi, R. Tavakkoli-Moghaddam and M. Heydar. 2012. Evaluating high risks in large-scale projects using an extended VIKOR method under a fuzzy Environment. International Journal of Industrial Engineering Computations (3):463–476.

Hwang, C. L. and K. Yoon. 1981. Multiple Attribute Decision Making – Method and Applications, A State-of-the-Art SurVey. Springer- Verlag, New York.

Kundzewicz Z. W and K. Takeuchi. 1999. Flood protection and management: quo vadimus?. Hydrol Sci J 44(3):417-432

Hwang, C. L. and K. Yoon. 1981. Multiple attributes decision making methods and applications. Springer, Berlin.

MacCrimmon, K. R. 1968. Decision making among multiple attribute alternatiVes: A surVey and consolidated approach. RAND Memorandum, RM-4823-ARPA.

Maass, A., M. M., Hufschmidt, Jr., R. Dorfman H. A. Thomas, S. A. Marglin, and G. M. Fair. .1962, Design of Water Resources Systems, HarVard UniVersity Press, Cambridge.

Mohaghar, A. 2012. "A Combined VIKOR – Fuzzy AHP Approach to Marketing Strategy Selection", Business Management and Strategy, ISSN 2157-6068, 2012, Vol. 3, No. 1.

Mohamed, F. El-Santawy. 2012. A VIKOR Method for SolVing Personnel Training Selection Problem. International Journal of Computing Science, Vol. 1.no. 2.ISSN (online):2164-1374 http://www.researchpub.org/journal/ijcs/ijcs.html

OprocoVic, S. 2009. A compromise Solution in Water Resources Planning Springer science, Water Resource Manage (2009) 23:1549-1561.

OpricoVic, S., G. H. Tzeng. 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods, Europen Journal of Operational Research 178,PP.514-529.

www.SID.ir

Archive of SID

Pohekar, S. D. and M. Ramachandran. 2004, Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning A reView, Renew Sustain Energy, 8, 365-8.

Pourjavad, E. and H. Shirouyehzad. 2011. A MCDM Approach for Prioritizing Production Lines: A Case Study. International Journal of Business and Management (6)10:221-229.

SteVenson, W. J. 2005. Operations Management, eighth ed. McGraw-Hill, New York.

Yazdandoost, F and B. Bozorgy. 2008. Flood risk management strategies using multi-criteria analysis. Proc of the Inst of Civ Eng Water Manage 161 October 2008 Issue WM5: 261–266. doi: 10.1680/wama.2008.161.5.261

www.SID.ir

Archive of SID

A Multi-criteria VIKOR Model for Assessment of Flood-Management Options

Mohammad Ebrahim Banihabib[1] and Nastaran Chitsaz[2]

Abstract

In this paper, VIKOR model is used to rank seven flood management options in Gorganrood River, including: conservation of natural condition, Golestan reservoir management, levee construction, diversions-channel construction, flood forecasting and warning system, flood insurance, and integration of flood warning system and flood insurance. Then it is compared with the result of simple additive weighted model. The flood management project is ranked based on eleven criteria including: expected average number of casualties, recovery rate, gradual rate, expected annual damage, safety feeling, employment rate, public participation, landscape protection, wildlife habitat conservation, water quality conservation and technical feasibility and performance. The results show that VIKOR model emphasize economical, technical and social criteria by decreasing the maximum group utility. On the other hand, increasing the maximum group utility will increase sensitivity of VIKOR model against its parameter. This model has less sensitivity to changes in criteria weights but not in economical and technical criteria. VIKOR model due to emphasizing social criteria is recommended for ranking flood management options in this article.

Keywords: Flood Management, VIKOR, Multi-Criteria Decision Making (MCDM).

[1] Corresponding Author, Ph.D. of Civil Engineering, Water Resource Engineering, Associate Professor of University of Tehran, University College of Aboureyhan. banihabib@ut.ac.ir
[2] M.Sc. Student, Water resources Engineering, Irrigation & Drainage Engineering Department, University College of Abureyhan, University of Tehran.

www.SID.ir