

کاربرد روش MCDM در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها به منظور کنترل سازه‌ای سیلاب^۱

مجید خلقی^۲

چکیده

در سال‌های اخیر پروژه‌های سازه‌ای مهار سیلاب، در سطح کشور گسترش وسیعی یافته است. یکی از مسائل مهم در این گونه پروژه‌ها، با توجه به حجم کار و هزینه اجرایی آن، اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها برای اجرا است، که در حال حاضر به صورت سنتی و سلیقه‌ای انجام می‌شود. هدف از این تحقیق ارائه روشی است که بر مبنای یک منطق ریاضی، توان انجام اولویت‌بندی را داشته باشد. به طور کلی در این گونه موارد می‌توان از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)^۳، استفاده کرد. در این میان روش (UTA)^۴، تابع تجمعی ارزش، با توجه به انعطاف‌پذیری و اهمیتی که در مراحل مختلف گزینه‌یابی به تصمیم‌گیرنده می‌دهد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش که بر اساس برنامه‌ریزی خطی چند قطعه‌ای^۵ است، هفت تابع ارزش هر گزینه محاسبه و بر مبنای مقدار آن، اولویت‌بندی صورت می‌گیرد. در این تحقیق، ۴۹ زیرحوزه آبخیز رودخانه کن در شمال غرب تهران، بر اساس سه معیار سیلاب ویژه، زمان تاخیر و خسارت‌های جانی - مالی مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به توانایی‌های این روش، محاسبات با در نظر گرفتن وزن یکسان و متفاوت برای معیارها انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که با توجه به سه معیار در نظر گرفته شده، اولویت‌های اول تا چهارم مشابه بوده، ولی از اولویت پنجم به بعد با توجه به نوع وزن‌بندی متفاوت هستند. اولویت برتر در این منطقه، زیرحوزه، K3 (کشار) است. با توجه به اینکه این زیرحوزه چه از نظر سیلاب ویژه و چه از نظر درصد خسارت، کمتر از گزینه‌های بعدی قرار دارد، ولی به دلیل بالا بودن تابع تجمعی ارزش، در اولویت اول قرار گرفته است. روش تصمیم‌گیری چندمعیاره با توجه به در نظر گرفتن معیارهای مختلف و چندین تابع هدف در برنامه‌ریزی خطی، می‌تواند در مدیریت آبخیزها موثر باشد. در ضمن در صورتی که تعداد معیارها زیاد باشد وزن‌بندی معیارها حساس بوده و باید با دقت بیشتری انجام گیرد. این روش می‌تواند به طور موثری در این گونه پروژه‌ها، کاربرد داشته باشد و در نتیجه از صرف هزینه‌های بیهوده در زیر حوزه‌هایی که در اولویت‌های پایین‌تری قرار دارند، جلوگیری کند.

واژه‌های کلیدی: سیلخیزی، کنترل سازه‌ای، هزینه، تصمیم‌گیری چندمعیاره، تابع تجمعی ارزش، رودخانه کن.

^۱- تاریخ دریافت: ۸۰/۴/۶، تاریخ تصویب نهایی: ۸۱/۷/۲۹

^۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

^۳ - Muticriterion Decision Making

^۴ - Utility Additive

^۵ - Piecewise Linear Programming

مقدمه

در سال‌های اخیر، با توجه به اهمیت آبخیزداری حوزه‌ها از نظر کنترل سیلاب، فرسایش و رسوب، اقدامات گسترده‌ای در امر تحقیقات، مطالعات و اجرا در سطح کشور انجام شده و می‌شود. برخلاف بیشتر کارهای آبی، مانند سد مخزنی، سد انحرافی و شبکه آبیاری-زهکشی که معمولاً در خروجی حوزه و در دشت صورت می‌گیرد، عملیات سازه‌های آبخیزداری در زیرحوزه‌های کوچک و اکثراً در سرشاخه رودخانه‌ها انجام می‌شود. با توجه به مشکل بودن شرایط کاری و همچنین حجم شایان توجه آن در سطح یک حوزه، در غالب موارد فقط بخشی از حوزه را می‌توان تحت پوشش عملیات آبخیزداری قرار داد. در نتیجه در یک سیستم پیوست مانند شبکه آبراهه‌ها و آثار متقابل هر آبراهه بر دیگری، اقدامات ناقص، نمی‌تواند جوابگوی اهداف نهایی آبخیزداری یک منطقه باشد.

با توجه به این موضوع، گرچه در هر زیرحوزه برای انجام طرح‌های سازه‌های کنترل سیلاب، محاسبات مربوط به تعداد و فاصله سدهای اصلاحی انجام می‌شود؛ ولی در نهایت به دلیل هزینه بالای آن، انتخاب زیرحوزه‌ها برای عملیات اجرایی براساس سلیقه و پارامترهای دیگری چون در معرض دید عموم قرار داشتن، درکنار جاده بودن و... انجام می‌شود. در صورتی که اهداف اصلی طرح، کاهش آثار سیلاب و در نتیجه جلوگیری از فرسایش و حمل رسوب درحوزه می‌باشد.

هدف از این تحقیق، ارائه روشی است که با توجه به علم ریاضیات و بهینه‌سازی، بتوان اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها را برای عملیات سازه‌های آبخیزداری انجام داد تا براساس آن بخش‌های اجرایی آبخیزداری بتوانند با در نظر گرفتن بودجه، به ترتیب اولویت، عملیات ساخت سدهای اصلاحی را انجام دهند.

در این مقاله روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به‌طور خلاصه بازگو می‌شود و از بین آنها روشی که کارایی بهتری در اولویت‌بندی داشته باشد، انتخاب و در مورد حوزه آبخیز کن استفاده می‌شود. بدون استفاده از این روش‌ها، به‌منظور بررسی سیلخیزی زیرحوزه‌های کرخه (قائمی و همکاران، ۱۳۶۳) با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیوگرافی و ریزش برف و باران و پوشش گیاهی، میزان پتانسیل آورد سیلاب زیرحوزه‌های کرخه را تعیین کردند. روش‌های MCDM از دهه ۱۹۸۰ به بعد کاربرد وسیعی در زمینه‌های مختلف مهندسی و مدیریت داشته‌اند. از آن جمله می‌توان کاربرد آن را در مهندسی

(کوئیوکچا و همکاران، ۱۹۸۲)^۱، طراحی شبکه مترو (رای و همکاران، ۱۹۸۶)^۲، مدیریت جامع آبخیز (داکستن و اپریوایک، ۱۹۸۰)^۳، برنامه‌ریزی سیستم جامع منابع آب (بندینی، ۱۹۸۸)^۴ و مدیریت منابع آب (استوارت و اسکات، ۱۹۵۵)^۵ نام برد. در بین روش‌های MCDM، روش UTA، به دلیل توانایی انعطاف‌پذیری و ایجاد ارتباط با تصمیم‌گیرنده در مورد انتخاب گزینه‌ها، در مسائل تصمیم‌گیری کاربرد موثری دارد. تئوری این روش که براساس مقایسه عددی تابع ارزش هر گزینه است، برای اولین بار توسط ژاکت‌لاگرز و سیکاس (۱۹۸۲)^۶ به‌منظور اولویت‌بندی گزینه‌ها ارائه گردید. این روش تا چند سال فقط به‌عنوان یک تئوری و بدون کاربرد باقی مانده بود؛ تا اینکه در سال ۱۹۸۷، ژاکت‌لاگرز و همکارانش، آن را در مسائل برنامه‌ریزی‌های چندمنظوره به‌کار بردند و پیشنهاد کردند که در این‌گونه مسائل، استفاده از روش UTA نسبت به برنامه‌ریزی‌های تک‌هدفی نتایج بهتری می‌دهد. خلقی (۱۹۹۷) برای اولین بار از این روش برای مدیریت تلفیقی آبهای سطحی و زیرزمینی استفاده کرد. مقدار بهره‌برداری از رودخانه و سفره آبهای زیرزمینی، آثار هر برداشت بر روی سطح آب آبخوان و مسائل اجتماعی و اقتصادی هرگزینه، به‌عنوان معیار، در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان داد که در تصمیم‌گیری سیستم طبیعت، نه تنها می‌بایست به مسائل مهندسی توجه کرد، بلکه در وزن‌بندی معیارهای غیرعددی، در هر منطقه، باید دقت کافی به‌عمل آورد. خلقی (۲۰۰۲) از روش UTA برای مدیریت برنامه‌ریزی سیستم‌های مختلف فاضلاب و تصفیه آن استفاده کرد. وی نتیجه گرفت، در صورتی که شخص مدیر، خود یک کارشناس خبره باشد، نتایج اخذ شده و اولویت‌بندی‌های انتخابی به‌مراتب ضمانت اجرایی بیشتری خواهند داشت.

مواد و روش‌ها

پس از سیلاب سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۶۷ رودخانه‌های مشرف به شهر تهران، مطالعات گسترده‌ای برای کنترل سیلاب در حوزه‌های آبخیز گرمابدره، گلابدره، دربند و کن در طی سال‌های

^۱ -Coicoecha et al.

^۲ -Roy et al.

^۳ - Duckstein & Oprivoic

^۴ - Benedini

^۵ - Stewart & Scott

^۶ -Jacquet-Lagrez & Siskos

به‌طور کلی درنگرش سوم دو روش وجود دارد. در هر دو روش از شخص تصمیم‌گیرنده به طور مداوم سوال می‌شود که کدامیک از گزینه‌ها را ترجیح می‌دهد. در روش اول گزینه‌ها توسط شخص تصمیم‌گیرنده به‌طور تصادفی و تابع دو جمله‌ای احتمالاتی انتخاب می‌شود. در صورتی که در روش دوم شخص تصمیم‌گیرنده در انتخاب اولیه اولویت‌های برتر و حتی در مرتب‌کردن اولیه آنچه را که به نظرش منطقی‌تر می‌آید از آزادی عمل بیشتری برخوردار است. با توجه به این مزیت، در این تحقیق روش دوم که روش UTA می‌باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در روش UTA، توابع جزئی ارزش، به‌صورت زیر جمع بسته می‌شوند:

$$U(g_1, g_2, \dots, g_n) = \sum u_i(g_i) \quad (1)$$

که در آن I, g, u به ترتیب تابع ارزش، گزینه، معیار و تعداد معیارها می‌باشد. در این روش نمره ارزشیابی بین صفر تا یک متغیر می‌باشد. طوری که در $G_i = [g_i^*, g_i^*]$ و $g_i^* = 0$ بدترین اولویت و $g_i^* = 1$ بهترین اولویت می‌باشد. جهت برآورد مقدار تابع جزئی ارزش، از برنامه‌ریزی خطی چندقطعه‌ای استفاده می‌شود. به این صورت که اگر $g_i(a)$ ، مقدار عددی عکس‌العمل گزینه a روی معیار I مابین g_{ij} و $g_{i,j+1}$ باشد، تابع ارزش $u_i(g_i(a))$ ترکیب خطی $u_i(g_{ij})$ و $u_i(g_{i,j+1})$ می‌باشد (شکل ۲).

در روش UTA، با توجه به آنچه ذکر گردید، تصمیم‌گیرنده می‌تواند از بین گزینه‌های موجود، تعدادی را که به نظرش در اولویت قرار دارند انتخاب کرده، سپس این گزینه‌ها را با توجه به اهمیتی که به نظرش می‌رسد، اولویت‌بندی کند. در واقع در روش UTA برخلاف سایر روش‌های تصمیم‌گیری، در مرحله اول محاسبات بر روی گزینه‌هایی انجام می‌شود که تصمیم‌گیرنده ابتدا انتخاب کرده است، با داشتن گزینه برتر اولیه، مقادیر توابع ارزش جزئی با بسط دادن تابع ارزش کل حاصل می‌شود. به این منظور از یک برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی مدل خطی زیر استفاده می‌شود.

$$(g(a)) = u_1(g_1(a)) + u_2(g_2(a)) + \dots + u_n(g_n(a)) \quad (2)$$

تابع هدف در این برنامه‌ریزی خطی، کمینه‌کردن بین گزینه‌های انتخابی اولیه (هدف) و تابع ارزش کل (جواب) می‌باشد. قابل ذکر است در صورتی که گزینه‌هایی را که شخص در ابتدا در نظر می‌گیرد غیرمنطقی و خارج از فضای تصمیم‌گیری باشد، روش، بلافاصله از خود حساسیت نشان داده و بدون توجه به گزینه‌های شخص، اولویت‌بندی را انجام می‌دهد.

اخیر انجام گرفت. در این میان، حوزه رودخانه کن با توجه به تعداد زیرحوزه‌ها و نقش سیلخیزی آنها در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. حوزه آبخیز رودخانه کن، از ۴۹ زیرحوزه با مساحت‌هایی از ۰/۹ تا ۱۳۱/۹ کیلومتر مربع تشکیل یافته است. این رودخانه در خروجی حوزه و در ورودی به شهر تهران دارای مساحتی برابر ۱۸۱ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۱). به‌منظور اولویت‌بندی از نظر اجرای کنترل سازه‌های سیلاب این زیرحوزه‌ها، مسئله سیلخیزی رودخانه کن، به صورت یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. به‌منظور ارزیابی یک مسئله با روش (MCDM)، مرحله اول، تعریف شکل مناسبی از گزینه‌ها و معیارها است. در مرحله بعد، با توجه به هر گزینه، با انجام محاسبات و یا مدل ریاضی، اثر هر گزینه بر روی معیار مربوطه محاسبه و به‌صورت عدد و رقم به‌دست می‌آید، سپس با داشتن جدولی از گزینه‌ها و ارقام معیارها، اولویت‌بندی گزینه‌ها انجام می‌شود. به‌منظور اولویت‌بندی گزینه‌ها، به‌طور کلی سه نگرش وجود دارد:

۱- روش‌های توافقی که براساس فاصله بین نقطه ایده‌آل و گزینه موردنظر تعریف شده است (زلنی، ۱۹۸۲)^۱،

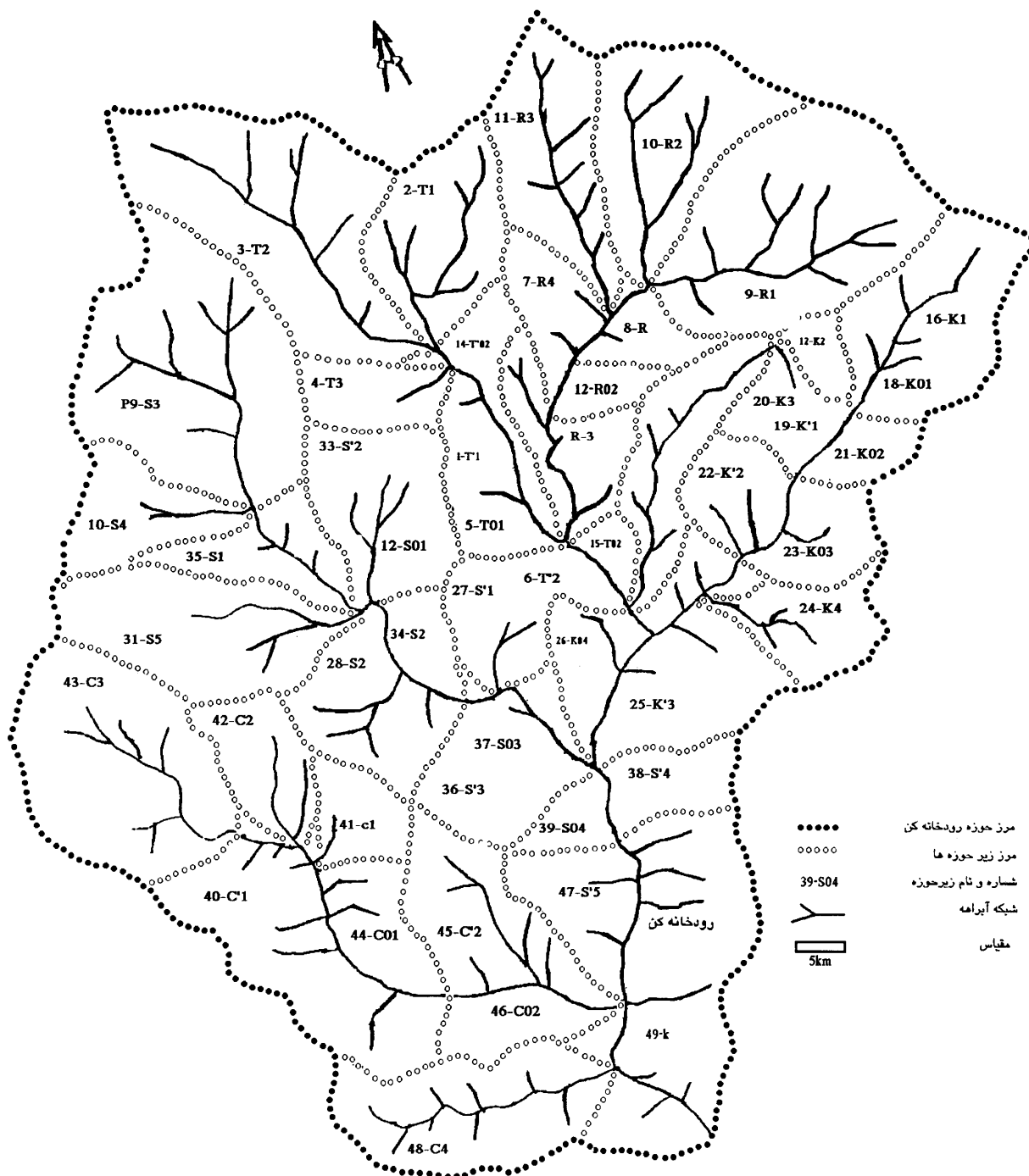
۲- روش‌هایی که به‌صورت حذفی عمل می‌کنند. به این ترتیب که گزینه‌ها، دو به دو مقایسه و یکی حذف شده و دیگری برای مرحله بعدی باقی می‌ماند (رای، ۱۹۷۸، رای، ۱۹۸۵، رای و همکاران، ۱۹۸۶)؛

۳- روش‌های مبتنی بر محاسبه تابع ارزش و اولویت‌بندی براساس بیشترین تابع ارزش (کنی و رایف، ۱۹۷۶)^۲، (ژاکت لاگروز و سیسکاس، ۱۹۸۲).

سه نگرش مذکور، هر یک به‌نوبه خود چندین روش دارند که در مسائل خاصی استفاده می‌شوند. ولی نگرش‌های اول و دوم، بدون در نظر گرفتن نقش تصمیم‌گیرنده، به‌طور خودکار، اولویت‌بندی را انجام می‌دهند، در صورتی که روش‌هایی که در نگرش سوم قرار دارند، با دخالت شخص مدیر و مسئول اجرایی، در جستجوی اولویت‌های برتر هستند. این برتری و انعطاف‌پذیری به‌عنوان یک ابزار موثر، بخصوص در تصمیم‌گیری در مورد مسائل مربوط به طبیعت و اکوسیستم، می‌تواند روش مناسبی برای اولویت‌بندی در زیرحوضه‌های رودخانه کن باشد.

^۱ - Zeleny

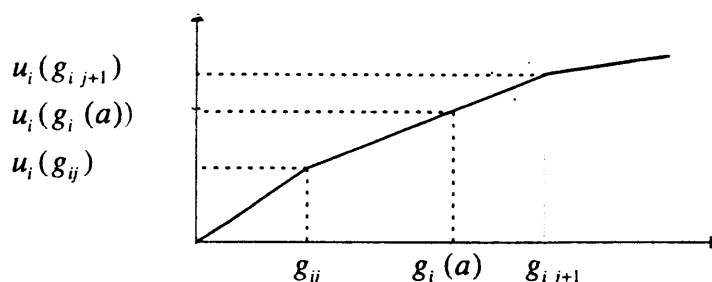
^۲ - Keeney & Raiff



شکل ۱- نقشه زیرحوزه‌های رودخانه کن

جدول ۱- گزینه‌ها و معیارهای انتخابی در حوزه آبخیز رودخانه کن

گزینه	زیرحوزه	مساحت (km ²)	معیار		
			سیلاب ویژه ۵۰ ساله (m ³ /s/km ²)	زمان تاخیر (hr)	ارزیابی خسارات جانی و مالی (۰-۱۰۰)
۱	T1	۵	۱/۹۲	۰/۸۵	۰
۲	T1	۵	۴/۳	۱/۱۳	۹۰
۳	T2	۱۱	۳/۹	۱/۲۵	۰
۴	T3	۲/۲	۵/۴۵	۰/۶۷	۰
۵	Tol	۲۳/۲	۲/۲۹	۱/۹۷	۰
۶	T'2	۱/۴	۱/۶۱	۰/۴	۰
۷	R4	۴/۴	۱/۷۶	۱/۰۵	۰
۸	R'1	۵	۲/۳۴	۰/۶۲	۰
۹	R1	۱۱	۳/۲	۰/۹۸	۰
۱۰	R2	۶/۵	۲/۶۹	۰/۹۲	۰
۱۱	R3	۵/۳	۲/۱۱	۱/۰۲	۰
۱۲	R01	۲۷/۴	۱/۶۲	۱/۳۸	۱۰
۱۳	R'2	۳/۵	۱/۴	۰/۵۶	۰
۱۴	R02	۰/۹	۱/۴۰	۱/۷	۰
۱۵	T02	۶۰	۲	۲/۱۵	۰
۱۶	K1	۶	۵/۱۳	۰/۹	۱۰۰
۱۷	K2	۱	۷/۵	۰/۴۵	۰
۱۸	K01	۷	۵/۱	۰/۹۰	۰
۱۹	K'1	۲/۷	۴/۳۷	۰/۴	۰
۲۰	K3	۰/۹	۵/۹	۰/۴۴	۹۰
۲۱	K02	۱۰/۶	۳/۳۶	۱/۳۰	۸۰
۲۲	K'2	۴/۶	۳/۶۷	۰/۵	۰
۲۳	K03	۱۵/۲	۲/۸۸	۱/۴۰	۰
۲۴	K4	۲/۸	۳/۶۴	۰/۷۲	۰
۲۵	K'3	۷/۵	۱/۹۷	۰/۷	۰
۲۶	K04	۸۵/۵	۱/۴	۲/۵۵	۴۰
۲۷	S'1	۳	۴/۸	۰/۶	۰
۲۸	S2	۵/۳	۳/۵۲	۰/۷۵	۰
۲۹	S3	۱۱/۷	۲/۵۶	۱/۱۸	۰
۳۰	S4	۳	۲/۹۳	۰/۷۲	۰
۳۱	S5	۶/۷	۱/۸۳	۱/۰۷	۲۰
۳۲	S01	۲۹/۲	۲/۰۳	۱/۶۰	۳۰
۳۳	S'2	۷/۵	۲/۵۴	۰/۵۴	۲۰
۳۴	S02	۵/۷	۹/۱	۱۲/۲	۳۰
۳۵	S1	۲/۱	۳/۳۸	۱/۷	۰
۳۶	S'3	۴/۸	۱/۶۸	۰/۶۴	۰
۳۷	S03	۴۳/۲	۱/۲۹	۲/۵	۳۵
۳۸	S'4	۳/۲	۲/۱۲	۰/۴	۰
۳۹	S04	۱۳۱/۹	۱/۱۸	۲/۷۵	۶۰
۴۰	C'1	۱۰	۲/۴	۰/۹۵	۹۳
۴۱	C1	۱/۹	۳/۷	۰/۵۵	۰
۴۲	C2	۳	۳/۲۷	۰/۷۲	۸۵
۴۳	C3	۹/۲	۲/۶۳	۱/۰۲	۴۰
۴۴	C01	۲۴/۲	۱/۵۶	۱/۷۴	۵۰
۴۵	C'2	۴/۲	۱/۳۸	۰/۶۲	۰
۴۶	C02	۲۸/۴	۱/۲۳	۲/۱۰	۷۰
۴۷	S'5	۱۴/۵	۱/۳۷	۱/۱۲	۹۷
۴۸	C4	۶۱	۰/۲	۱/۱۴	۰
۴۹	K	۱۸۱	۰/۹۶	۳/۴۰	۰



شکل ۲- توابع جزئی ارزش در روش UTA

محدوده ارقام	نوع خسارت
۵۰-۴۰۰	جانی- مالی
کمتر از ۵۰	مالی
صفر	هیچ‌گونه خسارت

با توجه به سه معیار الف، ب و ج، طبق جدول ۱ برای هر گزینه و معیار، ارقامی محاسبه گردید. براین اساس، با توجه به بازدهی‌های متعدد از منطقه برای برآورد معیار خسارت، ۳۰ زیرحوزه رقم صفر و برای ۱۹ زیرحوزه، ارقامی از ۱۰ تا ۱۰۰ در نظر گرفته شد. با توجه به این تقسیم‌بندی، از روش UTA، یکبار در مورد اولویت‌بندی ۱۹ زیرحوزه و یکبار در مورد ۳۰ زیرحوزه، استفاده گردید. همان‌گونه که توضیح داده شد، یکی از مزایای روش UTA، اهمیت‌دادن به نقش تصمیم‌گیرنده است. براین اساس، بار اول در مورد ۱۹ زیرحوزه کن، نظرات شخص تصمیم‌گیرنده در مورد گزینه‌هایی که می‌توانند در اولویت بالاتری قرارگیرند درخواست شد. او با توجه به خسارت بیش از ۸۵ درصدی که زیرحوزه‌های C'1, S'5, T1, K3, C2 داشتند، آنها را در اولویت ابتدایی خود قرار داد.

در مورد ۳۰ زیرحوزه‌ای که خسارات جانی و مالی ندارند، نیز زیرحوزه‌های T3, K2, S'1, K01, K'1 که سیلاب ویژه آنها بیش از چهار متر مکعب در ثانیه در کیلومتر مربع بود، انتخاب شد. با توجه به این انتخاب، محاسبات مربوط به اولویت‌بندی در مورد زیرحوزه‌ها با در نظر گرفتن حالت‌های زیر انجام شد.

الف- وزن یکسان برای کلیه معیارها؛

ب- وزن یکسان برای معیارهای سیلاب ویژه و زمان تاخیر و وزن بیشتر برای معیار خسارت؛

به‌منظور کاربرد روش UTA، در منطقه کن با توجه به مسائل مختلفی که در سیلخیزی مطرح بوده و تبادل نظر با کارشناسان مختلف آب‌خیزداری و مسئولین ذیربط، معیارهای زیر به‌منظور انتخاب گزینه‌های برتر در نظر گرفته شد.

الف- مقدار سیلاب ویژه با دوره برگشت ۵۰ ساله که عواملی چون شماره منحنی (Curve Number, CN)، مقدار بارندگی و مساحت حوزه در آن نقش دارند. مقدار عددی سیلاب ویژه، با استفاده از نتایج گزارش هیدرولوژی مطالعات آب‌خیزداری رودخانه کن (شرکت خدمات مهندسی جهاد، ۱۳۷۹) استخراج شده است.

ب- زمان تاخیر حوزه (T₁) که عواملی چون طول آبراهه اصلی، مرکز ثقل حوزه، ضریب زبری و شیب آبراهه اصلی را در نظر می‌گیرد. زمان تاخیر به این علت جزء معیار قرار گرفته است که در تعیین مقدار زمان اوج (t_p) هیدروگراف سیل بسیار موثر است. در نتیجه در صورتی که زمان تاخیر کم باشد خطر سیلخیزی و به‌بار آوردن خسارت، بیشتر می‌شود (شرکت خدمات مهندسی جهاد، ۱۳۷۹).

ج- خسارات جانی و مالی ناشی از سیلاب؛

این مرحله یکی از مشکل‌ترین و وقت‌گیرترین مرحله تحقیق بود که با انجام بازدیدهای محلی از زیرحوزه‌های مختلف رودخانه کن، پرسش از اهالی، کارشناسان متعدد و با تجربه منطقه انجام گرفت که در نهایت زیرحوزه‌ها، از لحاظ آسیب‌پذیری سیل به سه گروه زیر از لحاظ عددی تقسیم شدند.

در اولویت‌های بعدی متفاوت می‌باشد. مقایسه نتایج سه حالت اول، دوم و سوم نشان می‌دهد که مدل، توجه خاصی به نظرات شخص تصمیم‌گیرنده دارد و همان‌طوری که در متدولوژی ارائه گردید، ابتدا نظرات ارزیابی شده؛ ضمن اینکه در هر حال براساس تابع ارزش نهایی اولویت‌بندی می‌شوند.

در جدول ۳ نتایج اولویت‌بندی ۳۰ زیرحوزه رودخانه کن از نظر شرایط زمین‌شناسی و موقعیت، طوری قرار گرفته‌اند که سیلاب در آنها خسارت مالی و جانی به بار نمی‌آورد، ارائه شده است. همان‌طوری که ذکر گردید، در این سری زیرحوزه‌ها، شخص تصمیم‌گیرنده براساس سیلاب، زیرحوزه‌های $T3$ ، $K2$ ، $S'1$ ، $K01$ و $K'1$ را در گزینه‌های اولیه خود جهت انجام عملیات سازه‌ای کنترل سیلاب قرار دارد. همان‌طوری که جدول ۳ نشان می‌دهد در حالت اول که وزن یکسان برای دو معیار زمان تاخیر سیلاب در نظر گرفته شده است نیز، زیرحوزه‌های $K2$ ، $T3$ ، $S'1$ ، $K'1$ و $K01$ در پنج اولویت اول قرار گرفته‌اند. در حالت دوم که وزن سیلاب بیشتر از وزن زمان تاخیر در نظر گرفته شده است، نیز زیرحوزه‌های $K2$ ، $T3$ ، $S'1$ ، $K01$ و $K'1$ در اولویت‌های اولیه واقع شده‌اند.

نتایج حاصل در این سری از زیرحوزه‌ها، نشان می‌دهد که نظرات شخص تصمیم‌گیرنده در اولویت‌بندی تأمین شده است. ضمن اینکه در ۲۵ گزینه بعدی، مدل طبق نگاه یکسان به زیرحوزه‌ها براساس محاسبات مربوط به تابع ارزش نهایی هر گزینه را در اولویت خود قرار داده است.

همان‌طوری که در نتایج ارائه گردید، در سری ۱۹ گانه زیرحوزه‌ها که با توجه به وجود معیار خسارت در ۱۹ اولویت اول می‌باشند، زیرحوزه $K3$ در اولویت اول قرار گرفت. در صورتی که زیرحوزه‌ای مانند $SO2$ با سیلیکیزی ۹/۱ مترمکعب در ثانیه در کیلومترمربع در اولویت‌های هفتم به بعد قرار دارد.

از طرف دیگر در اولویت‌های بعد از نوزدهم که بدون خسارت می‌باشند نتایج محاسبات اولویت‌بندی ۳۰ زیرحوزه نشان می‌دهد که زیرحوزه $K2$ در اولویت اول و زیرحوزه K در اولویت آخر قرار دارد؛ که نشان می‌دهد که مشکل سیلیکیزی رودخانه کن و حوضه آن در خروجی حوزه نیست و عملیات آبخیزداری و سدهای اصلاحی در مسیر شاخه اصلی رودخانه کن در اولویت قرار ندارد. بلکه از سرشاخه‌ها و طبق اولویت‌بندی‌های حاصل می‌توان عملیات اجرایی را شروع کرد.

ج-وزن کمتر به معیار زمان تاخیر، وزن متوسط به سیلاب ویژه و وزن بیشتر برای خسارت.

قابل ذکر است که در روش UTA ، با اینکه تابع ارزش کلیه گزینه‌ها محاسبه می‌شود ولی گزینه‌های انتخابی شخص تصمیم‌گیرنده در ابتدا به‌عنوان بهترین‌ها در اولویت‌بندی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در صورتی که تابع ارزش آنها بسیار اندک باشد، در این صورت نمی‌تواند با سایر گزینه‌ها رقابت کرده و در نتیجه در ردیف‌های پایین اولویت‌بندی قرار خواهد گرفت.

نتایج و بحث

محاسبات مربوط به اولویت‌بندی زیرحوزه‌های رودخانه کن با روش UTA ، با در نظر گرفتن حالت‌های مذکور برای زیرحوزه‌های ۱۹ و ۳۰ گانه انجام شد که نتایج آن به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه می‌شود. همان‌طوری که قبلاً ذکر گردید، در ارجحیت‌بندی اولیه، به دلیل وجود خسارات مالی و جانی بیش از ۸۵ درصد، زیرحوزه‌های $S'5$ ، $C'1$ ، $T1$ ، $K3$ و $C2$ انتخاب شدند. نتایج حاصل در جدول ۲ نشان می‌دهد که در حالت یک و با فرض یکسان قرار دادن وزن معیارها، زیرحوزه‌های $K1$ ، $K3$ ، $T1$ ، $C2$ ، $K02$ به ترتیب در پنج اولویت اول می‌باشند. با اینکه تصمیم‌گیرنده براساس معیار خسارت، اولویت‌بندی اولیه را مطرح کرده بود ولی وزن یکسان معیارها، باعث گردید که زیرحوزه‌های $C'1$ و $S'5$ در اولویت‌های اول قرار نگیرند. در این حالت زیرحوزه‌های $K1$ و $K3$ به ترتیب با درصد خسارت ۹۰، ۱۰۰، زمان تاخیر، ۰/۴۴، ۰/۹ ساعت و سیلاب ویژه ۵/۱۳، ۵/۱۳ مترمکعب در ثانیه در کیلومترمربع در رده‌بندی اول و دوم قرار گرفتند.

در حالت دوم که وزن خسارت بیشتر منظور شده است، نتایج نشان می‌دهد که زیرحوزه‌های $K3$ ، $K1$ ، $T1$ ، $C'1$ و $C2$ در پنج اولویت برتر قرار گرفته‌اند. جالب توجه است که در این حالت با اینکه به معیار خسارت، وزن بیشتری داده شده است ولی زیرحوزه $K3$ گزینه اول انتخاب شده است. این امر می‌تواند منطقی باشد؛ چرا که در یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره، صرفاً معیار خسارت، تعیین‌کننده گزینه‌های برتر نمی‌باشد. در حالت سوم که وزن‌های متفاوت کم، متوسط و زیاد برای معیارهای زمان تاخیر، سیلاب ویژه و خسارت در نظر گرفته شده است، زیرحوزه‌های $K3$ ، $K1$ ، $T1$ ، $C2$ و $K02$ به ترتیب در پنج اولویت اول قرار گرفته‌اند. نتایج حالت سه در اولویت‌های اول حدوداً مانند نتایج حالت یک با وزن یکسان معیار است. ولی

جدول ۲- اولویت‌بندی ۱۹ زیرحوزه رودخانه کن با در نظر گرفتن حالت‌های مختلف

حالت ۱		حالت ۲		حالت ۳		اولویت
گزینه	تابع ارزش	گزینه	تابع ارزش	گزینه	تابع ارزش	
K3	۰/۹	K3	۰/۹۱	K3	۰/۸۹	۱
K1	۰/۸۷	K1	۰/۸۹	K1	۰/۸۹	۲
T1	۰/۸	T1	۰/۸۲	T1	۰/۸۲	۳
C2	۰/۷۹	C2	۰/۸۱	C2	۰/۷۸	۴
KO2	۰/۷۳	C'1	۰/۷۶	KO2	۰/۷۵	۵
C'1	۰/۷۲	KO2	۰/۷۶	C'1	۰/۷۳	۶
SO2	۰/۶۵	S'5	۰/۶۸	S'5	۰/۶۵	۷
S'5	۰/۶۲	SO2	۰/۶۲	SP2	۰/۶۴	۸
C3	۰/۶	C3	۰/۵۹	C3	۰/۵۴	۹
R2	۰/۵۳	CO2	۰/۵۱	CO2	۰/۵۱	۱۰
S'2	۰/۵۱	CO1	۰/۵۰	CO1	۰/۴۷	۱۱
S5	۰/۵	R2	۰/۴۸	R2	۰/۴۲	۱۲
CO1	۰/۴۷	S'2	۰/۴۷	SO1	۰/۴۰	۱۳
SO1	۰/۴۵	SO1	۰/۴۵	SO4	۰/۴۰	۱۴
CO2	۰/۴۵	S5	۰/۴۵	S5	۰/۳۷	۱۵
RO1	۰/۳۹	SO4	۰/۳۳	S'2	۰/۳۶	۱۶
KO4	۰/۳۷	KO4	۰/۳۲	KO4	۰/۳۵	۱۷
SO3	۰/۳۶	SO3	۰/۳۰	SO3	۰/۳۲	۱۸
SO4	۰/۳۵	RO1	۰/۲۴	RO1	۰/۱۴	۱۹

حالت ۱: وزن یکسان برای کلیه معیارها،

حالت ۲: وزن یکسان برای زمان تاخیر و سیلاب ویژه و وزن بیشتر به خسارت

حالت ۳: وزن کمتر برای زمان تاخیر، وزن متوسط برای سیلاب، وزن بیشتر برای خسارت.

جدول ۳- اولویت‌بندی ۳۰ زیرحوزه بدون خسارت رودخانه کن

حالت ۱		حالت ۲		اولویت
گزینه	تابع ارزش	گزینه	تابع ارزش	
K2	۱	K2	۱	۱
T3	۰/۹	T3	۰/۸۹	۲
S'1	۰/۸۸	S'1	۰/۸۶	۳
K'1	۰/۸۸	KO1	۰/۸۵	۴
KO1	۰/۸۶	K'1	۰/۸۵	۵
K'2	۰/۸۳	S4	۰/۸۰	۶
C1	۰/۸۳	K'2	۰/۸۰	۷
S4	۰/۸۱	C1	۰/۸	۸
K4	۰/۸	K4	۰/۷۸	۹
S2	۰/۷۶	S2	۰/۷۷	۱۰
R1	۰/۷۶	R1	۰/۷۳	۱۱
S'4	۰/۷۵	R2	۰/۷	۱۲
R'1	۰/۷۴	R'1	۰/۷	۱۳
R2	۰/۷۲	S'4	۰/۷	۱۴
K'3	۰/۷۱	S1	۰/۶۹	۱۵
S3	۰/۷۱	KO3	۰/۶۸	۱۶
KO3	۰/۷	S3	۰/۶۸	۱۷
S1	۰/۷۰	K'3	۰/۶۶	۱۸
R3	۰/۷۹	R3	۰/۶۶	۱۹
T'1	۰/۶۹	T'1	۰/۶۴	۲۰
T'2	۰/۶۹	T'2	۰/۶۲	۲۱
S'3	۰/۶۸	S'3	۰/۶۲	۲۲
R4	۰/۶۶	R4	۰/۶۰	۲۳
R'2	۰/۶۵	TO1	۰/۶۰	۲۴
C'2	۰/۶۴	R'2	۰/۵۸	۲۵
TO1	۰/۶۱	C'2	۰/۵۷	۲۶
TO2	۰/۵۷	TO2	۰/۵۵	۲۷
RO2	۰/۵۴	RO2	۰/۴۹	۲۸
C4	۰/۴۳	C4	۰/۳۳	۲۹
K	۰/۱	K	۰/۱۳	۳۰

حالت ۱: وزن یکسان برای معیارها حالت ۲: وزن بیشتر به سیلاب ویژه و وزن کمتر به زمان تاخیر

ولی در صورتی که در یک مسئله خاص تعداد معیارها به چندین معیار افزایش یابد، وزن‌بندی، یکی از ارکان نتایج حاصله خواهد

گرچه در این تحقیق به دلیل اندک بودن معیارها، نتایج با وزن یکسان و با وزن‌بندی متفاوت تا حدود زیادی شبیه هستند

عملیات پرهزینه آبخیزداری، می‌توان از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرد تا اولویت‌بندی براساس یک منطق ریاضی انجام گیرد.

بود که مستلزم دقت شخص تصمیم‌گیرنده و کارشناس طرح می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره به طور عام و روش UTA، به طور خاص در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها، نشان می‌دهد زمانی که یک مسئله مانند مدیریت زیرحوزه‌ها از نظر اجرای عملیات سازه‌ای کنترل سیل با چند تابع هدف مطرح می‌شود، می‌تواند نتایج منطقی‌تری را مطرح کند. در صورتی که در نظر گرفتن تنها یک معیار، نتایج را در جهت همین یک معیار تامین می‌کند. با توجه به موارد فوق و

تشکر و قدردانی

در خاتمه از کارشناسان محترم آبخیزداری آقایان مهندس اعرابی و رضایی که بعضی از اطلاعات مورد نیاز این تحقیق را در اختیار مولف قرار دادند، تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین مولف از بررسی‌کنندگان محترم مقاله برای ارائه رهنمودهای با ارزش در ویرایش نهایی مقاله کمال تشکر را دارد.

منابع

- ۱- قائمی هوشنگ، سعید مرید و ابوالقاسم شمس، ۱۳۷۵. مدل سیلخیزی زیرحوزه‌های کرخه. نیوار، تابستان ۱۳۷۵.
- ۲- شرکت خدمات مهندسی جهاد، گزارش هیدرولوژی مطالعات آبخیزداری رودخانه کن، ۱۳۷۹. وزارت جهاد کشاورزی. ص ۹۲.
- 3-Benedini, M., 1988. Developments and possibilities of optimization models., *Agricultural Management*, 13, 329-358.
- 4-Duckstein. L and S. Opricovic, 1980. Multiobjective optimization in river basin development, *Water Resour. Res.* 16(1): 14-20.
- 5-Jacquet-Lagrez E., J. Siskos, 1982. Assessing set of additive utility functions for multicriteria decision-making, The UTA method. *European Journal of Operational Research*, Vol. 10, 151-164.
- 6-Jacquet Lagrez, E. R. meziani and R. Slowinski 1987 MOLP With an interactive assesment of a piecewise linear utility function-*European Journal of Operational Research* 31, 350-357.
- 7- Goicoechea, A., D. R. Hansen and L.Duckstein, 1982. Multiobjective decision analysis with engineering and business application. John Wiley, NewYork.
- 8-Keeney, R.L., H. Raiffa, 1976. Decision with multiple objectives: Preferences an value trade off, John Wiley, NewYork.
- 9-Kholghi, M. 1997. Gestion conjointe des eaux de surface et souterraine, approche parsimulation-optimization et aide a la decision-PhD Thesis-University of Poitiers, France, 92 pp.
- 10-Kholghi, M., Multicriterion decision making tools for wastewater planning management. To be published in volume 3, *Journal of Agricultural Sciences and Technology* (2002).
- 11-Roy, B., 1978. ELECTREIII: Algorithm de classement base sur une representation flue des preferences en presence de criteres multiples. *Cahiers du CERO* 20(1): 3-24.
- 12-Roy, B. 1985. Methodlogie multicriteres d aide a la decision, Paris: Economica.
- 13-Roy, B. M. Present, D. Silhol, 1986. A programming method for determining which Paris metro stations should be renovated, *European Journal of Operational Research* 24, 318-334.
- 14-Stewart, Tans L. Scott, H. 1995. A Scenario-based franework for multicriterion decision analysis in water resources planning water Resources research, Vol. 31, No 11: 2835-2843.
- 15-Zeleny, M., 1982. Multiple criteria decision making, Mc Graw-Hill, NewYork,

The Use of MDCM Method in Prioritizing Sub-Watersheds Structural Flood Control

M. Kholghi¹

Abstract

In recent years, flood control projects have been widely applied throughout the country. An important aspect in these projects is a great volume of labor and therefore trends cost involved. Prioritizing the sub-watersheds is practically performed traditionally. The goal of this research is to propose a mathematical method to prioritize and select a better choice. Overall, in these issues, we can use different multicriteria decision making (MCDM) method. Most MCDM methods automatically line up the selections and provide the result without incorporating the decision-maker. Among those, the utility additive (UTA) method with greater flexibility was considered in this study since it gives a greater importance to decision maker. The UTA method constantly asks for selection of the decision-maker through some steps using piecewise linear programming. In this study, 49 sub-watersheds of the Kan River in Northwest of Tehran were evaluated according to 50 years return period of flood, lag time, and fatal-cost damage. The results show that despite the multi-component goal, the K3 (Keshar) sub-basin is number one with regard to practicality. This method can effectively be used in these projects to reduce the high cost in low priority sub-basin.

Keywords: Flood control, Structural prioritizing, Sub-watersheds, Multicriteria decision making, Utility additive, Kan River.

¹ - Assoc. Prof., Faculty of Agriculture, Univ. of Tehran