کاربرد روش MCDM در اولويت‌بندي زيرحوزه‌ها به‌منظور کنترل سازه‌اي سيلاب[۱]

مجيد خلقي[۲]

چکيده

در سال‌هاي اخير پروژه‌هاي سازه‌اي مهار سيلاب، در سطح کشور گسترش وسيعي يافته است. يکي از مسائل مهم در اين‌گونه پروژه‌ها، با توجه به حجم کار و هزينه اجرايي آن، اولويت‌بندي زيرحوزه‌ها براي اجرا است، که در حال حاضر به‌صورت سنتي و سليقه‌اي انجام مي‌شود. هدف از اين تحقيق ارائه روشي است که برمبناي يك منطق رياضي، توان انجام اولويت‌بندي را داشته باشد. به‌طورکلي در اين‌گونه موارد مي‌توان از روش‌هاي تصميم‌گيري چندمعياره **(MCDM)**[۳]، استفاده کرد. دراين‌ميان روش**(UTA)**[٤]، تابع تجمعي ارزش، با توجه به انعطاف‌پذيري و اهميتي که در مراحل مختلف گزينه‌يابي به تصميم‌گيرنده مي‌دهد، مورد استفاده قرار مي‌گيرد. اين روش که براساس برنامه‌ريزي خطي چند قطعه‌اي[۵] است، هفت تابع ارزش هر گزينه محاسبه و بر مبناي مقدار آن، اولويت‌بندي صورت مي‌گيرد. در اين تحقيق، ٤۹ زيرحوزه آبخيز رودخانه کن در شمال‌غرب تهران، براساس سه معيار سيلاب ويژه، زمان تاخير و خسارت‌هاي جاني - مالي مورد ارزيابي قرار گرفت. با توجه به توانايي‌هاي اين روش، محاسبات با درنظرگرفتن وزن يکسان و متفاوت براي معيارها انجام شد. نتايج نشان مي‌دهد که با توجه به سه معيار درنظرگرفته شده، اولويت‌هاي اول تا چهارم مشابه بوده، ولي از اولويت پنجم به بعد با توجه به نوع وزن‌بندي متفاوت هستند. اولويت برتر در اين منطقه، زيرحوزه، **K3** (کشار) است. باتوجه به اينکه اين زيرحوزه چه از نظر سيلاب ويژه و چه از نظر درصد خسارت، کمتر از گزينه‌هاي بعدي قرار دارد، ولي به دليل بالابودن تابع تجمعي ارزش، در اولويت اول قرارگرفته است. روش تصميم‌گيري چندمعياره با توجه به درنظرگرفتن معيارهاي مختلف و چندين تابع هدف در برنامه‌ريزي خطي، مي‌تواند در مديريت آبخيزها موثر باشد. در ضمن درصورتي‌که تعداد معيارها زياد باشد وزن‌بندي معيارها حساس بوده و بايد با دقت بيشتري انجام گيرد. اين روش مي‌تواند به‌طور موثري در اين گونه پروژه‌ها، کاربرد داشته باشد و در نتيجه از صرف هزينه‌هاي بيهوده در زير حوزه‌هايي که در اولويت‌هاي پايين‌تري قرار دارند، جلوگيري کند.

واژه‌هاي کليدي: *سيلخيزي، کنترل سازه‌اي، هزينه، تصميم‌گيري چندمعياره، تابع تجمعي ارزش، رودخانه‌کن.*

---

[۱]-تاريخ دريافت:۸۰/٤/٦، تاريخ تصويب نهايي: ۸۱/۷/۲۹

[۲]- دانشيار دانشکده کشاورزي دانشگاه تهران

[۳] -Muticriterion Decision Making

[٤] - Utility Additive

[۵] - Piecewise Linear Programming

مقدمه

در سال‌هاي اخير، با توجه به اهميت آبخيزداري حوزه‌ها از نظر كنترل سيلاب، فرسايش و رسوب، اقدامات گسترده‌اي در امر تحقيقات، مطالعات و اجرا در سطح كشور انجام شده و مي‌شود. برخلاف بيشتر كارهاي آبي، مانند سد مخزني، سد انحرافي و شبكه آبياري-زهكشي كه معمولا در خروجي حوزه و در دشت صورت مي‌گيرد، عمليات سازه‌اي آبخيزداري در زيرحوزه‌هاي كوچك و اكثرا در سرشاخه رودخانه‌ها انجام مي‌شود. با توجه به مشكل بودن شرايط كاري و همچنين حجم شايان توجه آن در سطح يك حوزه، در غالب موارد فقط بخشي از حوزه را مي‌توان تحت پوشش عمليات آبخيزداري قرار داد. در نتيجه در يك سيستم پيوست مانند شبكه آبراهه‌ها و آثار متقابل هر آبراهه بر ديگري، اقدامات ناقص، نمي‌تواند جوابگوي اهداف نهايي آبخيزداري يك منطقه باشد.

با توجه به اين موضوع، گرچه در هر زيرحوزه براي انجام طرح‌هاي سازه‌اي كنترل سيلاب، محاسبات مربوط به تعداد و فاصله سدهاي اصلاحي انجام مي‌شود؛ ولي در نهايت به دليل هزينه بالاي آن، انتخاب زيرحوزه‌ها براي عمليات اجرايي براساس سليقه و پارامترهاي ديگري چون در معرض ديد عموم قرار داشتن، دركنار جاده بودن و.. انجام مي‌شود. در صورتي كه اهداف اصلي طرح، كاهش آثار سيلاب و در نتيجه جلوگيري از فرسايش و حمل رسوب درحوزه مي‌باشد.

هدف از اين تحقيق، ارائه روشي است كه با توجه به علم رياضيات و بهينه‌سازي، بتوان اولويت‌بندي زيرحوزه‌ها را براي عمليات سازه‌اي آبخيزداري انجام داد تا براساس آن بخش‌هاي اجرايي آبخيزداري بتوانند با درنظرگرفتن بودجه، به‌ترتيب اولويت، عمليات ساخت سدهاي اصلاحي را انجام دهند.

در اين مقاله روش‌هاي تصميم‌گيري چندمعياره (MCDM) به‌طور خلاصه بازگو مي‌شود و از بين آنها روشي كه كارايي بهتري در اولويت‌بندي داشته باشد، انتخاب و در مورد حوزه آبخيز كن استفاده مي‌شود. بدون استفاده از اين روش‌ها، به‌منظور بررسي سيلخيزي زيرحوزه‌هاي كرخه (قائمي و همكاران، ۱۳۶۳) با درنظرگرفتن خصوصيات فيزيوگرافي و ريزش برف و باران و پوشش گياهي، ميزان پتانسيل آورد سيلاب زيرحوزه‌اي كرخه را تعيين كردند. روش‌هاي MCDM از دهه ۱۹۸۰ به بعد كاربرد وسيعي در زمينه‌هاي مختلف مهندسي و مديريت داشته‌اند. از آن جمله مي‌توان كاربرد آن را در مهندسي (كوئيكوچا و همكاران، ۱۹۸۲)[1]، طراحي شبكه مترو (راي و همكاران، ۱۹۸۶)[2] ، مديريت جامع آبخيز (داكشتن و اپريوايك، ۱۹۸۰)[3]، برنامه‌ريزي سيستم جامع منابع آب (بنديني،۱۹۸۸)[4] و مديريت منابع آب (استوارت و اسكات، ۱۹۵۵)[5] نام برد. در بين روش‌هاي MCDM، روش UTA، به‌دليل توانايي انعطاف‌پذيري و ايجاد ارتباط با تصميم‌گيرنده در مورد انتخاب گزينه‌ها، در مسائل تصميم‌گيري كاربرد موثري دارد. تئوري اين روش كه براساس مقايسه عددي تابع ارزش هر گزينه است، براي اولين‌بار توسط ژاكت‌لاگرز و سيسكاس(۱۹۸۲)[6] به‌منظور اولويت‌بندي گزينه‌ها ارائه گرديد. اين روش تا چند سال فقط به‌عنوان يك تئوري و بدون كاربرد باقي مانده بود؛ تا اينكه در سال۱۹۸۷، ژاگت لاگرز و همكارانش، آن را در مسائل برنامه‌ريزي‌هاي چندمنظوره به‌كار بردند و پيشنهاد كردند كه در اين‌گونه مسائل، استفاده از روش UTA نسبت به برنامه‌ريزي‌هاي تك‌هدفي نتايج بهتري مي‌دهد. خلقي(۱۹۹۷) براي اولين‌بار از اين روش براي مديريت تلفيقي آبهاي سطحي و زيرزميني استفاده كرد. مقدار بهره‌برداري از رودخانه و سفره آبهاي زيرزميني، آثار هر برداشت بر روي سطح آب آبخوان و مسائل اجتماعي و اقتصادي هرگزينه، به‌عنوان معيار، درنظرگرفته شد. نتايج حاصل نشان داد كه در تصميم‌گيري سيستم طبيعت، نه تنها مي‌بايست به مسائل مهندسي توجه كرد، بلكه در وزن‌بندي معيارهاي غيرعددي، در هر منطقه، بايد دقت كافي به‌عمل آورد. خلقي (۲۰۰۲) از روش UTA براي مديريت برنامه‌ريزي سيستم‌هاي مختلف فاضلاب و تصفيه آن استفاده كرد. وي نتيجه گرفت، درصورتي‌كه شخص مدير، خود يك كارشناس خبره باشد، نتايج اخذ شده و اولويت‌بندي‌هاي انتخابي به‌مراتب ضمانت اجرايي بيشتري خواهند داشت.

مواد و روش‌ها

پس از سيلاب سال‌هاي ۱۳۶۶ و ۱۳۶۷ رودخانه‌هاي مشرف به شهر تهران، مطالعات گسترده‌اي براي كنترل سيلاب در حوزه‌هاي آبخيز گرمابدره، گلابدره، دربند و كن در طي سال‌هاي اخير انجام گرفت. در اين ميان، حوزه رودخانه كن با توجه به

[1] -Coicoecha et al.
[2] -Roy et al.
[3] - Duckstein & Oprivoic
[4] - Benedini
[5] - Stewart & Scott
[6] -Jacquet-Lagrez & Siskos

تعداد زيرحوزه‌ها و نقش سيلخيزي آنها در اين تحقيق مورد استفاده قرارگرفت. حوزه آبخيز رودخانه كن، از ٤۹ زير حوزه با مساحت‌هايي از ۰/۹ تا ۱۳۱/۹ كيلومترمربع تشكيل يافته است. اين رودخانه در خروجي حوزه و در ورودي به شهر تهران داراي مساحتي برابر ۱۸۱ كيلومترمربع مي‌باشد (شكل ۱). به‌منظور اولويت‌بندي از نظر اجراي كنترل سازه‌اي سيلاب اين زيرحوزه‌ها، مسئله سيلخيزي رودخانه كن، به صورت يك مسئله تصميم‌گيري چندمعياره (MCDM) مورد بررسي و تحقيق قرار گرفت. به‌منظور ارزيابي يك مسئله با روش (MCDM)، مرحله اول، تعريف شكل مناسبي از گزينه‌ها و معيارها است. درمرحله بعد، با توجه به هر گزينه، با انجام محاسبات و يا مدل رياضي، اثر هر گزينه بر روي معيار مربوطه محاسبه و به‌صورت عدد و رقم به‌دست مي‌آيد، سپس با داشتن جدولي از گزينه‌ها و ارقام معيارها، اولويت‌بندي گزينه‌ها انجام مي‌شود. به‌منظور اولويت‌بندي گزينه‌ها، به‌طوركلي سه نگرش وجود دارد:

۱-روش‌هاي توافقي كه براساس فاصله بين نقطه ايده‌آل و گزينه موردنظر تعريف شده است (زلني، ۱۹۸۲)[۱]؛

۲-روش‌هايي كه به‌صورت حذفي عمل مي‌كنند. به‌اين ترتيب كه گزينه‌ها، دو به دو مقايسه و يكي حذف شده و ديگري براي مرحله بعدي باقي مي‌ماند (راي، ۱۹۷۸، راي ۱۹۸۵، راي و همكاران، ۱۹۸٦)؛

۳-روش‌هاي مبتني بر محاسبه تابع ارزش و اولويت‌بندي براساس بيشترين تابع ارزش (كني و رايف، ۱۹۷٦)[۲]، (ژاكت لاگرز و سيسكاس، ۱۹۸۲).

سه نگرش مذكور، هر يك به‌نوبه خود چندين روش دارند كه در مسائل خاصي استفاده مي‌شوند. ولي نگرش‌هاي اول و دوم، بدون درنظرگرفتن نقش تصميم‌گيرنده، به‌طور خودكار، اولويـت‌بندي را انجام مي‌دهند، درصورتي‌كه روش‌هايي كه در نگرش سوم قرار دارند، با دخالت شخص مدير و مسئول اجرايي، در جستجوي اولويت‌هاي برتر هستند. اين برتري و انعطاف‌پذيري به‌عنوان يك ابزار موثر، بخصوص در تصميم‌گيري در مورد مسائل مربوط به طبيعت و اكوسيستم، مي‌تواند روش مناسبي براي اولويت‌بندي در زيرحوضه‌هاي رودخانه كن باشد.

به‌طوركلي درنگرش سوم دو روش وجود دارد. در هر دو روش از شخص تصميم‌گيرنده به طور مداوم سوال مي‌شود كه كداميك از گزينه‌ها را ترجيح مي‌دهد. در روش اول گزينه‌ها توسط شخص تصميم‌گيرنده به‌طور تصادفي و تابع دو جمله‌اي احتمالاتي انتخاب مي‌شود. درصورتي‌كه در روش دوم شخص تصميم‌گيرنده در انتخاب اوليه اولويت‌هاي برتر و حتي در مرتب‌كردن اوليه آنچه را كه به نظرش منطقي‌تر مي‌آيد از آزادي عمل بيشتري برخوردار است. با توجه به اين مزيت، در اين تحقيق روش دوم كه روش UTA مي‌باشد مورد استفاده قرار مي‌گيرد.

در روشUTA ، توابع جزئي ارزش، به‌صورت زير جمع بسته مي‌شوند:

$$U(g_1, g_2,..g_n)=\Sigma ui(gi) \qquad (۱)$$

كه در آن I,g،u, به ترتيب تابع ارزش، گزينه، معيار وتعداد معيارها مي‌باشد. در اين روش نمره ارزشيابي بين صفر تا يك متغير مي‌باشد. طوري‌كه در $G_i=[g_i^*, g_i^*]$ $g_{i*}=0$ بدترين اولويت و $g_i^*=1$ بهترين اولويت مي‌باشد. جهت برآورد مقدار تابع جزئي ارزش، از برنامه‌ريزي خطي چندقطعه‌اي استفاده مي‌شود. به‌اين‌صورت كه اگر $g_i(a)$ ، مقدار عددي عكس‌العمل گزينه a روي معيار I مابين g_{ij} و $g_{i,j+1}$ باشد، تابع ارزش $u_I(g_i(a))$، تركيب خطي $u_i(g_{ij})$ و$u_i(g_{i,j+1})$ مي‌باشد(شكل۲).

در روش UTA، با توجه به آنچه ذكر گرديد، تصميم‌گيرنده مي‌تواند از بين گزينه‌هاي موجود، تعدادي را كه به‌نظرش در اولويت قرار دارند انتخاب كرده، سپس اين گزينه‌ها را با توجه به اهميتي كه به نظرش مي‌رسد، اولويت‌بندي كند. در واقع در روش UTA برخلاف ساير روش‌هاي تصميم‌گيري، در مرحله اول محاسبات بر روي گزينه‌هايي انجام مي‌شود كه تصميم‌گيرنده ابتدا انتخاب كرده است، با داشتن گزينه برتر اوليه، مقادير توابع ارزش جزئي با بسط دادن تابع ارزش كل حاصل مي‌شود. به‌اين‌منظور از يك برنامه‌ريزي خطي براي بهينه‌سازي مدل خطي زير استفاده مي‌شود.

$$(g(a))=u_1(g_1(a))+u_2(g_2(a))+...+u_n(g_n(a)) \qquad (۲)$$

تابع هدف در اين برنامه‌ريزي خطي، كمينه‌كردن بين گزينه‌هاي انتخابي اوليه (هدف) و تابع ارزش كل (جواب) مي‌باشد. قابل ذكر است درصورتي‌كه گزينه‌هايي را كه شخص در ابتدا درنظر مي‌گيرد غيرمنطقي و خارج از فضاي تصميم‌گيري باشد، روش، بلافاصله از خود حساسيت نشان داده و بدون توجه به گزينه‌هاي شخص، اولويت‌بندي را انجام مي‌دهد.

[۱] - Zeleny
[۲] - Keeney & Raiff

شکل ۱- نقشه زيرحوزه‌هاي رودخانه کن

جدول۱- گزینه‌ها و معيارهاي انتخابي در حوزه آبخيز رودخانه کن

گزینه	زیرحوزه	مساحت (km²)	معيار سيلاب ويژه ۵۰ساله ($m^3/s/km^2$)	 زمان تاخير (hr)	 ارزيابي‌خسارات‌جاني و مالي (۰-۱۰۰)
۱	T′1	۵	۱/۹۲	۰/۸۵	۰
۲	T1	۵	٤/۳	۱/۱۳	۹۰
۳	T2	۱۱	۳/۹	۱/۲۵	۰
٤	T3	۲/۲	۵/٤۵	۰/٦۷	۰
۵	Tol	۲۳/۲	۲/۳۹	۱/۹۷	۰
٦	T′2	۱/٤	۱/٦۱	۰/٤	۰
۷	R4	٤/٤	۱/۷٦	۱/۰۵	۰
۸	R′1	۵	۲/۳٤	۰/٦۲	۰
۹	R1	۱۱	۳/۲	۰/۹۸	۰
۱۰	R2	٦/۵	۲/٦۹	۰/۹۲	۰
۱۱	R3	۵/۳	۲/۱۱	۱/۰۲	۰
۱۲	R01	۲۷/٤	۱/٦۲	۱/۳۸	۱۰
۱۳	R′2	۳/۵	۱/٤	۰/۵٦	۰
۱٤	R02	۰/۹	۱/٤۰	۱/۷	۰
۱۵	T02	٦۰	۲	۲/۱۵	۰
۱٦	K1	٦	۵/۱۳	۰/۹	۱۰۰
۱۷	K2	۱	۷/۵	۰/٤۵	۰
۱۸	K01	۷	۵/۱	۰/۹۰	۰
۱۹	K′1	۲/۷	٤/۳۷	۰/٤	۰
۲۰	K3	۰/۹	۵/۹	۰/٤٤	۹۰
۲۱	K02	۱۰/٦	۳/۳٦	۱/۳۰	۸۰
۲۲	K′2	٤/٦	۳/٦۷	۰/۵	۰
۲۳	K03	۱۵/۲	۲/۸۸	۱/٤۰	۰
۲٤	K4	۲/۸	۳/٦٤	۰/۷۲	۰
۲۵	K′3	۷/۵	۱/۹۷	۰/۷	۰
۲٦	K04	۸۵/۵	۱/٤	۲/۵۵	٤۰
۲۷	S′1	۳	٤/۸	۰/٦	۰
۲۸	S2	۵/۳	۳/۵۲	۰/۷۵	۰
۲۹	S3	۱۱/۷	۲/۵٦	۱/۱۸	۰
۳۰	S4	۳	۳/۹۳	۰/۷۲	۰
۳۱	S5	٦/۷	/۸۳	۱/۰۷	۲۰
۳۲	S01	۲۹/۲	۲/۰۳	۱/٦۰	۳۰
۳۳	S′2	۷/۵	۲/۵٤	۰/۵٤	۲۰
۳٤	S02	۵/۷	۹/۱	۱۲/۲	۳۰
۳۵	S1	۳/۱	۳/۳۸	۱/۷	۰
۳٦	S′3	٤/۸	۱/٦۸	۰/٦٤	۰
۳۷	S03	٤۳/۲	۱/۲۹	۲/۵	۳۵
۳۸	S′4	۳/۲	۲/۱۲	۰/٤	۰
۳۹	S04	۱۳۱/۹	۱/۱۸	۲/۷۵	٦۰
٤۰	C′1	۱۰	۲/٤	۰/۹۵	۹۳
٤۱	C1	۱/۹	۳/۷	۰/۵۵	۰
٤۲	C2	۳	۳/۲۷	۰/۷۲	۸۵
٤۳	C3	۹/۲	۲/٦۳	۱/۰۲	٤۰
٤٤	C01	۲٤/۲	۱/۵٦	۱/۷٤	۵۰
٤۵	C′2	٤/۲	۱/۳۸	۰/٦۲	۰
٤٦	C02	۲۸/٤	۱/۲۳	۲/۱۰	۷۰
٤۷	S′5	۱٤/۵	۱/۳۷	۱/۱۲	۹۷
٤۸	C4	٦۱	۰/۲	۱/۱٤	۰
٤۹	K	۱۸۱	۰/۹٦	۳/٤۰	۰

شکل ٢- توابع جزئي ارزش در روش UTA

به‌منظور کاربرد روش UTA، در منطقه کن با توجه به مسائل مختلفي که در سيلخيزي مطرح بوده و تبادل نظر با کارشناسان مختلف آبخيزداري ومسئولين ذيربط، معيارهاي زير به‌منظور انتخاب گزينه‌هاي برتر در نظرگرفته شد.

الف- مقدار سيلاب ويژه با دوره برگشت ٥٠ ساله که عواملي چون شماره منحني (Curve Number, CN)، مقدار بارندگي و مساحت حوزه در آن نقش دارند. مقدار عددي سيلاب ويژه، با استفاده از نتايج گزارش هيدرولوژي مطالعات آبخيزداري رودخانه کن (شرکت خدمات مهندسي جهاد، ١٣٧٩) استخراج شده است.

ب- زمان تاخير حوزه (T_1) که عواملي چون طول آبراهه اصلي، مرکز ثقل حوزه، ضريب زبري و شيب آبراهه اصلي را درنظر مي‌گيرد. زمان تاخير به اين علت جزُء معيار قرار گرفته است که در تعيين مقدار زمان اوج (t_p) هيدروگراف سيل بسيار موثر است. در نتيجه درصورتي‌که زمان تاخير کم باشد خطر سيلخيزي و به‌بارآوردن خسارت، بيشتر مي‌شود (شرکت خدمات مهندسي جهاد، ١٣٧٩).

ج-خسارات جاني و مالي ناشي از سيلاب؛

اين مرحله يکي از مشکل‌ترين و وقت‌گيرترين مرحله تحقيق بود که با انجام بازديدهاي محلي از زيرحوزه‌هاي مختلف رودخانه کن، پرسش از اهالي، کارشناسان متعدد و با تجربه منطقه انجام گرفت که در نهايت زيرحوزه‌ها، از لحاظ آسيب‌پذيري سيل به سه گروه زير از لحاظ عددي تقسيم شدند.

نوع خسارت	محدوده ارقام
جاني- مالي	٥٠-٤٠٠
مالي	کمتر از ٥٠
هيچ‌گونه خسارت	صفر

با توجه به سه معيار الف، ب و ج، طبق جدول ١ براي هر گزينه و معيار، ارقامي محاسبه گرديد. براين‌اساس، با توجه به بازديدهاي متعدد از منطقه براي برآورد معيار خسارت، ٣٠ زيرحوزه رقم صفر و براي ١٩ زيرحوزه، ارقامي از ١٠ تا ١٠٠ در نظرگرفته شد. با توجه به اين تقسيم‌بندي، از روش UTA، يك‌بار در مورد اولويت‌بندي ١٩ زيرحوزه و يك‌بار در مورد ٣٠ زيرحوزه، استفاده گرديد. همان‌گونه که توضيح داده شد، يکي از مزاياي روش UTA، اهميت‌دادن به نقش تصميم‌گيرنده است. براين‌اساس، بار اول در مورد ١٩ زيرحوزه کن، نظرات شخص تصميم‌گيرنده در مورد گزينه‌هايي که مي‌توانند در اولويت

بالاتري قرارگيرند درخواست شد. او با توجه به خسارت بيش از ۸۵ درصدي كه زيرحوزه‌هاي S′5، C′1، T1، K3، C2 داشتند، آنها را در اولويت ابتدايي خود قرار داد.

در مورد ۳۰ زيرحوزه‌اي كه خسارات جاني و مالي ندارند، نيز زيرحوزه‌هاي T3، K2، S′1، K01، K′1 كه سيلاب ويژه آنها بيش از چهار متر مكعب در ثانيه دركيلومتر مربع بود، انتخاب شد. با توجه به اين انتخاب، محاسبات مربوط به اولويت‌بندي در مورد زيرحوزه‌ها با درنظرگرفتن حالت‌هاي زير انجام شد.

الف- وزن يكسان براي كليه معيارها؛

ب-وزن يكسان براي معيارهاي سيلاب ويژه و زمان تاخير و وزن بيشتر براي معيار خسارت؛

ج-وزن كمتر به معيار زمان تاخير، وزن متوسط به سيلاب ويژه و وزن بيشتر براي خسارت.

قابل ذكر است كه در روش UTA، با اينكه تابع ارزش كليه گزينه‌ها محاسبه مي‌شود ولي گزينه‌هاي انتخابي شخص تصميم‌گيرنده در ابتدا به‌عنوان بهترين‌ها در اولويت‌بندي مورد ارزيابي قرار مي‌گيرد. درصورتي‌كه تابع ارزش آنها بسيار اندك باشد، در اين‌صورت نمي‌تواند با ساير گزينه‌ها رقابت كرده و در نتيجه در رديف‌هاي پايين اولويت‌بندي قرار خواهد گرفت.

نتايج و بحث

محاسبات مربوط به اولويت‌بندي زيرحوزه‌هاي رودخانه كن با روش UTA، با درنظرگرفتن حالت‌هاي مذكور براي زيرحوزه‌هاي ۱۹ و ۳۰ گانه انجام شد كه نتايج آن به‌ترتيب در جداول ۲ و ۳ ارائه مي‌شد. همان طوري كه قبلا ذكر گرديد، در ارجحيت‌بندي اوليه، به دليل وجود خسارات مالي و جاني بيش از ۸۵ درصد، زيرحوزه‌هاي S′5، C′1، T1، K3 و C2 انتخاب شدند. نتايج حاصل در جدول ۲ نشان مي‌دهد كه در حالت يك و با فرض يكسان قرار دادن وزن معيارها، زيرحوزه‌هاي K3، K1، T1، C2، K02 به ترتيب در پنج اولويت اول مي‌باشند. با اينكه تصميم‌گيرنده براساس معيار خسارت، اولويت‌بندي اوليه را مطرح كرده بود ولي وزن يكسان معيارها، باعث گرديد كه زيرحوزه‌هاي C′1 و S′5 در اولويت‌هاي اول قرار نگيرند. در اين حالت زيرحوزه‌هاي K3 و K1 به‌ترتيب با درصد خسارت ۹۰، ۱۰۰، زمان تاخير، ۰/٤٤، ۰/۹ ساعت و سيلاب ويژه ۵/۹، ۵/۱۳ مترمكعب در ثانيه دركيلومترمربع در رده‌بندي اول و دوم قرار گرفتند.

در حالت دوم كه وزن خسارت بيشتر منظور شده است، نتايج نشان مي‌دهد كه زيرحوزه‌هاي K3، K1، T1، C′1 و C2 در پنج اولويت برتر قرار گرفته‌اند. جالب توجه است كه در اين حالت با اينكه به معيار خسارت، وزن بيشتري داده شده است ولي زيرحوزه K3 گزينه اول انتخاب شده است. اين امر مي‌تواند منطقي باشد؛ چرا كه در يك مسئله تصميم‌گيري چندمعياره، صرفا معيار خسارت، تعيين‌كننده گزينه‌هاي برتر نمي‌باشد. درحالت سوم كه وزن‌هاي متفاوت كم، متوسط و زياد براي معيارهاي زمان تاخير، سيلاب ويژه و خسارت درنظرگرفته شده است، زيرحوزه‌هاي K3، K1، T1 ، C2 و K02 به‌ترتيب در پنج اولويت اول قرارگرفته‌اند. نتايج حالت سه در اولويت‌هاي اول حدودا مانند نتايج حالت يك با وزن يكسان معيار است. ولي در اولويت‌هاي بعدي متفاوت مي‌باشد. مقايسه نتايج سه حالت اول، دوم و سوم نشان مي‌دهد كه مدل، توجه خاصي به نظرات شخص تصميم‌گيرنده دارد و همان‌طوري‌كه در متدولوژي ارائه گرديد، ابتدا نظرات ارزيابي شده؛ ضمن اينكه در هرحال براساس تابع ارزش نهايي اولويت‌بندي مي‌شوند.

در جدول ۳ نتايج اولويت‌بندي ۳۰ زيرحوزه رودخانه كن از نظر شرايط زمين‌شناسي و موقعيت، طوري قرارگرفته‌اند كه سيلاب در آنها خسارت مالي و جاني به بار نمي‌آورد، ارائه شده است. همان‌طوري‌كه ذكر گرديد، در اين سري زيرحوزه‌ها، شخص تصميم‌گيرنده براساس سيلاب، زيرحوزه‌هاي T3، K2، S′1 ، K01 و K′1 را درگزينه‌هاي اوليه خود جهت انجام عمليات سازه‌اي كنترل سيلاب قرار دارد. همان‌طوري‌كه جدول ۳ نشان مي‌دهد در حالت اول كه وزن يكسان براي دو معيار زمان تاخير سيلاب درنظرگرفته شده است نيز، زيرحوزه‌هاي K2، T3، S′1، K′1 و K01 در پنج اولويت اول قرار گرفته‌اند. در حالت دوم كه وزن سيلاب بيشتر از وزن زمان تاخير در نظرگرفته شده است، نيز زيرحوزه‌هاي K2، T3، S′1، K01 و K′1 در اولويت‌هاي اوليه واقع شده‌اند.

نتايج حاصل در اين سري از زيرحوزه‌ها، نشان مي‌دهد كه نظرات شخص تصميم‌گيرنده در اولويت‌بندي تامين شده است. ضمن اينكه در ۲۵ گزينه بعدي، مدل طبق نگاه يكسان به زيرحوزه‌ها براساس محاسبات مربوط به تابع ارزش نهايي هر گزينه را در اولويت خود قرار داده است.

همان‌طوري‌كه در نتايج ارائه گرديد، در سري ۱۹گانه زيرحوزه‌ها كه با توجه به وجود معيار خسارت در ۱۹ اولويت اول مي‌باشند، زيرحوزه K3 در اولويت اول قرارگرفت. درصورتي‌كه

زيرحوزه‌اي مانند SO2 با سيلخيزي ۹/۱ مترمکعب در ثانيه درکيلومترمربع در اولويت‌هاي هفتم به بعد قرار دارد.

از طرف ديگر در اولويت‌هاي بعد از نوزدهم که بدون خسارت مي‌باشند نتايج محاسبات اولويت‌بندي ۳۰ زيرحوزه نشان مي‌دهد که زيرحوزه K2 در اولويت اول و زيرحوزه K در اولويت آخر قرار دارد؛ که نشان مي‌دهد که مشکل سيلخيزي رودخانه کن و حوضه آن در خروجي حوزه نيست و عمليات آبخيزداري و سدهاي اصلاحي در مسير شاخه اصلي رودخانه کن در اولويت قرار ندارد. بلکه از سرشاخه‌ها و طبق اولويت‌بندي‌هاي حاصل مي‌توان عمليات اجرايي را شروع کرد.

جدول ۲- اولويت‌بندي ۱۹ زيرحوزه رودخانه کن با درنظرگرفتن حالت‌هاي مختلف

اولويت	حالت ۳		حالت ۲		حالت ۱	
	تابع ارزش	گزينه	تابع ارزش	گزينه	تابع ارزش	گزينه
۱	۰/۸۹	K3	۰/۹۱	K3	۰/۹	K3
۲	۰/۸۹	K1	۰/۸۹	K1	۰/۸۷	K1
۳	۰/۸۲	T1	۰/۸۲	T1	۰/۸	T1
٤	۰/۷۸	C2	۰/۸۱	C2	۰/۷۹	C2
٥	۰/۷٥	KO2	۰/۷٦	C′1	۰/۷۳	KO2
٦	۰/۷۳	C′1	۰/۷٦	KO2	۰/۷۲	C′1
۷	۰/٦٥	S′5	۰/٦۸	S′5	۰/٦٥	SO2
۸	۰/٦٤	SP2	۰/٦۲	SO2	۰/٦۲	S′5
۹	۰/٥٤	C3	۰/٥۹	C3	۰/٦	C3
۱۰	۰/٥۱	CO2	۰/٥۱	CO2	۰/٥۳	R2
۱۱	۰/٤۷	CO1	۰/٥۰	CO1	۰/٥۱	S′2
۱۲	۰/٤۲	R2	۰/٤۸	R2	۰/٥	S5
۱۳	۰/٤۰	SO1	۰/٤۷	S′2	۰/٤۷	CO1
۱٤	۰/٤۰	SO4	۰/٤٥	SO1	۰/٤٥	SO1
۱٥	۰/۳۷	S5	۰/٤٥	S5	۰/٤٥	CO2
۱٦	۰/۳٦	S′2	۰/۳۳	SO4	۰/۲۹	RO1
۱۷	۰/۳٥	KO4	۰/۳۲	KO4	۰/۲۷	KO4
۱۸	۰/۳۲	SO3	۰/۳۰	SO3	۰/۲٦	SO3
۱۹	۰/۱٤	RO1	۰/۲٤	RO1	۰/۲٥	SO4

حالت ۱: وزن يکسان براي کليه معيارها،

حالت ۲: وزن يکسان براي زمان تاخير و سيلاب ويژه و وزن بيشتر به خسارت

حالت ۳: وزن کمتر براي زمان تاخير، وزن متوسط براي سيلاب، وزن بيشتر براي خسارت.

جدول ۳- اولویت‌بندي ۳۰ زیرحوزه بدون خسارت رودخانه کن

اولویت	حالت ۲		حالت ۱	
	تابع ارزش	گزینه	تابع ارزش	گزینه
۱	۱	K2	۱	K2
۲	۰/۸۹	T3	۰/۹	T3
۳	۰/۸٦	S′1	۰/۸۸	S′1
٤	۰/۸۵	KO1	۰/۸۸	K′1
۵	۰/۸۵	K′1	۰/۸٦	KO1
٦	۰/۸۰	S4	۰/۸۳	K′2
۷	۰/۸۰	K′2	۰/۸۳	C1
۸	۰/۸	C1	۰/۸۱	S4
۹	۰/۷۸	K4	۰/۸	K4
۱۰	۰/۷۷	S2	۰/۷٦	S2
۱۱	۰/۷۳	R1	۰/۷٦	R1
۱۲	۰/۷	R2	۰/۷۵	S′4
۱۳	۰/۷	R′1	۰/۷٤	R′1
۱٤	۰/۷	S′4	۰/۷۲	R2
۱۵	۰/٦۹	S1	۰/۷۱	K′3
۱٦	۰/٦۸	KO3	۰/۷۱	S3
۱۷	۰/٦۸	S3	۰/۷	KO3
۱۸	۰/٦٦	K′3	۰/۷۰	S1
۱۹	۰/٦٦	R3	۰/۷۹	R3
۲۰	۰/٦٤	T′1	۰/٦۹	T′1
۲۱	۰/٦۲	T′2	۰/٦۹	T′2
۲۲	۰/٦۲	S′3	۰/٦۸	S′3
۲۳	۰/٦۰	R4	۰/٦٦	R4
۲٤	۰/٦۰	TO1	۰/٦۵	R′2
۲۵	۰/۵۸	R′2	۰/٦٤	C′2
۲٦	۰/۵۷	C′2	۰/٦۱	TO1
۲۷	۰/۵۵	TO2	۰/۵۷	TO2
۲۸	۰/٤۹	RO2	۰/۵٤	RO2
۲۹	۰/۳۳	C4	۰/٤۳	C4
۳۰	۰/۱۳	K	۰/۱	K

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

گرچه در اين تحقيق به دليل اندك بودن معيارها، نتايج با وزن يكسان و با وزن‌بندي متفاوت تا حدود زيادي شبيه هستند ولي درصورتي‌كه در يك مسئله خاص تعداد معيارها به چندين معيار افزايش يابد، وزن‌بندي، يكي از اركان نتايج حاصله خواهد بود كه مستلزم دقت شخص تصميم‌گيرنده و كارشناس طرح مي‌باشد.

نتيجه‌گيري

نتايج به‌دست آمده از كاربرد روش تصميم‌گيري چندمعياره به طور عام و روش UTA، به طور خاص در اولويت‌بندي زيرحوزه‌ها، نشان مي‌دهد زماني كه يك مسئله مانند مديريت زيرحوزه‌ها از نظر اجراي عمليات سازه‌اي كنترل سيل با چند تابع هدف مطرح مي‌شود، مي‌تواند نتايج منطقي‌تري را مطرح كند. درصورتي‌كه در نظرگرفتن تنها يك معيار، نتايج را در جهت همين يك معيار تامين مي‌كند. با توجه به موارد فوق و عمليات پرهزينه آبخيزداري، مي‌توان از روش‌هاي تصميم‌گيري چندمعياره استفاده كرد تا اولويت‌بندي براساس يك منطق رياضي انجام گيرد.

تشكر و قدرداني

در خاتمه از كارشناسان محترم آبخيزداري آقايان مهندس اعرابي و رضايي كه بعضي از اطلاعات مورد نياز اين تحقيق را در اختيار مولف قرار دادند، تشكر و قدرداني مي‌شود. همچنين مولف از بررسي‌كنندگان محترم مقاله براي ارائه رهنمودهاي با ارزش در ويرايش نهايي مقاله كمال تشكر را دارد.

منابع

١-قائمي هوشنگ، سعيد مريد و ابوالقاسم شمس ، ١٣٧۵. مدل سيلخيزي زيرحوزه‌هاي كرخه. نيوار، تابستان ١٣٧۵.

٢-شركت خدمات مهندسي جهاد، گزارش هيدرولوژي مطالعات آبخيزداري رودخانه كن، ١٣٧٩. وزارت جهاد كشاورزي. ص٩٢.

3-Benedini, M., 1988. Developments and possiblities 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-Lagreze 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. Kholghi[1]

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***