مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان

سال ششم، شماره شانزدهم، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۹۳ـ۱۰۴

کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری fuzzy SAW و AHP به‌منظور تعیین پتانسیل تولید رواناب حوزه‌های آبخیز نواحی نیمه‌خشک

آرش ملکیان[1*]، پروین محمدی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۷ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۲۰**

چکیده

یکی از مسائل بسیار مهم که باید در مدیریت حوزه‌های آبخیز در نظر گرفت، مشخص کردن اولویت حوزه‌های آبخیز برای انجام کارهای آبخیزداری و مدیریتی است. باتوجه‌به مدیریت و تصمیم‌گیری در انتخاب مکان‌های مناسب برای اجرای پروژه‌های آبخیزداری و نیز باتوجه‌به هزینه و زمان انجام عملیات‌های حوزهٔ آبخیز، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری بسیار مفید است. در این پژوهش، با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری fuzzy SAW و AHP زیرحوزه‌های پارچین در استان تهران، براساس انتخاب بهترین زیرحوزه برای انجام عملیات آبخیزداری اولویت‌بندی شد. نتایج حاصل نشان داد که هر دو روش اولویت با زیرحوزهٔ ۷ می‌باشد. در روش fuzzy SAW زیرحوزهٔ ۷ با ۱/۸۶ دارای بیشترین امتیاز است. و زیرحوزهٔ ۹ با ۱/۶۹ دومین اولویت را دارد. همینطور در روش AHP زیرحوزهٔ ۷ با ۰/۲۱۰۲ مقدار وزن اولویت اول را دارد و زیرحوزهٔ ۹ با ۰/۱۵۵۸ دارای اولویت دوم است. باتوجه‌به مقایسهٔ دو روش می‌توان گفت اولویت اول و دوم هر دو مدل در تحقیق مشابه است، ولی در سایر زیرحوزه‌ها اولویت‌ها متفاوت‌اند.

واژه‌های کلیدی: AHP، fuzzy SAW، اولویت‌بندی، سلسله‌مراتبی.

۱. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران-کرج، نویسندهٔ مسئول/ Email: malekian@ut.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران-کرج

مقدمه

حوزهٔ آبخیز به‌عنوان یک واحد فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی، اکولوژیکی و سیاسی، برای برنامه‌ریزی و مدیریت در نظر گرفته می‌شود. از این نظر، مدیران و سیاست‌گذاران باید ابعاد متشکلهٔ سامانهٔ آبخیز را در برنامه‌ریزی حوزهٔ آبخیز لحاظ کنند (سارنگی[1] و همکاران، ۲۰۰۴). رتبه‌بندی حوزه‌ها باعث هدایت صحیح و مؤثر بودجه، منابع انسانی، تجهیزات و سایر منابع به حوزهایی می‌شود که توان و پتانسیل بیشتر برای پیشرفت نسبت‌به سایرحوزه‌ها در منطقه را دارد. ضرورت ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین تا به آنجاست که چنانچه سرزمین بالقوه فاقد توان اکولوژیکی مناسب برای اجرای کاربرد خاصی باشد، اجرای آن طرح نه‌تنها سبب بهبود وضعیت زیست‌محیطی منطقه نمی‌شود، بلکه تخریب بیشتر محیط را نیز به‌همراه خواهد داشت (آگر[2] و همکاران، ۲۰۰۰؛ مخدوم، ۲۰۰۰). مدیریت حوزهٔ آبخیز، مجموعه‌ای از اقدامات مدیریتی است که با اهداف بهره‌برداری بهینه از حوزهٔ آبخیز و کاهش خسارت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی صورت می‌گیرد (هلیلی و همکاران، ۲۰۰۹).

به‌طور کلی، مدل‌های تصمیم‌گیری به دو دسته مدل‌های چندهدفه و مدل‌های چندشاخصه تقسیم می‌شوند. مدل‌های چندهدفه به‌منظور طراحی به‌کار گرفته می‌شوند، درصورتی‌که مدل‌های چندشاخصه به‌منظور انتخاب گزینهٔ برتر استفاده می‌شوند (اصغرپور، ۲۰۰۸). تصمیم‌گیری فرایند یافتن بهترین موقعیت در بین گزینه‌های موجود است. تقریباً در اکثر مسائل تصمیم‌گیری به‌علت کثرت معیارها، تصمیم‌گیرنده‌ها دچار مشکل می‌شوند. ازاین‌رو برای اکثر مسائل، تصمیم‌گیرنده می‌خواهد به بیش از یک هدف در راستای انتخاب نحوهٔ اجرای فعالیت‌ها دست یابد (زلنی[3]، ۱۹۸۲). استفاده از روش فوق‌الذکر مفید است. انواع روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که امکان محاسبهٔ معیارهای کیفی را نیز داشته باشند، عبارت است از: SAW، TOPSIS، ELECTRE، AHP (سیماناویشین و استیناویچیس[4]، ۲۰۱۰)

تئوری فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور لطفی‌زاده انتشار یافته است. این تئوری برای شرایط متغیر و شرایط غیرقابل مقایسه بودن (ناهمگن بودن) مناسب است. قضاوت‌های مردم عموماً به‌صورت مبهم مانند عبارات زبانی مساوی، نسبتاً قوی، خیلی قوی، بی‌نهایت قوی و... با یک درجه اهمیت است. تئوری فازی می‌تواند به ابهام موجود در عبارت‌های زبانی نظردهندگان و تصمیم‌گیرندگان کمک کند (سمیح[5] و همکاران، ۲۰۰۹).

روش SAW یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری از بین روش‌های تصمیم‌سازی چندمعیاره است که در برخی منابع به آن روش مجموع وزنی نیز می‌گویند (هوانگ و یون[6]، ۱۹۸۱). اصل پایه در این روش، محاسبهٔ مجموع امتیازهای کسب‌شده ضربدر اوزان تمامی معیارها به‌ازای هریک از گزینه‌هاست (چن[7] و هوانگ، ۱۹۹۲).

روش AHP یکی از مهم‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) است که اولین بار، ساعتی در سال ۱۹۸۰ برای تخصیص منابع کمیاب و نیازهای برنامه‌ریزی آن را معرفی کرد (ساعتی[8]، ۱۹۹۴). امروزه AHP به‌صورت گسترده مورداستفاده قرار می‌گیرد و در زمینه‌های مختلفی ازجمله مدیریت منابع طبیعی، محبوبیت فراوانی دارد (کانگز[9]، ۱۹۹۲؛ مالچوسکی[10]، ۲۰۰۴).

مدل تحلیل سلسله‌مراتبی AHP یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای بررسی اثرات معیارهای مختلف اعم از داده‌های کمی و کیفی است (بزرگی، ۲۰۰۷). روشAHP یکی از روش‌های بسیار پرکاربرد برای شرایطی است که رتبه‌بندی و انتخاب از بین گزینه‌های موجود باتوجه‌به معیارهای کمی و کیفی شناسایی‌شده برای مسئله لازم باشد. مدل‌سازی براساس روشAHP مبتنی‌بر درخت سلسله‌مراتبی است که بیانگر مسئلهٔ تحت بررسی است. سطح یک آن، هدف، سطح آخر آن، گزینه‌های رقیب و سطوح میانی معیارهای تصمیم‌گیری می‌باشد. AHP رویکردی است که در

1. Sarangi
2. Auger
3. Zeleni
4. Simanaviciene & Ustinovichius

5. Semih
6. Hwang & Yoon
7. Chen
8. Saaty
9. Kangas
10. Malczewski

آن، مسئله به یک ساختار سلسله‌مراتبی متشکل از معیارهای تصمیم‌گیری تجزیه می‌شود، که در آن وابستگی معناداری بین زیرمعیارها وجود ندارد (لی[1] و همکارن، ۲۰۰۸).

از مزایای مهم روش AHP استفاده از تصمیم‌گیری گروهی است؛ به‌طوری‌که به‌گونه‌ای تصمیم‌های تمام اعضای گروه را با همدیگر ترکیب می‌کند که تصمیم بهینه دربرگیرندهٔ آرای همهٔ اعضا باشد (معماریانی و آذر، ۱۹۹۶). یکی از کارآمدترین ابزارهای تعاملی سیستم‌های تصمیم یار مکانی AHP است (مارینونی[2]، ۲۰۰۴)؛ زیرا این فرایند، روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازند، مورداستفاده قرار می‌گیرد (اسیمکوپالوس[3]، ۲۰۰۵).

آسچیلین[4] و همکاران در تحقیقی برای ارائهٔ یک راه‌حل علمی برای شرکت‌هایی که درزمینهٔ تأمین آب شهرها که با مشکل مواجه‌اند، از فناوری بهینه برای بازسازی لوله‌ها در سیستم‌های توزیع آب از روش رتبه‌بندی AHP استفاده کردند (آسچیلین و همکاران، ۲۰۱۷).

چن، در مطالعهٔ خود، تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای SAW و TOPSIS را مبنی‌بر ارزش بازه‌ای مجموعه‌های فازی به‌منظور اولویت‌بندی با استفادهٔ اطلاعات ارزیابی فازی برای مقابله با ارزش بازه‌ای انجام داده است. همبستگی و نرخ تناقض به‌دست‌آمده در این آزمایش، نشان می‌دهد که شباهت آشکار بین SAW فازی با ارزش بازه و رتبه‌بندی TOPSIS وجود داشته است (چن، ۲۰۱۲).

ییلماز و هارمانسیوگلو[5] حوضهٔ آبخیز گدیز در کشور ترکیه را بررسی کرده‌اند و با محاسبهٔ شاخص‌های کمی که از خروجی مدل برنامه‌ریزی منابع آب WEAP حاصل شده است، گزینه‌های مدیریتی را با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره SAW رتبه‌بندی نموده‌اند (ییلماز و هارمنسیوگلو، ۲۰۱۰).

خیرخواه زرکش در تحقیق خود، به توسعهٔ یک سامانهٔ پشتیبان تصمیم‌گیری در انتخاب مکان‌های مناسب برای پخش سیلاب با استفاده از ابزار GIS و RS و نظریات کارشناسی متخصصان در قالب روش AHP تعیین کرده و بعد در منطقهٔ چنداب ورامین، مناسب‌ترین مکان‌ها را برای پخش سیلاب معرفی می‌کند (خیرخواه زرکش، ۲۰۰۵).

زهتابیان و همکاران مناطق مناسبی را برای پخش سیلاب در آبخیز طغرود قم با استفاده از مدل منطق فازی و معیارهای کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شیب، زمی ریخت‌شناسی و گروه‌های آب‌شناسی تعیین کردند (زهتابیان و همکاران، ۲۰۰۵).

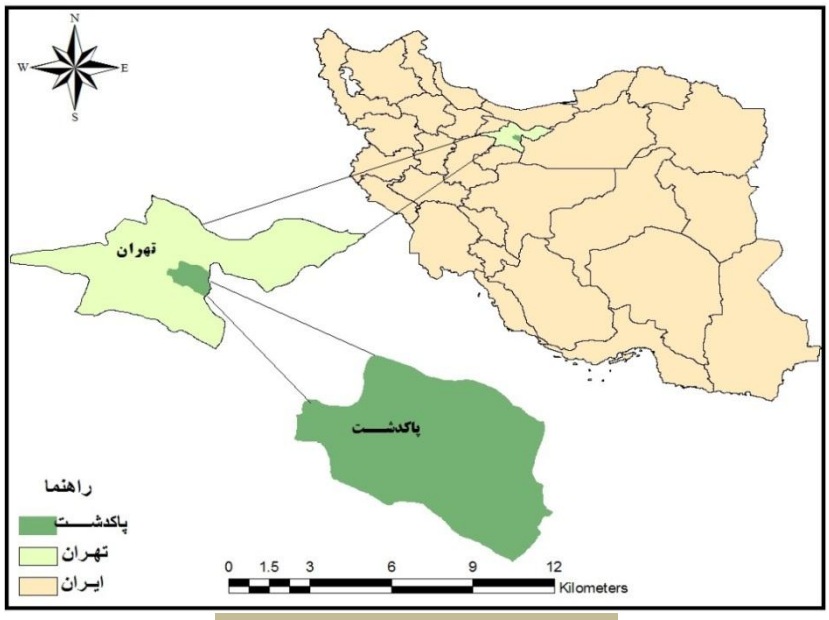
این تحقیق سعی دارد با استفاده از روش‌های fuzzy SAW و AHP یک ساختار تصمیم‌گیری مناسب شکل دهد و با استفاده از فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره، مناسب‌ترین مکان برای انجام پروژه‌های مدیریت حوزهٔ آبخیز و کاهش هزینه‌ها را شناسایی کند.

داده‌ها و روش‌ها

منطقهٔ موردمطالعه

محدودهٔ مطالعاتی غرب پارچین به مساحت ۴۸۴۴/۱۱ هکتار نام منطقه‌ای است در جنوب شرقی شهر تهران که در شمال شرقی شهرستان پاکدشت قرار دارد. بزرگراه پارچین که از شمال شرقی تهران آغاز می‌شود، از منطقهٔ پارک‌های ملی خجیر و سرخه‌حصار می‌گذرد. پارچین یک منطقهٔ کوهستانی و سیل‌خیز است که حداکثر ارتفاع منطقه ۲۰۵۶ متر و حداقل ارتفاع ۱۱۵۰ متر از سطح دریاست. محدودهٔ جغرافیایی منطقهٔ موردمطالعه بین "۲,۲ ' ۴۱ ° ۵۱ تا "۲۶,۸ ' ۴۷ ° ۵۱ طول شرقی و "۴۳,۳ ' ۲۹ ° ۳۵ تا "۸,۵ ' ۳۸ ° ۳۵ است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقهٔ موردمطالعه را نمایش می‌دهد. زیرحوزه‌های منطقهٔ موردمطالعه براساس ۸ معیارهای مؤثر بر روی مدیریت حوزهٔ آبخیز، با استفاده از روش‌های تصیم‌گیری fuzzy SAW و AHP اولویت‌بندی می‌شود؛ این معیارها عبارت است از: مساحت، شیب متوسط وزنی، ضریب شکل حوضه (هورتون)، زمان تمرکز (کرپیچ)، حالت متوسط CN، تراکم آبراهه، بارندگی سالانه (میلی‌متر)، ارتفاع متوسط وزنی.

1. Lee
2. Marinoni
3. Assimacopolous
4. Aşchilean
5. Yilmaz & Harmancioglu



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقهٔ موردمطالعه

روش تحقیق

روش fuzzy SAW

این مدل، یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است. روش SAW روش بسیار خوبی برای اولویت‌بندی بر پایهٔ بیشترین امتیاز فازی است. اهمیت این روش در این است که قادر به بررسی گزینه‌ها براساس معیارهای کمی و کیفی است.

گام اول: کمّی کردن ماتریس تصمیم‌گیری

گام دوم: نرمال کردن ماتریس تصمیم گیری، هریک از شاخص‌ها دارای مقیاس اندازه‌گیری مخصوص به خود هستند که این، مقایسهٔ آن‌ها را باهم غیرممکن می‌سازد. در این صورت باید آن‌ها را به طریقی مستقل از واحدهای اندازه‌گیری محاسبه کرد. برای این کار، از بی‌مقیاس‌سازی استفاده می‌شود. چندین روش برای بی‌مقیاس‌سازی وجود دارد؛ در اینجا از بی‌مقیاس‌سازی خطی استفاده می‌شود.

بی‌مقیاس کردن خطی، در این نوع بی‌مقیاسی، هر مقدار از ماتریس rij به ماکزیمم موجود از ستون ام تقسیم می‌کنیم (اصغرپور، ۲۰۰۹).

$$n_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{Max\ \ \alpha_j} \quad (۱)$$

گام سوم: وزن‌دهی به ماتریس بی‌مقیاس، برای مشخص کردن اهمیت هریک از شاخص‌ها بایستی به آن‌ها امتیاز بدهیم. برای این کار از روش وزن‌دهی آنتروپی شانون استفاده می‌شود. از فرمول‌های ۲، ۳ و ۴ برای این کار استفاده می‌شود (m تعداد گزینه‌ها).

$$E_j = -k\sum_{i=1}^{m}(r_{ij}\,.\,lnr_{ij}) \quad (۲)$$

$$k = \frac{1}{lnm} \quad (۳)$$

$$w = \frac{\lambda_j w_j}{\sum_{j=1}^{n}\lambda_j w_j} \quad (۴)$$

گام چهارم: محاسبهٔ امتیاز فازی نهایی، با استفاده از رابطهٔ زیر امتیاز نهایی برای اولویت‌بندی تعیین می‌شود.

$$A^* = \left\{ A_i \middle| Max\sum_{j=1}^{n} n_{ij}w_j \right\} \quad (۵)$$

روش AHP

این مدل یک روش تصمیم‌گیری است که به‌واسطهٔ آن می‌شود تصمیم‌هایی با معیارهای متفاوت یا تصمیم چندمعیاره گرفت. روش AHP به‌صورت عمومی بر سه اصل زیر استوار است:

الف. ایجاد سلسله‌مراتبی

ب. مقایسهٔ زوجی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها

ج. تعیین اولویت‌ها (ساعتی، ۱۹۹۶).

گام اول: ایجاد درخت سلسله‌مراتبی، معیار و گزینه‌ها را به‌صورت سلسله‌مراتب نمایش می‌دهیم.

گام دوم: مقایسهٔ زوجی معیارها و گزینه‌ها باتوجه‌به ساختار سلسله‌مراتبی که ایجاد شد، برای جمع‌آوری نظر خبرگان، پرسشنامه‌هایی طراحی می‌شود. به‌منظور تکمیل پرسشنامه، افراد متخصص با تجربهٔ کافی درزمینهٔ مدیریت حوزهٔ آبخیز، انتخاب می‌شوند. در این مرحله، خبرگان معیارهای تصمیم‌گیری و گزینه‌ها را دو به دو به‌صورت زوجی مقایسه می‌کنند و برحسب ارزش‌های نسبی آن‌ها عددی بین ۱ تا ۹ به معیارها می‌دهند. مقادیر ترجیحات مقایسات زوجی تحقیق حاضر با استفاده از جدول (۱) محاسبه شد.

جدول (۱): مقادیر ترجیحات مقایسات زوجی AHP (قدسی‌پور، ۲۰۰۹)

مقدار عددی	درجه اهمیت در مقایسه دو به دو
۱	ترجیح یکسان
۲	یکسان تا نسبتاً مرجح
۳	نسبتاً مرجح
۴	نسبتاً تا قویاً مرجح
۵	قویاً مرجح
۶	قویاً تا بسیار قوی مرجح
۷	ترجیح بسیار قوی
۸	بسیار تا بی‌اندازه مرجح
۹	بی‌اندازه مرجح

گام سوم: در این مرحله، با استفاده از روش میانگین هندسی، نظریات خبرگان را تلفیق می‌کنیم. میانگین هندسی با استفاده از رابطهٔ (۱) به‌دست آورده می‌شود:

$$\overrightarrow{X_g} = n\sqrt{x_1^{f_1} x_2^{f_2} \dots x_k^{f_k}} \quad (۶)$$

X_k متغیرهای موردنظر

k تعداد متغیرهای مسئله

نکتهٔ حائز اهمیت دربارهٔ ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی، نرخ ناسازگاری آن‌هاست که مطابق نظر پرفسور ساعتی بنیان‌گذار AHP، برای اینکه قضاوت‌ها باثبات باشند، ضرورت دارد نرخ ناسازگاری ماتریس‌ها کمتر یا مساوی ۰/۱ باشد (ساعتی، ۲۰۰۰). بنابراین درصورتی‌که این نرخ بیشتر از ۰/۱ گردد، لازم است کارشناس مربوط، قضاوت خود را تکرار کند.

تعیین اولویت ها بعد از تلفیق نظریات خبرگان صورت می‌گیرد. برای هریک از ماتریس‌ها اعداد هر ستون را جمع می‌کنیم، سپس اعداد را به مجموع ستون مربوط تقسیم می‌کنیم و در انتها میانگین هر سطر را در ستون مطلوبیت می‌گذاریم (لی و همکاران، ۲۰۰۸). سپس براساس فرمول (۷) بهترین گزینه را محاسبه می‌کنیم:

$$D_i = \sum_{j=1}^{j=k} \sum W_{ijk} * S_{jk} * F_j \quad (۷)$$

D_i مطلوبیت روش iام

F_j مطلوبیت معیار jام

S_{jk} مطلوبیت زیرمعیار kام از معیار jام

w_{ijk} مطلوبیت روش iام برای زیر معیار kام از معیار jام

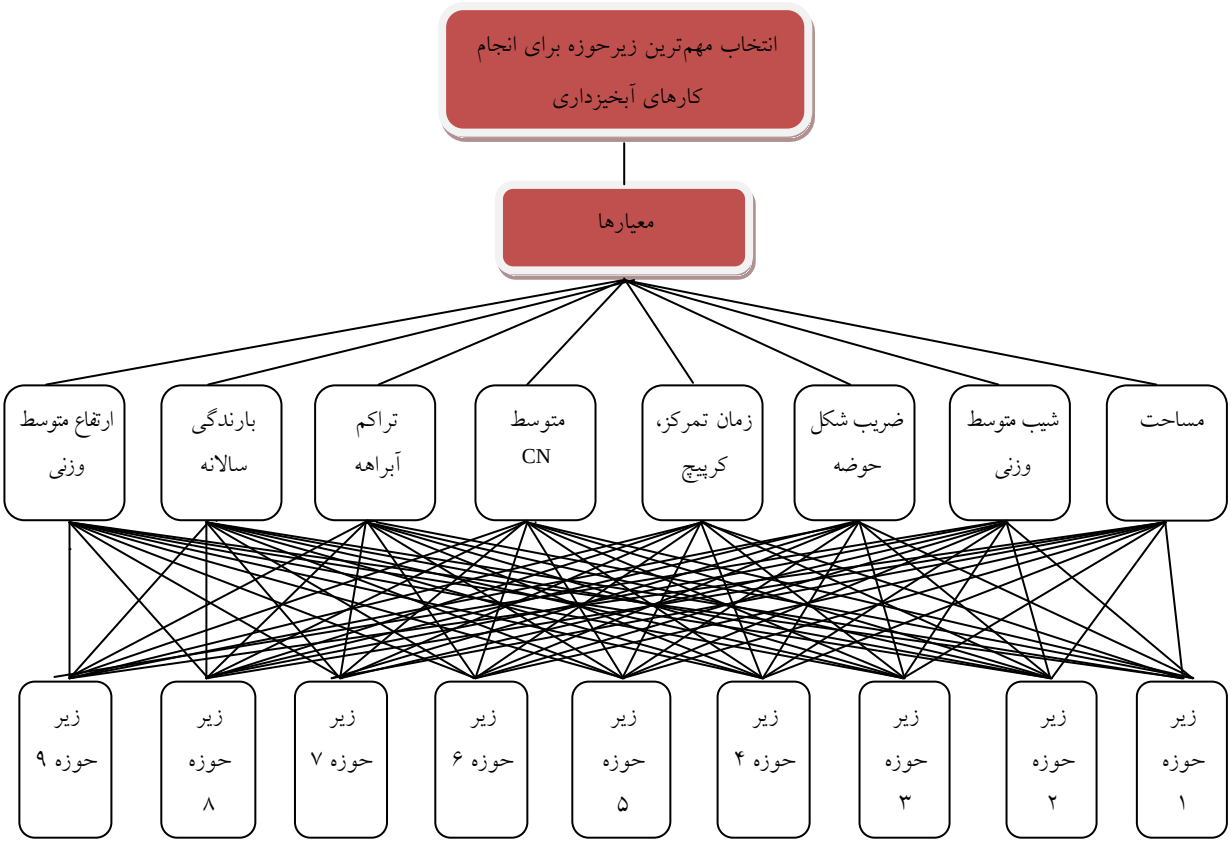
نتایج

روش AHP

در این پژوهش، ابتدا داده‌ها و اطلاعات گردآوری و سپس معیارهای مؤثر در تعیین اولویت‌بندی برای انجام مدیریت حوزهٔ آبخیز پارچین شناسایی شد. در ادامه، معیارهای مؤثر باتوجه به نظر کارشناسان انتخاب شد. این معیارها برای ۹ زیرحوزهٔ پارچین عبارت است از: مساحت هر زیرحوزه، شیب متوسط وزنی، ضریب شکل زیرحوزه‌ها، زمان تمرکز، متوسط CN، تراکم آبراهه‌ها، بارندگی سالانه، ارتفاع متوسط وزنی.

ایجاد درخت سلسله مراتبی براساس ۹ زیرحوزه و ۸ معیار درخت سلسله‌مراتبی به‌صورت شکل (۲) ترسیم شد.

مقادیر زوجی معیارها با استفاده از تکمیل پرسشنامه و با استفاده از نظر متخصصان درزمینهٔ مربوط به‌دست آمده است. مقایسهٔ زوجی معیارها و گزینه‌های مذکور باتوجه‌به ساختار سلسله‌مراتبی صورت گرفته است (معیارها و گزینه‌ها را به‌صورت دو به دو مقایسه می‌کنیم). نتایج حاصل از مقایسهٔ زوجی شاخص‌ها در جدول (۲) نمایش داده شده است.



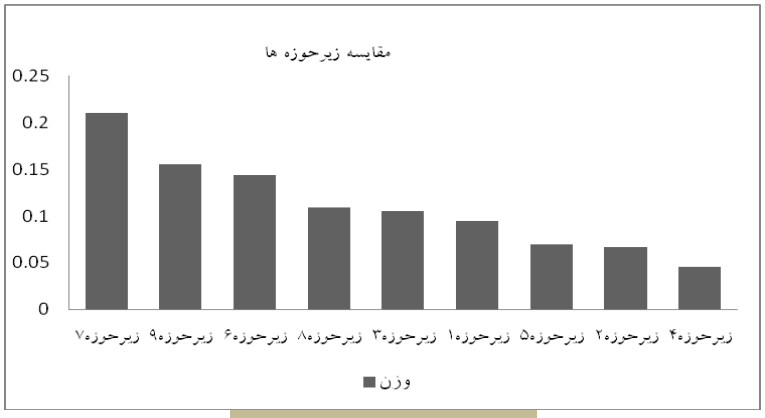
شکل (۲): نمودار سلسله‌مراتبی

نظریات خبرگان را با استفاده از رابطهٔ (۶) تلفیق کرده و سپس برای تعیین اولویت از رابطهٔ (۷) استفاده و نتایج در جدول (۲) نمایش داده شده است. در مقایسات زوجی ماتریس تصمیم‌گیری نرخ ناسازگاری برابر با ۰,۰۷۳ است. باتوجه‌به نرخ ناسازگاری به‌دست‌آمده در محاسبات سازگاری وجود داشته و محاسبات صحیح است.

جدول (۲): ماتریس مقایسهٔ زوجی شاخص‌ها

مقایسه شاخص‌ها	مساحت	شیب متوسط	ضریب شکل حوزه	زمان تمرکز	CN حالت متوسط	تراکم آبراهه‌ها	بارندگی سالانه	ارتفاع متوسط
مساحت	۱	۲	۵	۴	۳	۴	۲	۶
شیب متوسط	۰/۵	۱	۵	۳	۲	۳	۰/۵	۵
ضریب شکل حوزه	۰/۲	۰/۲	۱	۲	۰/۳۳۳۳	۰/۵	۰/۵	۳
زمان تمرکز	۰/۲۵	۰/۳۳۳۳	۰/۵	۱	۰/۲۵	۰/۳۳۳۳	۰/۳۳۳۳	۲
CN حالت متوسط	۰/۳۳۳۳	۰/۵	۳	۴	۱	۳	۳	۵
تراکم آبراهه‌ها	۰/۲۵	۰/۳۳۳۳	۲	۳	۰/۳۳۳۳	۱	۲	۳
بارندگی سالانه	۰/۵	۲	۲	۳	۰/۳۳۳۳	۰/۵	۱	۳
ارتفاع متوسط	۰/۱۶۶۷	۰/۲	۰/۳۳۳۳	۰/۵	۰/۲	۰/۳۳۳۳	۰/۳۳۳۳	۱

مرحلهٔ آخر در فرایند مدل AHP شامل تعیین اهمیت نسبی هرکدام از گزینه‌های تصمیم‌گیری در رابطه با معیارها و هدف کلی مسئله موردنظر است. برای این منظور، وزن‌های نسبی عوامل محاسبه می‌شود (زاهدی، ۱۹۸۰). در این فرایند، عناصر هر سطح نسبت‌به هریک از عناصر سطر بالاتر مقایسه می‌شود و وزن آن‌ها به‌دست می‌آید؛ این وزن‌ها را وزن نسبی می‌گویند. با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود. وزن نهایی هر گزینه درجه اهمیت گزینه‌ها را نشان می‌دهد. در جدول (۳) وزن نهایی زیرحوزه‌ها نمایش داده شده است.



شکل (۳): نمودار مقایسهٔ زیرحوزه‌ها

جدول (۳): وزن نهایی

نام گزینه	وزن
زیرحوزهٔ ۷	۰/۲۱۱۰۲۰۴
زیرحوزهٔ ۹	۰/۱۵۵۸۶
زیرحوزهٔ ۶	۰/۱۴۳۵۹۳
زیرحوزهٔ ۸	۰/۱۰۸۷۶
زیرحوزهٔ ۳	۰/۱۰۴۸۱۴
زیرحوزهٔ ۱	۰/۰۹۴۹۱۲
زیرحوزهٔ ۵	۰/۰۶۹۸۴۵
زیرحوزهٔ ۲	۰/۰۶۶۶۲۴
زیرحوزهٔ ۴	۰/۰۴۵۳۸۸

روش fuzzy SAW

در گام اول ماتریس تصمیم‌گیری را کمی نموده، سپس شاخص‌ها و گزینه‌ها را تعیین و اقدام به ارزیابی آن‌ها می‌کنیم. به شاخص‌های کیفی براساس درجه اهمیت امتیاز می‌دهیم و به شاخص کمی تبدیل می‌کنیم.

با علم به اینکه مدیریت حوزهٔ آبخیز تنها دارای مباحث تئوری نیست بلکه مباحث عملی هم دارد که نیازمند تجربه و سابقهٔ انجام کار است، برای دستیابی به اهمیت هریک از شاخص‌های حوزهٔ آبخیز، تعدادی از خبرگان در این زمینه که تجربه و اطلاعات داشته باشند انتخاب می‌شوند. تعداد خبرگان در این مطالعه ۳ نفرند. جدول (۴) از مجموع نظریات خبرگان برای تصمیم‌گیری استفاده شده که این مسئله باعث افزایش دقت در تصمیم‌گیری است.

هریک از معیارها دارای مقیاس اندازه‌گیری مخصوص به خود بوده (دارای ابعاد مختلفی بوده) و واحدها متفاوت‌اند. تفاوت در مقیاس اندازه‌گیری‌ها باعث غیرممکن ساختن مقایسهٔ آن‌ها می‌شود. در این صورت باید با استفاده از بی‌مقیاس‌سازی خطی معیارهای مؤثر در زیرحوزه‌ها را مستقل از واحدهای اندازه‌گیری با استفاده از رابطه (۱) محاسبه کنیم.

جدول (۴): نظریات خبرگان

ماتریس میانگین	مساحت	شیب متوسط	ضریب شکل حوزه	زمان تمرکز	CN حالت متوسط	تراکم آبراهه‌ها	بارندگی سالانه	ارتفاع متوسط
زیرحوزهٔ ۱	(۰،۰،۱)	(۹،۱۰،۱۰)	(۳،۵،۷)	(۰،۰،۱)	(۰،۱،۳)	(۹،۱۰،۱۰)	(۰،۰،۱)	(۰،۰،۱)
زیرحوزهٔ ۲	(۰،۱،۳)	(۳،۵،۷)	(۰،۱،۳)	(۱،۳،۵)	(۰،۰،۱)	(۷،۹،۱۰)	(۱،۳،۵)	(۱،۳،۵)
زیرحوزهٔ ۳	(۷،۹،۱۰)	(۰،۱،۳)	(۹،۱۰،۱۰)	(۷،۹،۱۰)	(۰،۱،۳)	(۰،۱،۳)	(۰،۱،۳)	(۰،۱،۳)
زیرحوزهٔ ۴	(۳،۵،۷)	(۰،۰،۱)	(۱،۳،۵)	(۵،۷،۹)	(۰،۰،۱)	(۰،۰،۱)	(۰،۰،۱)	(۰،۰،۱)
زیرحوزهٔ ۵	(۳،۵،۷)	(۰،۱،۳)	(۵،۷،۹)	(۵،۷،۹)	(۱،۳،۵)	(۱،۳،۵)	(۱،۳،۵)	(۱،۳،۵)
زیرحوزهٔ ۶	(۵،۷،۹)	(۰،۰،۱)	(۰،۰،۱)	(۹،۱۰،۱۰)	(۹،۱۰،۱۰)	(۵،۷،۹)	(۳،۵،۷)	(۳،۵،۷)
زیرحوزهٔ ۷	(۹،۱۰،۱۰)	(۱،۳،۵)	(۷،۹،۱۰)	(۷،۹،۱۰)	(۵،۷،۹)	(۷،۹،۱۰)	(۷،۹،۱۰)	(۷،۹،۱۰)
زیرحوزهٔ ۸	(۰،۱،۳)	(۷،۹،۱۰)	(۷،۹،۱۰)	(۰،۱،۳)	(۳،۵،۷)	(۳،۵،۷)	(۵،۷،۹)	(۵،۷،۹)
زیرحوزهٔ ۹	(۱،۳،۵)	(۵،۷،۹)	(۵،۷،۹)	(۳،۵،۷)	(۷،۹،۱۰)	(۹،۱۰،۱۰)	(۹،۱۰،۱۰)	(۹،۱۰،۱۰)

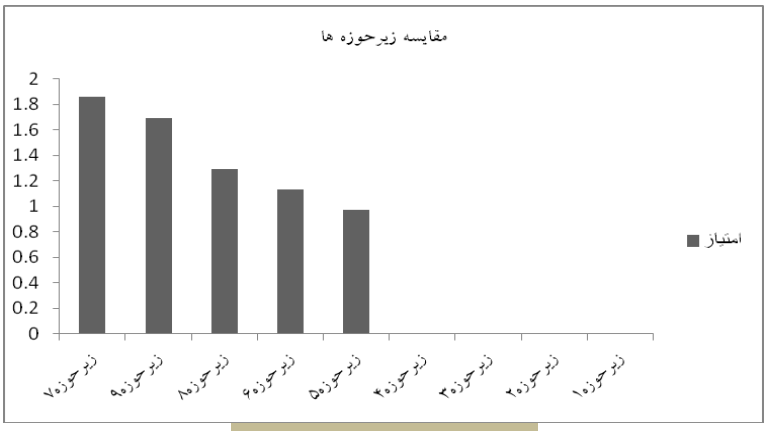
پس از بی‌مقیاس‌سازی مقادیر مربوط به هر شاخص، باید اهمیت شاخص‌ها به یکدیگر را مشخص کنیم. برای این کار از روش آنتروپی شانون استفاده کردیم. این روش بر این اصل استوار است که هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است. بنابراین محاسبهٔ وزن‌های شاخص‌ها از روابط (۴،۳،۲) به‌دست می‌آید. سپس با استفاده از رابطهٔ (۵) امتیاز نهایی را محاسبه کرده و براساس امتیاز هرکدام از زیرحوزه‌ها اولویت‌بندی می‌شوند نتایج در جدول (۵) و (۶) نمایش داده شده است.

درنهایت باتوجه‌به درجه‌اهمیت هریک از معیارها و وزن گزینه‌های دارای اولویت در هریک از معیارها می‌توان اولویت هریک از زیرحوزه‌ها را مشخص کرد.

جدول (۵): امتیاز فازی نهایی

نام گزینه	امتیاز فازی نهایی
زیرحوزهٔ ۱	(NaN،۰/۰،۶۹/۸۲)
زیرحوزهٔ ۲	(NaN،NaN،۰/۴۳)
زیرحوزهٔ ۳	(NaN،۰/۱،۷۶/۰۶)
زیرحوزهٔ ۴	(NaN،NaN،۰/۳)
زیرحوزهٔ ۵	(۰/۰،۵۳/۱،۹۶/۴۲)
زیرحوزهٔ ۶	(۰/۱،۸۲/۱،۱۲/۴۵)
زیرحوزهٔ ۷	(۱/۱،۴۸/۲،۹۱/۱۴)
زیرحوزهٔ ۸	(۰/۱،۸۹/۱،۲۹/۶۸)
زیرحوزهٔ ۹	(۱/۱،۳۵/۱،۷۲/۹۸)

باتوجه به نتایج که از محاسبات مراحل فوق‌الذکر به‌دست آمده، نتایج به‌صورت شکل (۴) نمایش داده شده است.



شکل (۴): نمودار مقایسهٔ زیرحوزه‌ها

بحث و نتیجه‌گیری

حوزهٔ آبخیز به‌عنوان یک واحد فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی، اکولوژیکی و سیاسی، برای برنامه‌ریزی و مدیریت در نظر گرفته می‌شود. ازاین‌رو، مدیران و سیاست‌گذاران در این زمینه، باید ابعاد متشکلهٔ سامانهٔ آبخیز را در برنامه‌ریزی حوزهٔ آبخیز لحاظ نمایند (سارنگی و همکاران، ۲۰۰۴). هدف مدیریت حوزهٔ آبخیز، مجموعه‌ای از اقدامات مدیریتی است که با استفاده از آن، بهره‌برداری بهینه از حوزهٔ آبخیز و کاهش خسارت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی صورت می‌گیرد. یکی از مسائل بسیار مهم که باید در مدیریت حوزه‌های آبخیز در نظر گرفت، مشخص نبودن اولویت حوزه‌های آبخیز برای انجام کارهای آبخیزداری و مدیریتی است. باتوجه‌به مدیریت و تصمیم‌گیری در انتخاب مکان‌های مناسب برای اجرای پروژه‌های آبخیزداری و نیز باتوجه‌به هزینه و زمان انجام عملیات‌های حوزهٔ آبخیز، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری بسیار مفید است. رتبه‌بندی حوزه‌ها باعث هدایت صحیح و مؤثر بودجه، منابع انسانی، تجهیزات و سایر منابع به حوزه‌های می‌شود که توان و پتانسیل بیشتر برای پیشرفت نسبت‌به سایرحوزه‌ها در منطقه را دارد. در این پژوهش، با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری fuzzy SAW و AHP زیرحوزه‌های پارچین براساس انتخاب بهترین زیرحوزه برای انجام عملیات آبخیزداری اولویت‌بندی شد.

پس از تحقیقات انجام‌شده درزمینهٔ شاخص های مؤثر در

انتخاب اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیزداری در اجرای عملیات آبخیزداری صورت‌گرفته، یک عامل به‌تنهایی نمی‌تواند اولویت اجرایی عملیات مدیریتی را به‌درستی تعیین کند؛ لذا باید مجموعه‌ای از عوامل را تعیین کرد. شاخص‌هایی که در این تحقیق مورداستفاده قرار گرفته، شامل هشت شاخص مساحت، شیب متوسط وزنی، ضریب شکل حوضه، زمان تمرکز، متوسط CN، تراکم آبراهه، بارندگی سالانه، ارتفاع متوسط وزنی انتخاب شده است که در مدیریت و اجرای عملیات آبخیزداری، اهمیت بسزایی دارد. نتایج حاصل از دو روش AHP و fuzzy SAW نشان می‌دهند که در هر دو روش، اولویت با زیرحوزهٔ ۷ است. در روش fuzzy SAW زیرحوزهٔ ۷ با ۱٫۸۶دارای بیشترین امتیاز است و زیرحوزهٔ ۹ با ۱٫۶۹ دومین اولویت را دارد. همین‌طور در روش AHP زیرحوزهٔ ۷ با ۰٫۲۱۰۲۰ مقدار وزن اولویت اول را دارد و زیرحوزهٔ ۹ با ۰٫۱۵۵۸ دارای اولویت دوم است. باتوجه‌به مقایسهٔ دو روش می‌توان گفت که اولویت اول و دوم، هر دو مدل در اولویت‌بندی در تحقیق مشابه است؛ ولی در سایر زیرحوزه‌ها اولویت‌ها متفاوت‌اند. از این نتایج نتیجه می‌گیریم که اولویت مکانی انجام عملیات‌های آبخیزداری در ۹ زیرحوزهٔ ذکرشده با زیرحوزهٔ شماره ۷ است.

به‌دلیل وسعت زیاد حوزه‌های آبخیز و محدودیت‌های اقتصادی و اجرایی، احیاء آبخیزها در یک پروژهٔ همزمان، نه‌تنها عملی نیست، بلکه ممکن است اثرات معکوس داشته باشد. انتخاب اولویت مناطق برای انجام پروژه‌های کنترل سیلاب، یک تصمیم‌گیری سیاسی است که باید به‌وسیلهٔ مطالعهٔ شرایط فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی منطقه و تخمین تأثیرات حاصل از انجام برنامه‌ها تأیید شود (دجرودجتیو و براک[1]، ۱۹۸۹). انجام کارهای مدیریتی در حوزه‌های آبخیز به‌دلیل کمبود نیروی انسانی و منابع، همزمان در همهٔ زیرحوزه‌ها امکان‌پذیر نیست؛ به همین دلیل، اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز باید در اولین مرحله تعیین شود. زیرحوزه‌هایی اولویت بیشتر دارند که دارای شرایط بحرانی بوده و یا نزدیک به رودخانهٔ اصلی یا تأسیسات عمومی (مخازن سدهای ذخیره‌ای، سدهای انحرافی و سایر سازه‌ها) که حفظ آن ضروری است، باشند. همچنین در برخی از موارد، تعیین اولویت‌ها براساس اشتیاق مردم، موقعیت استراتژیک، فقر یا سایر موارد صورت می‌گیرد (نجفی‌نژاد، ۱۹۹۸).

حوزه‌های آبخیز به‌عنوان محور برنامه‌ریزی در مباحث مدیریتی مطرح شده است. از مهم‌ترین مسائلی که در مدیریت حوزه‌های آبخیز باید در نظر گرفته شود، مشخص کردن اولویت برای اجرای عملیات‌های مدیریتی در هریک از زیرحوزه‌ها در سطح آبخیز است. در فرایند مدیریت حوزهٔ آبخیز، معیارها و شاخص‌های متعددی دخالت دارند که تصمیم‌گیری را با مشکل مواجه می‌کنند. اتخاذ یک تصمیم صحیح تأثیر بسزایی در کارهای مدیریتی حوزهٔ آبخیز دارد. یک تکنیک قوی که بتواند مدیران را در این زمینه یاری کند ضروری است. fuzzy SAW و AHP از روش‌های علمی، مدیریتی و تصمیم‌گیری هستند که در انجام تصمیمات مدیران بسیار مؤثرند.

منابع

1. Aşchilean I., Badea G.h., Giurcab I., Naghiu G.S., Iloaie F.G. 2017. Choosing the optimal technology to rehabilitate the pipes in water distribution systems using the AHP method. Energy Procedia 112 page 19 – 26.
2. Asgharpour, M, c., 2009. multi-criteria decision making. Publishing Tehran University, Institute of the printed publication.pp: 400.
3. Asgharpour, M, c., 2010. multi-criteria decision making. Tehran University, (7), 323-321 and 339-332.
4. Assimacopolous, D., 2005. An integrated Decision Support System for Evaluation of Water Management Strategies, Journal of Water Practice & Technology, 11(1)., pp:15-32.
5. Auger, PS., Charles, M, Viala and JC Poggiale., 2000. Aggregation and em Ergence in ecological modelling: integration of ecological levels, Ecological Modelling, 127: 11-20.

1. Djrodjetive & Bruck

6. Bozorgi, b., 2007. Sustainable Management of Flood Risk Management approach. PhD thesis Khajeh Nasir University, Tehran, Iran.
7. Chen S, Hwang C., 1992. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer-Verlag, New York, VOL 375.
8. Chen, Ting-Yu,. 2012. Comparative analysis of SAW and TOPSIS based on interval-valued fuzzy sets:Discussions on score functions and weight constraints. Elsevier, Volume 39, Issue 2, 1 February, Pages 1848–1861.
9. Djordjevic, B., Bruck S., 1998. System approach to the selection of priority areas of erosion control with emphasis on the implications of the water resources subsystem, Proc. 4th In. Sym. River Sedimentation, Beijing, China, 1547-1554.
10. GhodsiPour, Q, H., 2009. Analytical Hierarchy Process. Amir Kabir University Press, Sixth Edition.
11. Halil, M, Gh., Sadodin, A., Mosaedi A., SalmanMahini A., 2009. Fuzzy multicriteria decision making for surface water resources management in Bustan Dam-Golestan Province. J. of Water and Soil Conservation, Vol. 16(4), www.gau.ac.irljournals.
12. Hwang, C.,Yoon, K., 1981. "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications", Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, New York, Chapman & Hall, pp.243-253.
13. Kangas, J., 1992. Multiple-use planning of forest resource by using the analytic hierarchy process, Scand. J. For. Res, 7: 259-268.
14. Kheirkhah Zarkesh, M., 2005. Decision support system for floodwater spreading site selection in Iran, PhD, Thesis, Wagening University, the Netherlands, 259p.
15. Lee, H., Lee, S., Park, Y., 2008. Selection of Technology Acquisition Mode using the Analytic Network Process, Elsevier, pp. 1274-1282.
16. Makhdoom, M., 2000. First experience Of modeling Both the organization of geographic information), Geomatics Conference, National Cartographic, Tehran, Iran. (In Persian).
17. Malczewski, J., 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview), Journal of Progress in Planning, 62: 3-65.
18. Marinoni, O., 2004. Implementation of the Analytical Hierarchy Process with VBA in ArcGIS, Journal of Computers and Geosciences, 30(6), pp: 637-646.
19. Memariani, AS., Azar, AS., 1996. AHP new Tmnymy for group decision-making. Knowledge Management, Issue 22, pp. 32-28.
20. Najafinejad, AS., 1998. Studies and watershed planning. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, page 260.
21. Saaty TL. 1994, How to make a decision: the analytic hierarchy process, Interfaces, 6(24): 19-43.
22. Saaty TL. 2000, "Decision Making for leaders", RWS publications, pjttsburgh, PA, 323 pp.
23. Saaty, T., 1996. "Decision Making with Dependence and Feedback: the Analytic Network Process", RWS Publications, Pittsburgh, Pa.
24. Sarangi, A., Madramootoo, CA., and Cox C., 2004. A decision support system for soil and water conservation measures on agricultural watersheds, Land Degradation and Development. Land Degradation and Development, 63-49: (49)15.
25. Semih, O., Selin Soner, K., Elif I., 2009. Long Term Supplier Selection Using a Combined Fuzzy MCDM Approach: A Case Study for a Telecommunication Company), journal of Expert Systems with Applications 36, P. 3887–3895.
26. Simanaviciene, R., Ustinovichius L., 2010. Sensitivity Analysis for Multiple Criteria Decision Making Methods: TOPSIS and SAW, Elsevier, pp.7743-7744.
27. Yilmaz, B., and Harmancioglu, NB., 2010. An indicator based assessment for water resources management in Gediz River Basin, Turkey,Water Resources Management, 24: 15.4359-4379.
28. Zahedi, TL., 1980. The Analytic Hierarchy Process; A Survey of The Method and its Applications, Interfaces; Vol., No. 4, pp. 96-108.
29. Zehtabian, GR., 2001. Alavipanah, SK and

Hamedpanah R., Determination of an appropriate area for flood water spreading by remote sensing data and GIS, In: Proceedings of the International Conference on New Technology for a New Century, Seoul, Korea, 1-6.

30. Zeleny, M., 1982. "Multiple Criteria Decision Making", McGraw-H ill, New York.

The Application of Fuzzy SAW and AHP Decision-making Techniques to Determine the Production of the Potential Semi-arid Watershed Runoff Regions

Arash malekian[1*], parvin mohammadi[2]

Received: 16/4/2017 Accepted: 11/8/2017

Abstract

One of the most important issues in watershed management is to determine priority for implementing managerial activities. According to the management and decision-making for selecting appropriate locations to implement watershed management projects and also, due to the cost and duration of watershed operations, using decision making methods are very useful. In this study, by using fuzzy SAW and AHP decision models, Parchin's sub-basins of Tehran province have been prioritized based on eight criteria including area, average slope, form factor, time of concentration, average CN, drainage density, t average annual precipitation and elevation. The obtained results showed that according to the above-mentioned methods, the highest priority is for basin 7 among all the sub-basins. In Fuzzy SAW method, sub-basin 7 with 1.86 has the highest score while sub-basin 9 with 1.69 was in the second order. Likewise, in AHP method, sub-basin 7 with the score of 0.2102 has the first weighted priority and sub-basin 9 has the second priority. According to comparison of two methods, it can be said that the first and second priorities of both models are similar in the study, but in other sub-basins, priorities are varied.

Keywords: Hierarchical, Fuzzy SAW, AHP, Prioritization.

1. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran; Email: malekian@ut.ac.ir
2. Graduate student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran