نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۱، شماره ۲، ۱۳۹۸، صفحات ۳۱۶-۳۲۷

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 11, Issue 2, 2019, Pages 316-327
DOI: 10.22092/ijwmse.2017.110815.1310

چارچوب تعیین راهبرد توسعه پایدار برای احیای یک رودخانه فصلی شهری

محمد ابراهیم بنی‌حبیب*[1]، مارینا عزتی‌امینی[2] و محمد هادی شبستری[3]

[1] دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، [2] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی منابع آب، دانشگاه تهران و [3] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی منابع آب دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۹

چکیده

با تغییرات زندگی شهری، تغییرات آب و هوایی، ایجاد خشکسالی و سیلاب پی در پی، موضوع احیای رودخانه‌ها به یکی از مسائل مهم منابع آب-زیست محیطی تبدیل شده است. در سال‌های گذشته عدم توجه به مسائل زیست محیطی، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آبی، نادیده گرفتن امر توسعه پایدار، تغییر در ساختمان طبیعی و کانالیزه شدن بسیاری از رودخانه‌های شهری، این منابع آب سطحی را از حالت طبیعی و شرایط مطلوب آن دور کرده است. این مطالعه با در نظر گرفتن شش معیار توسعه پایدار و استفاده از روش ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره M-TOPSIS-AHP و در نظر گرفتن دو هدف احیای کمی و کیفی جریان آب پایه و ایمن‌سازی در برابر سیل اقدام به تدوین و گزینش بهترین راهبرد در راستای تحقق این اهداف برآمده است. داده‌های مورد نیاز از طریق فرم‌های نظرسنجی تخصصی که به‌وسیله ۳۸ تن از متخصصین حوضه آب پر شده بود، جمع‌آوری شد. در ابتدا با بررسی نرخ ناسازگاری فرم‌های ناسازگار حذف شد، سپس برای به‌دست آوردن وزن‌های نسبی از مقایسات زوجی AHP استفاده شد و در نهایت به کمک روش شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده راهبردها رتبه‌بندی و راهبرد برتر معرفی شد. در این مقاله چارچوبی مناسبی برای تعیین راهبرد توسعه پایدار در احیای یک رودخانه فصلی شهری ارائه شده که می‌تواند در احیای رودخانه‌های فصلی در شهرها مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: روش تصمیم‌گیری چند معیاره، فرم‌های نظرسنجی، مدل هیبریدی M-TOPSIS-AHP، منابع آب سطحی، نرخ ناسازگاری

مقدمه

آب‌های سطحی اولین منابع مصرفی موجودات زنده و دلیل اصلی شکل‌گیری تمدن‌های بشری و ایجاد شهرها است. یکی از مهمترین منابع آب سطحی رودخانه‌ها و از جمله آن‌ها رودخانه‌های شهری هستند که علاوه بر بحث مصرف آب، مسائل زیست محیطی، زیبایی‌شناسی و حفاظت در برابر سیل نیز در این‌گونه رودخانه‌ها اهمیت زیادی دارد. با توجه به تعدد رودخانه‌ها و قرار گرفتن بسیاری از آن‌ها در حوضه-های شهری، باید برای آشتی انسان با طبیعت و همچنین، بهبود فضای شهری، اقداماتی برای احیا و بازگردانیدن رودخانه‌های شهری به زندگی گذشته خود صورت گیرد. بسیاری از رودخانه‌های کشور به ویژه رودخانه‌های فصلی در بیشتر ماه‌ها و حتی در تمام طول سال خشک هستند، این مسئله سبب ایجاد چشم‌اندازی ناخوشایند از بستر عریان رودخانه‌های

* مسئول مکاتبات: banihabib@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

فصلی در محیط شهری شده، حتی ممکن است تخریب بستر رودخانه و تغییر کاربری آن در دیگر پروژه‌های شهری و یا محلی برای تجمع زباله‌های شهری را به‌دنبال داشته باشد. توجه به این امر که بستر این‌گونه رودها مسیری برای عبور سیلاب نیز هست، اهمیت احیای آنها را با اهداف مختلف از جمله جلوگیری از تجاوز به حریم بستر و مسیل، حفاظت در برابر سیل و همچنین، باززنده‌سازی مجدد ظاهر طبیعی رود را پررنگ‌تر می‌کند.

احیای[1] یک رودخانه به معنای بازگرداندن سامانه طبیعی رودخانه به حالت پیشین دست‌نخورده آن است. به بیان دیگر احیای رودخانه شهری را می‌توان بهبود کیفیت و کاهش آلودگی آب جاری در رودخانه، بهبود وضعیت حاشیه و کف رودخانه، کنترل فرسایش و بازسازی بستر طبیعی رودخانه، حذف سازه‌های غیر اصولی و ایجاد شرایط بهتر زیست محیطی و اکولوژیکی تعریف کرد.

با توجه به اهداف احیا، روش‌های مختلفی برای احیای رودخانه تعریف شده است. از جمله کلیدی‌ترین این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- روش‌های سازه‌ای: استفاده از گوره، سیل‌بند، دیواره حفاظتی، شیب‌شکن و بسیاری از سازه‌های دیگر است که تنها در رفع یکی از مشکلات رودخانه برآمده و سایر معیارها را در نظر نمی‌گیرد.
- روش‌های غیرسازه‌ای: روش‌هایی هماهنگ با محیط زیست و گاهی مشابه روش قبلی اما هماهنگ با طبیعت است. به‌عنوان مثال می‌توان استفاده از کشت گیاه در بستر و حاشیه رودخانه برای کاهش خسارت سیل، استفاده از سدهای خشکه‌چین، حوضچه‌های ته‌نشینی متخلخل و غیره را نام برد. هزینه این روش‌ها اصولا پایین‌تر از روش قبلی و در عین حال هماهنگ با طبیعت است.
- روش‌های مدیریتی: مدیریت حوزه آبخیز، تعیین پتانسیل‌های رودخانه در بحث فرسایش و رسوب، بازنگری تاریخچه کاربری اراضی اطراف و دوره‌های زمانی تغییرات، ایجاد تعادل بین مصارف و تدوین راه‌حل‌های مناسب برای کم کردن تغییرات انسانی و مورفولوژیکی از جمله روش‌های مدیریتی در امر احیای رودخانه است.

پارامترهای مختلفی در بررسی و اجرای احیای رودخانه‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. از جمله این پارامترها می‌توان به مشخصات ژئومورفولوژیک، پارامترهای هیدرولیکی و هیدرولوژیکی، ظرفیت رسوب و پارامترهای زیست محیطی اشاره کرد (Eshaghi و همکاران، ۲۰۱۳). پارامترهای مختلف دیگری نیز بسته به نوع و محل قرارگیری رودخانه‌ها وجود دارد. Vietz و همکاران (۲۰۱۶) به تبیین دقیق برخی از عوامل موجود در رودخانه‌های شهری که نیازمند تغییر و احیا هستند، پرداختند. این عوامل شامل جریان شدید رواناب، کمبود فضای ساحلی، تغییر یافتن رسوبات، تغییرات ایجاد شده ناشی از تغییر کاربری اراضی و موانع اجتماعی- نهادی هستند. Zhao و همکاران (۲۰۰۷) چارچوبی را برای احیای رودخانه‌های شهری با رویکرد زیست محیطی و مطابق با وضعیت آبرسانی و زندگی شهری ارائه کردند. در تحقیق ایشان روش برنامه‌ریزی برای احیای رودخانه شهری در سه مرحله شناسایی عامل تخریب، راه‌اندازی اهداف بازسازی و تشکیل سناریو مرمت، تعریف شده است. Rohde و همکاران (۲۰۰۶) راهبردی برای جستجوی یکپارچه به‌منظور شناسایی سامانه‌های جریان در حوضه محیط زیست (از جمله جریان طبیعی، بار رسوبات بستر و غیره) و حوضه اجتماعی- اقتصادی (نگرش عمومی) برای احیای اکومورفولوژیکی دشت‌های سیلابی و زیستگاه ارائه داده‌اند. Woolsey و همکاران (۲۰۰۷) مجموع ۴۹ شاخص و ۱۳ هدف خاص برای احیای کم تا متوسط رودخانه‌ها در سوئیس ارائه کرده‌اند که بسیاری از آن‌ها مربوط به ویژگی‌های زیست محیطی رود است، اما جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی نیز در نظر گرفته شده است. Beechie و همکاران (۲۰۰۸) روش‌های کلی اولویت-بندی عملیات احیای رودخانه را ارائه کرده‌اند. در پژوهش‌های داخلی نیز می‌توان به تحقیق Eshaghi و همکاران (۲۰۱۳) در رابطه با معرفی پارامترهای احیای رودخانه کن اشاره کرد.

در این پژوهش، با توجه به اهمیت توسعه پایدار، از شش معیار مهم توسعه پایدار برای محک زدن

[1] Restoration

Archive of SID

www.SID.ir

راهبردها استفاده شده است. توسعه پایدار در تعریف کلی به معنای ایجاد تعادل میان توسعه و محیط زیست است. به‌عبارت دیگر، توسعه پایدار تأمین نیازهای امروزی نسل بشر بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای رفع نیازهای خود است (Banihabib و Laghabdoost-Arani، ۲۰۱۴). معیارهای توسعه پایدار در پژوهش‌های زیادی به‌کار رفته‌اند. از جمله آن می‌توان به تحقیق Bradley و همکاران (۲۰۰۲) اشاره کرد که از معیارهای توسعه پایدار برای ارزیابی سامانه تصفیه مستقیم فاضلاب استفاده کردند. Banihabib و Laghabdoost (۲۰۱۴) با در نظر گرفتن معیارهای توسعه پایدار از روش تصمیم‌گیری چند معیاره در رابطه با مدیریت ریسک سیلاب استفاده کردند. همچنین، Banihabib و همکاران (۲۰۱۵) از معیارهای توسعه پایدار در تعیین چارچوبی برای برنامه‌ریزی راهبردی برای تثبیت یک دریاچه و جلوگیری از خشک شدن آن استفاده کردند.

مدل SWOT[1]-QSPM[2] اولین بار در سال ۱۹۵۰ در حوضه مدیریت بازرگانی و سازمانی به استفاده رسیده است (Eshaghi و همکاران، ۲۰۱۳). از جمله تحقیقاتی که روش مدیریت راهبردی و تصمیم‌گیری چند معیاره را به‌کار برده‌اند، می‌توان به این موارد اشاره کرد. Shabestari و Banihabib (۲۰۱۵) با استفاده از این مدل و با در نظر گرفتن معیارهای توسعه پایدار منابع آب به رتبه‌بندی و انتخاب بهترین راهبرد برای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک پرداختند. Azarnivand و Banihabib (۲۰۱۳) با در نظر گرفتن الگوی توسعه پایدار و با استفاده از روش مدیریت راهبردی و ماتریس کمی برنامه راهبردی بهترین راهبرد برای حفظ منابع آب حوضه دریاچه ارومیه را انتخاب کردند. Radmehr و Araghinezhad (۲۰۱۴) از روش تحلیل سلسله مراتبی به‌منظور تعیین ساختار فرایند تصمیم‌گیری و برآورد وزن نقشه‌های معیار و از روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی برای رتبه‌بندی نهایی زیرحوضه‌ها به‌منظور مدیریت سیلاب در حوزه آبخیز شهری تهران استفاده کردند. Zyoud و همکاران (۲۰۱۶) از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی و شباهت به گزینه ایده‌آل فازی برای تصمیم‌گیری در تعیین بهترین راهبرد برای کاهش تلفات آب در سامانه انتقال آب استفاده کردند.

هدف این پژوهش، تعریف راهبردهای قابل استفاده برای احیای یک رودخانه فصلی شهری و دستیابی به راهبرد برتر برای تأمین آب رودخانه و در عین حال حفاظت در برابر سیل است. در نتیجه، راهبردی موفق خواهد بود که هر دو هدف احیا و حفاظت سیل را پوشش دهد. این امر با در نظر گرفتن توانمندی‌ها و نقاط ضعف منطقه و تهدیدها و فرصت‌های موجود در ناحیه مورد مطالعه امکان‌پذیر خواهد بود. به این منظور، ابتدا تمام راهبردهای ممکن به‌وسیله مدل تدوین برنامه‌ریزی راهبردی SWOT-QSPM استخراج کرده و سپس با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، راهبردها رتبه‌بندی شده و راهبرد برتر انتخاب می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: رودخانه وردآورد در غرب تهران و به فاصله ۱۰ کیلومتری از رودخانه کن قرار دارد. سرچشمه این رودخانه از روستای وردیج شروع شده، پس از ورود به منطقه ۲۲ و عبور از منطقه ۲۱ شهر تهران به شاخه شرقی رودخانه کرج می‌پیوندد. به‌دلیل فصلی بودن و کمبود نزولات جوی چند ساله اخیر، رودخانه در بخش‌های پایین بسیار کم آب و حتی در برخی از ماه‌ها به‌طور کامل خشک است. موقعیت این رودخانه در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

با توجه به این‌که این رودخانه از منطقه کوهستانی شروع و وارد حوضه شهری می‌شود، در نظر گرفتن سیلاب و اطلاعات توپوگرافی آن یکی از پارامترهای تعیین راهبردها است. اطلاعات توپوگرافی مهم در تدوین راهبردها مطابق جدول ۱ است. همچنین، دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله برابر ۶۶/۴۵ متر مکعب بر ثانیه، با دوره بازگشت ۵۰ ساله برابر ۹۱/۱ متر مکعب بر ثانیه و دبی سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله برابر ۱۱۹/۲۳ متر مکعب بر ثانیه محاسبه شده است (Banihabib و Jamali، ۲۰۱۴).

[1] Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
[2] Quantitative Strategic Planning Matrix

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۱- تصویری از محل قرارگیری رودخانه وردآورد در شهر تهران

جدول ۱- برخی از اطلاعات توپوگرافی حوضه رودخانه وردآورد (Banihabib و Jamali، ۲۰۱۴)

مساحت (Km^2)	۶۰/۶
محیط (Km)	۴۷
طول (m)	۱۰۴۴۶
شیب آبراهه اصلی (٪)	۱۰/۳
ارتفاع متوسط حوضه (m)	۲۰۶۷
شیب مرکز ثقل تا خروجی حوضه (٪)	۷/۳
فاصله مرکز ثقل تا خروجی حوضه (m)	۵۷۸۴
طولانی‌ترین مسیر حرکت آب (m)	۱۳۰۰۱

علت انتخاب این رودخانه برای مطالعه، قرارگیری این رود در فضای شهری (با توجه به رشد حوضه شهری و بارگذاری جمعیت شهر تهران به سمت غرب) گذر سه بزرگراه مهم در مسیر رودخانه و عبور خط متروی تهران-کرج بوده است که ضرورت انجام پروژه-های احیا و ایمن‌سازی در برابر سیل را پررنگ‌تر می-سازد.

تدوین راهبردها: در این پژوهش، برای تدوین گزینه‌های پیشنهادی از تجزیه و تحلیل SWOT استفاده شده است. عملکرد این روش بدین صورت است که پس از شناخت محیط درونی و بیرونی سامانه و ارزیابی آن‌ها، از تلاقی نقاط ضعف و قوت (عوامل درونی) با نقاط فرصت و تهدید (عوامل خارجی) تمام راهبردهای ممکن استخراج می‌شود.

تصمیم‌گیری چند معیاره: تصمیم‌گیری مهمترین و حساس‌ترین بخش مدیریت و جوهره اصلی آن است. به‌دلیل متداول شدن بهره‌گیری از افراد با مشاغل، تخصص‌ها، تجربیات و سوابق مختلف در احیای رودخانه، ضرورت استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی و چند معیاره بیش از پیش نمایان می‌شود. این روش تصمیم‌گیری در واقع در نظر گرفتن تمام معیارهای کمی، کیفی و حتی متناقض است. در حل این‌گونه مسائل باید به دنبال گزینه‌ای بود که بیشترین مزیت را برای تمامی معیارها ارائه می‌کند. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره متعدد هستند و هر کدام از این روش‌ها خصوصیات، ضعف‌ها، قوت‌ها و شرایط کاربرد خاص خود را دارند. در این پژوهش، برای ارزیابی راهبردها و معیارها از ترکیب دو روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1]) و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده (M-TOPSIS[2]) که روش-های مهم و کاربردی در تصمیم‌گیری چند معیاره می-باشند، استفاده شده است. روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی ابزاری قوی برای تصمیم‌گیری چند شاخصه در ارتباط با مسائل پیچیده است که در آن هر دو دیدگاه کیفی و کمی در نظر گرفته می‌شود (Ataei، ۲۰۰۹). روش شباهت به گزینه ایده‌آل نیز یکی دیگر از این روش‌هاست که محدودیتی برای تعداد معیارها نداشته،

[1] Analytic Hierarchy Process
[2] Modified Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

Archive of SID

www.SID.ir

با استفاده از عملیات جبری خاص خود، راهبردها را رتبه‌بندی می‌کند. به همین دلیل، در این مقاله از روش تلفیقی M-TOPSIS-AHP استفاده شده است تا ضمن پوشش دهی نقاط ضعف هر کدام از این روش‌ها، نتیجه‌ای قابل اعتمادتری حاصل شود. استفاده از این روش تلفیقی بدین صورت است که وزن‌های نسبی از مقایسات زوجی روش تحلیل سلسله مراتبی استخراج و پس از حذف فرم‌های ناسازگار، راهبردها طبق فرایند شباهت به گزینه ایده‌آل رتبه-بندی می‌شوند. به‌کار بردن این روش تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس چند گام زیر تعریف می‌شود.

گام اول: تشکیل ساختار سلسله مراتبی: برای این کار باید اهداف، معیارها و گزینه‌های پیشنهادی مشخص شود.

گام دوم: آماده‌سازی فرم نظرسنجی و انجام مقایسات زوجی معیارها و گزینه‌ها: پس از تکمیل فرم‌های نظرسنجی به‌وسیله افراد متخصص و تیم تصمیم-گیری، نوبت به محاسبات مربوط به اهمیت نسبی معیارها و تعیین وزن‌های نسبی معیارها، راهبردها و در نهایت دست یافتن به ماتریس کارایی راهبردها می‌رسد. معیارها به‌صورت زوجی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. مقایسه زوجی میزان اهمیت دو عنصر نسبت به هم، بر اساس مقیاس اعداد یک تا نه انجام می‌شود که عدد یک نشانگر اهمیت برابر و عدد نه نشانگر اهمیت مطلق (بیشترین میزان برتری) می‌باشد (Shabestari و Banihabib، ۲۰۱۵). یک ماتریس زوجی به شکل زیر نمایش داده می‌شود.

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

که در آن، a_{ij} ترجیح عنصر i به j می‌باشد. در مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر بنا به شرط معکوسی رابطه زیر برقرار است.

$$a_{ij}=\frac{1}{a_{ji}} \quad (۲)$$

گام سوم: محاسبه شاخص ناسازگاری: به‌طور کلی شاخص ناسازگاری را می‌توان به شکل زیر تعریف کرد (Shabestari و Banihabib، ۲۰۱۵).

$$I.I=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \quad (۳)$$

که در آن، λ_{max} ماکزیمم مقادیر ویژه و n بعد ماتریس است.

مقدار شاخص ناسازگاری را برای ماتریس‌هایی که اعداد آن‌ها کاملا تصادفی اختیار شده باشند، محاسبه کرده‌اند و آن را شاخص ناسازگاری تصادفی (R.I.I) نام نهادند که مقادیر آن برای ماتریس n بعدی به‌طور مستقیم از جدول استخراج می‌شود. به‌عنوان نمونه جدول شاخص ناسازگاری تصادفی برای ماتریس مربعی تا نه بعد در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- شاخص ناسازگاری تصادفی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
R.I.I	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵

برای هر ماتریس، حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری بر شاخص ناسازگاری تصادفی، نرخ ناسازگاری (I.R) نامیده می‌شود که معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری می‌باشد.

$$I.R=\frac{I.I}{R.I.I} \quad (۴)$$

برای این‌که صحت نظرسنجی مورد تأیید باشد، پیشنهاد می‌شود، میزان نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد. Saaty (۱۹۹۰) و Aczél و Saaty (۱۹۸۳) نشان داده‌اند که میانگین هندسی بهترین روش برای تجمیع قضاوت‌های فردی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی است (Shabestari و Banihabib، ۲۰۱۵). بنابراین، تجمیع نظرات بعد از حذف فرم‌های ناسازگار به کمک روش میانگین هندسی انجام می-گیرد.

گام چهارم: استفاده از ماتریس کارایی و وزن نسبی معیارها برای رتبه بندی نهایی به کمک روش شباهت به گزینه ایده‌آل که خود شامل چند بخش زیر است.

- بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم: در این مرحله معیارها با ابعاد مختلف به معیارهای بی‌بعد تبدیل

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شوند و ماتریس R (ماتریس بی‌مقیاس شده ماتریس A) به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (۵)$$

که در آن، r_{ij} به شکل زیر تعریف می‌شود.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^2}} \quad (۶)$$

- تعیین ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار: این ماتریس از ضرب ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در بردار وزن معیارها (که از روش تحلیل سلسله مراتبی استخراج می‌شود) به‌دست می‌آید.

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (۷)$$

- یافتن حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل: اگر حل ایده‌آل با A^* و ضد ایده‌آل با A^- نشان داده شود، در این صورت:

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} \quad (۸)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \quad (۹)$$

که در آن، v_j^* بهترین مقدار معیار j از بین تمام گزینه‌ها و v_j^- بدترین مقدار معیار j از بین تمام گزینه‌ها می‌باشد.

- محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل: برای تعیین فاصله هر گزینه از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل به‌ترتیب از روابط (۱۰) و (۱۱) استفاده می‌شود.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^*)^2} \quad (۱۰)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (۱۱)$$

که در آن‌ها، j معرف معیار مورد نظر و i معرف گزینه مورد نظر می‌باشد.

- محاسبه شاخص شباهت و تعیین رتبه گزینه‌ها: برای تعیین شاخص شباهت در روش شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده می‌توان از رابطه (۱۲) استفاده کرد.

$$R_i = \sqrt{\begin{matrix}[S_i^* - \min(S_i^*)]^2 \\ +[S_i^- - max(S_i^-)]^2\end{matrix}} \quad (۱۲)$$

رتبه‌بندی بر اساس این روش، به این شکل است که هر چه مقدار R_i کمتر باشد، رتبه بالاتری را به خود اختصاص می‌دهد؛ یا به‌عبارتی رتبه‌بندی به‌صورت صعودی انجام می‌پذیرد.

به‌طور کلی، روش استفاده شده در این پژوهش به‌صورت فلوچارت ارائه شده در شکل ۲ خلاصه می‌شود.

شکل ۲- فلوچارت تصمیم‌گیری چند معیاره تلفیقی در این پژوهش

نتایج و بحث

تشکیل ساختار سلسله مراتبی: هر پروژه احیای رودخانه ممکن است، اهداف مختلفی را دنبال کند. اهداف این پژوهش به کمک جلسه طوفان فکری که متشکل از متخصصین حیطه مهندسی رودخانه، هیدرولوژی و منابع آب بود، تعیین شد. با توجه به

Archive of SID

www.SID.ir

شهری بودن رودخانه، علاوه بر اهداف اصلی احیا، هدف ایمن‌سازی در برابر سیلاب نیز باید مد نظر قرار گیرد. این مقاله بر حسب ضرورت دو هدف اصلی را دنبال می‌کند که به‌صورت زیر تعریف شدند.

- احیای جریان آب پایه برای رودخانه و تغذیه سفره آب زیرزمینی
- ایمن‌سازی و کاهش خطر سیلاب

با توجه به قرارگیری رودخانه در حوضه شهری، معیارهای بسیار زیاد و مختلفی را می‌توان ملاک قرار داد، اما در پژوهش حاضر به استفاده از شش معیار مهم توسعه پایدار شهری در کارهای عمرانی-محیط زیستی اکتفا شده است و تمامی راهبردهای تعریف شده در پژوهش با این معیارها مورد ارزیابی قرار گرفتند. این شش معیار به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

- معیار ۱: اقتصادی بودن: مقرون به صرفه بودن راهبرد برای اجرا
- معیار ۲: مقبولیت و مشارکت اجتماعی-فرهنگی: پذیرش راهبرد اجرایی به‌وسیله ذی‌نفعان (از جمله مردم و ساکنین مناطق اطراف) و تمایل آن‌ها به کمک در اجرایی کردن راهبرد
- معیار ۳: حفاظت از منابع طبیعی و تعادل زیست محیطی: بررسی این‌که راهبرد انتخابی به چه میزان در حفظ منابع طبیعی و تعادل بخشی زیست محیطی مفید است.
- معیار ۴: اثرگذاری: تأثیربخشی راهبرد در بهبود وضعیت رودخانه هم از لحاظ احیای کمی و کیفی منابع آب و هم از لحاظ ایمن‌سازی در برابر سیل
- معیار ۵: امکان‌پذیری: اجرایی بودن راهبرد با توجه به ظرفیت‌ها و محدودیت‌های مالی، حقوقی و غیره
- معیار ۶: انعطاف‌پذیری: ترمیم‌پذیری و بهبودپذیری راهبرد اجرا شده در بلندمدت در برابر تغییرات طبیعی و تحمیلی

راهبردها یا گزینه‌های هادی برای نیل به هر کدام از این دو هدف، با استفاده از تکنیک SWOT و در نظر گرفتن نقاط ضعف، قدرت، فرصت‌ها و تهدیدها (که از جلسات طوفان فکری استخراج شده بود) و برای هرکدام از اهداف به‌طور جداگانه، به‌صورت زیر نهایی شد.

راهبردها با هدف احیای کمی و کیفی چریان آب پایه:

- راهبرد ۱: ذخیره سیلاب رودخانه یا انتقال آب از حوضه‌های مجاور
- راهبرد ۲: استفاده از سیلاب برای تغذیه آبخوان
- راهبرد ۳: افزایش نفوذپذیری بستر رودخانه و استفاده از آب بازیافتی
- راهبرد ۴: تعادل‌بخشی منابع و مصارف آب رودخانه و آبخوان و حفاظت کیفی از آن‌ها

راهبردها با هدف ایمن‌سازی و کاهش خطر سیلاب:

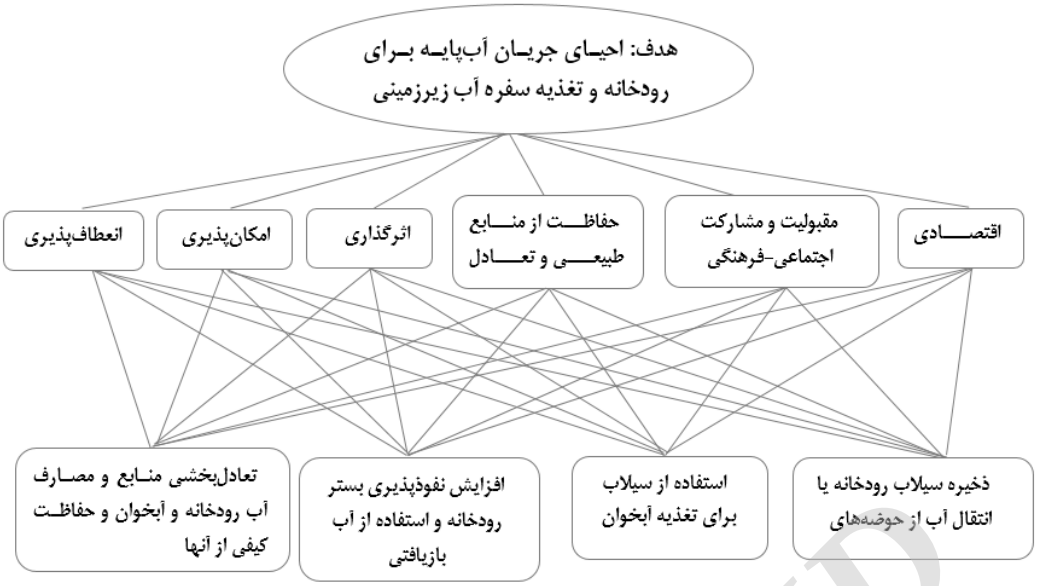
- راهبرد ۱: محدودسازی سیلاب در بستر رودخانه به‌وسیله گوره و سیل‌بند
- راهبرد ۲: مهار سیلاب واریزه‌ای در بالادست رودخانه
- راهبرد ۳: مهار فرسایش و رسوب رودخانه
- راهبرد ۴: مدیریت سیلاب دشت و کنترل توسعه و ساخت و آزادسازی اراضی واقع در حریم قانونی رودخانه

در نهایت با شناخت اهداف، معیارها و گزینه‌ها سلسله مراتب تصمیم‌گیری برای هر یک از اهداف به‌دست می‌آید که در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

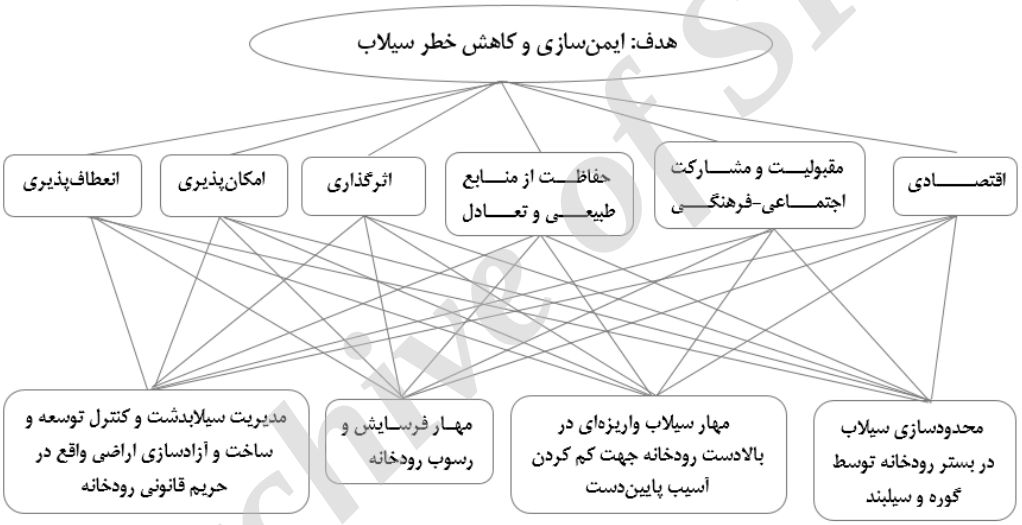
تعیین وزن نسبی معیارها: در این تحقیق، ۳۸ نفر از متخصصین رشته‌های مرتبط با منابع آبی در تکمیل فرم‌های نظرسنجی به روش دلفی حضور داشتند که ۱۶ نفر از آن‌ها افراد با سابقه تخصص طولانی و مابقی مهندسین جوان (با سابقه کاری زیر پنج سال) بودند. بعد از محاسبه شاخص ناسازگاری، ۱۰ فرم دارای شاخص ناسازگاری بیش از ۰/۱ بودند و حذف شدند. بنابراین، اجرای مدل تصمیم‌گیری بر اساس ۲۸ فرم باقی‌مانده صورت پذیرفت. بررسی منابع علمی نشان می‌دهد، هیچ‌گونه قانون صریحی برای تعداد شرکت کنندگان در تصمیم‌گیری با روش دلفی وجود ندارد اما منابع نشان می‌دهند، این تعداد معمولا بین ۱۰ تا ۲۰ عدد بوده است و این مقدار کفایت می‌کند (Cornick، ۲۰۰۶).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- سلسله مراتب تصمیم‌گیری با هدف احیای جریان آب پایه برای رودخانه و تغذیه سفره آب زیرزمینی



شکل ۴- سلسله مراتب تصمیم‌گیری با هدف ایمن‌سازی و کاهش خطر سیلاب

جدول ۳، وزن نسبی هر معیار را نشان می‌دهد که از طریق مقایسه زوجی بین معیارها استخراج شده است. معیار "حفاظت از منابع طبیعی" بالاترین وزن را به خود اختصاص داده، در نتیجه مهمترین معیار در هر دو هدف پژوهش است. یعنی به‌عبارتی، مهمترین معیار برای محک زدن راهبرد احیای رودخانه در نظر گرفتن بحث حفاظت از منابع طبیعی است. همچنین، در جدول ۳ مشاهده می‌شود که معیار انعطاف‌پذیری کمترین میزان وزن نسبی را به‌دست آورده، بنابراین، کم‌اهمیت‌ترین معیار است. از نتایج می‌توان مشاهده کرد که وزن نسبی معیار امکان‌پذیری از معیار اقتصادی بودن بیشتر است و این یعنی که از نظر متخصصان عملی بودن و کارا بودن یک راه حل مهمتر از مباحث اقتصادی و صرف هزینه است. جدول‌های ۴ و ۵ کارایی هر کدام از راهبردها در برابر هر معیار را برای تحقق هدف احیای کمی و کیفی جریان آب پایه و تغذیه آبخوان نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، راهبرد "بازیافت فاضلاب برای احیای رودخانه" در معیار "انعطاف‌پذیری" بالاترین وزن را کسب کرده است، یعنی به‌عبارتی، انعطاف‌پذیرترین راهبرد برای تحقق هدف احیای کمی و کیفی جریان آب پایه و تغذیه آبخوان است. همچنین، بهترین راهبرد نسبت به معیار اقتصادی بودن راهبرد تعادل بخشی منابع و مصارف آب رودخانه بوده است. با توجه به جدول وزن نسبی

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۳) اشاره شد که مهمترین معیار حفاظت از منابع طبیعی بود. در جدول ۴، در مقایسه کارایی هر کدام از راهبردها نسبت به این معیار ملاحظه می‌شود که راهبرد "تعادل بخشی منابع و مصارف آب رودخانه و آبخوان" بیشترین کارایی را نسبت به این معیار کسب کرده است.

در جدول ۵، کارایی راهبردهای هدف ایمن‌سازی و کاهش سیلاب نسبت به معیارهای توسعه پایدار ارائه شده است. در این جدول مشاهده می‌شود که در مهمترین معیار ارزیابی راهبردها یعنی معیار حفاظت از منابع طبیعی، راهبرد "مدیریت سیلاب‌دشت و کنترل توسعه و ساخت و آزادسازی اراضی واقع در حریم قانونی رودخانه" بالاترین امتیاز را به‌دست آورده است.

جدول ۳- وزن نسبی معیارها

معیارها	وزن نسبی
اقتصادی بودن	۰/۱۲۹
مقبولیت و مشارکت اجتماعی فرهنگی	۰/۱۴۳
حفاظت از منابع طبیعی	۰/۲۹۱
اثرگذاری	۰/۱۴۴
امکان‌پذیری	۰/۱۷۱
انعطاف‌پذیری	۰/۱۲۲

جدول ۴- کارایی راهبردها نسبت به معیارها با هدف احیای کمی و کیفی جریان آب پایه و تغذیه آبخوان

راهبردها	اقتصادی بودن	مقبولیت و مشارکت اجتماعی فرهنگی	حفاظت از منابع طبیعی	اثرگذاری	امکان‌پذیری	انعطاف‌پذیری
ذخیره سیلاب رودخانه وردآورد و انتقال آب از حوضه	۰/۱۴۹	۰/۱۹۱	۰/۱۲۴	۰/۲۰۳	۰/۲۰۴	۰/۱۷۶
استفاده از سیلاب در تغذیه آبخوان	۰/۲۳۸	۰/۲۶۳	۰/۲۵۹	۰/۲۳۰	۰/۲۸۱	۰/۲۱۷
بازیافت فاضلاب جهت احیا رودخانه	۰/۲۸۶	۰/۲۴۳	۰/۲۹۲	۰/۳۵۵	۰/۳۱۶	۰/۳۶۷
تعادل بخشی منابع و مصارف آب رودخانه و آبخوان	۰/۳۲۷	۰/۳۰۳	۰/۳۲۵	۰/۲۱۲	۰/۱۹۹	۰/۲۴۰

جدول ۵- کارایی راهبردها نسبت به معیارها با هدف ایمن‌سازی و کاهش خطر سیلاب

راهبردها	اقتصادی بودن	مقبولیت و مشارکت اجتماعی فرهنگی	حفاظت از منابع طبیعی	اثرگذاری	امکان‌پذیری	انعطاف‌پذیری
محدود سازی سیلاب در بستر رودخانه به‌وسیله گوره و سیل‌بند	۰/۱۹۵	۰/۲۰۵	۰/۱۸۱	۰/۱۹۰	۰/۲۱۷	۰/۲۱۹
مهار سیلاب واریزه‌ای در بالادست رودخانه جهت کم کردن آسیب پایین‌دست	۰/۲۶۷	۰/۲۸۰	۰/۲۵۶	۰/۲۸۱	۰/۲۸۰	۰/۲۵۵
مهار فرسایش و رسوب رودخانه	۰/۲۴۳	۰/۲۳۵	۰/۲۵۶	۰/۲۶۷	۰/۲۵۵	۰/۲۹۶
مدیریت سیلاب‌دشت و کنترل توسعه و ساخت و آزادسازی اراضی واقع در حریم قانونی رودخانه	۰/۲۹۵	۰/۲۸۰	۰/۳۰۷	۰/۲۶۲	۰/۲۴۸	۰/۲۳۰

رتبه هر راهبرد: جدول‌های ۶ و ۷، شاخص شباهت و رتبه هر راهبرد را در هر هدف که با استفاده از روش M-TOPSIS-AHP به‌دست آمده است، نمایش می-دهد. با تأمل در نتایج حاصله مشاهده می‌شود که

Archive of SID

www.SID.ir

بهترین راهبرد برای دستیابی به هدف "احیای کمی و کیفی جریان آب پایه و تغذیه آبخوان" راهبرد "بازیافت فاضلاب برای احیای رودخانه" بوده است. بازیافت فاضلاب از جمله مباحث جدید در تدبیر اندیشی جایگزینی منابع آب در بسته اجرایی مدیریت منابع آب در برنامه پنجم توسعه است (Yousefi و Mahdian، ۲۰۱۴). آب بازیافتی در موارد مختلفی از جمله آبیاری مزارع، آبیای فضای سبز، احیای دشت‌های علوفه‌ای و همچنین، در مباحث محیط زیستی از جمله تامین آب دریاچه‌های تفریحی، آب‌نماها، پارک‌ها و بسیاری موارد دیگر کاربرد دارد (Woolsey و همکاران، ۲۰۰۷). اما یکی از مسائلی که کاربرد آب بازیافتی فاضلاب را دچار محدودیت می-کند، مقبولیت اجتماعی و فرهنگی آن است (Salehi و Talebi، ۲۰۱۴). بنابراین، آموزش و تبلیغات درست در رابطه با این موضوع و تشریح صحیح بحران‌های منابع آبی و محیط زیستی به جا افتادن فرهنگ استفاده از این منبع آبی کمک خواهد کرد. همچنین، پیش‌بینی می‌شود، استفاده از آب بازیافتی فاضلاب هم در احیای رودخانه و هم تغذیه آبخوان موثر واقع شود. لازم به ذکر است، جنبه‌های اقتصادی این راه‌حل نیاز به انجام تحقیقات مجزا دارد و باید در آینده مورد بررسی قرار بگیرد.

آخرین گزینه انتخابی در هدف احیای کمی و کیفی جریان آب پایه و تغذیه آبخوان، راهبرد "ذخیره سیلاب رودخانه وردآورد و انتقال آب از حوضه" است. علت این نتیجه را می‌توان در تردید متخصصین در میزان اثرگذاری، امکان‌پذیری و هزینه‌های اقتصادی این راهبرد در حوضه مورد مطالعه در نظر گرفت.

با توجه به نتایج جدول ۷، راهبرد برتر در تامین هدف ایمن‌سازی و کاهش خطر سیلاب راهبرد "مدیریت سیلاب‌دشت شامل کنترل توسعه و ساخت" است. نتایج نشان‌دهنده کارا دانستن روش‌های مدیریتی برای دستیابی به رودخانه‌ای ایمن‌تر در مقابل سیل می‌باشد. روش‌های مدیریتی در بحث مدیریت سیلاب، تعریف و اجرای روش‌هایی است که کاهش خسارات سیلاب را به‌دنبال خواهد داشت. مدیریت سیلاب دشت و کنترل توسعه و ساخت نیز، روشی پیش‌گیرانه در کاهش بیشینه‌ای عواقب وقوع سیلاب است. پیشنهادات این پژوهش برای اجرایی‌سازی این راهبرد شامل موارد زیر است.

- بازبینی و اعمال تغییرات لازم در مقررات توسعه سیلاب‌دشت و آیین‌نامه‌های عمرانی
- ارائه تسهیلات و یا کاهش مالیات برای مالکین حریم سیلاب‌دشت در تغییر کاربری‌های پرخطر به کم خطر (تغییر کاربری‌های مسقف و مسکونی)
- خرید زمین‌های اطراف رودخانه به‌وسیله شهرداری و سازمان‌های مربوطه و تبدیل کاربری‌ها به مکان‌های عمومی نظیر پارک تفریحاتی، بازارچه‌های فصلی و غیره

در این پژوهش، با استفاده از تغییر وزن نسبی هر معیار و بررسی تغییرات نتایج نهایی به تحلیل حساسیت نتایج پرداخته شد. این روش، تحلیل حساسیت با توجه به حساس‌بودن و اهمیت معیارهای تعریف شده و تأثیر آن‌ها بر انتخاب راهبرد نهایی، مورد استفاده قرار گرفت. تحلیل حساسیت روش M-TOPSIS-AHP نشان داد که تغییرات ۲۰ درصدی در مقدار معیارها در هیچ‌کدام از حالت‌ها سبب تغییری در رتبه‌بندی نهایی راهبردها نمی‌شود.

جدول ۶- شاخص شباهت و رتبه هر راهبرد با هدف احیای کمی و کیفی جریان آب پایه و تغذیه آبخوان با روش M-TOPSIS-AHP

راهبرد	شاخص شباهت	رتبه
ذخیره سیلاب رودخانه و انتقال آب از حوضه مجاور	۰/۲۱۴	۴
استفاده از سیلاب در تغذیه آبخوان	۰/۰۷۰	۳
بازیافت فاضلاب جهت احیا رودخانه	۰/۰۰۹	۱
تعادل بخشی منابع و مصارف آب رودخانه و آبخوان	۰/۰۳۲	۲

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- شاخص شباهت و رتبه هر راهبرد با هدف ایمن‌سازی و کاهش خطر سیلاب با روش M-TOPSIS-AHP

راهبرد	شاخص شباهت	رتبه
محدودسازی سیلاب در بستر رودخانه	۰/۱۰۶	۴
مهار سیلاب و واریزه‌ها در بازه‌های بالادست رودخانه	۰/۰۲۴	۲
مهار فرسایش و رسوب در رودخانه	۰/۰۳۲	۳
مدیریت سیلاب‌دشت شامل کنترل توسعه و ساخت	۰	۱

نتیجه‌گیری

رودخانه‌ها یکی از مهمترین منابع آب سطحی هستند که حفاظت و مدیریت بهره‌برداری از آن‌ها دارای اهمیت زیادی است. روش‌های مختلف معرفی شده در منابع مختلف برای احیای رودخانه عموماً تغییر شکل ظاهری رودخانه، طبیعی‌سازی، کناره سازی آن و بازگرداندن حیات وحش سابق به آن است. در رودخانه‌های شهری فصلی، علاوه بر این موارد، یکی از مسائل مهم در بحث احیای رودخانه تأمین ایمنی مناسب رود در هنگام سیلاب و هم‌زمان تأمین آب پایه با کیفیت در داخل رودخانه است. با توجه به تنوع رودخانه‌ها و تنوع کاربری آن‌ها، معیارهای مختلفی بر تصمیم‌گیری تاثیرگذار هستند که با تعیین درست هر کدام از این معیارها و استفاده از روش‌های درست تصمیم‌گیری می‌توان به نتایجی بهتری رسید و در مسیری صحیح در جهت احیای رودخانه گام برداشت. در این پژوهش، روش تصمیم‌گیری چند معیاره تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده با استفاده از نظرات جامعه آماری مناسبی از متخصصین برای تعیین راهبرد برتر در احیای یک رودخانه فصلی و شهری استفاده شد. چهار راهبرد پیشنهادی به کمک روش مدیریت راهبردی SWOT تدوین شد که در مدل تصمیم‌گیری مذکور به‌کار رفتند. مرور منابع علمی نشان داد برای تحقق احیای یک رودخانه حتماً باید علاوه بر احیای کمی و کیفی جریان، بحث مدیریت خطر سیل در نظر گرفته شود، به این منظور، در این پژوهش برای در نظر گرفتن ابعاد مختلف احیا مدل تصمیم‌گیری برای این دو هدف به‌صورت مجزا شد. نتیجه نهایی نشان داد به منظور تحقق هدف "احیای کمی و کیفی جریان آب پایه و تغذیه آبخوان" برترین راهبرد "بازیافت فاضلاب" است. از طرف دیگر، برای نیل به هدف "ایمن‌سازی و مدیریت خطر سیلاب" راهبرد "مدیریت سیلاب‌دشت شامل کنترل توسعه و ساخت" به‌عنوان گزینه برتر معرفی شد. با تأمل در نتایج می‌توان دریافت که بهترین روش برای مقابله با خطر سیلاب با توجه به معیارهای معرفی شده در این پژوهش، به‌کار بردن روش‌های مدیریتی و در نظر گرفتن کاربری‌های اطراف رودخانه برای کاهش خسارت در هنگام سیلاب است.

در این پژوهش، نتایج مثبتی از به‌کار بردن روش‌های مدیریت راهبردی و تصمیم‌گیری‌های چند معیاره حاصل شد. بنابراین، روش به‌کار رفته در این پژوهش می‌تواند با در نظر گرفتن نقاط ضعف، قوت، فرصت‌ها و تهدیدهای مناطق مختلف و با در نظر گرفتن معیارهای متنوع برای تدوین و انتخاب راهبرد در رودخانه‌های مشابه دیگر استفاده شود. نتایج این پژوهش با توجه به جامعه آماری مناسبی که از متخصصین حیطه آب داشته است، می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای شروع یک پروژه احیای رودخانه با هدف تأمین کمیت و کیفیت مناسب آب، تغذیه آبخوان و ایمنی در برابر سیلاب استفاده شود. پیشنهاد می‌شود، در ادامه این پژوهش، به بررسی اقتصادی بودن بازیافت فاضلاب برای تأمین و یا بهبود کمیت آب یک رودخانه فصلی و همچنین، تأثیر روش‌های مدیریتی در کاهش خسارات ناشی از سیلاب پرداخته شود.

منابع مورد استفاده

1. Aczél, J. and T. Saaty. 1983. Procedures for synthesizing ratio judgments. Journal of Mathematical Psychology, 27(1): 93-102.

Archive of SID

www.SID.ir

2. Ataei, M. 2009.Multi criteria decision making. Shahrood University of Technology, 125 pages (in Persian).
3. Azarnivand, A. and M.E. Banihabib. 2013. Planning and strategic management of water resources in Lake Urmia Basin in accordance with sustainable development. 2nd National Conference on Agricultural Sustainable Development and Healthy Environment (in Persian).
4. Banihabib, M.E. and F.S. Jamali. 2014. Determining approaches for controlling debris flows in an urban river. The 3rd National Conference on Flood Management and Engineering with the Approach of Urban Floods (in Persian).
5. Banihabib, M.E., A. Azarnivand and R.C. Peralta. 2015. A new framework for strategic planning to stabilize a shrinking lake. Lake and Reservoir Management, 31(1): 31-43.
6. Beechie, T., G. Pess and G. Giannico. 2008. Setting river restoration priorities: a review of approaches and a general protocol for identifying and prioritizing actions. North American Journal of Fisheries Management, 28(3): 891-905.
7. Bradley, B.R., G.T. Daigger, R. Rubin and G. Tchobanoglous. 2002. Evaluation of onsite wastewater treatment technologies using sustainable development criteria. Clean Technologies and Environmental Policy, 4(2): 87-99.
8. Cornick, P. 2006. Nitric oxide education survey: use of a Delphi survey to produce guidelines for training neonatal nurses to work with inhaled nitric oxide. Journal of Neonatal Nursing; 12(2): 62-68.
9. Eshaghi, A., M. Nazariha and M. Tabatabayi. 2013. Introducing river restoration parameters and methods, case study: Kan River. 7th National Congress on Civil Engineering (in Persian).
10. Radmehr, A. and Sh. Araghinezhad. 2013. Application of fuzzy multi-criteria decision-making in determining vulnerable flood areas. Journal of Soil and Water, 24(4): 115-128 (in Persian).
11. Rohde, S., M. Hostmann, A. Peter and K. Ewald. 2006. Room for rivers: an integrative search strategy for floodplain restoration. Landscape and Urban Planning, 78(1): 50-70.
12. Saaty, T.L. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, 48(1): 9-26.
13. Salehi, S. and M. Talebi Somesaraei. 2013. Qualitative analysis of the socio-cultural barriers for using recycled water. Journal of Recycled Water, 1(1): 67-77 (in Persian).
14. Shabestari, M.H. and M.E. Banihabib. 2015. Ranking of agricultural water demand management strategies in arid regions by hybrid model of AHP and M-TOPSIS. Journal of Water Research in Agriculture, 29(1): 101-115 (in Persian).
15. Vietz, G.J., I.D. Rutherfurd, T.D. Fletcher and C.J. Walsh. 2016. Thinking outside the channel: challenges and opportunities for protection and restoration of stream morphology in urbanizing catchments. Landscape and Urban Planning, 145: 34-44.
16. Woolsey, S., F. Capelli, T. Gonser, E. Hoehn, M. Hostmann and B. Junker. 2007. A strategy to assess river restoration success. Freshwater Biology, 52(4): 752-69.
17. Yousefi, A. and Sh. Mahdian. 2014. The economic and social necessity of water reuse in Iran. Journal Management System, 1(1): 1-7 (in Persian).
18. Zhao, Y., Z. Yang and F. Xu. 2007. Theoretical framework of the urban river restoration planning. Environmental Informatics Archives, 5: 241-247.
19. Zyoud, S.H., L.G. Kaufmann, H. Shaheen, S. Samhan and D. Fuchs-Hanusch. 2016. A framework for water loss management in developing countries under fuzzy environment: integration of fuzzy AHP with fuzzy TOPSIS. Expert Systems with Applications, 61: 86-105.

Archive of SID

www.SID.ir