بررسی نقش و اهمیت کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ها با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (مطالعه موردی: رودخانه تجن محدوده شهر ساری)

حمید امیرنژاد[1*]، ساره حسینی[2]

تاریخ ارسال:۱۳۹۷/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۹/۱۸

مقاله پژوهشی برگرفته از طرح پژوهشی

چکیده

رودخانه‌های شهری به عنوان یکی از ساختارهای طبیعی شهر، به دلیل ارزش‌های محیطزیستی، اقتصادی، فرهنگی و ارائه خدمات اکوسیستمی از منابع با اهمیت شهرها می‌باشند. هدف از این مطالعه بررسی نقش و اهمیت کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های ایران در استان مازندران، شهر ساری است. به منظور نیل به این هدف از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شامل تکنیک اِنتروپی (Entropy) به منظور محاسبه وزن کارکردهای اکوسیستمی رودخانه و تکنیک ترجیحات بر اساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS) و مدل مجموع ساده وزین (SAW) برای اولویت‌بندی کارکردها استفاده گردید. در این مطالعه داده‌های پژوهش به‌صورت پیمایش میدانی، نمونه‌گیری تصادفی و از ۲۳۹ پرسشنامه که در زمستان ۱۳۹۷ و بهار ۱۳۹۸ توسط ساکنین شهر ساری (شهروندان ساروی) تکمیل گردید استخراج شد تا نمایان شود کدامیک از کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ی تجن شامل کارکردهای تنظیمی، زیستگاهی، تولیدی و اطلاعاتی دارای اهمیت بیشتری برای ساکنین شهر ساری می‌باشند. تجزیه و تحلیل یافته‌های وزن‌دهی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن شهر ساری از طریق تکنیک Entropy نشان داد که کاکردهای زیستگاهی، تولیدی، اطلاعاتی و تنظیمی به‌ترتیب با کسب وزن‌های ۰/۲۵۱۱، ۰/۲۵۰۱، ۰/۲۵۰۰ و ۰/۲۴۸۸، بیشترین وزن را به‌خود اختصاص داده‌اند. براساس نتایج بدست‌آمده از اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن با مدل‌های TOPSIS و SAW، کارکردهای زیستگاهی، تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی در اولویت اول تا چهارم قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد برای ۳۹ درصد از شهروندان ساروی (پاسخگویان) کارکرد زیستگاهی، ۲۷ درصد از شهروندان کارکرد تولیدی، ۲۵ درصد از شهروندان کارکرد تنظیمی، ۹ درصد از شهروندان کارکرد اطلاعاتی دارای اولویت اول می‌باشند. با مشخص‌شدن اولویت کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن، پیشنهاد می‌شود نتایج پژوهش حاضر به‌عنوان یک الگو در اختیار طراحان و تصمیم‌گیران مهندسی رودخانه و بهسازی منظر حاشیه رودخانه شهری قرار گیرد تا طرح‌هایی را در جهت تعادل اکوسیستم رودخانه و پایداری کیفیت محیط زیست شهری اجرا نمایند.

واژه‌های کلیدی: کاکردهای اکوسیستمی، مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، رودخانه تجن، ساری

[1] دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری
[*] نویسنده مسئول: Email: h.amirnejad@sanru.ac.ir

[2] دکتری جنگلداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، Email: S.Hosseini@Sanru.ac.ir

مقدمه

رودخانه‌ها به‌عنوان اکوسیستم‌های طبیعی و بخشی از ثروت‌های طبیعی و ملی کشورمان از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. منابع غنی آبزی، تنوع و وجود گونه-های با ارزش گیاهی و جانوری، رودخانه‌ها را در ردیف اکوسیستم‌های حساس و آسیب‌پذیر جای داده است (عصمت ساعتلو و همکاران، ۱۳۸۷).

این اکوسیستم طبیعی خدمات مهمی را به بشر ارائه می‌دهد که آگاهی از این خدمات اکوسیستمی باعث حفاظت هرچه بیشتر آنها و در نتیجه بهره‌مندی شهروندان از خدمات محیط‌زیستی آن خواهد شد (عابدی و یوسفی، ۱۳۹۴). از اینرو اگر بخواهیم خدمات یک اکوسیستم طبیعی مانند رودخانه را به جامعه بشناسانیم، نیاز به طبقه‌بندی خدمات مختلف اکوسیستمی آن است. به طور متداول خدمات اکوسیستمی رودخانه به چهار گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌شود: ۱. خدمات تنظیمی؛ ۲. خدمات اطلاعاتی؛ ۳. خدمات تولیدی و ۴. خدمات زیستگاهی (De Groot et al., 2012).

خدمات تنظیمی حفظ فرآیندهای ضروری اکولوژیکی و سیستم‌های حمایت از محیط زیست را بر عهده دارند. خدمات اطلاعاتی فرصت‌هایی را برای غنی‌سازی معنوی، زیباشناختی، فرهنگی و علمی فراهم می‌سازد. خدمات تولیدی تأمین و تهیه کالاها را شامل می‌شود و به همان بخش از تولید محدود می‌شود که قابل درک برای مردم است و خدمات زیستگاهی، زیستگاه مناسب زندگی برای گونه‌های گیاهی و جانوری می‌باشد (De Groot et al., 2012).

متأسفانه فقدان اطلاعات و شناخت ناکافی از خدمات اکوسیستم طبیعی رودخانه باعث شده است که بر میزان صدمات وارده بر رودخانه‌ها افزوده شود و مطلوبیت زیستگاهی رودخانه‌ها کاهش یابد (Loomis et al., 2012). رودخانه‌های شهری نیز به عنوان یکی از ساختارهای طبیعی شهرهای کشور از این قائده مستثنی نمی‌باشند. امروزه رشد و توسعه روزافزون شهری و اولویت‌بخشی به ساخت و سازها و فعالیت‌های اقتصادی-اجتماعی باعث تخریب شدید این اکوسیستم طبیعی شده است و احیا و حفاظت از آنها را ضروری نموده است (Song et al., 2015).

همانطور که می‌دانید رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی، شکل‌گیری و گسترش شهرها، از جمله عناصر طبیعی هستند که از آغاز پیدایش شهرها با آنان همراه بوده‌اند و در نتیجه در استخوان‌بندی اصلی و ساختار شکلی آنها نقش مهمی دارند. بسیاری از شهرهای بزرگ کشور چنین خصوصیتی دارند از آن جمله، اصفهان، تبریز، و شیراز (کوکبی و امین‌زاده، ۱۳۸۷).

برخی رودخانه‌ها با آنکه نقشی در مکان‌یابی هسته اصلی شهر نداشته‌اند اما در اثر رشد شهر، جزئی از آن شده‌اند مانند ساری، گرگان و همدان. در هر صورت ساختار طبیعی رودخانه‌ها در نواحی شهری شدیداً تحت تأثیر گسترش شهر است و نیاز به ملاحظات خاص محیطی دارد (کوکبی و امین‌زاده، ۱۳۸۷).

بررسی تحقیقات انجام‌شده در این زمینه نشان می-دهد که موضوعات متنوعی در ارتباط با کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ها با رویکردهای مختلف در سطح دنیا انجام شده و یا در حال انجام است از جمله:

تقوایی و همکاران (۱۳۹۵) چارچوب بهسازی منظر حاشیه رودخانه سفیدرود آستانه اشرفیه را بر اساس خدمات اکوسیستمی تحلیل نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد چارچوب بهسازی منظر می‌تواند به ثبات خدمات اکوسیستم، بهبود کیفی و تقویت تعاملات اجتماعی و رابطه مردم با محیط طبیعی کمک کند.

Eggert and Olsson, (2009)، در مطالعه‌ای اقدام به برآورد منافع اقتصادی حاصل از بهبود کیفیت آب‌های سواحل غربی سوئد نموده و دریافتند که پاسخ‌دهندگان توجه‌های محیط‌زیستی بالایی دارند و بیشترین ارزش را برای جلوگیری از کاهش تنوع زیستی و ذخایر ماهی قائلند.

Sieber and Pons, (2015) ، کارکردهای اکوسیستم‌های طبیعی شهر سنگاپور را با استفاده از نظر متخصصان در قالب پرسشنامه، شناسایی، وزن‌دهی و اولویت‌بندی نمودند. نتایج حاصل از وزن‌دهی و اولویت-بندی کارکردها در مطالعه آنها نشان داد کارکردهای

حفاظت آب، زیستگاهی، ذخیره‌گاهی و تنظیمی به ترتیب حائز اولویت بالاتر جهت ارزیابی شدند.

Chaikaew et al, (2017)، در مطالعه‌ی خود به ارزیابی خدمات اکوسیستمی حوزه رودخانه فلوریدا با استفاده از روش آزمون انتخاب پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که خدمات زیستگاهی و تولیدی مهمترین خدمات اکوسیستمی رودخانه از دیدگاه ساکنین حواشی رودخانه بوده است.

Xu et al, (2019)، در مطالعه‌ی خود روابط بین خدمات اکوسیستم و رفاه انسان در حوضه رودخانه Manas چین را از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان داد همبستگی مثبتی بین خدمات زیستگاهی، تنظیمی و رفاه جامعه شهری وجود دارد.

Hua and Chen, (2019) ، در مطالعه‌ی خود خدمات اکوسیستمی رودخانه شهری چین را با استفاده از روش IPA (importance-performance analysis) اولویت‌بندی نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که خدمات زیستگاهی و تنظیمی مهمترین خدمات اکوسیستمی رودخانه از دیدگاه ساکنین حواشی رودخانه بوده است.

بررسی مطالعات پیشین نشان داد اگرچه رودخانه به‌صورت عنصری واحد، مشخص و معمولاً به‌صورت خطی از درون شهر عبور می‌کند و عموماً تداعی‌کننده هویتی ثابت و مشخصی است اما دارای کارکردها و خدمات اکوسیستمی متنوعی می‌باشد که آگاهی از آنها در برنامه‌ریزی و طراحی شهری حائز اهمیت می‌باشد. همچنین، در مطالعات گذشته بیشتر به موضاعاتی نظیر بهبود کیفیت آب رودخانه‌ها، بهسازی منظر حاشیه رودخانه‌ها، ارزشگذاری خدمات اکوسیستمی رودخانه‌ها و نقش این خدمات در رفاه شهروندن پرداخته شده است و کمتر به اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ها توجه شده است.

از جمله این رودخانه‌ها، رودخانه تجن استان مازندران می‌باشد. این رودخانه از رودخانه‌های پرآب حوضه آبریز دریای خزر و از رودخانه‌های مهم شمال ایران به شمار می‌رود که پایه‌گذار فعالیت‌های اقتصادی در استان مازندران به‌ویژه شهر ساری بوده است (فریادی و همکاران، ۱۳۹۱).

رودخانه تجن با عبور از درون بافت‌های مختلف شهرستان ساری، طولانی بودن مسیر و عبور آن از قسمت‌های مختلف شهری به‌عنوان عامل ارتباط‌دهنده اکوسیستم‌های مختلف پیرامونی محسوب می‌گردد که خدمات اکوسیستمی بسیاری را به شهروندان ساوری ارائه می‌دهد (کوکبی و امین‌زاده، ۱۳۸۷). از اینرو شناسایی کارکردهای اکوسیستمی این رودخانه، بکارگیری مدل‌های علمی جهت وزن‌دهی و اولویت‌بندی آنها حائز اهمیت است.

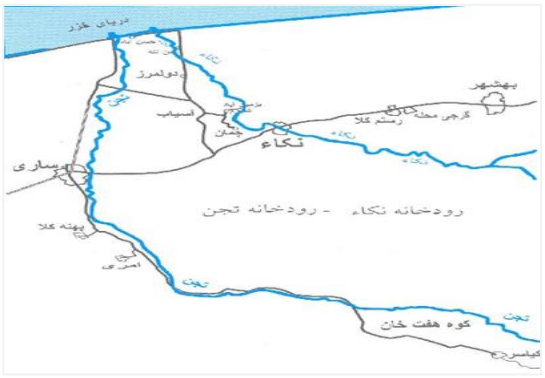
در این مطالعه سعی بر این است با توجه به الف: اهمیت جریان رودخانه‌ی تجن در استان مازندران و شهر ساری، ب: تنش‌های حاصل از کمبود منابع آب در دهه‌ی گذشته که منجر به خشک شدن این رودخانه در برخی از سال‌ها شده است، ج: احتمال وقوع و یا تشدید چنین تنش‌هایی با توجه به پدیده‌ی تغییرات اقلیمی در سال‌های آینده، و د: نقش مهم خدمات اکوسیستمی رودخانه تجن در مدیریت جامع منابع آب شهر ساری، چهار کارکرد اصلی این رودخانه شامل کارکرد تنظیمی (جلوگیری از سیل و سیلاب، تنظیم رطوبت و دمای هوا، حفظ جریان سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش آلودگی‌ها)، کارکرد اطلاعاتی (چشم‌انداز طبیعی، تفریحی و تفرجی)، کارکرد تولیدی (تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت، صید ماهی) و کارکرد زیستگاهی (حیات‌وحش و تنوع‌زیستی) را از دیدگاه شهروندان ساری با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مورد بررسی و اولویت‌بندی قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد مطالعه

برای انجام پژوهش پیش‌رو، رودخانه تجن محدوده شهر ساری انتخاب گردید. این رودخانه یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های شمال ایران می‌باشد که در مسیر عبور خود از رشته کوه‌های البرز، چهاردانگه، دودانگه و هزارجریب سرچشمه می‌گیرد و پس عبور از شهر ساری و آبادی‌های

حاشیه آن شامل باباکلا، خارحون قادی‌کلا، گرماب، نوده، خرچنگ، گلورد، سرکت، گرمستان، علوی‌کلا، پائین هولار، سنگ‌بن، ستگ‌تراشان، تنگ‌لته، خان‌عباسی، پائین‌دزا، لاک‌دشت، گله‌دون، مقام، اردشیر محله، ولش‌کلا، قادیکلا، آکند، کردخیل، پنبه‌چوله بالا و پائین، سوته و خزرآباد به دریای خزر می‌ریزد. این رودخانه، ۱۶۰ کیلومتر طول و حوضه آبریز آن حدود ۴۰۰۰-۲۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد (محمودی، ۱۳۹۸). شیب متوسط بستر آن در کوهستان ۲ درصد و در جلگه ۷ درصد است (شریف‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی رودخانه تجن شهرستان ساری

- روش انجام پژوهش

در این پژوهش، برای بررسی نقش و اهمیت کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن محدوده شهر ساری با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، ابتدا کارکردها و خدمات اکوسیستمی رودخانه تجن از مقالات و اسناد کتابخانه‌ای شناسایی و گردآوری گردید. سپس داده‌های پژوهش به‌صورت پیمایش میدانی، نمونه-گیری تصادفی از ۲۳۹ پرسشنامه در زمستان و بهار ۱۳۹۸-۱۳۹۷ توسط مصاحبه حضوری با شهروندان ساروی تکمیل و استخراج گردید (شایان ذکر است تعداد نمونه بر اساس فرمول کوکران تعیین شده است).

به‌منظور آشنایی پاسخگویان در خصوص کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن محدوده شهر ساری یک بروشور اطلاعاتی در پرسشنامه طراحی شد و سپس این پرسش مطرح شد کدامیک از کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن محدوده شهر ساری برای ایشان دارای اهمیت می‌باشند و با تعیین یکی از پنج درجه اهمیت طیف لیکرت (مقیاس لیکرت)، بی‌اهمیت (۱)، کم‌اهمیت (۲)، بااهمیت (۳)، بااهمیت زیاد (۴) و بااهمیت بسیار زیاد (۵) پاسخ‌های خود را بیان نمایند.

در این پژوهش به‌منظور بررسی پایایی پرسشنامه، از تکنیک سنجش پایایی ضریب آلفای کرونباخ استفاده گردید که با توجه به مقدار این ضریب (α=۰/۹)، پایایی پرسشنامه مورد تائید قرارگرفت.

در این مطالعه جهت وزن‌دهی و اولویت‌بندی هر یک از کارکردها و خدمات اکوسیستمی رودخانه‌ی تجن از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شامل تکنیک اِنتروپی (Entropy) به منظور محاسبه وزن کارکردهای اکوسیستمی، مدل ترجیحات بر اساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS) و مدل مجموع ساده وزین (SAW) برای اولویت‌بندی کارکردها استفاده شده است. همچنین جهت پردازش و آنالیز آماری داده‌های پرسشنامه از نرم-افزارهای Excel و Spss16 استفاده گردید.

مدل‌های تصمیم‌گیری‌های چند معیاره به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین m گزینه موجود به کار گرفته می‌شوند. بدین منظور، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری (A) با استفاده از سوال‌های پرسشنامه تشکیل گردید و سپس آن به ماتریس نرمال شده (Pij) تبدیل و در نهایت میزان dj (درجه انحراف)، Ej (عدم اطمینان) و Wj (وزن) را برای هر یک از کارکردهای اکوسیستمی رودخانه محاسبه شد (تحویلی و همکاران، ۱۳۹۵).

در این مطالعه پس از بی‌مقیاس‌سازی و وزن‌دهی داده‌ها به اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن با مدل مجموع ساده وزین (SAW) پرداخته شده است. این مدل یکی از ساده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که با محاسبهٔ اوزان معیارها به راحتی قابل استفاده است. لذا به منظور اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن در این تحقیق، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری تکمیل شده توسط شهروندان ساروی را با استفاده از روش بی‌مقیاس‌سازی خطی بی‌مقیاس نموده، سپس وزن محاسبه شده توسط تکنیک انتروپی برای هر کارکرد اکوسیستمی را در ماتریس بی‌مقیاس شده ضرب نموده تا اولویت کارکردهای اکوسیستمی حایز اهمیت رودخانه تجن مشخص شوند (تحویلی و همکاران، ۱۳۹۵).

یکی دیگر از مدل‌های اولویت‌بندی دارای قدرت بالا در تفکیک کارکردها و خدمات اکوسیستمی، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحات بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل است که به اختصار با نام TOPSIS شناخته می‌شود و جهت تعیین اولویت یا رتبه کارکردها استفاده می‌شود (Wang T.C and Chang, 2007). زیرا استفاده از مدل تاپسیس در پژوهش‌های انجام گرفته، نشان می‌دهد مدل مذکور روشی انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه است و ابزاری برای معرفی، انتخاب و اولویت‌بندی شاخص‌ها در مطالعات مختلف محسوب می‌شود و در مواجه با تصمیمات مدیریتی پیچیده کارآمد و مفید است (امیرحاجلو و همکاران، ۱۳۹۵).

نتایج

در این پژوهش با استفاده از مقالات و اسناد کتابخانه‌ای، کارکردها و خدمات اکوسیستمی زیر برای رودخانه تجن شهر ساری شناسایی شده است (جدول۱).

جدول(۱): تشریح و تعریف کارکردها و خدمات اکوسیستمی رودخانه تجن

کارکرد	(خدمات)	ویژگی‌ها
تنظیمی	- جلوگیری از سیل و سیلاب - تنظیم رطوبت و دمای هوا - حفظ جریان سفره‌های آب زیرزمینی -کاهش انواع آلودگی‌ها	رودخانه تجن با میانگین آبدهی سالانه ۴۲۳/۴ میلیون مترمکعب یکی از پرآب‌ترین رودهای استان مازندران در حوزه آبریز دریای خزر محسوب می‌شود. متوسط آبدهی این رودخانه در یک دوره آماری ۳۲ ساله، در محل ریختن آن به دریا (ایستگاه کردخیل)، ۱۴/۶ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. این رودخانه نیز مانند سایر رودخانه‌های کشور در معرض تهدیدات وسیعی قرار دارد که از مهمترین آنها می‌توان به ورود رواناب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های مناطق مسکونی و صنعتی به رودخانه، تخریب بستر و زیستگاه موجودات آبزی به سبب برداشت شن و ماسه و احداث سازه‌های آبی نامناسب در عرض رودخانه و جلوگیری از مهاجرت آبزیان به بالادست اشاره کرد.
زیستگاهی	- تأمین زیستگاه مناسب برای گونه‌های جانوری و گیاهی داخل و حاشیه رودخانه تجن (حفظ تنوع زیستی)	رودخانه تجن از محل‌های تخم‌ریزی ماهیان خاویاری از نوع قره‌برون، فیل ماهی و... است. از ماهیان دیگر این رود می‌توان به ماهی کپور، آلبرنوس، سیاه ماهی، قزل‌آلای خال قرمز و اردک ماهی و از ماهیان مهاجر به ماهی کفال و ماهی سفید اشاره کرد. رودخانه تجن به دلیل دارا بودن زیستگاه مناسب تولیدمثلی برای ماهیان خاویاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رودخانه تجن زیستگاه دو گروه ماهیان خاویاری و استخوانی است. در رودخانه تجن حدود ۱۰ گونه ماهی زیست می‌کند است. پوشش گیاهی حاشیه تجن، درختان جنگلی پهن برگ مانند مازو، توسکا، سفیدار، لیلکی، آزاد و انجیلی و انواع گیاهان آبزی حاشیه‌ای است.
تولیدی	- تأمین آب شرب شهروندان شهرستان ساری - تأمین آب برای تولید محصولات کشاورزی - تأمین آب برای واحدهای صنعتی، تولیدی و خدماتی -تأمین آب برای پرورش آبزیان	رودخانه تجن دارای آب دائمی است و میانگین آب ورودی از طریق آن به دریای خزر در حدود ۱۹/۴ مترمکعب در ثانیه گزارش شده است. این رودخانه به دلیل دبی نسبتاً بالا (۱/۲۰ مترمکعب در ثانیه) تأثیر به‌سزایی در تولید آب دارد و دارای انواع ماهی قزل‌آلا و ماهی آزاد در بالادست است و انواع کپور نیز در پایین‌دست رود وجود دارد که با داشتن پروانه شکار، صید آن مجاز است. آب این رودخانه جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی (زراعی و باغی- بیش از ۴۶ هزار هکتار)، آب شرب شهروندان شهرستان ساری، و واحدهای تولیدی، خدماتی و صنعتی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.
اطلاعاتی	- تأمین چشم‌اندازهای طبیعی - تأمین مکان‌های تفریحی و تفرجی برای شهروندان	پارک‌های ساحلی زیبای حاشیه‌ی این رودخانه (مانند پارک ملل، قائم) و تفرجگاه‌های حاشیه آن از مهمترین مکان‌های بازدید و گردشگری این شهر به حساب می‌آید. وجود تفرجگاه‌های مشخص‌شده در اطراف رودخانه تجن و مسیر این رودخانه به دلیل هم‌جواری جاده با رودخانه باعث ایجاد چشم‌اندازهایی زیبا همانند دره‌ها، جنگل‌ها و شالیزارهای زیبا، و پل‌های ویژه نواحی روستائی- جنگلی می‌شود. مهمترین پل‌های تجن عبارتند از پل آجری نسبتاً قدیمی با هجده چشمه و ۱۶۰ متر طول در مسیر راه اصلی ساری- بهشهر و برخی پل‌های قدیمی تجن که در دوره صفوی و در زمان نادر شاه احداث شده است مانند پل دوره محمد حسن خان، پل آجری در خزر آباد اشاره نمود.

نتایج به دست آمده از اجرای تکنیک Entropy برای تکمیل ماتریس و میزان نرمال شده ماتریس، میزان وزن کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن شهر ساری (W_j)، درجه انحراف (d_j) و عدم اطمینان (E_j) در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج وزن‌دهی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن با استفاده از تکنیک اِنتروپی نشان داد که کارکرد زیستگاهی، اطلاعاتی، تولیدی و کارکرد تنظیمی به ترتیب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول (۲): محاسبهٔ وزن کارکردها اکوسیستمی رودخانه تجن

با استفاده از تکنیک Entropy

کارکرد	E_j	d_j	W_j
زیستگاهی	-۰/۹۸۳۹	۱/۹۸۳۹	۰/۲۵۱۱
اطلاعاتی	-۰/۹۷۵۹	۱/۹۷۵۹	۰/۲۵۰۱
تولیدی	-۰/۹۷۵۳	۱/۹۷۵۳	۰/۲۵۰۰
تنظیمی	-۰/۹۶۶۱	۱/۹۶۶۱	۰/۲۴۸۸

همچنین نتایج اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن از نظر شهروندان ساروی با استفاده از مدل SAW در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که کارکرد زیستگاهی، تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی به ترتیب اولویت اول تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند..

جدول (۳): محاسبهٔ وزن‌نهایی کارکردها اکوسیستمی رودخانه تجن با استفاده از مدل SAW

کارکرد	S_i
زیستگاهی	۰/۱۷۲۳
تولیدی	۰/۱۴۲۵
تنظیمی	۰/۱۲۷۶
اطلاعاتی	۰/۱۰۸۸

نتایج جدول ۴ اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن از نظر شهروندان ساروی با استفاده از تکنیک TOPSIS نشان می‌دهد. طبق نتایج این جدول نیز کارکردهای زیستگاهی، تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی به ترتیب اولویت اول تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول(۴): محاسبهٔ وزن نهایی (نزدیکی نسبی) کارکردها اکوسیستمی رودخانه تجن با استفاده از مدل TOPSIS

کارکرد	d_i^+	d_i^-	Cl_i^+
زیستگاهی	۰/۱۴۲۰	۰/۱۸۹۹	۰/۵۷۲۱
تولیدی	۰/۲۰۳۱	۰/۱۸۴۲	۰/۴۷۵۶
تنظیمی	۰/۲۳۹۸	۰/۱۸۳۶	۰/۴۳۳۷
اطلاعاتی	۰/۳۰۹۶	۰/۱۶۷۶	۰/۳۵۱۲

جدول (۵): اولویت‌بندی کارکردها اکوسیستمی رودخانه تجن

کارکرد	TOPSIS		SAW	
	Cl_i^+	اولویت	S_i	اولویت
تنظیمی	۰/۴۳۳۷	سوم	۰/۱۲۷۶	سوم
زیستگاهی	۰/۵۷۲۱	اول	۰/۱۷۲۳	اول
تولیدی	۰/۴۷۵۶	دوم	۰/۱۴۲۵	دوم
اطلاعاتی	۰/۳۵۱۲	چهارم	۰/۱۰۸۸	چهارم

مقایسه اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن از نظر شهروندان ساروی در دو مدل TOPSIS و SAW به یکدیگر نزدیک می‌باشد. لذا مقایسه بین کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ی تجن در دو مدل با استفاده از شیب منحنی در جدول ۶ مشاهده می‌گردد.

جدول(۶): شیب منحنی در مدل‌های TOPSIS و SAW

R^2	TOPSIS	SAW
	۰/۹۸	۰/۹۷

نتایج درصد اهمیت هر یک از کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن ساری براساس فراوانی بیشترین امتیاز بر طبق طیف لیکرت (امتیاز ۵) مستخرج از ۲۳۹ پرسشنامه‌های تکمیلی توسط شهروندان ساروی در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که کارکردهای زیستگاهی، تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی به ترتیب بیشترین درصد اهمیت را برای شهروندان ساروی دارند.

جدول (۷): درصد اهمیت هر یک از کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن

کارکردها	تنظیمی	زیستگاهی	تولیدی	اطلاعاتی	جمع
تعداد	۶۰	۹۳	۶۴	۲۲	۲۳۹
درصد	۲۵	۳۹	۲۷	۹	۱۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

تاکنون از مدل‌های متفاوتی برای سنجش و اولویت-بندی معیارها و شاخص‌ها استفاده شده است که در این میان بهره‌گیری از مدل‌های چند معیاره دارای اهمیت بیشتری بوده است (افضلی و همکاران، ۱۳۹۷). مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شامل طیف وسیعی از تکنیک-های ریاضی است که بسته به اهداف مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه تکنیک وزن‌دهی Entropy و تکنیک‌های اولویت‌بندی TOPSIS و SAW از اعضای خانواده مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) در رتبه‌بندی مفاهیم مختلف در علوم گوناگون جایگاه ویژه‌ای یافته‌اند (تحویلی و همکاران، ۱۳۹۵).

در این تحقیق جهت بررسی نقش و اهمیت کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ی تجن از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است. جهت وزن-دهی کارکردها از تکنیک اِنتروپی استفاده شده است. نتایج وزن‌دهی این تکنیک نشان داد که کارکرد زیستگاهی با وزن (۰/۲۵۱۱)، اطلاعاتی با وزن (۰/۲۵۰۱)، تولیدی با وزن (۰/۲۵۰۰) و کارکرد تنظیمی با وزن (۰/۲۴۸۸) بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۲).

رودخانه‌ی تجن از دیرباز یکی از غنی‌ترین زیستگاه-های طبیعی کشور از نظر حضور گونه‌های مختلف آبزی و زیستگاه مناسب تولیدمثلی برای ماهیان خاویاری (لالویی، ۱۳۷۸) و رویشگاه مناسب درختان جنگلی پهن برگ آبدوست مانند توسکا، سفیدار و انواع گیاهان آبزی حاشیه‌ای بوده است (جلودار، ۱۳۹۵).

نتایج دو مدل تصمیم‌گیری TOPSIS و SAW نشان داد کارکرد زیستگاهی در میان سایر کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن ساری، اولویت اول را به خود اختصاص داده است. از اینرو یکی از مهم‌ترین کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ی تجن بر اساس نظر شهروندان ساروی می‌باشد.

Birol et al, (2006) و Eggert H and Olsson (2009)، نیز در مطالعه‌ای خود دریافتند که شهروندان ساکن حاشیه تالاب یونان و سواحل سوئد نیز توجه‌های محیط‌زیستی بالایی دارند و بیشترین ارزش را برای جلوگیری از کاهش تنوع زیستی و ذخایر ماهی (کارکرد زیستگاهی) قائلند.

شهرستان ساری به‌عنوان مرکز استان مازندران یکی از قطب‌های مهم تولید محصولات کشاورزی است که متداولترین روش آبیاری زمین‌های کشاورزی این شهرستان، به‌ویژه اراضی شالیزاری از طریق رودخانه‌ها است. بر اساس آمار اعلام شده از سوی شرکت آب منطقه‌ای مازندران، ۷۰ درصد از منابع آب استان مازندران از بخش آب سطحی تأمین می‌شود که رودخانه دائمی تجن بیش از ۵۰ درصد آب کشاورزی این خطه را تأمین می‌کنند. لذا از آنجایی که رودخانه‌ی تجن یکی از رودخانه‌های مهم شمال ایران است و پایه‌گذار فعالیت‌های اقتصادی مهمی در شهر ساری بوده است.

نتایج اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ی تجن حاصل از دو مدل TOPSIS و SAW نیز نشان داد که کارکرد تولیدی با داشتن بیشترین وزن نهایی در اولویت دوم و جایگاه بعد کارکرد زیستگاهی قرار گرفته است. این نتایج نشان می‌دهد بر اساس نظر شهروندان ساروی کارکرد تولیدی بعد از کارکرد زیستگاهی دارای اهمیت بالا برای آنها می‌باشد. زیرا این رودخانه نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی اراضی حاشیه و پایین‌دست شهر ساری دارد.

یافته‌های پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند نتایج متفاوتی را نشان دهد هر چند که گاهی ممکن است این نتایج به

هم نزدیک باشند (اجیرلو و همکاران، (۱۳۹۵). در این پژوهش نیز نتایج اولویت‌بندی دو مدل SAW و TOPSIS با هم مشابه بوده است. در این مطالعه، مطابق با نتایج جدول ۶ مشخص شده است شیب منحنی وزن نهایی (R^2) در مدل SAW برابر ۰/۹۷ و در مدل TOPSIS برابر با ۰/۹۸ بوده که نسبت به مدل SAW بیشتر و به یک نزدیکتر بوده است. مقایسه نتایج حاصل از شیب منحنی وزن نهایی در دو مدل فوق الذکر نشان می‌دهد شیب منحنی نزدیکی نسبی وزن‌ها در مدل TOPSIS نسبت به مدل SAW بیشتر و به یک نزدیکتر می‌باشد. بر پایه این نتیجه و اجماع نظر، اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن از نظر شهروندان ساروی در مدل TOPSIS به واقعیت نزدیکتر بوده است.

طبق نتایج برای ۳۹ درصد از شهروندان ساروی (پاسخگویان) کارکرد زیستگاهی، ۲۷ درصد از شهروندان کارکرد تولیدی، ۲۵ درصد از شهروندان کارکرد تنظیمی، ۹ درصد از شهروندان کارکرد اطلاعاتی دارای اولویت اول می‌باشند. امتیاز بالای کارکردهای زیستگاهی و تولیدی رودخانه تجن در مقایسه با سایر کارکردهای اکوسیستمی نشان می‌دهد که این کارکرد برای ساکنان منطقه مورد مطالعه دارای اهمیت زیادی می‌باشد. نتایج مطالعات Chaikaew et al, (2017)، در حوزه رودخانه فلوریدا نشان داد که خدمات زیستگاهی و تولیدی مهمترین خدمات اکوسیستمی رودخانه از دیدگاه ساکنین حواشی رودخانه بوده است که نتایج این تحقیق نیز آن را تایید می‌کند.

پیشنهادات

نتایج حاصل از بررسی نقش و اهمیت کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن محدوده شهر ساری با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نشان داد از دیدگاه ساکنین شهر ساری کارکردهای زیستگاهی، تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی به ترتیب جزء کارکردهای با اهمیت رودخانه تجن می‌باشند. از این‌رو با مشخص‌شدن اولویت کارکردهای اکوسیستمی رودخانه تجن، نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به‌عنوان یک الگو در اختیار طراحان و تصمیم‌گیران مهندسی رودخانه و بهسازی منظر حاشیه رودخانه شهری قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود طرح‌هایی در جهت تعادل اکوسیستم رودخانه، جلوگیری از تکه‌تکه شدن آن و ایجاد پیوستگی بین اجزای آن با یکدیگر و با شهر جهت پایداری کیفیت محیط زیست شهری توسط نهادهای ذیربط اجرا گردد.

همچنین پیشنهاد می‌گردد علایق و نگرش ساکنین بومی جهت حفاظت و توسعه رودخانه‌ها مورد توجه قرار گیرد. تا رودخانه‌ها به عنوان زیستگاه آخرین بازماندهتنوع‌زیستی گونه‌های آبزی که کم و بیش در روند توسعه ناپایدار کنونی ویژگی‌های طبیعی خود را حفظ کرده‌اند در سطح و میزان بالاتری حفظ شوند.

در این پژوهش از تکنیک‌های Entropy به منظور تعیین وزن، TOPSIS و SAW برای اولویت‌بندی کارکردها و خدمات اکوسیستمی رودخانه استفاده گردیده است. لذا پیشنهاد می‌شود از تکنیک‌های پیشرفته‌تر، دارای کارایی بیش‌تر و جدیدتر همانند LINMAP، ELECTER، شبکه عصب مصنوعی و غیره به طور توأمان جهت وزن‌دهی و اولویت‌بندی کارکردها و خدمات اکوسیستمی رودخانه‌ها استفاده شود.

منابع

اجیرلو، ا.، م. موذنی، و. آقایی و ا. نوروزی. ۱۳۹۵. بررسی امنیت در بوستان‌های شهری با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره MCDM (بوستان‌های شهر مرزی پارس‌آباد مغان). پژوهشنامه جغرافیای انتظامی، سال چهارم، شماره ۱۴: ص ۱۳۹-۱۶۶.

افضلی، ز.، زارع مهرجردی، م. و ص. نبی بیان. ۱۳۹۷. اولویت‌بندی تخصیص منابع آب سد جیرفت تحت رویکرد خشکسالی با کاربرد تکنیک شباهت به گزینه ایده‌آل فازی (FTOPSIS). فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، شماره ۳۳: ص ۶۰-۷۴.

امیرحاجلو، الف.، تولایی، س. زنگانه، ا. و ا. زنگانه. ۱۳۹۲. ارزیابی و اولویت‌بندی اثرات گردشگری در سطح ملی با استفاده از تکنیک TOPSIS. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال سوم، شماره ۱۰: ۱۵-۲۶.

تحویلی، ز.، ملکیان، آ. خسروی، ح. و ش. خلیقی سیگارودی. ۱۳۹۵. مطالعه مکانیابی پتانسیل استحصال آب باران در مناطق خشک با استفاده از روش TOPSIS؛ مطالعه موردی دشت انارک. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۲۷: ص ۶۰-۷۴.

تقوایی، ح.، علی‌دوست، ش. و ن مبرقعی. ۱۳۹۵. چارچوب بهسازی منظر حاشیه رودخانه‌های شهری بر اساس خدمات اکوسیستمی رودخانه سفیدرود آستانه اشرفیه. دوفصلنامه معماری و شهرسازی، شماره ۱۹: ۷۶-۹۱.

جلودار، م.، روحی ا. و ف. پرافکنده حقیقی. ۱۳۹۵. مجله آبزیان دریای خزر. اهمیت رودخانه تجن در حفاظت از گونه‌های ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر، سال اول، شماره ۲. ص ۲۵-۳۴.

شریف‌نیا، م.، نمین، ج. و ماکرانی، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی بوم‌شناختی رودخانه تجن با استفاده از گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و شاخص‌های زیستی. مجله اکولوژی کاربردی، (۱): ص ۸۰-۹۵.

عصمت ساعتلو، م. عصمت ساعتلو، ج. و ز. جوان. ۱۳۸۷. بررسی اثرات زیست‌محیطی برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه بر اکولوژی رودخانه (مطالعه: موردی رودخانه نازلوچای ارومیه). سومین کنفرانس مدیریت منابع آب تبریز.

فریادی، س. شاهدی، ک. و م. نباتپور. ۱۳۹۱. مطالعه پارامترهای کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال سوم، شماره ۶. ص ۹۲-۷۵.

کوکبی، ل. و ب. امین‌زاده. ۱۳۸۷. کاربرد اکولوژی سیمای سرزمین در حفاظت و بهسازی رودخانه‌های درون شهری (مطالعه موردی: رودخانه خشک شیراز). نشریه علوم محیطی، سال۲، شماره۶، ص ۱۰۵-۱۲۰.

محمودی، ع. ۱۳۹۸. بررسی خشکسالی هیدرولوژیک رودخانه تجن با استفاده از شاخص جریان حداقل در محدوده دشت ساری نکا. پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۹ ص.

Birol, E., K. Karousakis and P. Koundouri. 2006. Using a choice experiment to account for preference heterogeneity in wetland attributes: The case of Cheimaditida wetland in Greece. Ecological Economics, 60: 145- 156.

Chaikaew, P., A. Hodges and S. Grunwald. 2017. Estimating the value of ecosystem services in a mixed-use watershed: A choice experiment approach. Journal of Ecosystem Services and Management, 23: 228-237.

De Groot, R., L. Brander and S. Ploeg. 2012. Estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem services, 1, 50–61.

Eggert, H., and B. Olsson. 2009. Valuing multi-attribute marine water quality. Marine Policy, 33: 201- 206.

Hua J and W.Y. Chen. 2019. Prioritizing urban rivers' ecosystem services: An importance-performance analysis. Cities (The International Journal of Urban Policy and Planning), 94: 11-23.

Loomis, J., P. Kent, L. Strange, K. Fausch and A. Covich. 2001. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. Journal of Ecological Economics and Management, 33: 103-117.

Sieber, J and M, Pons. 2015. Assessment of urban ecosystem services using ecosystem services reviews and GIS-based Tools. Procedia engineering journal, 115: 53 – 60.

Song, J., D. Cheng, Q, He X, Li Y. Long and B, Zhang. 2015. An Evaluation of River Health for the Weihe River in Shaanxi Province, China. Advances in Meteorology, 1-13.

Wang, T.C and T.H. Chang. 2007. Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. Expert systems with applications, 33 p.

Xu, Z., W. Hejie, F. Weiguo, W. Xuechao, Z. Peng, R. Jiahui, L. Nachuan, G. Zhicheng, D. Xiaobin and K. Weidong .2019. Relationships between ecosystem services and human well-being changes based on carbon flow (A case study of the Manas River Basin, Xinjiang, China), Ecosystem Services, 37: 16 P.

The Role and Importance of the River Ecosystem Functions Using Multi Criteria Decision Making Models (Case Study: Tajan River in Sari City)

Hamid Amirnejad[1*], Sareh Hosseini[2]

Abstract

Urban rivers as one of the natural structures of the city are important cities sources because of their environmental, economic and cultural values and the provision of ecosystem services. The purpose of this study investigate the role and importance of Tajan River ecosystem functions as one of the most important rivers of Iran in Mazandaran province, Sari. In order to achieve this purpose, multi-criteria decision models includes Entropy to calculate functions weight of the river ecosystem and Technique Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) and the Simple additive weighting (SAW) to prioritize functions. In this study, research data were extracted from field survey, random sampling and from 239 questionnaires completed by Sari citizens in winter 1397 and spring 1398 to show which of the ecosystem functions of the Tajan River, including regulatory, habitat, productivity and information functions, is importance for Sari citizens. Analysis of weighting Tajan River ecosystem functions in Sari with Entropy technique showed that habitat, productivity, information and regulatory functions gained 0.2511, 0.2501, 0.2500 and 0.2488 weights, respectively. According to the results of the prioritization Tajan River ecosystem functions with TOPSIS and SAW models, habitat, productivity, regulatory and information functions take the first to fourth priority respectively. Also, the results showed that habitat function for 39% of the citizens, productivity function 27% of the citizen, regulatory function 25% of citizen, information function 9% of the citizen had priority. By identifying and determination the priority of Tajan River ecosystem functions, it is suggested that the results of the present study used as a model for designers and decision makers of river engineering and improvement of urban river landscape, and projects be done for the balance of the river ecosystem and the sustainability of the quality of the urban environment.

Keywords: Ecosystem Functions, Multi Criteria Decision Making Models, Tajan River, Sari

[1] Associate Prof, Department of Agricultural economic, Faculty of Agricultural Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari
[*] Crossponding athour, Email: h.amirnejad@sanru.ac.ir
[2] Ph.D. Forestry, Faculty of Natural Resources, Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari
Email: S.Hosseini@Sanru.ac.ir