

اولویت‌بندی اکوسیستمی رودخانه اترک با نگرشی جدید بر کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مناطق خشک و نیمه‌خشک

علیرضا دنیایی^۱، امیرپویا صراف^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲۱

چکیده

حفظ اکوسیستم پهنه‌های آبی به‌ویژه رودخانه‌ها در کشورهای نظیر ایران که در سطح وسیعی دارای اقلیم گرم و خشک بیابانی می‌باشد از اولویت‌های هرگونه توسعه به‌ویژه توسعه پایدار است. هدف از این پژوهش، اولویت‌بندی اکوسیستمی رودخانه اترک یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های شمال شرق ایران در استان گلستان، شهرستان مراوه‌تپه با اقلیم گرم و خشک بیابانی است. در این پژوهش از روش آنتروپی شانون برای محاسبه وزن کارکردهای اکوسیستمی رودخانه و تاپسیس بهبودیافته و مدل ارزیابی مبتنی بر فاصله ترکیبی (CODAS) برای اولویت‌بندی کارکردها استفاده شد، به‌طوری که داده‌های پژوهش به‌صورت پیمایش میدانی، از ۱۴۹ پرسشنامه که در تابستان و پاییز ۱۳۹۹ توسط ساکنان شهرستان مراوه‌تپه تکمیل گردید، استخراج شد تا نمایان شود کدام‌یک از کارکردهای اکوسیستمی رودخانه (تنظیمی، زیستگاهی، تولیدی و اطلاعاتی) دارای اهمیت بیشتری برای ساکنان هستند. تجزیه و تحلیل یافته‌های وزن‌دهی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه به روش آنتروپی شانون نشان داد که کارکردهای زیستگاهی، تولیدی، اطلاعاتی و تنظیمی به‌ترتیب با کسب وزن‌های ۰/۲۵۰۱، ۰/۲۴۹۱، ۰/۲۴۹۰ و ۰/۲۴۷۸، بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی با مدل‌های تاپسیس بهبودیافته و CODAS، کارکردهای زیستگاهی، تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی در اولویت اول تا چهارم قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که کارکردهای اکوسیستمی زیستگاهی، تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی به‌ترتیب برای ۴۱٪، ۲۶٪، ۲۵٪ و ۸٪ از شهروندان دارای اولویت اول هستند. لذا پیشنهاد می‌شود نتایج پژوهش حاضر به‌عنوان یک الگو در اختیار طراحان و تصمیم‌گیران مهندسی رودخانه قرار گیرد تا طرح‌هایی را در جهت پایداری اکوسیستم رودخانه و کیفیت محیط زیست شهری اجرا کنند.

کلیدواژه‌ها: رودخانه اترک، کارکردهای اکوسیستمی، مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مراوه‌تپه.

۱. دکتری مهندسی عمران، کارشناس حفاظت و بهره‌برداری، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران

۲. استادیار گروه مهندسی عمران، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران، نویسنده مسئول، sarraf@riau.ac.ir

* این مقاله برگرفته از پژوهش مستقل است.

مقدمه

رودخانه‌ها جزئی از اکوسیستم‌های طبیعی بوده که از اهمیت خاصی برخوردارند. وجود تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری که غالباً از ارزش فراوانی برخوردارند، رودخانه‌ها را در زمره اکوسیستم‌های حساس و آسیب‌پذیر قرار داده است. آگاهی از این خدمات اکوسیستمی رودخانه‌ها نه تنها موجب حفظ و نگهداری هرچه بیشتر آن‌ها شده، بلکه بهره‌مندی شهروندان از خدمات زیست‌محیطی آن‌ها را نیز بیشتر خواهد کرد. بنابراین برای شناسایی خدمات اکوسیستم طبیعی مانند رودخانه‌ها، ضروری است که طبقه‌بندی خدمات مختلف اکوسیستمی در دستور کار قرار گیرد. غالباً خدمات اکوسیستمی رودخانه به چهار گروه اصلی شامل خدمات تنظیمی، خدمات اطلاعاتی، خدمات تولیدی و خدمات زیستگاهی تقسیم‌بندی می‌شوند (دیگروت^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). خدمات تنظیمی شامل حفظ آن دسته از فرایندهای بوم‌شناختی است که برای حمایت از محیط زیست ضروری می‌باشد. خدمات اطلاعاتی شامل خدماتی است که در راستای غنی‌سازی معنوی، زیباشناختی، فرهنگی و علمی فرصت‌هایی را فراهم می‌آورد، درحالی‌که تأمین و تهیه کالاها در ردیف خدمات تولیدی قرار گرفته و خدمات زیستگاهی نیز به فراهم کردن زیستگاه مناسب برای گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری می‌پردازد (دیگروت و همکاران، ۲۰۱۲).

بدیهی است که عدم دستیابی به اطلاعات و نیز شناخت ناکافی از خدمات اکوسیستم طبیعی رودخانه‌ها موجب صدمات جبران‌ناپذیری بر رودخانه‌ها شده که این مهم تاب‌آوری زیستگاهی رودخانه‌ها را کاهش می‌دهد (لومیس^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). امروزه توسعه روزافزون شهرنشینی و ساخت‌وسازها و حتی فعالیت‌های اقتصادی اجتماعی موجب تخریب شدید اکوسیستم‌های طبیعی به‌ویژه رودخانه‌های شهری شده، به‌گونه‌ای که احیا و حفاظت از آن‌ها را ضروری می‌نماید (لومیس و همکاران، ۲۰۱۲).

اگرچه 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 (کوکبی و امین‌زاده، ۲۰۰۹)، اما برخی از رودخانه‌ها هم هستند که با آنکه نقشی در مکان‌یابی هسته اصلی شهر نداشته‌اند (مانند مراوه‌تپه، گرگان، ساری و همدان) در اثر رشد شهر، جزئی از آن شده‌اند. در هر صورت ساختار طبیعی رودخانه‌ها در نواحی شهری شدیداً تحت تأثیر گسترش شهر است و نیاز به ملاحظات خاص زیست‌محیطی دارد (کوکبی و امین‌زاده، ۲۰۰۹).

از جمله پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه می‌توان به مطالعه در خصوص بهسازی حاشیه رودخانه سفیدرود آستانه اشرفیه بر مبنای تحلیل خدمات اکوسیستمی اشاره کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که چهارچوب بهسازی منظر می‌تواند به ثبات خدمات اکوسیستم، بهبود کیفی و تقویت تعاملات اجتماعی و رابطه مردم با محیط طبیعی کمک کند (تقوی و همکاران، ۲۰۱۸). به‌علاوه مطالعه در خصوص برآورد منافع اقتصادی حاصل از بهبود کیفیت آب‌های سواحل غربی سوئد نشان داد که پرسش‌شوندگان دارای توجه محیط‌زیستی بالایی بوده و بیشترین ارزش را برای جلوگیری از کاهش تنوع زیستی و ذخایر ماهی قائل‌اند (قنبری و همکاران، ۲۰۲۱). در پژوهشی دیگر، کارکردهای اکوسیستم‌های طبیعی سنگاپور مبتنی بر نظرات متخصصان در قالب پرسشنامه‌هایی، شناسایی، وزن‌دهی و اولویت‌بندی شد. نتایج حاصل از وزن‌دهی و اولویت‌بندی کارکردها نشان داد که کارکردهای حفاظت آب، زیستگاهی، ذخیره‌گاهی و تنظیمی به ترتیب حائز اولویت بالاتر برای ارزیابی هستند (سیبر و پونس^۳، ۲۰۱۵). ضمناً مطالعه در خصوص ارزیابی خدمات اکوسیستمی حوزه رودخانه فلوریدا بر اساس روش آزمون انتخاب نشان داد که خدمات زیستگاهی و تولیدی مهم‌ترین خدمات اکوسیستمی رودخانه از دیدگاه ساکنان حواشی رودخانه است (چایکاو^۴ و همکاران، ۲۰۱۷). شایان ذکر است که مطالعه در خصوص اولویت‌بندی خدمات اکوسیستمی رودخانه شهری چین با استفاده از روش تحلیل اهمیت اجرا^۵ IPA نشان داد که خدمات زیستگاهی و تنظیمی مهم‌ترین

3. Sieber and Pons

4. Chaikaew

5. importance-performance analysis

1. De Groot

2. Loomis

پرباب‌ترین رودخانه‌های شمال شرق ایران است. رودخانه اترک یکی از معروف‌ترین رودخانه‌های ایران است و به لحاظ طول، پنجمین رودخانه بزرگ ایران به شمار می‌رود که پایه‌گذار فعالیت‌های اقتصادی در استان گلستان به‌ویژه شهرستان مراوه‌تپه بوده است. رودخانه اترک که زهکش اصلی حوضه آبریز اترک است، از بلندی‌های هزار مسجد سرچشمه می‌گیرد (صراف و همکاران، ۲۰۲۱). سرشاخه‌های اصلی رودخانه اترک عبارت‌اند از: رودخانه‌های تبارک‌آباد، تنسوان، چری، قلچق و تعداد شاخه‌ها و مسیل‌های فصلی با آبراه‌ها که از چشمه‌های حاشیه رودخانه سرچشمه می‌گیرد. رودخانه اصلی با طول ۵۸۳ کیلومتر در این حوضه از شرق به غرب جریان داشته و به دریای خزر می‌ریزد که ۱۲۰ کیلومتر از این رودخانه به مساحت ۱۲۰۰۰ کیلومتر مربع در این محدوده استان گلستان قرار دارد. رودخانه اترک با عبور از درون بافت‌های مختلف شهری و روستایی عامل ارتباط‌دهنده اکوسیستم‌های مختلف پیرامونی محسوب می‌شود که خدمات اکوسیستمی بسیاری را به شهروندان شهرستان‌های مجاورش ارائه می‌دهد (صراف و همکاران، ۲۰۲۰). از این‌رو شناسایی کارکردهای اکوسیستمی این رودخانه، به‌کارگیری مدل‌های علمی برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی آن‌ها حائز اهمیت است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی رودخانه اترک
Figure (1): Geographical location of Atrak River

روش انجام پژوهش

در این پژوهش، برای بررسی نقش و اهمیت کارکردهای اکوسیستمی اترک در محدوده شهرستان مراوه‌تپه با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، ابتدا کارکردها و خدمات اکوسیستمی رودخانه اترک از به روش کتابخانه‌ای گردآوری شد. سپس داده‌های پژوهش به‌صورت پیمایش میدانی،

خدمات اکوسیستمی رودخانه از دیدگاه ساکنان حواشی رودخانه بوده است (هوا و چن، ۲۰۱۹).

از آنجا که در مطالعات گذشته بیشتر به موضوعاتی نظیر بهبود کیفیت آب رودخانه‌ها، بهسازی منظر حاشیه رودخانه‌ها، ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی رودخانه‌ها و نقش این خدمات در رفاه شهروندان پرداخته شده است و کمتر به اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ها توجه شده، در این پژوهش اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه‌ها با تأکید بر یکی از بزرگ‌ترین رودخانه‌های کشور که از چندین شهر عبور می‌کند، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد؛ از جمله این رودخانه‌ها، رودخانه اترک در استان گلستان است.

در این پژوهش سعی بر این است با توجه به عوامل زیر اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک از دیدگاه شهروندان مراوه‌تپه با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد بحث و بررسی قرار گیرد:

الف. اهمیت جریان رودخانه اترک در استان گلستان و شهرستان مراوه‌تپه؛

ب. تنش‌های حاصل از کمبود منابع آب سنوات اخیر؛

ج. احتمال وقوع یا تشدید چنین تنش‌هایی در آینده با توجه به پدیده تغییرات اقلیمی در سال‌های آینده؛

د. نقش مهم خدمات اکوسیستمی رودخانه اترک در مدیریت جامع منابع آب.

شایان ذکر است که 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 و تفریحی)، کارکرد تولیدی (تأمین آب شرب، کشاورزی، آبی‌پرووری و صنعت) و کارکرد زیستگاهی (حیات وحش و تنوع زیستی) است.

مواد و روش‌ها

– منطقه مورد مطالعه

برای انجام پژوهش حاضر، رودخانه اترک محدوده شهرستان مراوه‌تپه در استان گلستان انتخاب شد. این رودخانه یکی از

در این پژوهش به منظور بررسی اعتبار پرسشنامه، از تکنیک سنجش اعتمادپذیری ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. آزمون آلفای کرونباخ^۲ یا اعتمادپذیری^۳ یا پایایی پرسشنامه یک آزمون آماری است که حاصل آن یک ضریب به نام آلفای کرونباخ می باشد، برای آزمون اعتمادپذیری یا پایایی پرسشنامه‌ای مبتنی بر مقیاس لیکرت و با پاسخ های چندگزینه‌ای طراحی می شود. ضریب آلفای کرونباخ برای سنجش میزان تک بعدی بودن نگرش‌ها، قضاوت‌ها و سایر مقولاتی که اندازه‌گیری آن‌ها آسان نیست به کار می رود. لی کرونباخ برای برآورد ضریب آلفای کرونباخ، رابطه زیر را پیشنهاد داد (دنیایی و همکاران، ۲۰۲۱):

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma^2} \right) \quad (2)$$

در این رابطه، K تعداد پرسش‌ها و σ_i^2 واریانس هر پرسش و σ^2 واریانس کل پرسش‌هاست. شایان ذکر است که هر قدر همبستگی مثبت بین سؤالات بیشتر شود، میزان آلفای کرونباخ بیشتر خواهد شد (دنیایی، ۲۰۲۱). مقادیر به دست آمده از ضریب آلفای کرونباخ بر اساس جدول (۱) قابل تفسیر خواهد بود.

جدول (۱): میزان اعتمادپذیری در مقایسه با ضریب آلفای کرونباخ

ضریب آلفای کرونباخ	اعتمادپذیری
$\alpha \geq 0.9$	عالی
$0.9 > \alpha \geq 0.8$	خوب
$0.8 > \alpha \geq 0.7$	قابل قبول
$0.7 > \alpha \geq 0.6$	مورد سؤال
$0.6 > \alpha \geq 0.5$	ضعیف
$\alpha < 0.5$	غیر قابل قبول

در این پژوهش که با توجه به مقدار این ضریب ($\alpha=0/86$)، اعتمادپذیری پرسشنامه خوب ارزیابی شد و مورد تأیید قرار گرفت. در این پژوهش برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی هر یک از کارکردها و خدمات اکوسیستمی رودخانه اترک از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل ارزیابی مبتنی بر فاصله ترکیبی^۴ (CODAS) و تاپسیس بهبودیافته برای اولویت‌بندی کارکردها استفاده شده است.

نمونه‌گیری تصادفی از ۱۴۹ پرسشنامه در تابستان و پاییز ۱۳۹۹ با انجام مصاحبه حضوری از شهروندان تکمیل و استخراج گردید.

برای برآورد تعداد نمونه‌های پژوهش از فرمول کوکران استفاده شد. فرمول کوکران یکی از روش‌های آماری است که معمولاً در ارتباط با مطالعه متغیرهای کیفی برای تعیین حجم نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد. حجم نمونه در این روش به صورت رابطه (۱) محاسبه می‌شود (دنیایی و صراف، ۲۰۲۱a):

$$n = \frac{\frac{Z^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left[\frac{Z^2 pq}{d^2} - 1 \right]} \quad (1)$$

در این فرمول N حجم جامعه است. آماره p درصد توزیع صفت در جامعه یعنی نسبت افرادی است که دارای صفت مورد مطالعه هستند. آماره q نیز درصد افرادی است که فاقد صفت مورد مطالعه هستند. آماره Z از جدول توزیع نرمال به دست می‌آید. در سطح خطای ۵٪ مقدار Z برابر ۹۶/۱ می‌باشد و مقدار d نیز تفاضل نسبت واقعی صفت در جامعه با میزان تخمین پژوهشگر برای وجود آن صفت در جامعه است.

به منظور آشنایی پاسخگویان در خصوص کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک در محدوده شهرستان مراوه‌تپه یک بروشور اطلاعاتی در پرسشنامه طراحی شد و سپس این پرسش مطرح شد که کدام یک از کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک در محدوده شهرستان مراوه‌تپه برای ایشان دارای اهمیت هستند. برای تعیین درجه اهمیت کارکردها از مقیاس لیکرت^۱ استفاده شد. مقیاس لیکرت یک مقیاس روان‌شناختی است که در پرسشنامه‌های پژوهشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقیاس لیکرت عموماً برای اندازه‌گیری دیدگاه، احساس، نظر و مواردی از این قبیل که قابل مشاهده نیستند اما می‌توانند بر رفتار مخاطب مؤثر باشند نظیر رضایت در خدمات، احتمال یک پدیده یا آشنایی با عوامل یک فرایند به کار می‌رود. در پژوهش حاضر نیز با تعیین یکی از پنج درجه اهمیت در مقیاس لیکرت، بی‌اهمیت (۱)، کم‌اهمیت (۲)، بااهمیت (۳)، بااهمیت زیاد (۴) و بااهمیت بسیار زیاد (۵) از پرسش‌شوندگان خواسته شد که پاسخ‌های خود را بیان کنند (دنیایی و صراف، ۲۰۲۱b).

2. Cronbach's alpha

3. Reliability

4. Combinative Distance-based Assessment

1. Likert scale

تاپسیس بهبودیافته^۱

این روش از تکنیک‌های جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره است که هدف آن رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش بر اساس مجموعه‌ای از معیارهاست. این روش توسط نیو^۲ و همکاران (۲۰۱۷) ارائه شد. در واقع این روش توسعه روش تاپسیس سنتی است زیرا نویسندگان این مقاله بیان داشتند که در روش تاپسیس سنتی محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایدئال و ضدایدئال توسط فاصله اقلیدسی (روابط ۳ و ۴) محاسبه می‌شود که یک فاصله ابتدایی است. بنابراین پیشنهاد دادند که دو فاصله همینگ^۳ (روابط ۵ و ۶) و فاصله رابطه خاکستری^۴ (روابط ۶ و ۷) به مدل تاپسیس سنتی اضافه شود و سپس این سه فاصله توسط رویکرد ضربی (روابط ۸ و ۹) به یک فاصله نهایی تبدیل شوند و بر اساس آن‌ها روابط نهایی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها صورت گیرد و بیان داشتند که نتایج ارزیابی به‌دست‌آمده با استفاده از روش تاپسیس بهبودیافته، کارآمدتر، دقیق‌تر و دارای قابلیت اطمینان بیشتری است (نیو و همکاران، ۲۰۱۷).

مقدار Z_i میزان ارزش کل هر گزینه است که هر چقدر این ارزش عدد کمتری داشته باشد، گزینه رتبه بهتری دارد (نیو و همکاران، ۲۰۱۷).

$$Z_i = S_i^- \times (1 - S_i^+) \quad (10)$$

ارزیابی مبتنی بر فاصله ترکیبی (CODAS)^۵

این روش اولین بار توسط کشاورز قراپایی^۶ و همکاران (۲۰۱۶) (۲۰۱۶) ارائه شد. روش کوداس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه بوده که با هدف رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس تعدادی معیار بنا شده است. در این روش ابتدا از فاصله اقلیدسی^۷ و سپس فاصله منتهن^۸ استفاده می‌شود. این فاصله‌ها بر اساس اختلاف با نقطه ایدئال منفی محاسبه شده، به‌طوری که هر گزینه‌ای که بیشترین فاصله را با ایدئال منفی داشته باشد، بهترین گزینه در روش کوداس است. در حالت کلی با فرض m معیار و n گزینه، می‌توان گام‌های این روش را به‌صورت زیر توصیف کرد (دنیایی و همکاران، ۲۰۲۰a):

اولین گام تشکیل ماتریس تصمیم: در این ماتریس، ستون‌ها به‌عنوان معیارها و سطرها به‌عنوان گزینه‌های تصمیم در نظر گرفته می‌شوند. حالت کلی ماتریس تصمیم به‌صورت رابطه (۱) است (کشاورز قراپایی و همکاران، ۲۰۱۶):

$$X = [X_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (11)$$

دومین گام نرمال‌سازی ماتریس تصمیم: نرمال‌سازی با استفاده از روابط دو قسمتی رابطه (۱۲) انجام می‌شود. اگر معیار جنبه مثبت (سود) داشته باشد از رابطه بالایی، و اگر معیار جنبه منفی (هزینه) داشته باشد از رابطه پایینی استفاده می‌شود (کشاورز قراپایی و همکاران، ۲۰۱۶).

$$n_{ij} = \begin{cases} \frac{X_{ij}}{\max_i X_{ij}} & \text{if } j \in N_b \text{ برای معیارهای مثبت} \\ \frac{\min_i X_{ij}}{X_{ij}} & \text{if } j \in N_c \text{ برای معیارهای منفی} \end{cases} \quad (12)$$

سومین گام تشکیل ماتریس نرمال وزن دار است؛ یعنی باید وزن معیارها را در ماتریس نرمال ضرب کرد. این وزن را

$$d_E^+(V, A^+) = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_n^+)^2} \quad (3)$$

$$d_E^-(V, A^-) = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - v_n^-)^2} \quad (4)$$

$$d_H^+(V, A^+) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |v_{ij} - v_n^+| \quad (5)$$

$$d_H^-(V, A^-) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |v_{ij} - v_n^-| \quad (6)$$

$$d_G^+(X, A^+) = \min_i \min_j |v_j^+ - x_{ij}| + \rho \max_i \max_j |v_j^+ - x_{ij}| \quad (7)$$

$$d_G^-(X, A^-) = \min_i \min_j |v_j^- - x_{ij}| + \rho \max_i \max_j |v_j^- - x_{ij}| \quad (8)$$

$$S_i^+ = u_1 d_E^+ + u_2 d_H^+ + u_3 d_G^+ \quad (9)$$

$$S_i^- = u_1 d_E^- + u_2 d_H^- + u_3 d_G^- \quad (10)$$

که در آن، مقادیر نهایی فاصله گزینه‌ها از ایدئال مثبت (S^+) و ایدئال منفی (S^-) را با در نظر گرفتن هر سه فاصله محاسبه شده و u_1 و u_2 و u_3 به ترتیب درجه اهمیت فواصل اقلیدسی، همینگ و تحلیل خاکستری است. در نهایت در روش تاپسیس بهبودیافته ارزش کل هر گزینه از رابطه (۱۰) به دست می‌آید. در این رابطه

5. Combinative Distance-based Assessment
6. Keshavarz-Ghorabae
7. Euclidean distance
8. Taxicab distance

1. Improve TOPSIS
2. Niu
3. Hamming approach degree
4. ray correlation degree

$$T_i = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - ns_j| \quad (14)$$

در گام پنجم، تشکیل ماتریس ارزیابی نسبی با استفاده از رابطه (۱۵) می باشد که آن، نشان دهنده یک تابع آستانه برای تشخیص برابری فاصله اقلیدسی دو گزینه است (کشاورز قربایی و همکاران، ۲۰۱۶).

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)) \quad (15)$$

در نهایت با جمع مقادیر h_{ik} گزینه ها، می توان آن ها را رتبه بندی نمود؛ هرچه مقدار H_i گزینه ای بزرگ تر باشد آن گزینه رتبه بهتری دارد (کشاورز قربایی و همکاران، ۲۰۱۶).

می توان از روش های دیگر از جمله روش آنتروپی شانون، بهترین بدترین (BWM) یا روش AHP روش به دست آورد (صراف و همکاران، ۲۰۲۰).

سپس باید فواصل اقلیدسی و منهن از ایدئال منفی را محاسبه کرد. این فواصل از روابط (۱۳) و (۱۴) به دست می آیند. در این روابط، ns_j ایدئال منفی معیارهاست (کشاورز قربایی و همکاران، ۲۰۱۶):

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (13)$$

جدول (۲): تشریح و تعریف کارکردها و خدمات اکوسیستمی رودخانه اترک

Table (2): Description and definition of functions and ecosystem services of Atrak River

ویژگی ها characteristics	(خدمات) services	کارکرد functions
خروشان و سیل گیر بودن رودخانه اترک پنجمین رودخانه بلند ایران و طولانی ترین رودخانه ترکمنستان مهم ترین تهدیدات رودخانه اترک شامل: - ورود فاضلاب های کشاورزی، شهری و صنعتی - تخریب بستر و زیستگاه آبزیان به سبب برداشت شن و ماسه و احداث سازه های آبی نامناسب در عرض رودخانه و جلوگیری از مهاجرت آبزیان به بالادست	-جلوگیری از سیلاب -تنظیم رطوبت و دمای هوا -حفظ جریان سفره های آب زیرزمینی -کاهش انواع آلودگی ها	تنظیمی regulatory
کاهش میزان مهاجرت تخم ریزی ماهی سفید در اترک به دلایل زیر: آلودگی سواحل، صید بی رویه مولدین و عدم تکثیر مصنوعی و بازسازی ذخایر از طریق رهاسازی بچه ماهی سفید (نادری جلودار و همکاران، ۲۰۱۷).	-تأمین زیستگاه مناسب برای گونه های جانوری و گیاهی داخل و حاشیه رودخانه اترک (حفظ تنوع زیستی)	زیستگاهی habitat
بهره برداری از آب رودخانه اترک در مصارف زیر: -آبیاری زمین های کشاورزی (زراعی و باغی) -استفاده در واحدهای تولیدی، خدماتی و صنعتی -استفاده در آبی پروری به ویژه ماهی سفید -صدور پروانه شکار، صید آبزیان	-تأمین آب برای تولید محصولات کشاورزی -تأمین آب برای واحدهای صنعتی، تولیدی و خدماتی - تأمین آب برای پرورش آبزیان	تولیدی productivity
وجود پارک های ساحلی و تفرجگاه ها در حاشیه اترک برای مقاصد گردشگری، تفریحی و ایجاد چشم اندازهایی زیبا همانند دره ها و شالیزارهای زیبا و پل ها به ویژه نواحی روستایی	-تأمین چشم اندازهای طبیعی -تأمین مکان های تفریحی و تفرجی برای شهروندان	اطلاعاتی information

ترکیبی (CODAS)^۱ و تاپسیس بهبود یافته پرداخته شد.

نتایج و بحث

تکمیل ماتریس و میزان وزن کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک در محدوده شهرستان مراوه تپه (Wj)، درجه انحراف (dj) و فاکتور عدم اطمینان (Ej) در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج وزندهی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون نشان داد که کارکرد

در این پژوهش با استفاده از مقالات و اسناد کتابخانه ای، کارکردها و خدمات اکوسیستمی زیر برای رودخانه اترک شناسایی شده است (جدول ۲). پس از بی بعدسازی و وزندهی داده ها، به اولویت بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک مدل های تصمیم گیری چندمعیاره شامل ارزیابی مبتنی بر فاصله

تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی، همانند مدل تاپسیس بهبودیافته، به‌ترتیب اولویت‌های اول تا چهارم را به خود اختصاص می‌دهند.

جدول (۵): نتایج اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک با استفاده از مدل کوداس

Table (5): results of Atrak river ecosystem functions' prioritization using CODAS model

اولویت priority	Hi	کارکرد function
1	0.1789	زیستگاهی habitat
2	0.1628	اطلاعاتی information
3	0.1321	تولیدی productivity
4	0.1125	تنظیمی regulatory

مقایسه اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک از نظر شهروندان در دو مدل تاپسیس بهبودیافته و کوداس به یکدیگر نزدیک است. لذا مقایسه بین کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک در دو مدل با استفاده از شیب منحنی در جدول (۶) مشاهده می‌شود.

جدول (۶): شیب منحنی در مدل‌های تاپسیس بهبودیافته و کوداس

Table (6): Curve slope in Improved TOPSIS and CODAS models

کوداس CODAS	مدل تاپسیس بهبودیافته Improved TOPSIS	مدل models
98%	96%	R ²

نتایج درصد اهمیت هریک از کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک از دیدگاه شهروندان مراوه‌تپه بر اساس فراوانی بیشترین امتیاز بر طبق طیف لیکرت مستخرج از ۱۴۹ پرسشنامه‌های تکمیلی توسط شهروندان در جدول (۷) نشان داده شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که کارکردهای زیستگاهی، تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی به‌ترتیب بیشترین درصد اهمیت را برای شهروندان دارند.

جدول (۷): درصد اهمیت هریک از کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک

Table (7): Percentage of importance of each of the ecosystem functions of the Atrak River

مجموع total	تنظیمی regulatory	تولیدی productivity	اطلاعاتی information	زیستگاهی habitat	کارکرد function
149	37	39	12	61	تعداد No
100	25	26	8	41	درصد percent

زیستگاهی، اطلاعاتی، تولیدی و کارکرد تنظیمی به‌ترتیب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول (۳): محاسبه وزن کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون

Table (3): Calculation of weight of Atrak river ecosystem functions using Shannon entropy technique

کارکرد functions	درجه انحراف (dj)	وزن (Wj)	عدم اطمینان (Ej)
زیستگاهی habitat	1.9849	0.2501	-0.9829
اطلاعاتی information	1.9449	0.2491	-0.9749
تولیدی productivity	1.9743	0.2490	-0.9743
تنظیمی regulatory	1.9751	0.2478	-0.9751

همچنین نتایج اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک از دیدگاه شهروندان منطقه با استفاده از مدل تاپسیس بهبودیافته در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که کارکرد زیستگاهی، تولیدی، تنظیمی و اطلاعاتی به‌ترتیب اولویت اول تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول (۴): محاسبه نهایی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک با استفاده از مدل تاپسیس بهبودیافته

Table (4): Final calculation of Atrak river ecosystem functions using Improved TOPSIS model

اولویت priority	Z _i	کارکرد function
1	0.1121	زیستگاهی habitat
2	0.1235	اطلاعاتی information
3	0.1429	تولیدی productivity
4	0.1723	تنظیمی regulatory

جدول (۵) نتایج اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک را با استفاده از مدل کوداس نشان می‌دهد. نتایج این جدول مبین این مطلب است که کارکرد زیستگاهی،

نتیجه‌گیری

تاکنون از مدل‌های متفاوتی برای سنجش و اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌ها استفاده شده است که در این میان بهره‌گیری از مدل‌های چندمعیاره دارای اهمیت بیشتری بوده است. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل طیف وسیعی از تکنیک‌های ریاضی است که بسته به اهداف مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه تکنیک وزن‌دهی آنتروپی شانون و تکنیک‌های اولویت‌بندی از اعضای خانواده مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در رتبه‌بندی مفاهیم مختلف در علوم گوناگون جایگاه ویژه‌ای یافته‌اند (دنیایی و همکاران، ۲۰۲۰b). در این پژوهش پس از تعریف کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک در محدوده شهرستان مراوه‌تپه در استان گلستان، وزن‌دهی آن‌ها به روش آنتروپی شانون انجام شد. برای بررسی نقش و اهمیت کارکردهای اکوسیستمی رودخانه، از مدل‌های تاپسیس بهبودیافته و ارزیابی مبتنی بر فاصله ترکیبی (CODAS) به دلیل جدید بودن و کمتر استفاده شدن در علوم مهندسی آب استفاده شد.

نتایج وزن‌دهی کارکردها به روش آنتروپی شانون نشان داد که کارکرد زیستگاهی با وزن (۰/۲۵۰۱)، اطلاعاتی با وزن (۰/۲۴۹۱)، تولیدی با وزن (۰/۲۴۹۰) و کارکرد تنظیمی با وزن (۰/۲۴۷۸) بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.

نتایج دو مدل تصمیم‌گیری تاپسیس بهبودیافته و کوداس نشان داد کارکرد زیستگاهی در میان سایر کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک، اولویت اول را به خود اختصاص داده است. از این‌رو یکی از مهم‌ترین کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک بر اساس نظر شهروندان ساکن در مراوه‌تپه است. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از پژوهش بیرونی^۱ و همکاران (۲۰۰۶) و ایگرت و والسون (۲۰۰۹) مطابقت دارد. چراکه ایشان نیز در مطالعه‌ای دریافته‌اند 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) قائل‌اند.

از آنجا که شهرستان مراوه‌تپه به‌عنوان یکی از قطب‌های مهم تولید محصولات کشاورزی در شمال شرق ایران با اقلیم گرم و خشک است و متداول‌ترین روش آبیاری زمین‌های کشاورزی این شهرستان، به‌ویژه اراضی شالیزاری از طریق رودخانه‌هاست. بر اساس آمار اعلام‌شده از سوی شرکت آب منطقه‌ای گلستان، ۷۰٪ از منابع آب اراضی کشاورزی این شهرستان از بخش آب سطحی تأمین می‌شود. لذا از آنجا که رودخانه اترک یکی از رودخانه‌های مهم و مرزی شمال شرق ایران است، تأمین حداکثری از آب این رودخانه در اولویت وزارت نیرو و کشاورزی قرار دارد.

نتایج اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک حاصل از دو مدل تصمیم‌گیری تاپسیس بهبودیافته و کوداس نیز نشان داد که پس از کارکرد زیستگاهی، کارکرد تولیدی با داشتن بیشترین وزن نهایی در اولویت دوم قرار گرفته است. این نتایج نشان می‌دهد بر اساس نظر شهروندان نیز کارکرد تولیدی بعد از کارکرد زیستگاهی دارای اهمیت بالا برای آن‌هاست زیرا این رودخانه نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی اراضی حاشیه شهرستان مراوه‌تپه دارد.

یافته‌های پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند نتایج متفاوتی را نشان دهد؛ هرچند که گاهی ممکن است این نتایج به هم نزدیک باشند (دنیایی و همکاران، ۲۰۲۰c). در این پژوهش نیز نتایج اولویت‌بندی دو مدل تصمیم‌گیری تاپسیس بهبودیافته و کوداس با هم مشابه بوده است. در این مطالعه، مطابق با نتایج جدول (۵) مشخص شد که شیب منحنی وزن نهایی (R^2) در مدل تصمیم‌گیری تاپسیس بهبودیافته برابر ۰/۹۶ و در مدل کوداس برابر ۰/۹۸ بوده است. مقایسه نتایج حاصل از شیب منحنی وزن نهایی در دو مدل مذکور نشان می‌دهد شیب منحنی نزدیکی نسبی وزن‌ها در مدل کوداس نسبت به مدل تاپسیس بهبودیافته بیشتر و به یک نزدیک‌تر است. بر پایه این نتیجه و اجماع نظر، اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی رودخانه اترک از نظر شهروندان در مدل کوداس به واقعیت نزدیک‌تر بوده است.

طبق نتایج برای ۴۱٪ از شهروندان (پاسخ‌گویان) کارکرد زیستگاهی، ۲۶٪ از شهروندان کارکرد تولیدی، ۲۵ درصد از

گیاهی داخل و حاشیه رودخانه اترک و حفظ تنوع زیستی می‌باشد، در تقابل نزدیک قرار دارد. لذا حفظ زیستگاه آبریان و ایجاد توسعه پایدار در راستای مقاصد صیادی در حقیقت تداوم معیشت صیادان و ذی‌نفعان محلی خواهد بود. لذا پیشنهاد می‌شود نتایج پژوهش حاضر به‌عنوان یک الگو در اختیار طراحان و تصمیم‌گیران مهندسی رودخانه قرار گیرد تا طرح‌هایی را در جهت پایداری اکوسیستم رودخانه و کیفیت محیط زیست شهری اجرا کنند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان به جهت در اختیار قرار دادن داده‌های این پژوهش صمیمانه تشکر می‌کنیم.

شهروندان کارکرد تنظیمی، ۸٪ از شهروندان کارکرد اطلاعاتی دارای اولویت اول هستند. امتیاز بالای کارکردهای زیستگاهی و تولیدی رودخانه اترک در مقایسه با سایر کارکردهای اکوسیستمی نشان می‌دهد که این کارکرد برای ساکنان منطقه مورد مطالعه دارای اهمیت زیادی است. از آنجا که نتایج مطالعات چایکاو و همکاران (۲۰۱۷)، در حوزه رودخانه فلوریدا نیز نشان داد که خدمات زیستگاهی و تولیدی مهم‌ترین خدمات اکوسیستمی رودخانه از دیدگاه ساکنان حواشی رودخانه بوده است می‌توان دریافت که تأمین معیشت مردم به‌ویژه روستاییان و حاشیه‌نشینان کرانه رودخانه اترک در اولویت ساکنان این محل قرار داشته که این مهم هم به‌نوعی با خدمات زیستگاهی طرح، که شامل تأمین زیستگاه مناسب برای گونه‌های جانوری و

منابع

1. Birol, E., Karousakis K. and Koundouri. P., 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.
2. Chaikaew, P., Hodges, A. and Grunwald, S., 2017. Estimating the value of ecosystem services in a mixed-use watershed: A choice experiment approach. *Journal of Ecosystem Services Management*. 23, 228-237.
3. De Groot, R., Brander, L. and Ploeg, S., 2012. Estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem services*. 1, 50-61.
4. Donyaii, A.R., 2021. Evaluation of climate change impacts on the optimal operation of multipurpose reservoir systems using cuckoo search algorithm. *Environ Earth Sci*. 80, 663. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09951-6>
5. Donyaii, A.R. and Sarraf, A.P., 2021a. Evaluation of Hydro-Climatic Conditions of Gorganroud Catchment under the Effect of Climate Change using MIROC-ESM model. *Hydrogeomorphology*. 7(25), 204-183. doi: 10.22034/hyd.2021.44082.1572.
6. Donyaii, A.R. and Sarraf, A.P., 2021b. Management of Reservoir Operation System under Climate Change Conditions Using Dolphin Echolocation Optimization Algorithm. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*. In press.
7. Donyaii, A.R, Sarraf, A.P. and Ahmadi, H., 2020a. Presenting a new hybrid evolutionary algorithm in optimizing reservoir operation based on new combinative distance-based assessment (CODAS). *Journal of Water and Soil Conservation*. 27(5), 1-23. doi: 10.22069/jwsc.2020.17982.3359
8. Donyaii, A.R, Sarraf, A.P. and Ahmadi, H., 2020b. Evaluation of Whale, Fruit Fly and Cuckoo Search Algorithms in Optimizing Multi-Objective Operation of Golestan Dam Reservoir Based on Multi-Criteria Decision-Making Method. *Water Resources Engineering*. 13(47), 85-100.
9. Donyaii, A.R, Sarraf, A.P. and Ahmadi, H., 2020c. Using composite ranking to select the most appropriate Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method in the optimal operation of the Dam reservoir. *Journal of Hydraulic Structures*. 6(2), 1-22. doi: 10.22055/jhs.2020.34402.1142
10. Donyaii, A.R, Sarraf, A.P. and Ahmadi, H., 2021. Optimization of reservoir dam operation using Gray wolf, Crow search and Whale algorithms based on the solution of the nonlinear programming model. *JWSS-Isfahan University of Technology*. 24(4), 159-175 URL: <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-4022-en.html>.
11. Ghanbari, F, Kamalan, H. and Sarraf, A.P., 2021. An Evolutionary machine learning approach for municipal solid waste generation estimation utilizing socioeconomic components. *Arabian Journal of Geosciences*. 14 (2), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06348-w>.
12. Hua, J. and Chen. W.Y., 2019. Prioritizing urban rivers' ecosystem services: An importance- performance analysis. *Cities. International Journal of Urban Policy and Planning*. 94: 11-23.
13. Keshavarz-Ghorabae, M., Kazimieras Zavadskas, E., Turskis Z. and Antucheviciene, J., 2016. A new combinative distance-based assessment (CODAS) method for multi-criteria decision-making. *Economic computation and economic cybernetics studies and research*. 3 (50), 25-44
14. Koukabi, L. and Aminzadeh, B., 2009. Application of Landscape Ecology in Conservation and Restoration of Urban Rivers: the Case of Khoshk River in Shiraz. *Environmental sciences*. 6(2), 105-120
15. Loomis, J., Kent, P., Strange, L., Fausch, K. and Covich, A., 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.
16. Niu, D., Song, Z., Wang, M. and Xiao, X. 2017. Improved TOPSIS method for power distribution

- network investment decision-making based on benefit evaluation indicator system. *International Journal of Energy Sector Management*. 11(4), 595-608. <https://doi.org/10.1108/IJESM-05-2017-0005>
17. Naderi Jalodar, M., Rouhi, A. and Prafkandeh Haghighi, F., 2017. The importance of Tajan River in the protection of fish species in the southern basin of the Caspian Sea. *Journal of Caspian Sea Aquaculture*. 1(95), 25-34.
 18. Sarraf, A.P, Donyaii, A.R. and Mardanifar, M., 2020. Evaluation of Crisis Resolution Strategies for Groundwater Revival Plan Using Fuzzy Best- Worst Multi Criteria Decision Model. *Journal of Hydraulic Structures*. 6(3), 21-44. doi: 10.22055/jhs.2020.35415.1149
 19. Sarraf, A.P. and Ghasemi, H., 2021. Calibration of IHACRES Hydrological Model Using Social Spider and Search and Rescue Multi-Objective Optimization Algorithms. *Hydrogeomorphology*, In Press. doi: 10.22034/hyd.2021.45015.1581.
 20. Sieber, J. and Pons, M., 2015. Assessment of urban ecosystem services using ecosystem services reviews and GIS-based Tools. *Procedia engineering journal*. 115, 53-60.
 21. Taghvaei, S.H., Alidoost, S. and Mobarghaei, Dinan N., 2018. A Framework for Landscape & Urban Riverside' Improvement Based on Ecosystem Services Case Study: Sefidrud River in Astaneh Ashrafieh. *Journal of architecture and urban planning*. 19, 76-91.

Monitoring and Evaluating the Atrak River's Ecosystem Functions Using a New Approach to the Application of Multi-Criteria Decision Making Models

Alireza Donyaii¹, Amirpouya Sarraf^{2*}

Received: 03/04/2021

Accepted: 12/11/2021

Extended Abstract

Introduction: As the biodiversity of valuable plant and animal species along the riversides –especially the ones located in the arid and semi-arid climate regions- has placed them in the category of sensitive and vulnerable ecosystems, awareness of these natural ecosystem's services could help protect them as much as possible, helping much more citizens benefit from their environmental services. Therefore, classifying different ecosystem services is necessary for identifying main natural ecosystem services, including regulatory, informative, productivity, and habitat services (De Groot et al., 2012). However, although many studies have already investigated issues such as improving the rivers' water quality, improving the riverbanks' landscape, and valuing the rivers' ecosystem services, no study has attempted to prioritize the rivers' ecosystem functions. Therefore, this study sought to do so in one of the Iranian largest rivers, which passes through several towns. In other words, the purpose of this study was to evaluate the function and significance of Atrak River's ecosystem functions as one of the most important northeastern rivers of Iran located in Maraveh Tappeh city, Golestan province, Iran.

Material and methods: As one of the most famous waterlogged rivers located in northeastern Iran with an arid and semi-arid climate, the Atrak River was selected to be investigated in this study. Originating from the high lands of Hezar Masjed mountains, the river is considered the fifth largest river in Iran, acting as the basis of economic activities in Golestan province, especially the Maraveh Tappeh city. Passing through different urban and rural areas, the river also connects different surrounding ecosystems that provide the residents of the neighboring cities with a variety of services (Sarraf et al., 2020), making the identification, weighing, and prioritization of the river's ecosystem functions via scientific models a highly important task.

There are several methods to weight criteria via multi-criteria decision-making (MCDM) approaches, one of which is the entropy method introduced by Shannon. The method refers to a general measure of uncertainty, playing an important role in information theory. However, in cases such as interval data where the data are nondeterministic, the method must be modified to produce correct results. Therefore, this study used Shannon's entropy method to weigh the river's ecosystem functions.

Although the classical TOPSIS is widely used as a simple, reasonable, and flexibly applied calculation method, it has some shortcomings. For instance, the method could not rank the points in the perpendicular of the positive and negative ideal points. Thus, to overcome the shortcomings of the classical TOPSIS, the Improved TOPSIS has been developed as a new method to solve Multiple Criteria Decision-Making-related problems based on relative entropy. Accordingly, as the CODAS method acts more efficiently in resolving MCDM-related problems (Keshavarz-Gharabae et al., 2016), the current study used the newest multi-criteria decision-making models (i.e., the Improved TOPSIS and the Combinative Distance-based Assessment (CODAS) approaches) to prioritize the river's functions.

The required research data were collected via administering a questionnaire on 149 residents of Maraveh Tappeh in the summer and fall of 2020, asking them their opinion concerning the most important ecosystem functions of the river. Moreover, the Cochran formula was used to estimate the questionnaire's sample size.

1. Ph.D. in Civil Engineering, Water Resources Expert, Golestan Regional Water Company, Gorgan, Iran

2. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran

(Corresponding Author; sarraf@riau.ac.ir)

DOI: 10.22052/deej.2021.11.34.41

Also, an information brochure was enclosed with the questionnaire to familiarize the respondents with the Atrak River's ecosystem functions.

Results and discussion: According to the results of weighting the river's ecosystem functions with the Shannon entropy method, the weights of habitat, productivity, information, and regulatory functions were found to be 0.2501, 0.2491, 0.2490, and 0.2478, respectively. Moreover, the results of prioritizing the Atrak River's ecosystem functions via the Improved TOPSIS and CODAS models showed that habitat, productivity, regulatory, and information functions ranked first to fourth in terms of priority, respectively. The study's results also showed that the habitat, productivity, regulatory, and information were considered as the most important functions in order of priority for 41%, 26%, 25%, and 8% of the residents, respectively.

Conclusion: Considering what was discussed above, it is suggested that the results of the present study be used as a model for designers and decision-makers of river engineering to implement appropriate plans to guarantee the sustainability of the river's ecosystem and the quality of the urban environment. As other studies such as the one carried out by Chaika et al. (2017) on the Florida River Basin have also found that habitat and productivity services are the most important rivers' ecosystem services from the riverbank residents' point of view, it could be argued that providing people, especially villagers and residents of the Atrak riversides, with the means of livelihood is considered as the highest priority. Therefore, preserving aquatic habitats and creating sustainable development in terms of fishing purposes could help fishermen and local stakeholders continue earning their livelihood.

Keywords: Atrak River, Ecosystem Functions, Maraveh Tappeh, Multi-Criteria Decision Making Models.