"مقاله پژوهشی"

اولویت‌بندی کیفی رودخانه‌های حوضه کشکان در استان لرستان جهت توسعه آبزی‌پروری (ماهیان سردآبی) با استفاده از ترکیب روش‌های VIKOR و Fuzzy AHP

منوچهر نصری[1*]، مرتضی قبادی[1]، علیرضا سپه‌وند[2]

۱.گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست و شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۳.گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳۰

چکیده

اختصاص آب برای اهداف آبزی‌پروری نیازمند در نظر رفتن شاخص‌های متنوعی است. با توجه به رتبه نخست استان لرستان در پرورش ماهیان سردآبی در بین استان‌های غیر ساحلی ایران، تصمیم‌گیری در این مورد اهمیت بیشتری‌دارد. بنابراین در مطالعه حاضر از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی اختصاص منابع آب برای آبزی‌پروری بهره‌گیری شد. برای این منظور تعداد ۱۳ رشته از سرشاخه‌های رودخانه کشکان انتخاب و داده‌های کیفی آب بر اساس گزارش‌های موجود استخراج گردید. برای اطمینان از صحت داده‌ها، از نظر کارشناسان شیلاتی استفاده گردید. تعیین اهمیت داده‌ها بر اساس وزن‌دهی به روش Fuzzy AHP انجام شد. پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، اولویت‌بندی رودخانه‌های هدف برای اهداف آبزی‌پروری بر اساس ترکیب روش‌های Fuzzy AHP و VIKOR انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که رودخانه‌های کهمان، دوآب الشتر و کاکاشرف به ترتیب از بالاترین امتیاز و مقدم‌ترین اولویت برخوردار هستند. نتایج این مطالعه کارایی روش ویکور فازی را برای تصمیم‌گیری در خصوص اولویت‌بندی اختصاص منابع آب برای اهداف آبزی‌پروری تائیدکرد.

کلمات کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره، حوضه کشکان، خصوصیات کیفی آب، ماهیان سردآبی، نظریه فازی.

[*] عهده دار مکاتبات nasri.m@lu.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]

[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

مقدمه

فشار وارد شده بر ذخایر آبزیان جهان برای تأمین نیاز غذایی بشر و تهدید ذخایر آبزیان[۳۲]جهان دراثر فعالیت‌های انسانی (FAO, 2018)، توجه‌ها را به سمت آبزی‌پروری به‌عنوان یک فرصت برای مقابله با این چالش‌ها جلب کرده است. توسعه آبزی‌پروری مسئولانه علاوه بر تأمین امنیت غذایی، در حفاظت از اکوسیستم‌های آبی نیز بسیار مؤثراست (Arjomandi *et al.*, 2007). تجربه کشورهای مختلف نشان داده که آبزی‌پروری به‌خصوص درکشورهای درحال‌توسعه می‌تواند سهم عمده‌ای در تأمین امنیت غذایی داشته باشد. براساس آخرین آمار منتشر شده، آبزی‌پروری نزدیک به نیمی از نیاز جوامع انسانی به پروتئین با منشأ آبزیان را تأمین می‌کند (FAO, 2019). وضعیت تولیدات شیلاتی در ایران نیز کم و بیش از الگوی جهانی تبعیت می‌کند. به‌طوری‌که حدود ۴۶ درصد از کل تولیدات شیلاتی حاصل آبزی‌پروری است (Jafarian, 2009; PBO, 2017). آبزی‌پروری ازجمله فعالیت‌های پرهزینه بوده، که بیشتر این هزینه مربوط به احداث و استقرار کارگاه (هزینه ثابت) می‌باشد (Sharifian and Sahafi, 2016). از سوی دیگر استفاده از چشمه‌ها و رودخانه‌های مناسب (از نظر شرایط فیزیکی و شیمیایی) اساس پرورش آبزیان است. برای محققین شیلاتی، یافتن و انتخاب بهترین منبع آبی برای فعالیت‌های آبزی‌پروری همواره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Wurtsbaugh *et al.*, 2015). در حال حاضر انتخاب یک مکان مناسب برای توسعه آبزی‌پروری همچنان به روش سنتی و توسط کارشناسان و بر اساس پیشنهادهای سرمایه‌گذاران صورت می‌گیرد. بر این اساس، کارشناس معمولاً پس از دریافت پیشنهاد از طرف متقاضی، به محل مراجعه کرده و برخی از مهم‌ترین شاخص‌های مکان‌یابی را ارزیابی می‌کند. اما چنانچه از کارشناسان در مورد ارجحیت منابع آبی مختلف برای روش‌های مختلف آبزی‌پروری سؤال شود، با دامنه‌ی گسترده‌ای از پاسخ‌های عمدتاً نظری و متنوع روبرو خواهیم شد. این امر به دلیل عدم وجود یک سازوکار نظام‌مند برای اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری برای انتخاب مکان بهینه توسعه آبزی‌پروری است. تصمیم‌گیری در عرصه‌های مختلف می‌تواند تک‌معیاره یعنی با در نظر گرفتن یک عامل انجام شود (یکی از عوامل مالی، اکولوژیکی یا بیولوژیکی) و یا ممکن است با در نظر گرفتن چندین متغیر متنوع به‌صورت هم‌زمان (متغیرهای اقتصادی، فرهنگی، اکولوژیکی و غیره) انجام گردد. بدیهی است هرقدر تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن متغیرهای متنوع‌تری انجام پذیرد، میزان دقت و کارایی تصمیم‌گیری بهبود خواهد یافت (Vergara-Solana *et al.*, 2019).

روش Analytic Hierarchy Process (AHP) تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد اثرات متقابل و هم‌زمان بسیاری از وضعیت‌های پیچیده و نامعین را تعیین‌کنند. این فرآیند کمک می‌کند تا اولویت‌بندی‌ها بر اساس تمامی اهداف، دانش و تجربه متخصصین تنظیم گردند (Saaty, 2008; Azimi *et al.*, 2018). برای حل مسائل تصمیم‌گیری از طریق AHP، لازم است مسئله موردنظر با همه جزییات، تعریف و تبیین شده و جزییات آن به‌صورت ساختار سلسله مراتبی ترسیم گردد (Lee, 2016). چانگ پیشنهاد ادغام فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با (Fuzzy AHP) را مطرح کرد (Chang,

۲

۳

1996). قابلیت AHP فازی این است که توانایی سروکار داشتن با عدم اطمینان و نسبی بودن در قضاوت‌های انسانی را دارد (Srdjevic and Medeiros, 2008; Zyoud *et al.*, 2016; Brahma and Mitra, 2019). روش ویکور (Vikor) یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره سازشی برای انتخاب بهترین گزینه است که به تصمیم‌گیری پیرامون گزینه‌ها بر اساس معیارهای مختلف کمک می‌کند. منظور از جواب سازشی نزدیک‌ترین جواب موجه به جواب ایدئال است. تکنیک ویکور از طریق ارزیابی گزینه‌ها بر اساس معیارهای از قبل تعیین‌شده، گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌کند (Kim and Chung, 2013; Gul *et al.*, 2016).

امروزه تلاش‌هایی در حال شکل‌گیری است تا از شیوه‌های مدیریت تصمیم‌گیری نوین برای توسعه آبزی‌پروری استفاده گردد. به‌عنوان‌مثال، در یک مطالعه دوساله بر روی رودخانه‌های Macuco و Queixada در ایالت سائوپائولو برزیل بر اساس سه شاخص کدورت، فسفر کل و اکسیژن محلول، یک معیار رتبه‌دهی به کیفیت آب جهت توسعه آبزی‌پروری پیشنهاد داده شد (Simões *et al.*, 2008). در مطالعه‌ای دیگر، از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای تخمین فراوانی نمونه‌برداری جهت مطالعه کیفیت آب رودخانه‌های Jingmei و Xindian در تایوان استفاده و کارایی مناسب این روش مورد تائید قرار گرفت (Do *et al.*, 2013). در مطالعه‌ای که به‌منظور رتبه‌بندی کیفیت آب در بخش‌های مختلف حوضه آبخیز TWRD در تایوان انجام شد، روش VIKOR توانست به‌طور موفقیت‌آمیزی حوضه موردمطالعه را برای اهداف آبزی‌پروری رتبه‌بندی کند (Chang and Lin, 2014). روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی فازی (FAHP) به‌خوبی توانست کیفیت آب هشت نقطه در امتداد رودخانه یامونا (Yamona) در کشور هندوستان را به‌منظور تصمیم‌گیری برای اختصاص آب برای پنج هدف مختلف مانند کشاورزی، دام‌پروری، شرب و غیره به نحو مطلوبی رتبه‌بندی کند (Singh *et al.*, 2014). در رودخانه‌های ایران نیز طی سال‌های اخیر مطالعاتی بر پایه روش‌های نوین تصمیم‌سازی انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: در مطالعه کیفیت آب رودخانه کارون بر اساس روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) بهترین نقاط برای استقرار سیستم‌های سنجش و پایش کیفیت آب انتخاب گردید (Jafarnejad *et al.*, 2018). دستورالعمل مکان‌یابی استقرار قفس‌های پرورش ماهی در دریا بر اساس مبانی تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر GIS-MCDM با تأکید بر روش AHP در ایران تدوین شده است (حسینجانی، ۱۳۹۷). در مطالعه‌ای که بر روی اهمیت زمین به‌عنوان یکی از پیش‌نیازهای موفقیت و پایداری در آبزی‌پروری به روش AHP و MCDM در نواحی ساحلی هرمزگان انجام شد، بهترین مناطق برای احداث مزارع پرورش میگو انتخاب گردید (Hadipour *et al.*, 2015). همچنین از روش (AHP) به‌منظور مدیریت هدفمند شیلاتی در دریای عمان استفاده شده است (Zeraatkish, 2016). در ایران عمده تلاش‌های برای استعدادیابی مناطق مناسب برای آبزی‌پروری معمولاً از روش‌های سنجش کیفیت آب و یا خاک یا اصطلاحاً روش‌های میدانی استفاده می‌شود مانند مطالعه‌ای که بر روی امکان‌سنجی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در حاشیه رودخانه گاماسیاب انجام شده است (مهدی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین تلاش‌هایی برای پهنه‌بندی مناطق مناسب برای

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

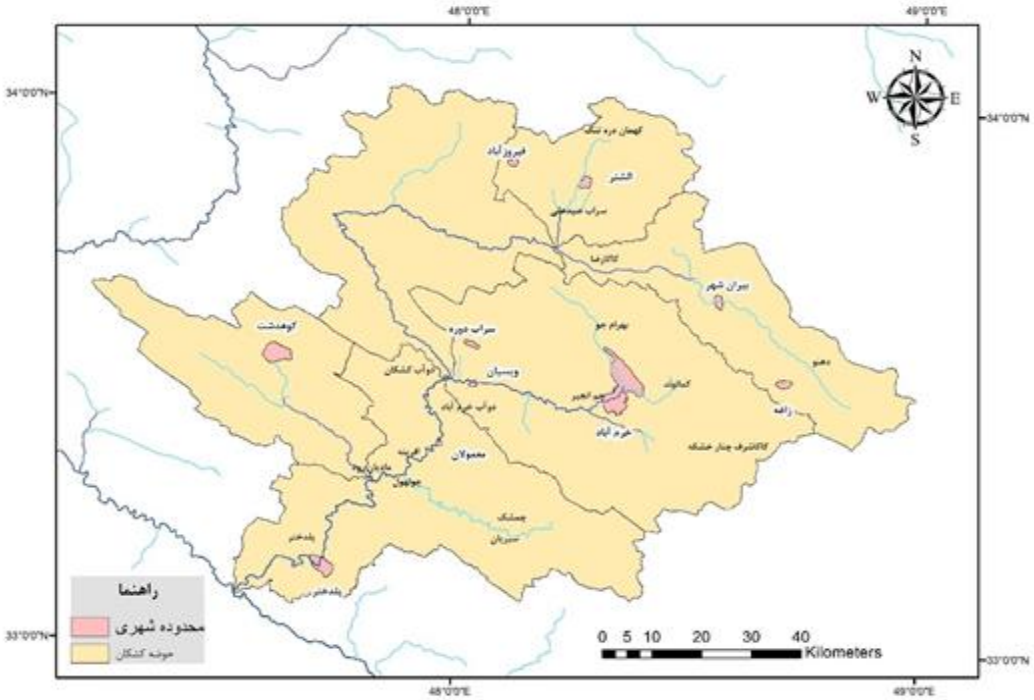
آبزی‌پروری به کمک تکنیک‌های AHP و GIS انجام شده است (حسینجانی و همکاران، ۱۳۹۷).

یکی از چالش‌های روبروی تصمیم‌گیران عرصه‌های مختلف به‌ویژه آبزی‌پروری این است که انتخاب نقاط بهینه برای احداث مراکز آبزی‌پروری معمولاً بر اساس متغیرهای محدود و عموماً هم‌سنخ صورت گرفته و در اغلب موارد لزوماً موجب بهره‌برداری حداکثری از منابع نمی‌گردد. بنابراین انتخاب و پیاده‌سازی یک سیستم تصمیم‌گیری مبتنی بر روش‌های علمی و محاسباتی دقیق و با لحاظ کردن فاکتورهای متنوع مکان‌یابی (کمی و کیفی) می‌تواند در بهینه‌سازی تصمیم‌گیری و کاهش هدررفت سرمایه و افزایش بهره‌وری مراکز آبزی‌پروری بسیار مفید باشد. لذا در این مطالعه اولویت‌بندی رودخانه‌های حوضه کشکان در استان لرستان بر اساس پارامترهای کمی و کیفی آب شامل (خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و نظرسنجی از کارشناسان) با استفاده از روش ویکور فازی برای اهداف توسعه آبزی‌پروری انجام و مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین رودخانه‌ها برای این منظور مشخص گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز کشکان با مساحت ۹۲۷۵/۶۶ کیلومتر مربع، در جنوب غربی ایران در استان لرستان و در مختصات جغرافیایی ″۱۲ °۴۷ تا ″۵۹ °۴۸ طول شرقی و ″۸ °۳۳ تا ″۲ °۳۴ عرض شمالی واقع شده است. تعداد ۱۳ سرشاخه دائمی از این حوضه آبریز برای این مطالعه انتخاب شد (شکل ۱). مشخصات ایستگاه‌های اندازه‌گیری پارمترهای فیزیکی و شیمیایی آب در آن‌ها در جدول ۱ آمده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی رودخانه‌های حوضه کشکان

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

جدول ۱: رودخانه‌های هدف و مشخصات ایستگاه‌های اندازه‌گیری

	نام رودخانه	نام ایستگاه	کد ایستگاه	مختصات جغرافیایی			تاریخ
				طول	عرض	ارتفاع	تأسیس
R1	کاکاشرف	چنارخشکه	۲۱-۹۶۶	″۳۱′۰۱ °۴۸	″۲۱′۱۸ °۳۳	۱۴۲۰	۱۳۶۷
R2	کهمان	دره تنگ الشتر	۲۱-۹۵۴	″۱۶′۳۷ °۴۸	″۵۶′۱۰ °۳۳	۱۷۳۰	۱۳۶۸
R3	دوآب الشتر	سراب صیدعلی	۲۱-۱۷۱	″۱۲′۲۵ °۴۸	″۴۷′۱۱ °۳۳	۱۵۳۰	۱۳۳۳
R4	هرود	کاکارضا	۲۱-۱۶۹	″۱۵′۲۷ °۴۸	″۴۳′۱۱ °۳۳	۱۵۵۰	۱۳۳۳
R5	کشکان	دوآب ویسان	۲۱-۱۷۳	″۵۷′۵۱ °۴۷	″۲۹′۴۱ °۳۳	۹۶۰	۱۳۴۵
R6	دره دزدان	تنگ سیاب	۲۱-۱۶۳	″۱۲′۲۳ °۴۷	″۲۳′۲۵ °۳۳	۹۴۰	۱۳۴۹
R7	کشکان	افرینه	۲۱-۱۷۷	″۵۳′۳۹ °۴۷	″۱۹′۵۲ °۳۳	۸۲۰	۱۳۳۴
R8	خرم‌آباد	چم‌انجیر	۲۱-۱۷۵	″۱۴′۳۸ °۴۸	″۲۶′۳۷ °۳۳	۱۱۴۰	۱۳۳۳
R9	کرگانه	کمالوند	۲۱-۸۶۱	″۴۹′۰۲ °۴۸	″۲۸′۰۶ °۳۳	۱۳۱۰	۱۳۸۷
R10	مادیان‌رود	برآفتاب	۲۱-۱۸۱	″۴۸′۵۹ °۴۷	″۱۸′۲۰ °۳۳	۷۸۰	۱۳۴۹
R11	چولهول	افرینه	۲۱-۱۷۹	″۵۳′۲۲ °۴۷	″۱۸′۵۱ °۳۳	۸۰۰	۱۳۳۴
R12	کشکان	پلدختر	۲۱-۱۸۳	″۷۱′۵۹ °۴۷	″۰۹′۴۳ °۳۳	۷۰۰	۱۳۳۴
R13	خرم‌آباد	بهرام‌جو	۲۱-۱۷۴	″۷۸′۱۴ °۴۷	″۳۴′۳۰ °۳۳	۱۲۶۰	۱۳۸۳

روش تحقیق

پژوهش حاضر به لحاظ هدف از نوع کاربردی و از لحاظ ماهیت و روش توصیفی-پیمایشی می باشد. در این تحقیق، تعداد ۹ داده مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب بر اساس آمار ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در بازه زمانی ۱۰ ساله (۹۸-۱۳۸۸) دریافت و تحلیل شد. دامنه تناسب خصوصیات کیفی آب بر اساس (استانداردملی‌ایران۸۷۲۶) تعیین گردید. رتبه‌بندی تناسب رودخانه‌های موردمطالعه برای توسعه آبزی‌پروری بر اساس ترکیب دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP) (برای تعیین وزن هر معیار) و VIKOR (برای رتبه‌بندی رودخانه‌های هدف بر اساس وزن معیارها) انجام شد. وزن‌دهی اهمیت شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی مورد استفاده و سپس رتبه‌بندی رودخانه‌های هدف بر اساس نظرسنجی گروهی از کارشناسان دانشگاهی و متخصصان اجرایی انجام شد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

جدول ۲: شاخص‌های ارزیابی و محدوده استاندارد آن‌ها برای آبزی‌پروری برابر با استاندارد ملی ۸۷۲۶

ردیف	شاخص	دامنه مناسب برای ماهیان سردآبی
۱	دما (T) درجه سانتی گراد	۱۷-۹ درجه
۲	اکسیژن (DO) میلی گرم بر لیتر	۱۲-۶
۳	pH	۸-۶/۵
۴	کل موارد محلول (TDS) میلی گرم بر لیتر	کمتر از ۲۰۰
۵	کل مواد معلق (TSS) میلی گرم بر لیتر	کمتر از ۸۰
۶	سختی کل (TH) میلی گرم بر لیتر	کمتر از ۴۰۰
۷	نیتریت ($NO2^-$) میلی گرم بر لیتر	کمتر از ۰/۰۲
۸	آمونیاک (NH_3) میلی گرم بر لیتر	کمتر از ۰/۰۱
۹	کلر (Cl) میلی گرم بر لیتر	کمتر از ۰/۰۲

گام‌های پیاده سازی روش ترکیبی ویکور فازی در این تحقیق به طور خلاصه به صورت زیر است:

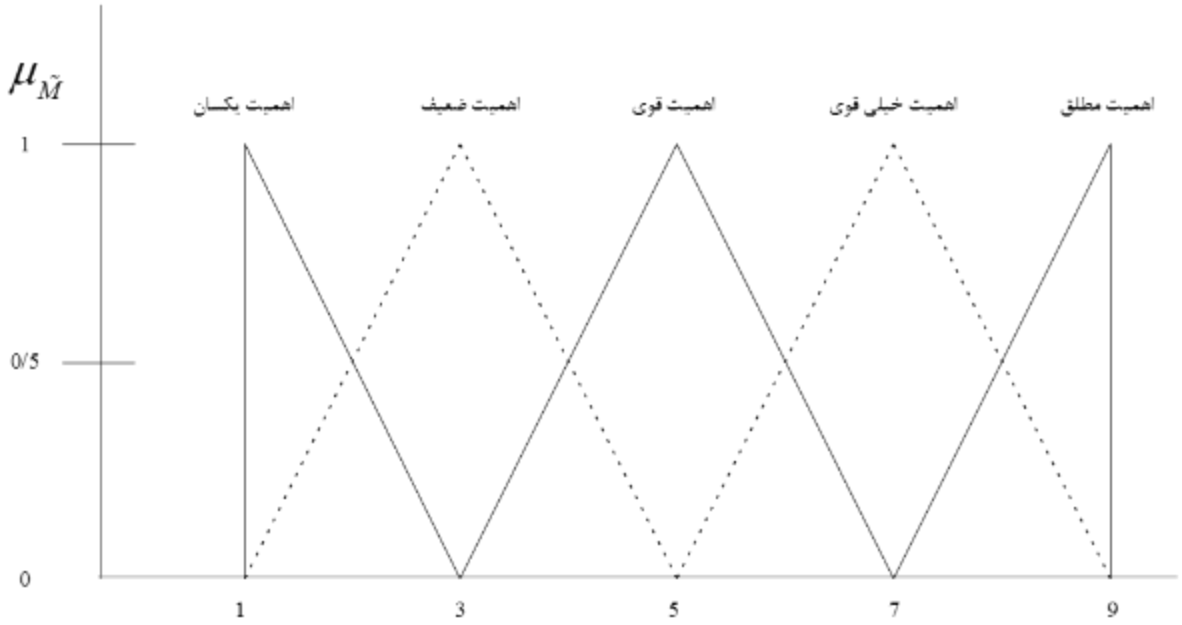
گام اول-تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری: در این ماتریس، هر گزینه بر اساس تعدادی معیار امتیازدهی می‌شود.

گام دوم-تشکیل ماتریس تصمیم نرمال: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم با استفاده از فرمول زیر انجام شد (Suganthi, 2018):

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^2}} \quad (۱)$$

گام سوم-تعیین وزن معیارها و تشکیل ماتریس وزن‌دار: برای تعیین وزن معیارها، از Fuzzy AHP استفاده شد. اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی به روش چانگ هستند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]



شکل ۲: تابع عضویت فازی برای متغیرهای زبانی

گام چهارم-تعیین نقطه ایده آل مثبت (+fi) و منفی (-fi): برای هر معیار، بهترین و بدترینِ هریک را در میان همه گزینه‌ها تعیین کرده و به ترتیب f+ و f- نامیده می‌شوند. در این گام محاسبه شاخص مطلوبیت (S) و شاخص نارضایتی (R) برای هر گزینه، طبق فرمول زیر انجام می‌شوند (Gul *et al.*, 2016):

$$f_i^* = \max_j f_{ij}; \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \qquad (۲)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-}; \qquad R_j = \max_i \left[w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right] \qquad (۳)$$

Wj وزن معیار j است.

گام پنجم-محاسبه شاخص ویکور: این شاخص همان امتیاز نهایی هر گزینه و کمتر بودن آن، مطلوب‌تر است، با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q_j = v \cdot \frac{S_j - S^-}{S^* - S^-} + (1-v) \cdot \frac{R_j - R^-}{R^* - R^-} \qquad (۴)$$

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

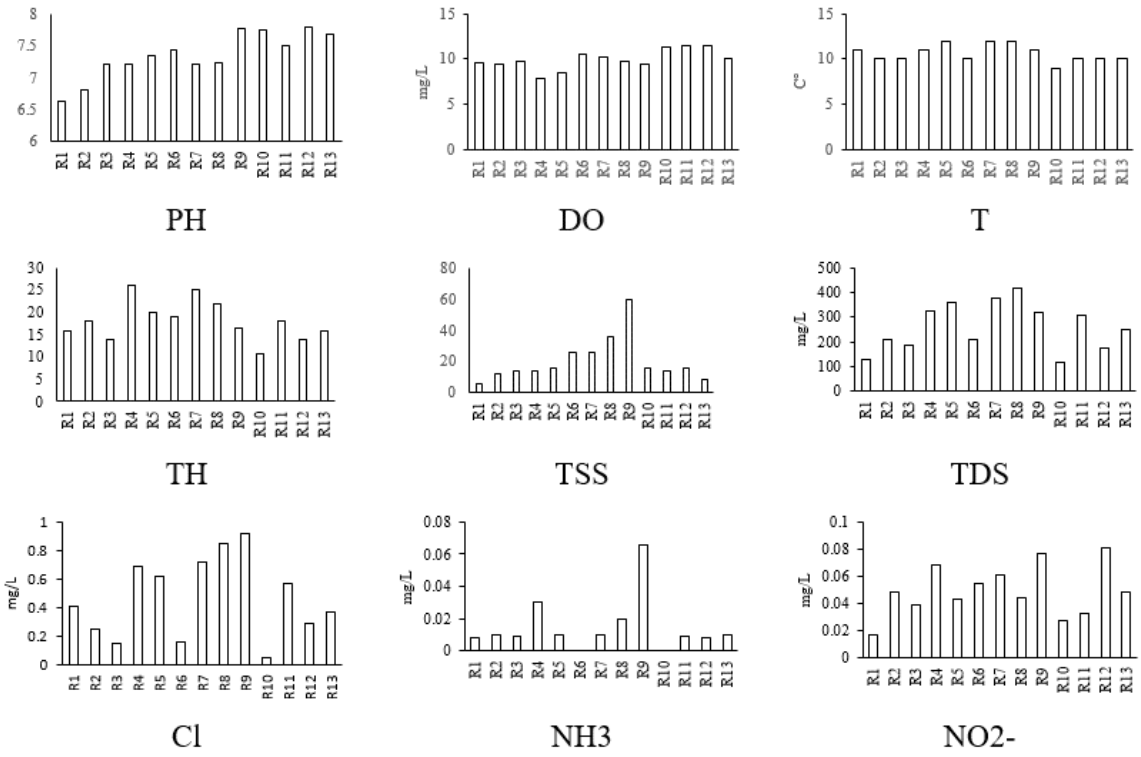
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]

[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

نتایج

میانگین و دامنه تعداد ۹ شاخص کیفی آب بر اساس آمار ده‌ساله ایستگاه‌های هیدرومتری مستقر بر روی رودخانه‌های حوضه کشکان تهیه و وارد فرآیند تجزیه‌وتحلیل گردید.. میزان نیتریت و کلر در برخی رودخانه‌های هدف بالاتر از حد مجاز بوده و سایر موارد در دامنه مجاز قرار داشتند. همچنین مقدار آمونیاک در رودخانه‌های هرود و کرگانه برای بازه ده‌ساله بالاتر از مقدار استاندارد قرار گرفت (شکل ۳).



شکل ۳: نمودار مقایسه میانگین ده‌ساله شاخص‌های کیفی آب در رودخانه‌های هدف: دما (T)، اکسیژن محلول (DO)، pH، کل موارد محلول (TDS)، کل مواد معلق (TSS)، سختی کل (TH)، نیتریت (NO_2^-)، آمونیاک (NH_3) و کلر (Cl)

در ادامه نتایج تجزیه‌وتحلیل شاخص‌های کیفی آب رودخانه‌ها با ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره Vikor و Fuzzy AHP و نظر کارشناسان دانشگاهی و متخصصان اجرایی، رودخانه‌های هدف به‌منظور توسعه آبزی‌پروری اولویت‌بندی شدند (جدول ۳). در ماتریس تصمیم رتبه‌ای حاصله، ستون‌ها بیانگر معیارهای مورد استفاده و سطرها بیانگر رودخانه‌های موردمطالعه بوده و میانگین امتیاز هر معیار مربوط به رودخانه در سلول‌های جدول قرار گرفته است. در پایان نتایج ماتریس تصمیم‌گیری نرمال‌سازی شد (جدول ۴). در ادامه، وزن‌دهی معیارها (w) به کمک روش Fuzzy AHP صورت گرفت (جدول ۵).

جدول ۳: ماتریس تصمیم رتبه‌بندی رودخانه‌های هدف بر اساس میانگین امتیازها

Cl	NH3	$NO2^-$	TH	TSS	TDS	pH	DO	T	a_{ij}
۳/۱	۶/۳	۵/۶	۶/۱	۶/۳	۵/۴	۶/۴	۶/۲	۵/۱	R1
۴/۱	۶/۲	۲/۸	۶/۳	۶/۲	۴/۲	۶/۱	۶/۴	۶/۳	R2
۵/۲	۶/۲	۳/۷	۵/۴	۵/۸	۵/۹	۵/۱	۵/۹	۶/۱	R3
۲/۳	۱/۳	۵/۹	۵/۲	۵/۹	۳/۱	۵/۴	۵/۳	۵/۸	R4
۲/۲	۶/۱	۳/۸	۵/۱	۵/۴	۲/۵	۴/۸	۵/۷	۴/۲	R5
۵/۳	۶/۷	۶/۴	۵/۲	۵/۶	۴/۶	۵/۲	۴/۲	۵/۸	R6
۲/۶	۶/۳	۳/۰	۵/۳	۵/۳	۱/۸	۵/۱	۳/۸	۴/۳	R7
۲/۴	۳/۲	۳/۲	۴/۸	۴/۱	۲/۳	۵/۲	۵/۲	۴/۹	R8
۰/۲	۱/۱	۱/۴	۵/۳	۳/۲	۲/۱	۴/۲	۴/۷	۴/۲	R9
۵/۴	۶/۸	۳/۱	۶/۵	۲/۶	۵/۴	۴/۵	۴/۲	۶/۱	R10
۲/۳	۵/۸	۳/۸	۴/۹	۵/۷	۳/۱	۴/۷	۴/۶	۴/۷	R11
۴/۲	۶/۱	۶/۵	۴/۶	۵/۹	۳/۵	۴/۳	۳/۹	۴/۱	R12
۴/۳	۵/۳	۳/۸	۴/۸	۶/۴	۳/۴	۴/۱	۵/۳	۵/۱	R13

جدول ۴: ماتریس نرمال شده رتبه‌بندی رودخانه‌های هدف

Cl	NH3	NO2-	TH	TSS	TDS	pH	DO	T	a_{ij}^2
۹/۶۱	۳۹/۶۹	۳۱/۳۶	۳۷/۲۱	۳۹/۶۹	۲۹/۱۶	۴۰/۹۶	۳۸/۴۴	۲۶/۰۱	R1
۱۶/۸۱	۳۸/۴۴	۷/۸۴	۳۹/۶۹	۳۸/۴۴	۱۷/۶۴	۳۷/۲۱	۴۰/۹۶	۳۹/۰۶	R2
۲۷/۰۴	۳۸/۴۴	۱۳/۶۹	۲۹/۱۶	۳۳/۶۴	۳۴/۸۱	۲۶/۰۱	۳۴/۸۱	۳۷/۲۱	R3
۵/۲۹	۱/۶۹	۳۴/۸۱	۲۷/۰۴	۳۴/۸۱	۹/۶۱	۲۹/۱۶	۲۸/۰۹	۳۳/۶۴	R4
۴/۸۴	۳۷/۲۱	۱۴/۴۴	۲۶/۰۱	۲۹/۱۶	۶/۲۵	۲۳/۰۴	۳۲/۴۹	۱۷/۶۴	R5
۲۸/۰۹	۴۴/۰۹	۴۰/۹۶	۲۷/۰۴	۳۱/۳۶	۲۱/۱۶	۲۷/۰۴	۱۷/۶۴	۳۳/۶۴	R6
۶/۷۶	۳۹/۶۹	۹/۰۰	۲۸/۰۹	۲۸/۰۹	۳/۲۴	۲۶/۰۱	۱۴/۴۴	۱۸/۴۹	R7
۵/۷۶	۱۰/۲۴	۱۰/۲۴	۲۳/۰۴	۱۶/۸۱	۵/۲۹	۲۷/۰۴	۲۷/۰۴	۲۴/۰۱	R8
۰/۰۴	۱/۲۱	۲/۹۶	۲۸/۰۹	۱۰/۲۴	۴/۴۱	۱۷/۶۴	۲۲/۰۹	۱۷/۶۴	R9
۲۹/۱۶	۴۶/۲۴	۹/۶۱	۴۲/۲۵	۳۸/۴۴	۲۹/۱۶	۲۰/۲۵	۱۷/۶۴	۳۷/۲۱	R10
۵/۲۹	۳۳/۶۴	۱۴/۴۴	۲۴/۰۱	۳۲/۴۹	۹/۶۱	۲۲/۰۹	۲۱/۱۶	۲۲/۰۹	R11
۱۷/۶۴	۳۷/۲۱	۴۲/۲۵	۲۱/۱۶	۳۴/۸۱	۲۸/۰۹	۱۸/۴۹	۱۵/۲۱	۱۶/۸۱	R12
۱۸/۴۹	۲۸/۰۹	۴۴/۱۴	۲۳/۰۴	۴۰/۹۶	۱۱/۵۶	۱۶/۸۱	۲۸/۰۹	۲۶/۰۱	R13

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

جدول ۵: وزن معیارهای به‌دست‌آمده در Fuzzy AHP

معیار	T	DO	pH	TDS	TSS	TH	NO2-	NH3	Cl	وزن
T	(۱،۱،۱)	(۵،۹،۷)	(۳،۵،۷)	(۱/۳ ،۱/۳ ،۱)	(۵،۷،۹)	(۱/۷ ،۱/۵ ،۱/۳)	(۱،۳،۳)	(۱،۳،۳)	(۳،۵،۷)	۰/۲۳۴
DO	(۱/۵ ،۱/۷ ،۱/۹)	(۱،۱،۱)	(۱،۳،۵)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۱،۳،۳)	(۷،۹،۹)	(۱/۷ ،۱/۵ ،۱/۳)	(۱/۷ ،۱/۵ ،۱/۳)	(۱،۳،۳)	۰/۱۸۶
pH	(۱/۳ ،۱/۵ ،۱/۷)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۵)	(۱،۱،۱)	(۵،۷،۹)	(۱،۳،۳)	(۱،۳،۳)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۳،۵،۷)	(۵،۷،۹)	۰/۱۳۲
TDS	(۱،۳،۳)	(۱،۳،۳)	(۱/۵ ،۱/۷ ،۱/۹)	(۱،۱،۱)	(۱،۳،۵)	(۱،۳،۵)	(۱،۳،۵)	(۵،۷،۹)	(۱،)	۰/۰۴۲
TSS	(۱/۵ ،۱/۷ ،۱/۹)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۵)	(۱،۱،۱)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۵)	(۳،۵،۷)	(۳،۵،۷)	(۱،۳،۳)	۰/۰۷۳
TH	(۳،۵،۷)	(۱/۷ ،۱/۹ ،۱/۹)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۵)	(۱،۳،۵)	(۱،۱،۱)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۵،۷،۹)	(۵،۷،۹)	۰/۱۲۷
NO2-	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۱،۳،۵)	(۱،۳،۳)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۵)	(۱/۳ ،۱/۵ ،۱/۷)	(۱،۳،۳)	(۱،۱،۱)	(۳،۵،۷)	(۱ ،۱/۳ ،)	۰/۰۵۵
NH3	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۱،۳،۵)	(۱/۳ ،۱/۵ ،۱/۷)	(۱/۵ ،۱/۷ ،۱/۹)	(۱/۳ ،۱/۵ ،۱/۷)	(۱/۵ ،۱/۷ ،۱/۹)	(۱/۳ ،۱/۵ ،۱/۷)	(۱،۱،۱)	(۱،۳،۳)	۰/۱۱۸
Cl	(۱/۳ ،۱/۵ ،۱/۷)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۱/۵ ،۱/۷ ،۱/۹)	(۱،۳،۳)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۱/۵ ،۱/۷ ،۱/۹)	(۱،۳،۵)	(۱ ،۱/۳ ،۱/۳)	(۱،۱،۱)	۰/۰۳۳

پس از وزن‌دهی به شاخص‌ها، ماتریس نرمال شده در وزن به‌دست‌آمده معیارهای مؤثر جهت رتبه‌بندی رودخانه‌های هدف ضرب شده و ماتریس نرمال وزنی به دست آمد (جدول ۶).

جدول ۶: ماتریس نرمال شده وزنی شاخص‌های تصمیم‌گیری

v_{ij}	T	DO	pH	TDS	TSS	TH	NO2-	NH3	Cl
R1	۰/۰۶۳۸	۰/۰۶۲۷	۰/۰۴۶۴	۰/۰۱۵۷	۰/۰۲۲۹	۰/۰۴۰۰	۰/۰۱۹۷	۰/۰۳۷۳	۰/۰۰۷۷
R2	۰/۰۷۸۲	۰/۰۶۴۷	۰/۰۴۴۲	۰/۰۱۲۲	۰/۰۲۲۵	۰/۰۴۱۳	۰/۰۰۹۸	۰/۰۳۶۷	۰/۰۱۰۲
R3	۰/۰۷۶۴	۰/۰۵۹۷	۰/۰۳۷۰	۰/۰۱۷۱	۰/۰۲۱۱	۰/۰۳۵۴	۰/۰۱۳۰	۰/۰۳۶۷	۰/۰۱۳۰
R4	۰/۰۷۲۶	۰/۰۵۳۶	۰/۰۳۹۱	۰/۰۰۹۰	۰/۰۲۱۴	۰/۰۳۴۱	۰/۰۲۰۷	۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۵۷
R5	۰/۰۵۲۶	۰/۰۵۷۷	۰/۰۳۴۸	۰/۰۰۷۲	۰/۰۱۹۶	۰/۰۳۳۴	۰/۰۱۳۴	۰/۰۳۶۱	۰/۰۰۵۷
R6	۰/۰۷۲۶	۰/۰۴۲۵	۰/۰۳۷۷	۰/۰۱۳۳	۰/۰۲۰۳	۰/۰۳۴۱	۰/۰۲۲۵	۰/۰۳۹۷	۰/۰۱۳۲
R7	۰/۰۵۳۸	۰/۰۳۸۴	۰/۰۳۷۰	۰/۰۰۵۲	۰/۰۱۹۲	۰/۰۳۴۷	۰/۰۱۰۵	۰/۰۳۷۳	۰/۰۰۶۵
R8	۰/۰۶۱۳	۰/۰۵۲۶	۰/۰۳۷۷	۰/۰۰۶۷	۰/۰۱۴۹	۰/۰۳۱۴	۰/۰۱۱۲	۰/۰۱۹۰	۰/۰۰۶۰
R9	۰/۰۵۲۶	۰/۰۴۷۵	۰/۰۳۰۴	۰/۰۰۶۱	۰/۰۱۱۶	۰/۰۳۴۷	۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۰۵
R10	۰/۰۷۶۴	۰/۰۴۲۵	۰/۰۳۲۶	۰/۰۱۵۷	۰/۰۲۲۵	۰/۰۴۲۶	۰/۰۱۰۹	۰/۰۴۰۳	۰/۰۱۳۵
R11	۰/۰۵۸۸	۰/۰۴۶۲	۰/۰۳۴۱	۰/۰۰۹۰	۰/۰۲۰۷	۰/۰۳۲۱	۰/۰۱۳۴	۰/۰۳۴۴	۰/۰۰۵۷
R12	۰/۰۵۱۳	۰/۰۳۹۵	۰/۰۳۱۲	۰/۰۱۵۴	۰/۰۲۱۴	۰/۰۳۰۱	۰/۰۲۲۸	۰/۰۳۶۱	۰/۰۱۰۵
R13	۰/۰۶۳۸	۰/۰۵۳۶	۰/۰۲۹۷	۰/۰۰۹۹	۰/۰۲۳۲	۰/۰۳۱۴	۰/۰۱۳۴	۰/۰۳۱۴	۰/۰۱۰۷

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

در ادامه بالاترین ارزش f_i^+ و پایین‌ترین ارزش f_i^- توابع معیار استخراج شده و ارزش S_j (شاخص مطلوبیت) و R_j (شاخص نارضایتی) محاسبه گردید. بدین منظور ابتدا وزن‌های به‌دست‌آمده در Fuzzy AHP در ماتریس تصمیم‌گیری ضرب شد، سپس مقدار S_j و R_j به دست آمد. در (جدول ۷ و جدول ۸) مقدار بالاترین و پایین‌ترین ارزش معیارها و میزان برآورد S_j و R_j آمده است.

جدول ۷: بالاترین و پایین‌ترین ارزش معیارها

$f^*_{(max)}$	۰/۰۷۸۲	۰/۰۶۴۷	۰/۰۴۶۴	۰/۰۱۷۱	۰/۰۲۳۲	۰/۰۴۲۶	۰/۰۲۲۸	۰/۰۴۰۳	۰/۰۱۳۵
$f^-_{(min)}$	۰/۰۵۱۳	۰/۰۳۸۴	۰/۰۲۹۷	۰/۰۰۵۲	۰/۰۱۱۶	۰/۰۳۰۱	۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۰۵
(f^*-f^-)	۰/۰۲۶۹	۰/۰۵۶۳	۰/۰۱۶۷	۰/۰۱۱۹	۰/۰۱۱۶	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۷۹	۰/۰۳۳۸	۰/۰۱۳۰

جدول ۸: ضرب اوزان معیارها در ماتریس تصمیم‌گیری و محاسبه S_i و R_i و Q_i

$(f^*-fkj)/(f^*-f^-)$	T	DO	pH	TDS	TSS	TH	NO2-	NH3	Cl
R1	۰/۱۲۵۲	۰/۰۱۴۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۲۳	۰/۰۲۶۷	۰/۰۰۹۷	۰/۰۱۰۴	۰/۰۱۴۶
R2	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۷۲	۰/۰۱۷۴	۰/۰۰۴۶	۰/۰۱۳۴	۰/۰۳۹۹	۰/۰۱۲۴	۰/۰۰۸۳
R3	۰/۰۱۶۳	۰/۰۳۵۸	۰/۰۷۴۶	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۳۸	۰/۰۷۳۵	۰/۰۳۰۲	۰/۰۱۲۴	۰/۰۰۱۳
R4	۰/۰۴۹۰	۰/۰۷۸۷	۰/۰۵۷۴	۰/۰۲۸۷	۰/۰۱۱۵	۰/۰۸۶۹	۰/۰۰۶۵	۰/۱۱۳۹	۰/۰۱۹۷
R5	۰/۲۲۳۱	۰/۰۵۰۱	۰/۰۹۱۸	۰/۰۳۴۸	۰/۰۲۲۹	۰/۰۹۳۶	۰/۰۲۹۱	۰/۰۱۴۵	۰/۰۲۰۳
R6	۰/۰۴۹۰	۰/۱۵۷۴	۰/۰۶۸۹	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۸۴	۰/۰۸۶۹	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۶
R7	۰/۲۱۲۲	۰/۱۸۶۰	۰/۰۷۴۶	۰/۰۴۲۰	۰/۰۲۵۲	۰/۰۸۰۲	۰/۰۳۷۷	۰/۰۱۰۴	۰/۰۱۷۸
R8	۰/۱۴۶۹	۰/۰۸۵۸	۰/۰۶۸۹	۰/۰۳۶۹	۰/۰۵۲۸	۰/۱۱۳۶	۰/۰۳۵۶	۰/۰۷۴۵	۰/۰۱۹۱
R9	۰/۲۲۳۱	۰/۱۲۱۶	۰/۱۲۶۳	۰/۰۳۸۹	۰/۰۷۳۴	۰/۰۸۰۲	۰/۰۵۵۰	۰/۱۱۸۰	۰/۰۳۳۰
R10	۰/۰۱۶۳	۰/۱۵۷۴	۰/۱۰۹۰	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۰۰	۰/۰۳۶۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
R11	۰/۱۶۸۷	۰/۱۲۸۸	۰/۰۹۷۶	۰/۰۲۸۷	۰/۰۱۶۱	۰/۱۰۶۹	۰/۰۲۹۱	۰/۰۲۰۷	۰/۰۱۹۷
R12	۰/۲۳۴۰	۰/۱۷۸۸	۰/۱۲۰۵	۰/۰۰۶۱	۰/۰۱۱۵	۰/۱۲۷۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۴۵	۰/۰۰۷۶
R13	۰/۱۲۵۲	۰/۰۷۸۷	۰/۱۳۲۰	۰/۰۲۵۶	۰/۰۰۰۰	۰/۱۱۳۶	۰/۰۲۹۱	۰/۰۳۱۱	۰/۰۰۷۰

درنهایت رتبه‌بندی رودخانه‌های هدف بر اساس مقادیر Q_i و ضریب ویکور (V=0.5) محاسبه گردید (جدول ۹). بر این اساس، کمترین مقدار Q به‌عنوان بالاترین اولویت محسوب می‌گردد. بنابراین اولویت رودخانه‌های حوضه کشکان جهت توسعه آبزی‌پروری به ترتیب به‌صورت کهمان > دوآب الشتر > کاکاشرف >

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

هرود> مادیان رود > دره دزدان> خرم‌آباد (بهرام‌جو)> خرم‌آباد (چم انجیر)> چولهول>کشکان (دوآب ویسیان)> کشکان (افرینه)> کشکان (پلدختر) >کرگانه تعیین گردید.

در بین رودخانه‌های هدف به ترتیب رودخانه کهمان با پایین‌ترین امتیاز (Q=0.011) در اولویت اول، رودخانه دوآب الشتر با امتیاز (Q=0.185) در اولویت دوم و رودخانه کاکاشرف با امتیاز (Q=0.283) در اولویت سوم مناسب‌ترین رودخانه‌ها جهت توسعه آبزی‌پروری (سردآبی) در حوضه کشکان تشخیص داده شدند. میانگین ده‌ساله دمای رودخانه‌های منتخب در محدوده مجاز ۹ تا ۱۷ می‌باشد و برای تغذیه رشد و تکثیر ماهی مناسب است، با توجه به اهمیت اکسیژن محلول در آب، برای حیات، رشد و افزایش تولید ماهی و حساسیت ماهیان سردآبی نسبت به ماهیان گرم آبی به کمبود اکسیژن، بررسی پارامتر اکسیژن محلول در آب و میزان TDS برای این سه رودخانه منتخب نشان داد که میزان اکسیژن محلول در آب آن‌ها در محدوده مجاز ۶ تا ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر و کل جامدات محلول در آب در محدوده مجاز کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. میزان pH آن‌ها نیز در دامنه مناسب ۶/۵ تا ۸ بوده و این وضعیت تأثیرات زیادی در بهبود رشد و سلامتی ماهی دارد. دامنه سختی آب رودخانه‌های منتخب نیز در محدوده مجاز کمتر از ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و مناسب می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه هر سه رودخانه منتخب از چشمه‌های آب زلال سرچشمه می‌گیرند، به‌صورت طبیعی زیستگاه مناسبی برای ماهی سردآبی هستند (استانداردملی‌ایران۸۷۲۶).

جدول ۹: مقدار Q و رتبه‌بندی نهایی رودخانه‌های هدف جهت توسعه آبزی‌پروری

	رودخانه‌ها	Q	اولویت
R2	کهمان	۰/۰۱۱	۱
R3	دوآب الشتر	۰/۱۸۵	۲
R1	کاکاشرف	۰/۲۸۳	۳
R4	هرود	۰/۴۱۵	۴
R10	مادیان رود	۰/۴۴۵	۵
R6	دره دزدان	۰/۴۹۱	۶
R13	خرم‌آباد (بهرام‌جو)	۰/۵۲۱	۷
R8	خرم‌آباد (چم انجیر)	۰/۶۲۰	۸
R11	چولهول	۰/۶۶۴	۹
R5	کشکان (دوآب ویسیان)	۰/۷۸۱	۱۰
R7	کشکان (افرینه)	۰/۸۲۳	۱۱
R12	کشکان (پلدختر)	۰/۸۸۸	۱۲
R9	کرگانه	۰/۹۷۲	۱۳

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

بحث

مکان‌یابی‌وسرمایه‌گذاری برای احداث مراکز آبزی‌پروری با توجه به نیاز ذاتی آبزیان مستلزم در نظر گرفتن شاخص‌های کیفی آب است (Koshe and Moier, 2004; FAO, 2014). روش مرسوم در مکان‌یابی احداث مزارع پرورش ماهیان سردآبی نیازمند مراحل زیر است: پیشنهاد یک منبع آب و زمین به اداره شیلات، بازدید میدانی کارشناسان شیلات، صدور مجوز یا رد درخواست متقاضی بر اساس معیارهای مربوطه. هرچند این روش می‌تواند در جای خود کارگشا باشد، اما تصمیم‌گیری کلان و برنامه‌ریزی برای توسعه منطقه‌ای آبزی‌پروری نمی‌تواند به این شکل به نتایج ارزشمندی دست یابد. کارشناسان شیلاتی برای تصمیم‌گیری در مورد یک مکان پیشنهادی معمولاً چند شاخص کلیدی مانند دمای آب، اکسیژن محلول، دبی، شیب زمین و غیره را مورد اندازه‌گیری قرار می‌دهند (عمادی، ۱۳۹۲؛ سمائی، ۱۳۹۳). بدیهی است برای تصمیم‌گیری بهتر لازم است علاوه‌بر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی که شاخص‌های کمی هستند، شاخص‌های کیفی مانند وضعیت اجتماعی، نظرات کارشناسی، اولویت‌های توسعه کشاورزی و بسیاری موارد دیگر را در معادلات وارد کرد. مسلماً با افزایش تعداد مؤلفه‌های مؤثر در نتیجه، فرایند تصمیم‌گیری پیچیده‌تر می‌گردد. در این حالت دیگر محاسبات تجربی و نظرات کارشناسی به‌تنهایی پاسخگو نبوده و نیازمند یک سیستم تصمیم‌سازی چندمعیاری هستیم تا بهترین نتیجه را کسب کنیم. فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP) و تلفیق آن با تکنیک VIKOR می‌تواند با در نظر گرفتن تمامی مؤلفه‌های مهم، ما را به‌صورت گام‌به‌گام به سمت رتبه‌بندی مکان‌های پیشنهادی بر اساس امتیاز و اولویت آن‌ها برای هدف موردنظر سوق دهد. در مطالعه مکان‌یابی استقرار پایدار قفس‌های پرورش ماهی در تایوان از تلفیق تکنیک AHP و GIS به‌خوبی بهره‌برداری شده و مشخص گردید که فاکتورهای جغرافیایی-محیطی مهم‌ترین فاکتورها در مکان‌یابی هستند (Shih, 2017). ترکیب روش AHP و داده‌های زمین‌شناسی اخذ شده از سازمان‌های دولتی به‌خوبی برای رتبه‌بندی مکان‌های مناسب جهت توسعه آبزی‌پروری در کشور برزیل به کار گرفته شده است (Francisco *et al.*, 2019). در مطالعه حاضر نیز با استفاده از ترکیب روش‌های VIKOR و Fuzzy AHP و بر اساس داده‌های فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه‌ها و نظر متخصصین امر عمل رتبه‌بندی رودخانه‌های حوضه کشکان برای هدف پرورش ماهیان سردآبی انجام شد. بر اساس نتایج حاصله، رودخانه‌های کهمان و کرگانه به ترتیب بهترین و بدترین رودخانه و شاخص دما مهم‌ترین عامل مؤثر بر توسعه پرورش ماهیان سردآبی تعیین گردید. از نقاط قوت این روش این است که بر انتخاب از یک مجموعه گزینه‌های با ماهیت متنوع تمرکز داشته و جواب‌های سازشی را برای یک مسئله با معیارهای متضاد تعیین می‌کند، به‌طوری‌که قادر است عوامل را برای دستیابی به یک تصمیم نهایی یاری دهد. در این میان، استفاده از منطق فازی و در نظر گرفتن عدم قطعیت می‌تواند حل مسئله رتبه‌بندی را مطلوب‌تر نماید. همچنین در این پژوهش، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، معیار نزدیکی نسبی به راه‌حل ایدئال محاسبه می‌شود که در مقایسه با پژوهش‌های مشابه در زمینه تصمیم‌گیری چندمعیاره دارای دقت و نوآوری بیشتری می‌باشد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

سپاسگزاری

مقاله حاضر با حمایت مالی دانشگاه لرستان تهیه شده-است.

منابع

۱. حسینجانی، ع.، ۱۳۹۷. مکان‌یابی مناطق مناسب استقرار قفس‌های پرورش ماهی در دریا بر اساس روش‌های مبتنی بر GIS-MCDM با تأکید بر روش AHP. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۳۸ صفحه.

۲. حسینجانی، ع.، خارا، ح.، جمالزادفلاح، ف.، حقیقی‌خمامی، م.، ۱۳۹۷. پهنه‌بندی مناطق مناسب جهت احداث کارگاه‌های پرورش ماهیان سردآبی با استفاده از تلفیق روش AHP/GIS. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۱۲(۴)، ۲۷-۱۷.

۳. سمائی، س. م.، ۱۳۹۳. پرورش ماهیان سردآبی در منابع آبی خرد. نشرآموزش (مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی). ۸۴ صفحه.

۴. عمادی، ح.، ۱۳۹۲. تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا و آزاد. علمی آبزیان، تهران، ۲۶۴ صفحه.

۵. مهدی‌زاده، غ.، حسینجانی، ع.، عباسی، ک.، صابری، ح.، چکمه‌دوزقاسمی، ف.، قانع، ا.، بابایی، ه.، صادقی‌نژاد، ا.، احمدنژاد، م.، ۱۳۹۵. امکان‌سنجی اراضی حاشیه رودخانه گاماسیاب برای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۱۰(۱)، ۱۴۹-۱۳۳.

6. Arjomandi, R., Karbasi, A., Mogoii, R., 2007. Investigation of environmental impacts of aquaculture in Iran. Journal of Environmental Science and Technology, 9, 19-28.

7. Azimi, S.-M., Moghaddam, A., Arman, S., Monfared, H., 2018. Spatial assessment of the potential of groundwater quality using fuzzy AHP in GIS. Arabian Journal of Geosciences, 11, 142.

8. Brahma, A.K., Mitra, D.K., 2019. Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR Approach modelling for flood control project selection. International Journal of Applied Engineering Research, 14, 3579-3589.

9. Chang, C.L., Lin, Y.T., 2014. Using the VIKOR method to evaluate the design of a water quality monitoring network in a watershed. International Journal of Environmental Science and Technology, 11, 303-310.

10. Chang, D.-Y., 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. EuropeanJournalof OperationalResearch, 95, 649-655.

11. Do, H.T., Lo, S.-L., Thi, L.A.P., 2013. Calculating of river water quality sampling frequency by the analytic hierarchy process (AHP). Environmental Monitoring and Assessment, 185, 909-916.

12. FAO, 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture (Opportunities and challenges). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Report number: 243 p.

13. FAO, 2018. Fishery and Aquaculture Statistics .FAO, Roma, 104 p.

14. FAO, 2019. FAO: Challenges and Opportunities in a Global World. FAO, Rome, 325 p.

15. Francisco, H.R., Corrêia, A.F., Feiden, A., 2019. Classification of Areas Suitable for Fish Farming Using Geotechnology and Multi-Criteria Analysis. International Journal of Geo-Information, 8, 1-19.

16. Gul, M., Celik, E., Aydin, N., Gumus, A.T., Guneri, A.F., 2016. A state of the art literature review of VIKOR and its fuzzy extensions on applications. Applied Soft Computing, 46, 60-89.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]

17. Hadipour, A., Vafaie, F ,.Hadipour, V., 2015. Land suitability evaluation for brackish water aquaculture development in coastal area of Hormozgan, Iran. Aquaculture International, 23, 329-343.

18. Jafarian, H., 2009. Development of sustainable aquaculture using probiotics in Iran. Journal of Fisheries, 2, 1-11.

19. Jafarnejad, M., Azimi, A., Asadolah-Fardi, G., Shokoohi, M., 2018. Evaluation of Karun River Water Quality Monitoring System Using MCDM Optimization Approach with Point and Nonlinear Pollutant Impact Approach. In: (Eds.), Proceeding of Conference of Iranian Water Resources Management, Yazd. pp. 1-8.

20. Kim, Y., Chung, E.-S., 2013. Fuzzy VIKOR approach for assessing the vulnerability of the water supply to climate change and variability in South Korea. Applied Mathematical Modelling 37, 9419-9430.

21. Koshe, E.G., Moier, G.F., 2004. Freshwater fish rearing management. Noorbakhsh Publication, Tehran, 416 p.

22. Lee, S., 2016. Application of AHP and Fuzzy AHP to Decision-Making Problems in Construction. In: (Eds.), Proceeding of 52nd ASC Annual International Conference Proceedings, Provo. pp .

23. PBO, 2017. Statistical Yearbook of Lorestan Province. Lorestan Province Management and Planning organization, Lorestan, 636 p.

24. Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1, 83-98.

25. Sharifian, M., Sahafi, H.H., 2016. Technical Instructions for Calculating the Effect of Effective Management and Force Factors on Production of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Breeding Centers for Insurance Operations. Iranian Fisheries science Reserch Institute, Tehran, 60 p.

26. Shih, Y.-C., 2017. Integrated GIS and AHP for Marine Aquaculture Site Selection in Penghu Cove in Taiwan. Journal of Coastal Zone Management, 20, 1-6.

27. Simões, F.d.S., Moreira, A.B., Bisinoti, M.C., Gimenez, S.M.N., Yabe, M.J.S., 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. Ecological Indicators, 8, 476-484.

28. Singh, A.P., Srinivas, R., Kumar, S., Chakrabarti, S., 2014. Water quality assessment of a River Basin under fuzzy multi-criteria framework. International Journal of Water, 9, 226-247.

29. Srdjevic, B., Medeiros, Y.D.P., 2008. Fuzzy AHP Assessment of Water Management Plans. Water Resources Management, 22, 877-894.

30. Suganthi, L., 2018. Multi expert and multi criteria evaluation of sectoral investments for sustainable development: An integrated fuzzy AHP, VIKOR / DEA methodology. Sustainable Cities and Society, 43, 144-156.

31. Vergara-Solana, F., Araneda, M.E., Ponce-Díaz, G., 2019. Opportunities for strengthening aquaculture industry through multicriteria decision-making. Reviews in Aquaculture, 11, 105-118.

32. Wurtsbaugh, W.A., Heredia, N.A., Laub, B.G., Meredith, C.S., Mohn, H.E., Null, S.E., Pluth, D.A., Roper, B.B., Saunders, W.C., Stevens, D.K ,.Walker, R.H., Wheeler, a.K., 2015. Approaches for studying fish production: Do river and lake researchers have different perspectives? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 72, 149-160.

33. Zeraatkish, S.Y., 2016. Utilization of analytic hierarchy process (AHP) to meet management objectives in fishery industry of the Sea of Oman. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 15, 1379-1387.

34. Zyoud, S.H., Kaufmann, L.G., Shaheen, H., Samhan, S., Fuchs-Hanusch, D., 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.3.6.5]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.3.111]